

Prediktivt Vedlikehold

Statkraft Varme

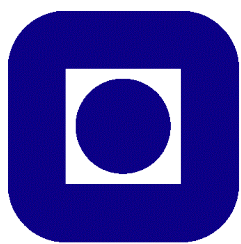
Trond Espset

Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS)

Innlevert: juni 2016

Hovedveileder: Per Schjøberg, IPK

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for produksjons- og kvalitetsteknikk



NTNU
Norwegian University of
Science and Technology

Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi, IVT

Institutt for produksjons- og kvalitetsteknikk, IPK

Masteroppgave Prediktivt vedlikehold

Statkraft Varme

Trond Espset
VÅREN 2016



Forord:

For sivilingeniørstudenter ved Institutt for produksjons- og kvalitetsteknikk er det obligatorisk å gjennomføre en masteroppgave innen sikkerhet, pålitelighet og vedlikehold, med emnekode: TPK 4950. Formålet er at studenten skal ha generell og primært teoretisk kunnskap innen faggruppens områder og anvende dette på en teoretisk eller industrirettet oppgave. Denne oppgaven består i hovedsak av en forstudierapport, prosjektrapport og en presentasjon av sluttproduktet.

Materialet er utviklet med basis i mitt 10 ukers lange praksisopphold ved Statkraft Varmes fjernvarmeanlegg på Stjørdal, min praktiske kompetanse gjennom industrimekanikerfagbrevet og mitt studium ved HiST og NTNU.

Prosjektet er delt inn i 5 hovedkapitler:

1. Om Statkraft Varme
2. Moderne vedlikeholdskonsepter
3. Vedlikeholdsflyt i Statkraft Varme
4. Prediktivt vedlikehold i Statkraft Varme
5. Implementering av SAP (System, Applications and Products in data processing) på Lillemoen

Underveis i arbeidet med oppgaven, ble det mer og mer tydelig at Statkraft Varme hadde større problemer med å anvende SAP enn tidligere antatt. Det ble også klart at SAP ikke var implementert i vedlikeholdsstyringen ved Lillemoen, fjernvarmeanlegget på Stjørdal. Siden dette var en forutsetning for å kunne løse de ulike deloppgavene, måtte dette endres. Det er i den anledning opprettet en avviksmelding i vedlegg E.

Gjennom omfattende teoristudier innen prediktivt vedlikehold kommer det tydelig frem at det må være balanse mellom teknologi og kompetanse i vedlikeholdsorganisasjoner. Når en implementerer nye avanserte teknologiske systemer, er det også viktig å samtidig utvikle kompetansenivået for å få best mulig utbytte av investeringene i teknologi.

Det er ingen tvil om at avanserte tilstandskontrollmetoder og analyseringsverktøy vil bli en viktig del av vedlikeholdsorganisasjoner i fremtiden. Samtidig som systemene blir mer komplekse, kreves det mer kompetanse og kunnskaper for å anvende dem.

Takk til Per Schjølberg ved NTNU som har kommet med gode råd og tilbakemeldinger under arbeidet. Takk til kontaktene i Statkraft Varme: Edgar Markhus, Luis Alberto Morais Da Conceicao og Bård Andreassen som har vært behjelpelige med svar på spørsmål under arbeidet med denne oppgaven.



Trond Espset

Trondheim, 08.06.2016

Innhold

Forord:.....	i
Figurliste	vi
Tabeller	vii
Sammendrag	viii
Summary	xi
Innledning	xiv
1. Om Statkraft Varme	1
1.1 Begrensninger av oppgaven	1
1.2 Fjernvarmeanlegget på Stjørdal	2
1.2.1 Kritiske driftssituasjoner	2
1.2.2 Sesongbasert vedlikehold.....	3
1.3 Heimdal fjernvarmesentral.....	3
1.4 Utfordringer i Statkraft Varme	4
1.4.1 Vedlikeholdsstyring	4
1.4.2 Rapportering, Analyse og Forbedringstiltak.....	4
1.4.3 Erfaringsoverføring.....	5
1.4.4 SAP	5
1.4.5 Samarbeid mellom anleggene i Nord- og Sør-Trøndelag	8
2. Moderne vedlikeholdskonsepser	9
2.1 Vedlikehold og sikkerhet	10
2.2 Styringsmodell for vedlikehold	12
2.3 Vedlikeholdsstrategier.....	14
2.3.1 Proaktivt vedlikehold	15
2.3.2 Korrektivt vedlikehold	16

2.3.3	Forebyggende vedlikehold.....	16
2.4	Prediktivt vedlikehold	17
2.4.1	Kritikalitetsanalyse	19
2.4.2	Identifisering av feil/sviktmekanismer	20
2.4.3	Identifisere målbare prosessparametere	22
2.4.4	Valg av metode for tilstandsmåling	23
2.4.5	Akseptkriterier og analyse av innsamlet data (inn med kilder)	24
2.4.6	Aksjoner etter grenseverdier	25
2.4.7	Hvorfor feiler noen prediktive vedlikeholdsprogram	26
2.5	Prediktivt vedlikehold i BOSCH.....	27
2.5.1	Hensikten med prediktivitet	27
2.5.2	Fremtidens industri	28
2.5.3	Strategier for optimalisering av en produksjonsprosess	29
2.5.4	Big data i Bosch	30
2.6	SAP og prediktivt vedlikehold	32
2.6.1	SAP Predictive Maintenance and Service.....	32
2.6.2	Utfordringer ved implementering av SAP	33
2.7	Menneskets rolle i prediktivt vedlikehold og Industri 4.0	35
2.7.1	Innvesteringer	35
2.7.2	Pålitelighet som følge av investeringer i vedlikehold	36
2.7.3	Mangel på forebyggende vedlikehold.....	37
2.7.4	Organisatoriske utfordringer	38
2.7.5	Opplæring av vedlikeholdspersonell.....	39
2.7.6	Diskusjon og konklusjon.....	40
3.	Vedlikeholdsflyt i Statkraft Varme	43
3.1	Vedlikeholdsstyringsmodeller i Statkraft Varme	44

3.2	Erfaringer med bruk av SAP ved Heimdal Fjernvarmesentral	47
3.3	Vedlikeholdsflyt ved Heimdal Fjernvarmesentral	50
3.3.1	Arbeidsflyt i SAP ved Heimdal Fjernvarmesentral	50
3.3.2	Rapportering og behandling av avvik	52
3.3.3	Evalueringsmøte om kritisk stans ved Heimdal Fjernvarmesentral	55
3.3.4	Analyse av innrapporterte avvik og feilmeldinger.....	56
3.3.5	Tilstandskontroller ved Heimdal Fjernvarmeanlegg	56
3.3.6	Case: Måling av lagerstøy i pumpe ved Heimdal Fjernvarmesentral	57
3.3.7	Konklusjon av case: Måling av lagerstøy i pumpe ved Heimdal Fjernvarmesentral	61
3.3.8	Konklusjon: Vedlikeholdsflyten ved Heimdal Fjernvarmesentral	62
3.4	Vedlikeholdsflyt ved Stjørdal Fjernvarmeanlegg	66
3.4.1	Måltall og akseptkriterier –Mål, strategi og budsjett	66
3.4.2	Vedlikeholdsprogram.....	67
3.4.3	Planlegging	68
3.4.4	Gjennomføring	70
3.4.5	Teknisk tilstand	71
3.4.6	Rapportering	72
3.4.7	Analyse	73
3.4.8	Forbedringer.....	73
3.4.9	Konklusjon om vedlikeholdsflyt ved Stjørdal Fjernvarmeanlegg	75
4.	Prediktivt vedlikehold i Statkraft Varme	77
4.1	Muligheter for prediktivt vedlikehold	78
4.1.1	Hvorfor er prediktivt vedlikehold et godt konsept for Statkraft Varme	78
4.1.2	Omlegging av vedlikeholdsstrategien.....	79
4.1.3	Styringsmodell for prediktivt vedlikehold.....	81

4.1.4	Forutsetninger for tilstandsbasert vedlikehold.....	82
4.2	Verktøy for implementering av prediktivt vedlikehold.....	84
4.2.1	Prediktivt vedlikehold i Statkraft Varme ved hjelp av SAP	84
4.2.2	Mobilapplikasjon integrert i SAP	84
4.2.3	Analysering av innrapporterte verdier	85
4.2.4	Rotårsaksanalyse.....	86
4.2.5	Ny modell for arbeidsflyt i Statkraft Varme	89
4.2.6	Samarbeid mellom Stjørdal Fjernvarme og Heimdal Fjernvarme	91
5.	Implementering av SAP på Lillemoen.....	92
5.1	Fra papir til elektroniske løsninger.....	93
5.1.1	Før en går over til dataassistert vedlikeholdsstyring.....	93
5.1.2	Effekten på ansatte og holdninger.....	94
5.1.3	Krav til Vedlikeholdsstyringsprogramet.....	95
5.1.4	Hvorfor feiler noen vedlikeholdsstyringsprogram.....	96
5.2	Hvor vil SAP gjøre en forskjell for Lillemoen.....	98
5.2.1	Sikker Jobb Analyser og SAP	98
5.2.2	Vedlikeholdsprosedyrer og arbeidsbeskrivelser i SAP	99
5.2.3	Rapportering og tilbakemelding i SAP	100
5.2.4	Analysering av innsamlet data i SAP.....	102
5.2.5	Automatisk genererte arbeidsordrer i SAP	106
5.3	Hva må på plass før implementering av SAP på Stjørdal	108
5.4	Konklusjon: Hvor vil SAP gjøre en forskjell på Lillemoen.....	109
6.	Konklusjon, kommentarer og diskusjon av resultater.....	113
7.	Referanser	119
8.	Vedlegg	129
8.1	Vedlegg A: Intervju med vedlikeholdssjef ved Heimdal Fjernvarme.....	129

8.2	Vedlegg B: Tilstandskontrollrapporter fra Stjørdal Fjernvarme	155
8.3	Vedlegg C: Intervju med personell fra Heimdal Fjernvarme	160
8.3.1	Gruppeleder.....	161
8.3.2	Anleggseier Topplast	162
8.3.3	Seniorrådgiver HS.....	163
8.3.4	Spørreskjema for vedlikeholdsstyring og vedlikeholdsflyt	164
8.4	Vedlegg D: 50 Spørsmål før implementering av CMMS	165
8.5	Vedlegg E: Avviksmelding	167
8.6	Vedlegg F: Forstudierapport	169

Figurliste

Figur 1	Vedlikeholdsstyringsløyfa til Ptil (Oljedirektoratet, 1998).....	12
Figur 2	Oversikt over vedlikeholdstyper (Project Services Co. Qatar, 2011).....	14
Figur 3	Reaktivt og proaktivt vedlikehold	15
Figur 4	Implementering og styring av prediktivt vedlikehold	18
Figur 5	Prosess for sviktanalyse og rollene til FTA, FMECA, Pareto og RCA ved identifisering av kritiske feilmoder og rotårsaker (Tinga, 2012).....	19
Figur 6	Identifisering av feil/sviktmekanismer i preventivt vedlikehold (Fitch, 2013)	20
Figur 7	Ulike metoder for identifisering av feil/sviktmekanismer med tilhørende estimert forvarslingsstid (Vadakayil, 2010)	21
Figur 8	Prosessovervåking Biokjel 1 (Markhus, 2016).....	22
Figur 9	Vedlikeholdskostnader (AssetPoint, 2015)	24
Figur 10	Forbedringsstrategier (Despeisse & Evans, 2015)	29
Figur 11	Skjerm bilde fra Bosch IoT Suite (Bosch Software Innovation, 2015).....	31
Figur 12	Investeringer gjennom enheters livssyklus (Belgian Maintenance Association , 2016).....	36
Figur 13	Oppetid for enheter gjennom livssyklusen (Belgian Maintenance Association , 2016).....	37
Figur 14	Miller's prism of clinical competence (Gp-training.net, 2009)	40
Figur 15	Balanse mellom Kompetanse og Teknologi	41
Figur 16	Vedlikeholdsstyringsløyfa i Statkraft Varme (Hølaas, 2013).....	44
Figur 17	Demingsirkelen anvendt i Statkraft Varme (Hølaas, 2013)	45
Figur 18	Demingsirkelen integrert i Vedlikeholdsstyringsløyfa (Hølaas, 2013)	46
Figur 19	Arbeidsflyt i SAP ved Heimdal Varmesentral (Andreassen, 2016)	51
Figur 20	SPM Model BC100 Bearing Checker (Cole-Parmer Instrument Company, 2016)	57
Figur 21	Motor til fjernvarmepumpe	57

Figur 22	Kontor til anleggseier	58
Figur 23	Omdreiningstall for Røykgassvifte.....	58
Figur 24	Prosedyre for støtpulsmåling	59
Figur 25	Lagerstøy i fremre lager på røykgassvifte	59
Figur 26	Lagerstøy i bakre lager på røykgassvifte	59
Figur 27	Excel for logging av støtpulsmålinger	60
Figur 28	Kule fra gammelt kulelager	60
Figur 29	Vurdering av vedlikeholdsstyringen i Trondheim.....	62
Figur 30	Vedlikeholdsleders oversikt i DASH (Markhus, 2016).....	69
Figur 31	Vurdering av vedlikeholdsstyringen ved Lillemoen	76
Figur 32	Stegene ved valg av vedlikeholdsstrategi (Wilson, 2013).....	79
Figur 33	Magic Triangle (Bosch, 2015).....	81
Figur 34	Ishikawadiagram i rotårsaksanalyse (Chemweno, et al., 2016)	87
Figur 35	5-why's analysis i rotårsaksanalyse (Chemweno, et al., 2016).....	87
Figur 36	Klusteranalyse av feilmeldinger	88
Figur 37	Ny modell for arbeidsflyt i Statkraft Varme.....	90
Figur 38	Kategorisering av avvik (Olaisen, 2013).....	104
Figur 39	Vedlikeholdsstyringsløyfa etter implementering av SAP	112

Tabeller

Tabell 1	Status for SAP i Statkraft Varme.....	6
Tabell 2	Risikomomenter for vurdering av SJA	70

Sammen drag

Den foreliggende rapporten utgjør masteroppgaven ved NTNU, en obligatorisk del av sivilingeniørutdanningen ved institutt for produksjons- og kvalitetsteknikk, IPK.

Målet med masteroppgaven er at den skal presentere:

- Konseptet prediktivt vedlikehold
- Muligheter knyttet til vedlikeholdsstyring gjennom SAP
- Vedlikeholdsflyten i Statkraft Varme og hvor de trenger forbedringer
- Løsninger som må være på plass for at implementeringsarbeidet med SAP på Lillemoen skal ha størst virkning

Om Statkraft Varme

Utfordringene i Statkraft Varme er presentert i kapittel 1. Fjernvarmeanlegget på Stjørdal skal implementere SAP som vedlikeholdsstyringsprogram og ønsker å utrede hvilke løsninger programmet kan tilby. I den anledning er det utredet hvordan SAP fungerer ved Heimdal Fjernvarmeanlegg som har benyttet programmet siden 2007. Tabell 1 gir en oversikt over hvilke muligheter som finnes i programmet og hvilke som er implementerte ved de ulike anleggene. Det kommer frem at selv etter 9 år, har ikke Statkraft Varme greid å utnytte funksjonaliteten til SAP og lykkes med å lære og følge opp ansatte.

Prediktivt vedlikehold

I kapittel 2 er moderne vedlikeholdskonsepter presentert. Innledningen viser en oversikt og kort forklaring på de ulike vedlikeholdstypene som finnes i industrien i dag. Kapittel 2.4 er derimot et dypdykk inn i prediktivt vedlikehold. Her er konseptet definert i henhold til (NS-EN 13306, 2010) og ulike publikasjoner av aktører innen vedlikehold.

I Europa i dag brukes det årlig ca. 600 milliarder euro på vedlikehold (Belgian Maintenance Association, 2016). Det er derfor viktig å finne kostnadseffektive løsninger. Det viser seg at dersom en investerer 20% mer i prediktivt vedlikehold i løpet av de første 40% av en komponents levetid, vil en kunne spare oppimot 40% av de totale vedlikeholdskostnadene. Siden det er snakk om 600 milliarder euro på årlig basis, vil en besparelse av den størrelsesorden kunne gi Europa et sterkt løft i industrien.

Det kommer frem i rapporten at tilstandsdiagnostisering og vedlikeholdsstyring har blitt mer og mer aktuelt i de senere år. Overvåkingsteknologi som sensorer og datamaskiner har blitt

billigere, og dermed har det blitt lettere å ta i bruk prediktivt vedlikehold. Likevel kreves det mye kompetanse og ferdigheter for å kunne benytte avanserte instrumenter og analyseverktøy for å kunne prediktere fremtidige sviktmekanismer i komponenter og enheter. Siden det satses sterkere på teknologiske løsninger i industrien i Europa i dag, er det viktig at en samtidig klarer å følge opp med utvikling av kompetanse. Dette er hovedtema i kapittel 2.7 hvor menneskets rolle i prediktivt vedlikehold og Industri 4.0 er utredet.

Vedlikeholdsflyt i Statkraft Varme

Heimdal Fjernvarme har benyttet SAP til vedlikeholdsstyring, men i all hovedsak til rapportering feilmeldinger og utarbeiding av arbeidsordrer. Grunnet mangel på tilstrekkelige prosedyrer for analysering av innrapportert materiale, er dette en viktig del av rapporten. I kapittel 4.2.5 er det laget en ny modell for arbeidsflyt i Statkraft Varme som skal sette analysearbeid på dagsordenen. Hensikten har vært å gjøre analyse av data til en kjerneverdi for å kunne optimalisere tiltak som iverksettes i forbindelse med vedlikehold.

Det kommer frem i min case i kapittel 3.3.6 at det er for lite fokus på å ta i bruk elektroniske løsninger ved Heimdal Fjernvarme. Det er vanskelig for operatører å hente frem nødvendig informasjon for å utføre tilstandsdiagnostisering av roterende kritisk utstyr. I denne casen er det en elektromotor for ei kritisk pumpe som er vedlikeholdsobjektet.

I kapittel 3 blir det tydelig at mangel på opplæring og oppfølging preger de ansatte ved Heimdal Fjernvarme. Dette hindrer de som bruker SAP til daglige arbeidsoppgaver å utføre dem mest mulig effektivt. Det er foretatt et intervju med vedlikeholdsleder ved Heimdal Fjernvarme som beskriver programmet som vanskelig og krevende å benytte. Årsaken kan være at det har vært for lite fokus på kompetanseheving i Statkraft Varme. I kapittel 2.7 er også viktigheten med balanse mellom teknologi og kompetanse beskrevet. Det er utredet en rekke løsninger i kapittel 5 som kan gjøre SAP til et mer nyttig verktøy i Statkraft Varme.

Prediktivt vedlikehold i Statkraft Varme

Etter ferdigstilling av kapittel 3 ble det tydelig at Statkraft Varme har en lang vei å gå før de kan implementere prediktivt vedlikehold for fullt. Ved Heimdal Fjernvarme har de kjøpt inn avansert utstyr til vibrasjonsmåling, men har verken opprettet rutiner for inspeksjoner eller kurset personell til å benytte utstyret. Det kommer frem av kapittel 2 at tilstandsmålinger er kjernen i prediktivt vedlikehold. Siden teknologien er innkjøpt, må det fokuseres på heving

av kompetanse for å kunne nyttiggjøre den. Det kommer frem i kapittel 3 Statkraft Varme har organisatoriske problemer som må utbedres før de kan implementere prediktivt vedlikehold.

Det er lenge ønsket å implementere prediktive løsninger ved Lillemoen. Siden de allerede benytter seg av tilstandsdiagnostisering i form av vibrasjonsmålinger og oljeanalyser, viser det seg at også Heimdal fjernvarme har noe å lære av Lillemoen.

Implementering av SAP ved Lillemoen

I dag er det DASH som er det gjeldende vedlikeholdsstyringsprogrammet ved Lillemoen. Det er bestemt at SAP skal erstatte det tidligere vedlikeholdsstyringsprogrammet, noe som er hovedårsaken til denne rapporten. Gjennom evalueringer av hvordan SAP allerede brukes i Statkraft Varme i kapittel 3, kommer det frem at de ikke har tatt i bruk mye av programmets funksjoner. I tabell 1 er det laget en oversikt over hvilke løsninger SAP har i vedlikeholdsstyring og hvilke Statkraft Varme har implementert ved Lillemoen og Heimdal Fjernvarme. SAP har vært i bruk siden 2007 ved Heimdal Fjernvarme og deres erfaringer har dannet grunnlaget for kapittel 5. Deres problemer har vært viktige i utredningen av hvilke tiltak som må gjøres for å implementere SAP på Lillemoen med mest mulig effekt. Gjennom SAP-kurs og samtaler med SAP-personell er det utredet muligheter som kan tas i bruk ved begge fjernvarmeanleggene. Dette er beskrevet nærmere i kapittel 5.

Summary

This work is a thesis submitted for the degree of Master of Science and Technology at The Department of Production and Quality Engineering, IPK at NTNU.

The overall objectives of the thesis are to present:

- The concept of Predictive Maintenance
- Possibilities regarding maintenance management with SAP
- The Maintenance Flow in Statkraft Varne and where they can improve
- Solutions that has to be in position in order to implement SAP at Lillemoen most efficiently

About Statkraft Varne

The challenges in Statkraft Varne are presented in chapter 1. The district heating plant at Stjørdal is implementing SAP as their CMMS (Computerized Maintenance Management System) and wish to assess which solutions the program has to offer. In that occasion, it is assessed how SAP is working at Heimdal Fjernvarme, which has been using the program since 2007. Table 1 gives an overview over which opportunities the program has to offer and which of them that are implemented at the different plants. It shows that even after nine years, Statkraft Varne has still failed to apply various and essential functions in SAP. It also becomes clear that they have also failed to train employees well and follow up their knowledge in use of the program.

Predictive maintenance

In chapter 2, modern maintenance concepts are presented. In the introduction of the chapter there are given short presentations of the various types of maintenance used in the industry today. Chapter 2.4, on the other hand, is a more detailed assessment of the concept predictive maintenance. The concept is defined according to (NS-EN 13306, 2010) and various publications by people within the field of maintenance.

In Europe today, it is estimated that there are spent about 600 billion euros annually on maintenance (Belgian Maintenance Association , 2016). It is therefore important to come up with cost efficient solutions. It is shown that if one invests 20% more in predictive maintenance during the first 40% of an assets lifetime, it is possible to reduce the total costs of maintenance by up to 40%. Since we are talking of investments of a magnitude of 600

billion euros annually, savings of these proportions will have a major impact on Europe's industry.

It becomes clear that condition monitoring and maintenance management has become more and more commercial over the past years. Surveillance technology like sensors and computers have become cheaper and therefore the concept of predictive maintenance is easier to apply. Yet still, it requires a lot of competence to use advanced instruments and analytical tools to predict future failure mechanisms for different assets. The focus on technological solutions in Europe has increased over the past few years. Simultaneously it is important to follow up with the need for knowledge and competency to handle these solutions. This is the main theme of chapter 2.7 where the people's role in predictive maintenance and industry 4.0 is presented.

Maintenance flow in Statkraft Varme

Heimdal Fjernvarme has been using SAP for maintenance management, but mainly for reporting of errors and creating work orders. Lack of proper procedures for analysis of reported material is therefore an important part of this thesis. In chapter 4.2.5 a new model for work flow in Statkraft Varme is presented to set analysis work on the agenda. The purpose has been to make analysis of data a core value in order to optimize measures regarding maintenance.

In the case presented in chapter 3.3.6, it is shown that there is too little focus on usage of electronical solutions at Heimdal Fjernvarme. It is difficult for operators to locate necessary information that allows them to carry out condition monitoring in order to diagnose critical rotating equipment. An electric motor running a critical pump in the plant is the maintenance object of the case.

In chapter 3, it becomes clear that lack of training and follow-up is affecting the employees badly. This fact prevent those who use SAP on a daily basis to carry out their tasks efficiently. In the chapter, an interview with the head of maintenance at Heimdal Fjernvarme is presented where he explains that SAP is very demanding and difficult to use. The cause may be related to lack of attention regarding raising the overall competency level in Statkraft Varme. In chapter 2.7, the importance of balance between technology and competency is emphasized. In chapter 5 there are proposed a number of solutions that can make SAP a useful tool in Statkraft Varme.

Predictive maintenance in Statkraft Varme

After finishing chapter 3, it became clear that Statkraft Varme has a long way to go before they can fully implement predictive maintenance. At Heimdal Fjernvarme, they had bought advanced equipment for vibration analysis, but there were no established routines for carrying out inspections, and there were no personnel capable of operating it. It is clearly stated in chapter 2 that condition monitoring is the most important part of predictive maintenance. Since the technology is already in place, focus has to be directed towards raising the competency level in order to put it into work. It is shown in chapter 3 that Statkraft Varme has organizational issues that has to be addressed before they can implement predictive maintenance. It has been a goal to implement predictive solutions at Lillemoen for a long time. Since they already use condition monitoring in the form of vibration measurements and oil analysis, it appears that Heimdal Fejrvarme has something to learn from Lillemoen as well.

Implementing SAP at Lillemoen

Today, DASH is the CMMS at Lillemoen. DASH is to be replaced with SAP which has been the foundation for this thesis. Through evaluations of how SAP is already in use at Statkraft Varme in chapter 3, it is clear that they have not taken advantage of many of the available functions of the program. In table 1, an overview of the most central functions in SAP are listed and which of them are implemented at the different district heating plants.

SAP has been used at Heimdal Fjernvarme since 2007 and their experiences has given chapter 5 a practical approach. Their challenges regarding implementation of SAP have been of great importance in order to assess which solutions and actions has to be taken beforehand of the implementation at Lillemoen. This way the implementation work can be carried out more effectively. Through SAP-courses and conversations with SAP personnel, various solutions that can be implemented through SAP at a district heating plant are presented in chapter 5

Innledning

Viktigheten av vedlikehold har økt i de senere år og ført til tilsvarende økt interesse for utvikling og implementering av optimaliserte vedlikeholdsstrategier. Dette for å øke systemers tilgjengelighet, forhindre svikt/feil og redusere vedlikeholdskostnader for degraderende systemer (Deloux, et al., 2009).

Mål og bakgrunn

De overordnede målene med masteroppgaven har vært å:

- Skaffe meg et overblikk over hvordan Statkraft Varme styrer vedlikeholdet sitt
- Samle inn informasjon om og studere konseptet prediktivt vedlikehold
- Vurdere Statkraft Varme sitt behov for omlegging til en prediktiv vedlikeholdsstrategi
- Kartlegge Statkraft Varme sine muligheter for å innføre prediktivt vedlikehold ved hjelp av SAP

Tittelen på oppgaven er Prediktivt vedlikehold i Statkraft Varme. Med prediktivt vedlikehold menes: Tilstandsbasert vedlikehold utført etter et varsel utledet av gjentatte analyser eller kjente egenskaper og evaluering av de signifikante parametere for forringelse av enheten (NS-EN 13306, 2010).

Arbeidet skal bidra til at Statkraft Varme skal kunne se forbedringsområder innad i organisasjonen og få innblikk i hvordan SAP kan innføres med best mulig resultat på fjernvarmeanlegget på Lillemoen.

På bakgrunn av dette utarbeidet veileder, i samarbeid med Statkraft Varme, en oppgavetekst bestående av 6 deloppgaver i januar 2016:

1. Beskriv vedlikeholdsflyten ved FV og KV for Statkraft Varme og fjernvarmeanlegget på Lillemoen.
2. Beskriv og analyser vedlikeholdsplanleggingen og prosessovervåking for fjernvarmeanlegget på Lillemoen.
3. Analyser bruken av SAP på Lillemoen. Dette skal blant annet omfatte: kravspesifikasjon, behov, løsninger, bruk og utfordringer.
4. Beskriv teknisk status ved hjelp av SAP for Lillemoen-anlegget. Diskuter også bruk av andre systemer for å fremskaffe teknisk status.
5. Presenter og diskuter konseptet prediktivt vedlikehold
6. Utvikl et prediktivt vedlikeholdskonsept for fjernvarmeanlegget på Lillemoen.

Hver deloppgave ble planlagt i forstudierapporten, se vedlegg F. Deretter ble fremgangsmåten for å løse hver enkelt deloppgave gjennomgått og godkjent av veileder før utførelsen av selve oppgaven startet.

På grunn av uklarheter i begynnelsen av oppgaven, måtte oppgaveteksten endres. Det viste seg at SAP ikke var implementert til vedlikeholdsstyring i det heletatt ved Lillemoen, noe som var en forutsetning for deloppgave 4 og 6. Dette er forklart nærmere i avviksmeldingen i vedlegg E.

Oppgave 4 ble endret til:

Utred hvordan Statkraft Varme kan benytte SAP til å lukke vedlikeholdsstyringsløyfa ved fjernvarmeanlegget på Stjørdal. Dette innebærer å se nærmere på bruk av elektroniske sjekklister, bruk av håndholdte enheter for rapportering, oppretting av feilmeldinger og muligheter for å automatisere vedlikeholdsplanleggingen ved anlegget.

Oppgave 6 ble endret til:

Opprett et arbeidsflytskjema for hvordan innrapporterte avvik og feilmeldinger kan analyseres og benyttes til forbedringer i vedlikeholdsstyringen ved fjernvarmeanlegget på Stjørdal.

Masteroppgavens oppbygging

Oppgaven består av 5 hovedkapitler.

Kapittel 1 gir et overblikk over Statkraft Varme som organisasjon og de ulike utfordringene som finnes i vedlikeholdsorganisasjonen.

Kapittel 2 presenterer moderne vedlikeholdskonsepter med vekt på konseptet prediktivt vedlikehold. Det er utredet et eksempel fra Bosch for å illustrerer effekten av prediktivt vedlikehold i praksis. I kapitlet er det også utviklet en generell modell for implementering og styring av prediktivt vedlikehold. I kapittel 2.7 er den menneskelige delen av prediktivt vedlikehold og Industri 4.0 beskrevet nærmere.

Kapittel 3 tar utgangspunkt i deloppgave 2 og er en omfattende gjennomgang av vedlikeholdsstyringen i Statkraft Varme. Både Lillemoen og Heimdal Fjernvarmeanlegg er gjennomgått.

Kapittel 4 utreder hvilke muligheter prediktivt vedlikehold har i Statkraft Varme ved fjernvarmeanlegget på Lillemoen og Heimdal fjernvarmesentral.

Kapittel 5 viser hvilke konsepter som kan realiseres ved de ulike fjernvarmeanleggene gjennom god implementering av SAP. Det er presentert ulike løsninger for vedlikeholdsstyring og rutiner for hvordan organisasjonen kan dra nytte av innsamlet data fra komponenter og systemer.

Vedlegg i oppgaven

Vedlegg A: Intervju med Vedlikeholdssjef ved Heimdal Fjernvarme

Vedlegg B: Tilstandskontrollrapporter fra Stjørdal Fjernvarme

Vedlegg C: Intervju med personell fra Heimdal Fjernvarme

Vedlegg D: 50 spørsmål før implementering av CMMS

Vedlegg E: Avviksmelding

Vedlegg F: Forstudierapport

Omfang og begrensninger

Drift og vedlikeholdsstyring er ett av de viktigste fagområdene for å ivareta komponenter og anlegg etter oppstart. Fastsetting av måltall for å holde oversikten over utviklingen av organisasjoner er også nødvendig for å kunne sørge for riktig prioritering av vedlikeholdsstyringen. Dagens fabrikker og anlegg består av mange ulike og avanserte komponenter som trenger tilsyn og riktig stell for å kunne utføre krevd funksjon over tid. Hensikten med drift og vedlikeholdsstyring er å sørge for at riktig inngrep utføres rett til riktig tid med riktige ressurser med riktig kvalitet.

Det er mange teorier, modeller og prinsipper knyttet til drift- og vedlikeholdsoptimalisering som ikke har blitt prioritert i denne oppgaven, blant annet statistikk- og pålitelighetskalkulering. For å fastsette eksakt vinning av forbedret vedlikehold i form av feilrater, ville oppgaven krevd mye mer omfattende arbeid, noe mine 20 tildelte arbeidsuker ikke tillater. Det ville også krevd informasjon om komponenter som ikke er tilgjengelig for en som ikke er ansatt i virksomheten. Kostnader for implementering av løsninger er heller ikke vurdert i denne rapporten. Hensikten er å finne og presentere industriens beste praksis, ikke å finne ut hva det koster. Oppgaven og arbeidet som ligger bak har til hensikt å være et

godt utgangspunkt for valg av metoder og nye satsingsområder som ønskes detaljert og videreutviklet for Statkraft Varmes drift og vedlikeholdsstyring.

10 uker med praksis ved fjernvarmeanlegget på Stjørdal danner det praktiske grunnlaget for oppgaven. Jeg har ikke arbeidet på andre anlegg i Statkraft Varme og kan derfor ikke garantere at alle løsninger og forslag som er presenterte i oppgaven er representative ved alle anlegg i Statkraft Varme.

Arbeidsmetodikk

Oppgaven er basert på dagens tilgjengelige litteratur, forskningsartikler, 10 uker med praktisk arbeid på fjernvarmeanlegget på Lillemoen og utleverte dokumenter fra Statkraft Varme.

Etter en omfattende forstudierapport, ble det utarbeidet en plan for hvordan oppgaven skulle bygges opp i samarbeid med veileder og 3 ansatte fra Statkraft Varme.

Arbeidet har gått kontinuerlig gjennom semesteret, våren 2016, med veiledningsmøter underveis.

Sentrale begreper

All fagterminologi innen vedlikehold i denne oppgaven er basert på uoffisiell oversettelse fra standard (NS-EN 13306, 2010) for å unngå misforståelser.

Styrende dokumentasjon:

Dokumenter, figurer, modeller, retningslinjer, prosedyrebeskrivelser og håndbøker som har til hensikt å visualisere arbeidsfordeling og prioriteringer innen vedlikeholdsarbeidet. I tillegg skal disse styrende dokumentene sørge for at enhver ansatt enkelt kan identifisere sine ansvarsområder og utføre arbeidsoppgaver innen fastsatte rammer.

I denne oppgaven har disse styrende dokumentene i Statkraft Varme vært sentrale:

- Statkraft Operation & Maintenance handbook
- Drift- og beredskapsmodellen
- Retningslinjer for klassifisering av kraftverk
- Beskrivelse av sviktmodeller og maler
- Prosess for ressursplanlegging
- Statkrafts prosess for resultatstyring
- Maturity assessment tool
- Møtestruktur for kontinuerlig forbedring
- Prosjektmodellen

- Vedlikeholdsstyringsløyfa
- Demingsirkelen

Disse styrende dokumentene fungerer som verktøy for å ivareta Statkrafts interesser innen vedlikehold og driftssikkerhet. Utfordringene ligger i å kunne ta i bruk dokumentene aktivt i utførelse og planlegging av arbeidsoppgaver, og ikke bare på administrativt nivå.

Vedlikehold:

Kombinasjon av alle tekniske, administrative og styringsmessige aktiviteter i levetiden til en enhet, som har til hensikt å opprettholde eller gjenopprette den til en tilstand som gjør den i stand til å utføre den krevde funksjonen.

Vedlikeholdsstyring:

Alle ledelsesaktiviteter som fastsetter vedlikeholdsmålene, strategiene og ansvar, og implementerer dem gjennom tiltak som vedlikeholdsplanlegging, vedlikeholdskontroll og tilsyn, og forbedring av metoder i organisasjonen, inkludert økonomiske aspekter.

Vedlikeholdsmål:

Mål fastsatt og akseptert for vedlikeholdsaktivitetene. Merknad: Disse målene kan inkludere tilgjengelighet, kostnadsreduksjon, produktkvalitet, miljøvern, sikkerhet, osv.

Vedlikeholdsstrategi:

Styringsmetode brukt for å nå vedlikeholdsmålene.

Vedlikeholdsplan:

Sett med de strukturerte og dokumenterte arbeidsoppgaver som inkluderer aktiviteter, prosedyrer, ressurser og tidsomfang som kreves for å utføre vedlikehold.

Vedlikeholdsevne:

Evnen til en vedlikeholdsorganisasjon til å ha riktig vedlikeholdsstøtte på riktig sted for å utføre nødvendig vedlikeholdsaktivitet på et gitt tidspunkt eller i løpet av et gitt tidsintervall.

Prediktivt vedlikehold:

Tilstandsbasert vedlikehold utført etter et varsel utledet av gjentatte analyser eller kjente egenskaper og evaluering av de signifikante parametere for forringelse av enheten.

Forebyggende vedlikehold:

Vedlikehold utført etter gitte intervall eller i henhold til forhåndsbestemte kriterier og har til hensikt å redusere sannsynligheten for svikt eller degradering av enhetens funksjonsevne.

Korrektivt vedlikehold:

Vedlikehold som utføres etter svikt har inntruffet og har til hensikt å gjenvinne enhetens tilstand hvor den kan utføre krevde funksjon.

Arbeidsmetode:

Her menes i all hovedsak hvordan arbeidsoppgaver utføres i sin helhet. Dette innebærer:

- Planlegging av arbeidet i form av strukturert gjennomgang av prosedyrer og eksisterende dokumentasjon, utarbeiding av SJA (Sikker Jobb Analyse).
- Utførelse av arbeidet i henhold til fastsatte standarder og rutiner.
- Dokumentering av utført arbeid. Avviksrapporter og forslag til optimalisering av gjeldende beste praksis skal være en sentral del av dokumentasjonen.

Forkortelser

Det er brukt fotnoter for å forklare forkortelser første gang de oppstår i dokumentet. Under er en liste over forkortelser i rapporten:

KPI - Key Performance Indicator

SJA - Sikker Jobb Analyse

PG - Power Generation

DH - District Heating

Ptil - Petroleumstilsynet

HSSE - Health, Security, Safety and Environment

RUH - Rapport for Uønsket Hendelse

ERP - Enterprise Resource Planning

FMEA - Failure Mode and Effect Analysis

RUL – Remaining Useful Life

EHM – Engine Health Management

SAP - System, Applications and Products in data processing

CMMS – Computerized Maintenance Management System

RAMS - Reliability, Availability, Maintainability and Safety

ALARP - As Low As Reasonably Practicable

MTBF – Mean Time Between Failure

MTTR – Mean Time To Repair

1. Om Statkraft Varme

Statkraft Varme er fjernvarmevirksomheten i Statkraft. Hensikten med dette kapittelet er å kartlegge hvor Statkraft Varme har utfordringer innen vedlikeholdsstyring, som igjen danner grunnlaget for denne oppgaven.

I kapittel 1.2 er det kort beskrevet hvordan fjernvarmeanlegget på Stjørdal virker. Kritiske driftssituasjoner er beskrevet og begrensninger knyttet til sesongbasert vedlikehold er videre utredet i dette kapittelet.

Kapittel 1.3 presenterer konkrete utfordringer ved dagens løsninger i Statkraft Varme. Dette innebærer blant annet bruk av SAP, aktiv bruk av vedlikeholdsstyringsmodeller og hvilke områder som begrenser videre utvikling av vedlikeholdsorganisasjonen.

1.1 Begrensninger av oppgaven

Denne oppgaven omhandler i hovedsak fjernvarmeanleggene på Stjørdal og Tiller. I oppgaven omtales Anlegget på Stjørdal for Lillemoen og anlegget på Tiller omtales som Heimdal fjernvarmesentral.

Grunnen til at det er Stjørdalsanlegget som er i fokus er at det skal gå over til å bruke SAP som vedlikeholdsstyringsprogram. Dette er et veldig omfattende program som krever mye opplæring av ansatte for å benyttes. Programmet skulle etter planen vært på plass ved oppstart av oppgaven, men anleggsstrukturen var ikke klar før 20. mai. Dette satte forhindringer i utføring av oppgaven, så den måtte reformuleres. Dette kan leses i avviksmeldingen i vedlegg E.

Jeg har hatt 10 uker praksis ved fjernvarmeanlegget på Stjørdal. Det er nok til å bli kjent med de kritiske komponentene og arbeidsprosedyrene knyttet til drift og vedlikehold på anlegget. 10 uker er derimot ikke nok til å kjenne alle driftstilstander og diagnostisere komponenter basert på driftsdata.

Gjennom oppgaven har jeg vært på flere besøk til Heimdal fjernvarmesentral. Befaringer, utredning av case og intervjuer men personell har dannet grunnlaget for analysene for dette anlegget. Mangel på lengre praktisk erfaring fra dette anlegget er likevel en begrensende faktor for denne oppgaven.

Et av målene med denne masteroppgaven er å komme med konkrete forbedringsforslag ved dagens praksis innen bruk av SAP. Det er da i all hovedsak tatt utgangspunkt i Lillemoen og Heimdal fjernvarmesentral. En må derfor regne med at ikke alle forslagene kan være implementerbare for absolutt alle anlegg med hensyn til vedlikeholdsvennlighet, leverings- og ventetider og vedlikeholdsevne.

1.2 Fjernvarmeanlegget på Stjørdal

Anlegget på Stjørdal, som kalles Lillemoen, er på 16GWh og det benyttes biobrensel (skogflis) til fyring i ovnene. I tillegg har anlegget 2 oljekjeler som til enhver tid står i standby. Dersom temperaturene i biobrenselovnene går under fastsatte settpunkt, vil oljekjelene kobles inn for å ivareta leveringssikkerheten på tilstrekkelig varmt fjernvarmevann. Bakdelen med dem er at en fyrer med olje. Det er ikke ønskelig med tanke på utslipp og forbruk av olje. Fyring med olje er både kostbart og lite miljøvennlig sammenlignet med forbrenning av biobrensel.

1.2.1 Kritiske driftssituasjoner

På anlegget på Stjørdal er det 2 flisovner. Hver enkelt ovn har en kanal for røykgassen som genereres inne i ovnen. Røyken drives av ei røykgassvifte på hver ovn som får kraften sin fra en elektromotor. Dersom røykgassviften stopper, må også driften av den tilhørende ovnen stoppes for å unngå eksplosjonsfare. Det er to scenarioer som potensielt kan sette anlegget i fare:

Det ene er svikt i vannsirkulasjonen i kjelen. Dette kan skje ved for eksempel pumpesvikt eller stor lekkasje i fjernvarmenettet. Hvis det ikke er vannsirkulasjon vil kjelen, når det er tilstrekkelig brensel og energi i brennkammeret, etter hvert overopphetes og koke. Hvis lekkasjen er stor nok slik at ikke vannpåfyllingen kan kompensere for lekkasjen, vil vannkappen rundt brennkammeret forsvinne og stålet i kjelen kan i verste fall ta skade. På Stjørdal er anlegget spesielt sårbart for det siste scenarioet, da kjelekretsen og fjernvarmekretsen er samme system. Nødkjølingssystemet på kjelen krever at vannkappen i kjelen er intakt for å fungere. (Markhus, 2015)

Det andre er CO-forpuffninger (som svenskene kaller det, siden dette høres litt mindre dramatisk ut enn CO-eksplosjoner). Dette er dannelse av uforbrente røykgasser og deretter tilførsel av oksygen (luft) slik at det oppstår en ukontrollert forbrenning. Dette kan forårsakes

på forskjellig måter f.eks. overfylling av brennkammer med for fuktig flis (delvis kvelning av bålet), feil med røykgassvifte. (Markhus, 2015)

1.2.2 Sesongbasert vedlikehold

En av de store fordelene med dette anlegget er at de har to ovner til å fyre i. I sommerhalvåret trengs bare én av dem for å kunne tilfredsstille etterspørselen fra kundene. Dette gir utrolig lang tid til å kjøre revisjoner og overhalinger av store vedlikeholdsobjekter. Derimot er det vanskeligere å foreta vedlikeholdsoppgaver på vinterhalvåret. Etterspørselen øker, kravene om tilgjengelighet blir strengere og det blir større konsekvenser dersom anlegget må tas ut av drift. Vedlikeholdssituasjonen med biobrenselanlegg kan sammenlignes med vedlikeholdsstrategiene for offshoreinstallasjoner. Der er det også vanskelig og i noen tilfeller umulig å utføre enkelte vedlikeholdsoppgaver i tidsrom under vinterhalvåret (Dowell, et al., 2014). Det er derfor viktig i begge bransjene at sommerhalvåret utnyttes til det fulle for å ivareta driftssikkerheten gjennom vinterhalvåret. Tilstandsbasert vedlikehold har også dermed blitt mer utbredt offshore for å øke tilgjengeligheten på systemer (McMillan & Ault, 2007)

1.3 Heimdal fjernvarmesentral

Fjernvarmeanlegget på Tiller i Trondheim, som kalles Heimdal fjernvarmesentral, er det største fjernvarmeanlegget i Statkraft Varme med en produksjon på 573 GWh (Statkraft Varme, 2014). Ved dette fjernvarmeanlegget er det avfall fra Trondheimsregionen som er brenselet. Statkraft Varme mottar betaling for avhending av avfallet, men det medfører større risiko å forbrenne avfall fremfor skogflis. Den største utfordringen er fremmedlegemer av stål og gips som forårsaker dårlig forbrenning, skader på utstyr og utslipp til miljøet. Derfor må dette anlegget bruke vesentlig mer ressurser på vedlikehold enn anleggene som forbrenner skogflis.

Anlegget har benyttet SAP siden 2007, men likevel har vedlikeholdsorganisasjonen store utfordringer med å benytte programmets fulle potensiale. Dette innebærer bruk av elektroniske sjekklister, analysering av innsamlet data og automatisk generering av arbeidsordrer for å nevne noen (Strøm, 2016). Disse problemene blir også tatt i betraktning ved utredning av hvilke elementer som må være på plass før SAP kan benyttes ved Lillemoen. Prinsippet med sesongbasert vedlikehold gjelder også ved dette fjernvarmeanlegget. Driften er mer kritisk om vinteren og kravene til driftssikkerhet blir dermed vesentlig strengere.

1.4 utfordringer i Statkraft Varme

I dette kapitlet er de mest sentrale problemstillingene i Statkraft Varme med tanke på vedlikehold presentert. Det er blant annet styring av vedlikehold, bruk av SAP til rapportering og dokumentasjon, analyse av innsamlet data og lukking av vedlikeholdsstyringsløyfa. Underveis i oppgaven kommer det også frem at det er for lite samarbeid i forbindelse med vedlikehold mellom anleggene i Nord- og Sør-Trøndelag.

Kapitlet er basert på mine erfaringer fra praksisperioden sommeren 2015 og informasjon fra veiledere i Statkraft Varme. I tillegg utførte jeg et fordypningsprosjekt for Statkraft Varme som dannet er grunnlag for videre arbeid i form av en masteroppgave.

1.4.1 Vedlikeholdsstyring

I dag er vedlikeholdsstyringen til Statkraft Varme preget av korrektivt vedlikehold. Det er for lite fokus på gode rutiner for forebyggende vedlikehold.

Heimdal fjernvarmeanlegg sliter med mangelfull utnyttelse av ressurser til optimalisering av tilstandskontroller. De har for eksempel investert i kostbart utstyr til støtpulsmålinger og vibrasjonsmålinger, men mangel på opplæring og tilgjengelig dokumentasjon forhindrer aktiv bruk av instrumentene. Dette kommer frem i kapittel 3.3.6 hvor det er utarbeidet en case ved anlegget.

For å holde oversikten over tilstand på komponenter i anlegget på Stjørdal, er det utarbeidet ukentlige sjekklister som skal gjennomgås hver mandag, onsdag og fredag. Her noteres observasjoner ute på anlegget og fastsatte oppgaver utføres. Denne metoden er lite anbefalt for å kunne holde oversikten over et industrianlegg. Det er nesten umulig å identifisere trender og feilutviklinger på et tidlig stadium til bruk i prediktivt vedlikehold dersom en ikke legger inn målte parametere på PC. En viktig del av denne rapporten er å utrede mulighetene for å realisere elektroniske sjekklister for Statkraft Varme med de ressursene de har tilgjengelige. De elektroniske sjekklisterne er nærmere beskrevet i kapittel 5.2.3.

1.4.2 Rapportering, Analyse og Forbedringstiltak

God kommunikasjon er helt avgjørende når det kommer til vedlikeholdsstyring. For å kunne lukke vedlikeholdsstyringsløyfa, må også delen med dokumentasjon og tilbakemelding være komplett (Wilson, 2013). Statkraft Varme har også tendenser til å svikte i oppfølging av den nederste delen av vedlikeholdsstyringsløyfa, som er presentert i figur 1. Når vedlikeholdsarbeid er utført og området er ryddet, blir det ofte begynt på et nytt prosjekt

fremfor å dokumentere jobben som nettopp ble utført. Dette fører til dårlig kommunikasjon fra vedlikeholdspersonell og opp til administrasjonen. Videre blir det vanskelig å ta erfaringer i betraktning ved utforming av nye vedlikeholdsstrategier og vedlikeholdsplaner. I kapittel 3.3.1 presenteres arbeidsflytskjemaet for arbeidsordrer i Statkraft Varme. Dette for å få en oversikt over hvordan organisasjonen jobber. Til slutt i kapittel 4.2.5 er det foreslått en ny modell for arbeidsflyt i Statkraft Varme hvor rotårsaksanalyser får en sentral rolle.

1.4.3 Erfaringsoverføring

Nedprioritering av dokumentasjon av utført arbeid fører til redusert erfaringsoverføring til andre operatører som skal utføre lignende oppgaver. Resultatet blir at hver driftstekniker må prøve seg fram for å finne beste måte å utføre arbeid på. Mangel på arbeidsprosedyrer reduserer arbeidseffektiviteten og sjansene for feil utført vedlikehold øker betraktelig (Aalipour, et al., 2016).

Rapportering og tilbakemelding av arbeidsordrer og feilmeldinger har blitt vesentlig bedre ved Heimdal varmesentral etter at Statkraft implementerte en mobilapplikasjon i SAP. Dårlig rutiner for analyse av innsamlet data preger likevel arbeidet med å få overført beste praksis videre til nye prosjekter. Det er utført forsøk på å innføre nye rutiner på området, men det er vanskelig å engasjere ansatte til å delta aktivt i implementeringsarbeidet (Strøm, 2016). Rutiner for å bedre erfaringsoverføring er også et sentralt tema i denne oppgaven som er nærmere diskutert i kapittel 5.

1.4.4 SAP

Statkraft er inne i en industriell revolusjon når det kommer til vedlikeholdsstyring. De har valgt å gå over til å bruke SAP som sitt ERP (Enterprise Resource Planning) system.

På Lillemoen blir et program, kalt DASH, benyttet til vedlikeholdsstyring. Dette er nærmere beskrevet i kapittel 3.4. Denne løsningen skal byttes ut med SAP og er derfor et sentralt tema i denne rapporten. Hvilke forutsetninger som må ligge til grunn for en god implementering av SAP på Lillemoen er presentert i kapittel 5.3.

Ved Heimdal Fjernvarmesentral har de benyttet SAP til vedlikeholdsstyring siden 2007 (Andreassen, 2016). Likevel er har de store utfordringer med å ta i bruk grunnleggende funksjoner i SAP for å holde orden på vedlikeholdsstyringen. Disse funksjonene er blant annet: Elektroniske sjekklister, automatisk genererte arbeidsordrer, aktiv bruk av målepunkt

og presentering og kategorisering av teknisk informasjon for å nevne noen. Mulighetene for bruk av SAP er nærmere beskrevet i kapittel 5.2.

For å illustrere hvor anleggene ligger an i forhold til bruk av SAP, er det utarbeidet en oversikt over hvilke funksjoner som er tilgjengelige i SAP og hvor godt disse prinsippene er implementerte ved de to fjernvarmeanleggene. Ref. tabell 1 under.

Tabellen tar utgangspunkt i vedlikeholdsstyringsløyfa som er vist i figur 1. Dette for å se tydelig hvilke deler av denne sentrale modellen, som benyttes i Statkraft, som kan påvirkes sterkest gjennom en god implementering av SAP.

Rød = Kritiske mangler og feil prioriteringer

Gul = Vesentlige mangler

Grønn = Rom for forbedring

Tabell 1 Status for SAP i Statkraft Varme

Del av sløyfa	Mulighet i SAP	Status Stjørdal	Status Trondheim
Mål og krav	Kan legge inn grenseverdier for målbare parametere. Skala fra 1-5 ref. figur 38. Kan programmere ulike tiltak etter hvert som grenseverdiene brytes.	Ikke tatt i bruk	Ikke tatt i bruk
Vedlikeholds-Program	Alle vedlikeholdsoppgaver knyttet til tekniske plasser kan legges inn i SAP. Kan legge inn dokumentasjon i form av tegninger, spesifikasjoner og lignende på tekniske plasser.	Ikke tatt i bruk	Dokumentasjon ligger ikke på tekniske plasser i SAP
Planlegging	Automatisk generering av arbeidsordrer. Dette kan baseres på rapporterte verdier eller faste tidsintervall ref. Kapittel 5.2.5.	Ikke tatt i bruk	Ikke i bruk per dags dato
Utførelse	Elektroniske sjekklister, ref. kapittel 5.2.3.	Ikke tatt i bruk	Har begynt for mindre anlegg
	Mobilapplikasjon for SAP	Ikke tatt i bruk, Planlagt oppstart: Juni 2016	I bruk, men kan ikke lese vedlagte dokumenter på komponenter
	Sikker Jobb Analyse	Ikke i SAP, fortsatt i papirformat	Utarbeides i SAP, lite fokus på tidligere SJA for identisk arbeid

Del av sløyfa	Mulighet i SAP	Status Stjørdal	Status Trondheim
Teknisk tilstand	Kan fremstilles ved å gå inn på riktig teknisk plass i SAP og få oversikt over innrapporterte målinger og avvik for enheten.	Praktiseres ikke	Brukes først og fremst ved reaktivt vedlikehold. For lite bruk av målepunkt.
Rapportering	Mobilapplikasjonen brukes i all hovedsak til dette. Kan også melde inn avvik på PC.	Ikke i bruk	I bruk, men kan ikke legge til bilder i feilmeldinger. Utviklingsarbeid pågår
Analyser	Kan fremstille representativ informasjon på en rekke ulike metoder, ref. kapittel 5.2.4. Kan sammenligne identiske komponenter fra ulike anlegg for å skape større beslutningsgrunnlag.	Rutiner for analyser er ikke opprettet	Strukturerte rutiner for analyse og fremstilling av data er ikke opprettet
Forbedrings-tiltak	Ulike arbeidsordrer kan genereres ut i fra innrapporterte verdier eller fastsatte tidsintervall. De ulike tiltakene kan bestemmes i plenum i god tid før de ulike situasjonene oppstår. Slik kan riktig tiltak iverksettes til riktig tid med riktige ressurser tilgjengelig ref. kapittel 5.2.4.	Ikke implementert i SAP	Brukes ikke aktivt. Det settes av alt for lite tid til å realisere konseptet.
Ressursbehov	Gjennom å legge inn automatiske arbeidsordrer og arbeidsordrer til ulike revisjoner, er det lettere å estimere fremtidig ressursbehov ref. kapittel 5.2.5.	Ikke implementert	Oppretter revisjonskoder Ikke automatisk genererte arbeidsordrer

Det kommer tydelig frem av tabellen over at det ikke er nok fokus på å nyttiggjøring av de mange gode og nyttige funksjonene SAP som vedlikeholdsstyringsprogram tilbyr. Ved Heimdal Fjernvarmeanlegg har de benyttet SAP siden 2007 (Andreassen, 2016). Likevel preges programbruken av mangel på tid og ressurser til å realisere løsningene i praksis. Selv etter 9 år er det ikke store forskjellen fra Stjørdal som ikke har implementert SAP enda. Selv om det sitter personell i Statkraft Varme på Heimdal som har gode kunnskaper om de ulike funksjonene i SAP og hvordan de kan realiseres, blir ikke denne kompetansen utnyttet godt nok der. Dette viser hvor viktig det er å sette av tilstrekkelig med ressurser i begynnelsen av prosjektet med å implementere SAP på Lillemoen. Konsekvensen vil være at de viktige elementene med programmet ikke blir tatt i bruk og at det ikke blir vesentlig forandring i tiden som følger.

1.4.5 Samarbeid mellom anleggene i Nord- og Sør-Trøndelag

I løpet av arbeidet med denne oppgaven kom det tydelig frem at det er liten grad av samarbeid mellom anleggene i Nord- og Sør-Trøndelag. Ved Heimdal fjernvarmesentral har de gode redskaper for tilstandskontroll og vibrasjonsanalyser, mens på Lillemoen er dette mangelvare. Ved Lillemoen og de andre anleggene i Nord-Trøndelag leier driftssjefen inn eksternt personell som foretar vibrasjonsmålinger på kritisk roterende utstyr. Paradoksalt utføres det for lite tilstandskontroll ved Heimdal Fjernvarmesentral, selv om de har tilgjengelig utstyr på plass (Rygvold, 2016). Dette er urovekkende, og et problem som er nærmere omtalt i kapittel 3.

For at organisasjonen skal kunne bli prediktive i vedlikeholdet sitt, er det helt avgjørende at alle enhetene samarbeider for å implementere beste praksis på alle områder. Konseptet prediktivt vedlikehold er utredet i kapittel 2 i denne rapporten. Utveksling av løsninger og verktøy bør ikke være et problem med alle kommunikasjonsmidlene som finnes i dag. Aktiv bruk av SAP til innhenting av informasjon fra andre anlegg er beskrevet i kapittel 5 og vil være viktig i arbeidet mot en prediktiv vedlikeholdsorganisasjon.

2. Moderne vedlikeholdskonsepter

I Nord-Europa er det anslått at 10% av hvert land sitt bruttonasjonalprodukt brukes på vedlikehold. Dette medfører en kostnad på ca. 1200 milliarder euro. Siden 50% av dette går til industrien, blir det altså brukt 600 milliarder euro i hele EU på vedlikehold (Belgian Maintenance Association , 2016). I kapittel 2.7 er det vist at dersom en investerer 20% mer i forebyggende vedlikehold tidlig i komponentlevetiden, vil en kunne spare opp imot 40% på de totale vedlikeholdskostnadene. Dette kan kun oppnås gjennom heving av kompetansenivået i vedlikeholdsorganisasjonen; slik at riktige avgjørelser blir tatt til rett tid og riktige tiltak blir implementerte med mest mulig effekt.

I dette kapitlet presenteres konseptet prediktivt vedlikehold. Hensikten er å få et innblikk i hva prediktivt vedlikehold innebærer og hvilke metoder og verktøy som benyttes for å skape en prediktiv vedlikeholdsorganisasjon. Kapittel 2.1 dreier seg om vedlikehold og sikkerhet. Det er vist at økt sikkerhet er det overordnede målet med vedlikehold.

Den mest sentrale vedlikeholdsstyringsmodellen er presentert i kapittel 2.2. Denne styringssløyfa er benyttet av en rekke aktører i industrien i dag, inkludert Statkraft Varme.

I kapittel 2.3 er det gitt en oversikt over de ulike vedlikeholdstypene i industrien i dag.

Kapittel 2.4 er hoveddelen i dette kapitlet og presenterer konseptet prediktivt vedlikehold. Her er det utviklet en styringsmodell for implementering og styring av prediktivt vedlikehold ref. figur 4. I kapittel 2.5 er det gjennomgått et praktisk eksempel på en bedrift som arbeider med å innføre prediktivt vedlikehold. BOSCH ble valgt, siden de er i spissen på implementering og utvikling av konsepter innen Industri 4.0.

Kapittel 2.6 evaluerer hvilke tilleggsprogrammer som finnes i SAP i forhold til prediktivt vedlikehold.

Kapittel 2.7 omhandler menneskets rolle i prediktivt vedlikehold og Industri 4.0. Det kommer frem at kompetansenivå, opplæring og utdanning er kritiske suksessfaktorer for at ny teknologi som introduseres i prediktivt vedlikehold skal kunne benyttes med effekt.

2.1 Vedlikehold og sikkerhet

Sikkerhet defineres som frihet fra tilstander som kan forårsake død, skade, arbeidsskader, skade på eller tap av utstyr eller eiendeler, eller skade på miljøet (MIL-STD-882D, 2000). De samme hensyn tas ved utredning av konsekvensanalyser. De viktigste aspektene som må inkluderes er ifølge (Rausand & Arnljot, 2004):

1. Personell (Personersikkerhet)
2. Miljøet (Utslipp)
3. Materiell (Økonomi)
4. Produksjonsregularitet (dersom nødvendig)

Vedlikehold påvirker påliteligheten og tilgjengeligheten til en enhet direkte (Smith, 2011). Mange industrier (blant annet atomkraft, fly, forsvar og offshore) har forstått relasjonene mellom vedlikehold og pålitelighet og har derfor implementert konseptet pålitelighetsbasert vedlikehold (RCM) (Rausand & Arnljot, 2004).

Vedlikehold kan påvirke sikkerheten på flere måter, avhengig av utstyret eller systemet som skal vedlikeholdes. Påvirkning på sikkerhet kan skje ved (Øien & Schjøllberg, 2008) :

1. Skade på dem som utfører vedlikeholdet (direkte under arbeidsutførelsen)
2. Feil i planlegging, utførelse eller kontroll av vedlikehold (feil utført vedlikehold)
3. Manglende vedlikehold (ikke utført vedlikehold)

«Skade på dem som utfører vedlikeholdet (1) begrenses ofte til dem som er involverte i utførelsen av et vedlikeholdsinngrep. Skadene kan oppstå ved de aller fleste systemer og ikke bare der store energimengder potensielt kan slippes løs» (Øien & Schjøllberg, 2008, p. 4).

«Feil i planlegging, utførelse eller kontroll av vedlikehold (2) kan resultere i at det introduseres feil i et system, og manglende vedlikehold (3) kan føre til at allerede inntrufne feil eller degraderinger ikke oppdages og korrigeres» (Øien & Schjøllberg, 2008, p. 4).

Disse tre kategoriene for vedlikeholds rolle innen sikkerhet er også beskrevet av (Vatn & Aven, 2010) som de mest sentrale synergier mellom vedlikehold og sikkerhet.

Feil utført vedlikehold påvirkes sterkt av menneskers evne til å gjøre feil (Latorella & Prabhu, 2000). (Castiglia & Giardina, 2013) hevder at menneskelige feil er hovedårsaken for mellom 50 og 90% av ulykker i industrien. I tillegg var 62% av de 13 ulykkene innen

«44% av de alvorlige personskadene på norsk sokkel skjedde i forbindelse med vedlikeholds- og modifikasjonsarbeid»

(Det kongelige Arbeids- og inkluderingsdepartementet, 2005-2006)

jernbanevirksomheten i Norge fra 1970 til 1998 forårsaket av menneskelige feil (Anderson, 1999). Gjennom å implementere gode rutiner og støtteapparater for dem som skal utføre vedlikehold, vil sannsynligheten for menneskelige feil kunne reduseres betraktelig (Mason, 2003).

Økt sikkerhet kan med dette sies å være det overordnede målet med vedlikehold, enten det er for å ivareta personsikkerheten, miljøriskerheten, den økonomiske sikkerheten eller produksjonssikkerheten til en enhet eller et system.

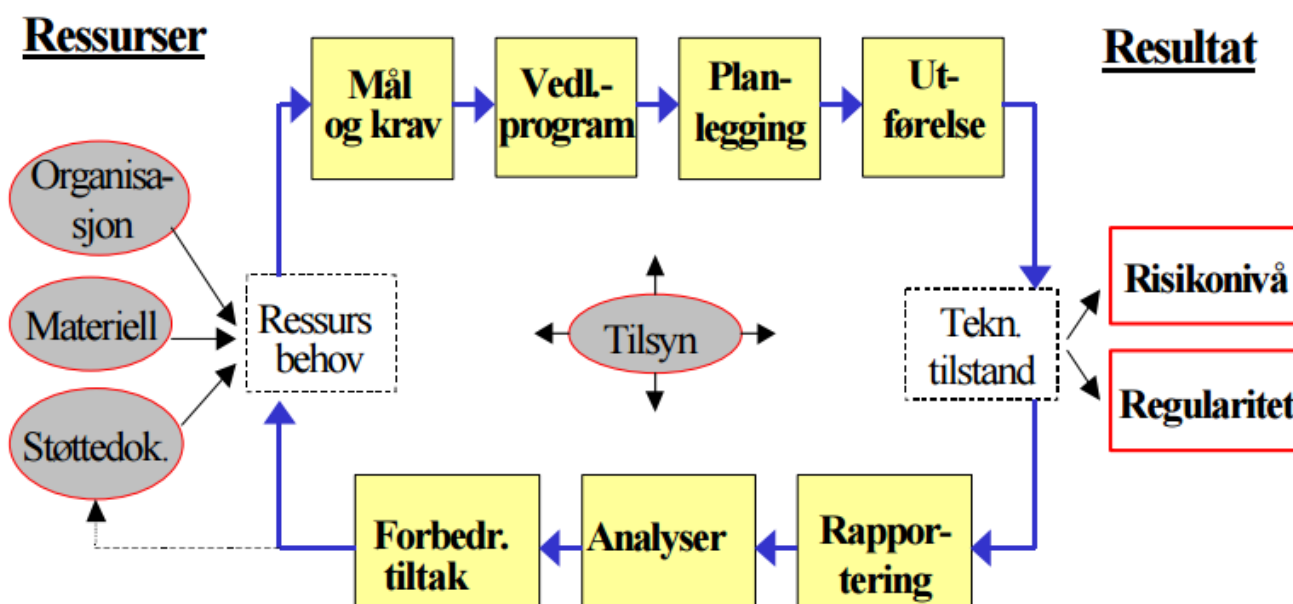
2.2 Styringsmodell for vedlikehold

I 1998 gjennomførte oljedirektoratet (OD) en basisstudie innen vedlikeholdsstyring. Hensikten var å utvikle en metode for systematisk og helhetlig egenvurdering av vedlikeholdsstyringen innad i en organisasjon. Videre ønsket også OD å bidra til heving av kvaliteten på operatørens system for styring av sikkerhetsrelatert vedlikehold og å gi operatørene bedre forutsigbarhet mht. ODs forventninger og krav på dette området (Oljedirektoratet, 1998).

Hovedårsakene til at dette prosjektet ble iverksatt var (Oljedirektoratet, 1998):

- Utilstrekkelig internt tilsyn i selskapene mot vedlikeholdsfunksjonen
- Manglende kapasitet i OD til å følge opp hvert enkelt felt
- Behovet for sterkere styring av vedlikehold på innretninger som nærmer seg avsluttende bruksfase
- Nye krav til styringssystem ved innføring av mer avanserte optimaliseringsteknikker

På bakgrunn av dette ble det utviklet en styringsmodell ref. figur 1 under, som er godt brukt i industrien i dag. Det overordnede målet med en slik modell er å sette vedlikeholdet i system slik at en kan oppnå kontinuerlig forbedring. Statkraft Varme har også adoptert denne modellen, vist i figur 16.



Figur 1 Vedlikeholdsstyringsløyfa til Ptil (Oljedirektoratet, 1998)

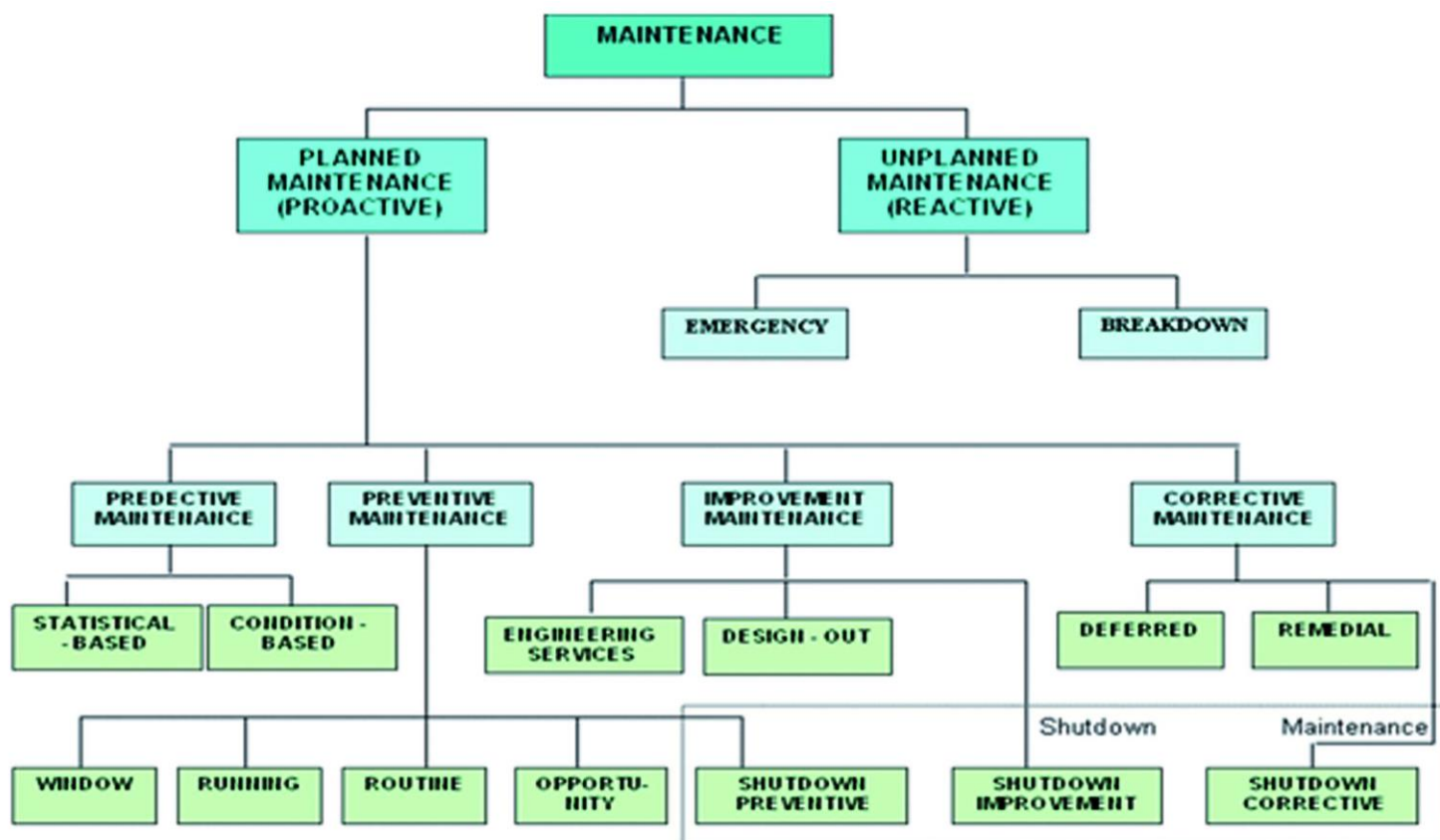
Styring av sikkerhetsrelatert vedlikehold er i modellen framstilt som en overordnet prosess (styringsløyfe), som, ved hjelp av nødvendig ressursinnsats, produserer produkter i form av for eksempel sikkerhet (lav risiko) og (høy) tilgjengelighet/regularitet. Hvert av elementene i styringsløyfa kan bestå av en rekke mindre arbeidsprosesser, med tilhørende produkter. I styringsmodellen inngår i tillegg tilsyn og ressurser (Oljedirektoratet, 1998).

Et godt styringssystem innebærer blant annet følgende (Oljedirektoratet, 1998):

- Styringssystemer skal bidra til kontinuerlig forbedring av organisasjoners aktiviteter, produkter og tjenester
- Styringssystemer skal sikre at problemer kontinuerlig blir identifisert og løst og at gode løsninger blir standardisert. Problemhåndtering bør være:
 - Rettet mot forbedring av arbeidsprosesser
 - Integrert på tvers av organisatoriske skillelinjer
 - Proaktiv
- De ulike delene av vedlikeholdsfunksjonen bør ivaretas av et spesifikt sett av arbeidsprosesser (dokumenter i prosedyrer, flytdiagram osv.)
- Arbeidsprosessene bør være designet som komplette kvalitetssløyfer og inneholder alle fasene i en problemløsningsprosess.

2.3 Vedlikeholdsstrategier

Tidligere skilte en bare mellom korrigerende og forebyggende vedlikehold. I dag skiller en mellom flere kategorier, se figur 2. Flere bedrifter arbeider med å gå over fra en reaktiv til en mer proaktiv vedlikeholdsstrategi. Det er et kjent tilfelle fra industrien at forebyggende vedlikeholdsaktiviteter kommer på etterslep og komponenter går til svikt uforutsett før en rekker å iverksette nødvendige vedlikeholdsinngrep (Arthur, et al., 2015).



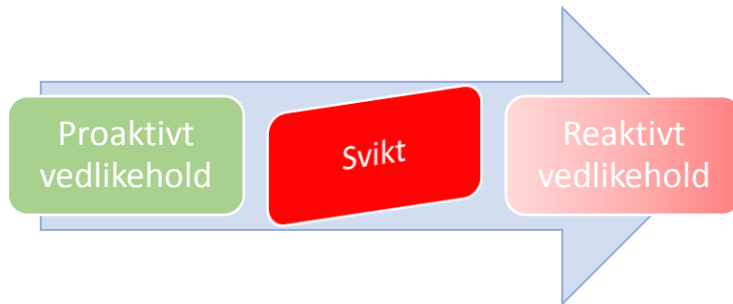
Figur 2 Oversikt over vedlikeholdstyper (Project Services Co. Qatar, 2011)

I dag er industrien mer presset til å ha høy tilgjengelighet for å sikre seg konkurransefortrinn, men også å ha høy driftssikkerhet for å ivareta menneskelig, miljømessig og økonomisk sikkerhet (Stenström, et al., 2015). Korrektive vedlikeholdsstrategier har blitt mer og mer erstattet med preventive vedlikeholdstiltak. Kritiske komponenter får ikke kjøre til havari, og en etterstreber prinsippet å kunne ha deler på lager i passelig tid før komponenter svikter (Ba, et al., 2016). Påliteligheten til en komponent i felten avhenger av vedlikeholdsaktivitetene som blir utført på den under bruk (Murthy, et al., 2008).

En kan se ut i fra figur 2 at vedlikehold deles inn i to hovedgrupper:

- Proaktivt vedlikehold (Planlagt)
- Reaktivt vedlikehold (Uplanlagt)

Konseptene er illustrert nærmere i figur 3.



Figur 3 Reaktivt og proaktivt vedlikehold

En reaktiv vedlikeholdsstrategi fokuserer på svikt/feil først etter at de har inntruffet. Tiltak blir ikke iverksatt før hendelser har utviklet seg til problemer. Organisasjonen mister fort kontroll over komponenttilstander og dermed svekkes driftssikkerheten betraktelig. Planleggingstiden ved en uforutsett svikt i kritiske komponenter vil også reduseres siden det kreves umiddelbare tiltak for å gjenvinne krevd funksjon til enheten (Daneshjo & Kravec, 2016).

2.3.1 Proaktivt vedlikehold

Proaktivt vedlikehold er en vedlikeholdsstrategi som har til formål å ivareta påliteligheten til en enhet eller et system. Hensikten er å se på svikt/feil og liknende problemer som noe som kan forutses og som kan bli tatt hånd om på forhånd. Proaktivt vedlikehold kan grovt deles inn i forebyggende, prediktivt, planlagt korrektivt og modifierende vedlikehold.

En mer proaktiv vedlikeholdsstrategi innebærer å benytte seg av så mye innsamlet data som mulig for å kunne identifisere hendelser i god tid før de får utviklet seg til problemer (Radkowski & Jasinski, 2015). Dette fører til at riktige tiltak kan iverksettes riktig, til rett tid med riktige ressurser på plass.

Proaktivt vedlikehold fokuserer primært på å identifisere rotårsaker til svikt i maskiner og iverksette tiltak før problemene oppstår. Det er ofte sett på som en kostnadseffektiv praksis siden det forhindrer uforutsett svikt i maskiner og løser hendelser før de blir problemer (Corrosionpedia, 2016).

2.3.2 Korrektivt vedlikehold

Korrektivt vedlikehold defineres som vedlikeholdsarbeid utført etter svikt har inntruffet. Vedlikeholdsinngrepet har til hensikt å gjenvinne en komponents evne til å utføre krevd funksjon (NS-EN 13306, 2010). En korrektiv vedlikeholdsstrategi kan forårsake høy risiko i vedlikeholdsplanlegging og utføring fordi en ikke kan ta hensyn til og planlegge vedlikeholdstiden ved en uforutsett stopp (Park, et al., 2015).

Feil/svikt -utbedringene kan for eksempel utføres gjennom følgende aktiviteter (Schjøllberg, 1987):

- Justeringer, oppretting og kalibrering
- Reparasjon
- Gjenvinning av funksjonsdyktig tilstand gjennom fysiske forandringer på systemet (modifikasjon)
- Utskiftninger. En utslitt komponent tas ut og erstattes med en ny enhet som fungerer

For enkelte systemer kan denne vedlikeholdsstrategien benyttes. Det forutsettes at en svikt av komponenter eller deler av systemet ikke forårsaker situasjoner av kritisk verdi. Dette med hensyn til personsikkerhet, miljøet og økonomi (Schjøllberg, 1987).

2.3.3 Forebyggende vedlikehold

Forebyggende vedlikehold er definert som vedlikeholdsaktiviteter som utføres etter gitte intervall eller ved fastsatte akseptkriterier. Hensikten er å redusere sannsynligheten for svikt og redusere forringelse av en enhets funksjonalitet (NS-EN 13306, 2010). Forebyggende vedlikehold har flere hensikter:

- Hindre, eventuelt utsette at feil/svikt utvikler seg til følgeskader og ødeleggelse av tekniske komponenter og systemer
- Hindre skader på mennesker og miljø
- Redusere behovet for korrigerende vedlikehold

Forebyggende vedlikehold er effektivt mot feil/sviktmoti som er forårsaket av en kjent forringelsesprosess. Tilfeldige feil/svikt kan være vanskelig å håndtere i et forebyggende vedlikeholdsprogram (Schjøllberg, 1987).

2.4 Prediktivt vedlikehold

Prediktivt vedlikehold er definert som: Tilstandsbasert vedlikehold utført etter et varsel utledet av gjentatte analyser eller kjente egenskaper og evaluering av de signifikante parametere for forringelse av enheten (NS-EN 13306, 2010). For å lettere kunne forutsi når komponenter forventes å svikte, kan en mer prediktiv vedlikeholdsstrategi benyttes. En baserer seg på store mengder innsamlet data for å kunne forutse når svikt forventes å inntreffe. I motsetning til forebyggende vedlikehold, benytter en seg ikke bare av målte parametere, men også av trender og statistisk analyse av innsamlet data for å prediktere fremtidig behov for vedlikehold (Jiang, et al., 2015).

Prediktivt vedlikehold har i senere tid blitt brukt til å diagnostisere potensielle sviktmekanismer i komponenter gjennom kontinuerlige målinger og statistiske analysemetoder. Slik kan en utføre gode levetidsanalyser for å prediktere Remaining Useful Life (RUL) hos enheter. Beregning av gjenstående levetid er høyst ønskelig, da det fører til lengre planleggingstid til vedlikehold eller utskifting av enheten. Det blir lettere å skaffe til veie reservedeler til riktige tider og legge vedlikeholdet til gunstige tidspunkt som for eksempel revisjonsstanser (Compare & Zio, 2014).

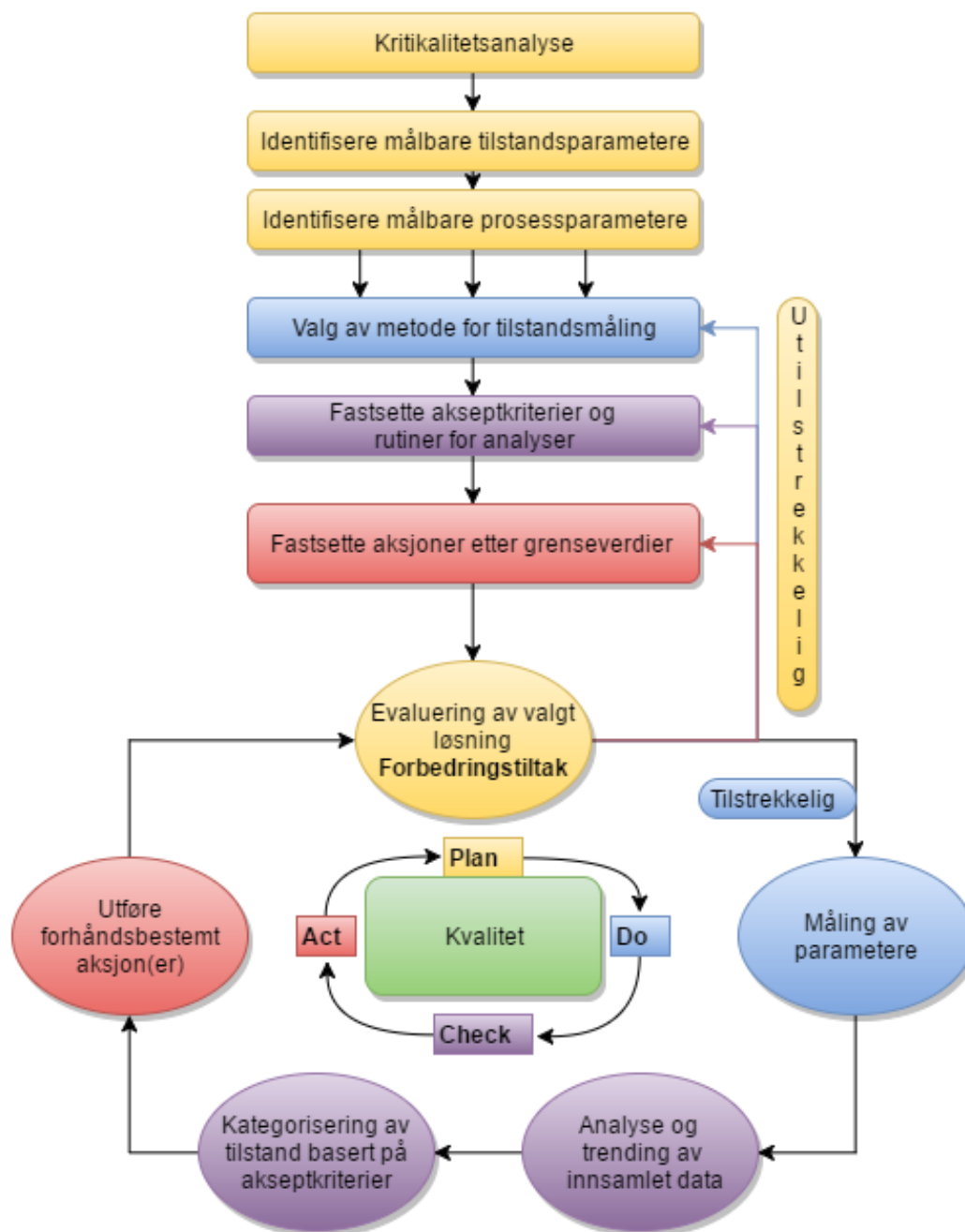
I følge (Belgian Maintenance Association , 2016) er det helt essensielt å følge en Plan-Do-Check-Act –sirkel for å vokse som vedlikeholdsorganisasjon. Dette har vært med på å danne grunnlaget for figur 4 som er utarbeidet i dette kapitlet.

Kombinasjonen av tilstandsmålinger, komponenthistorikk, statistisk analyse av data og ekspertanalyser danner grunnlaget for prediktivt vedlikehold. (Deloux, et al., 2009) utviklet en prediktiv vedlikeholdsstrategi basert på kombinasjon av statistisk prosessdata og tilstandsbasert vedlikehold for et system. Dette har blitt mer utbredt i industrien i de senere år. (Michele & Zio, 2013) benyttet partikkelfiltrering for å estimerte gjenstående levetid, for så å finne optimal tid for vedlikehold. Partikkelfiltrering i form av oljeanalyser benyttes på Lillemoen og er beskrevet i kapittel 3.4.

Det er vist av (Tian, et al., 2013) at nøyaktigheten til predikterte verdier for gjenværende levetid øker med tiden for mekaniske komponenter som lager og gir. Av den grunn er det viktig å gjennomgå komponenthistorikken ved innføring av prediktivt vedlikehold.

I dette kapitlet er det utviklet en modell for implementering og styring av prediktivt vedlikehold vist i figur 4 på neste side. Delkapitlene 2.4.1 – 2.4.6 gjennomgår de ulike

stegene i modellen i detalj for å gi et innblikk i forløpet for implementering av prediktivt vedlikehold. Den nederste delen av modellen viser hvordan prediktivt vedlikehold må drives av kontinuitet for å kunne være en optimal vedlikeholdsstrategi.



Figur 4 Implementering og styring av prediktivt vedlikehold

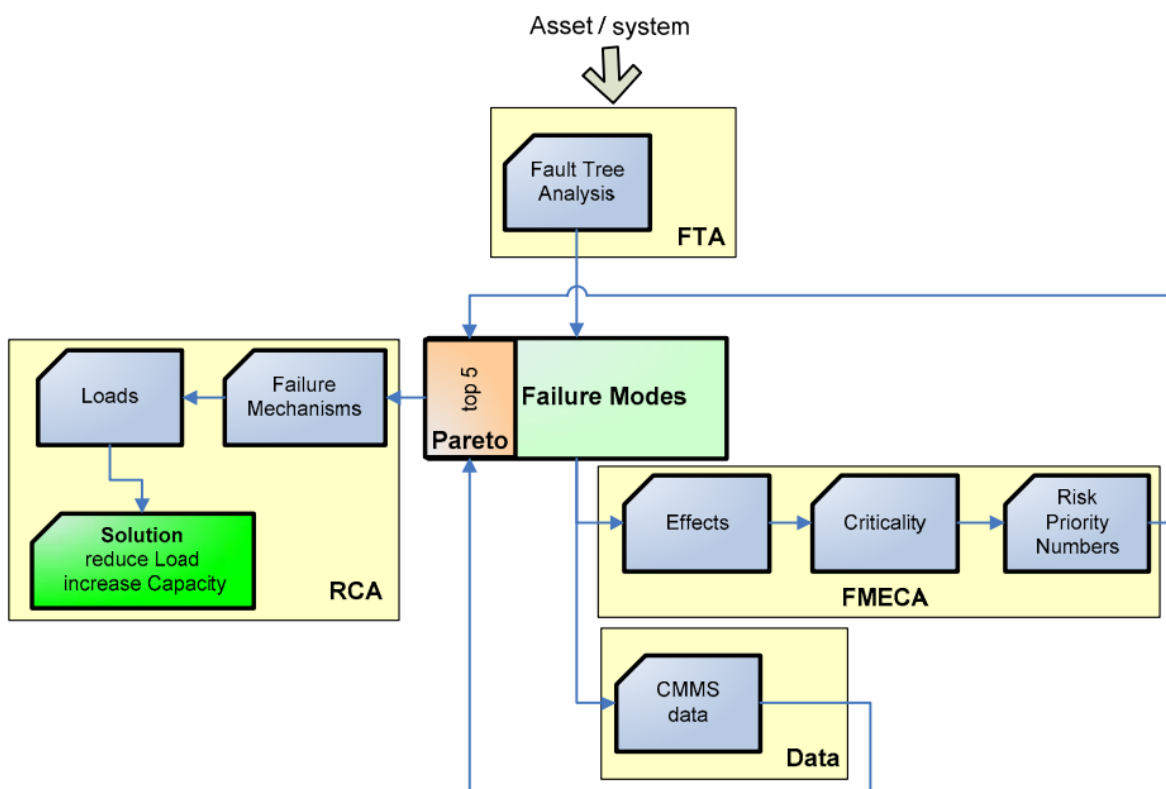
Kritikalitetsanalyse vil være det første steget i implementeringsarbeidet. Her avgjør man om det er nødvendig med prediktivt vedlikehold for den respektive komponenten. Videre identifiserer en hvilke parametere som kan måles. Funnene fra disse analysene brukes til å velge metode for tilstandsmåling. Basert på de valgte metodene må det utarbeides akseptkriterier og rutiner for å analysere disse. KPIer (Key Performance Indicators) er

avgjørende for å kunne måle fremgang og effekt av implementerte tiltak (Rødseth, et al., 2015). Til slutt fastsetter organisasjonen hvilke tiltak som skal iverksettes under levetiden til komponenten basert på målbare verdier. Hver enkelt del av modellen er nærmere beskrevet i de neste kapitlene.

2.4.1 Kritikalitetsanalyse

RCM-metoden vil nok være den beste måten å bestemme hvilke prediktive metoder og verktøy organisasjonen trenger for å kunne innføre konseptet mest mulig kostnadseffektivt. Det beste vil være å basere seg på relevante feilmøder, men å kunne fastslå komponenttilstand må være gjennomførbart og kunne forsvare investeringskostnadene (Kratowicz, 2011).

I en studie utført av (Tinga, 2012) ble det utviklet en modell for utvelging av kritiske komponenter på bakgrunn av tilhørende feilmekanismer og påkjenninger. Modellen er vist i figur 5.



Figur 5 Proses for sviktanalyse og rollene til FTA, FMECA, Pareto og RCA ved identifisering av kritiske feilmøder og rotårsaker (Tinga, 2012)

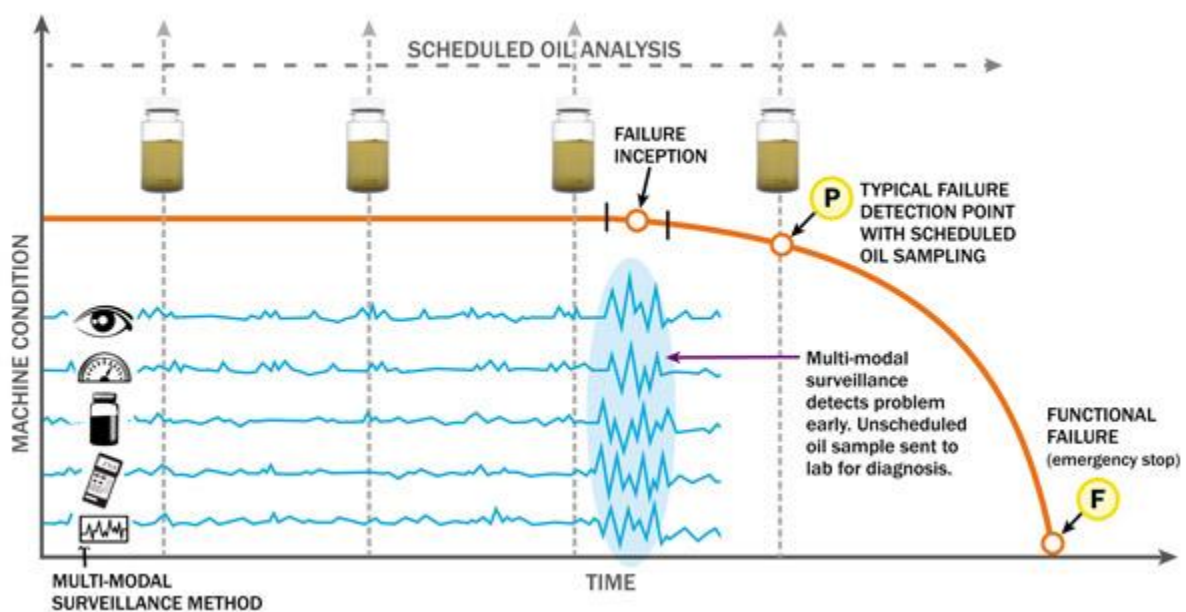
Hensikten med denne modellen er å benytte seg av flere metoder for å identifisere hvilke komponenter som kan defineres som kritiske ut i fra kritiske feilmøder og deres rotårsaker.

Ved fjernvarmeanlegget på Stjørdal arbeides det med en omfattende RCM-analyse for å avgjøre vedlikeholdsstrategi for komponenter som regnes som kritiske.

2.4.2 Identifisering av feil/sviktmekanismer

En prediktiv vedlikeholdsstrategi krever et kvantitativt forhold mellom forringelsesrate og operasjonelle parametere og overvåking av disse. Et estimat av gjennomsnittlig forringelsesrate kan estimeres gjennom analyse av store mengder data. Et godt forhold mellom forringelsesrate og operasjonelle tilstander vil derimot være vanskelig å identifisere. Derfor er det helt avgjørende at organisasjonen forstår hvilke feil/sviktmekanismer som kan oppstå og hvordan (Tinga, 2013).

I figur 6 under kan en se hvordan summen av flere utslag kan brukes til å forutsi forringelsesforløpet til en komponent. Normalt i en slik P-F kurve, representerer «P» punktet hvor abnormal tilstand eller avvik identifiseres. «F» indikerer svikt, eller feil tilstand. Enheten er ikke lenger i stand til å utføre krevd funksjon ved dette punktet. Tidsrommet mellom disse punktene kalles P-F –intervallet (Fitch, 2013). Svikt med kort forvarslings tid blir ofte ikke oppfanget ved testing av enheten, derfor benyttes prediktivt vedlikehold. Små identifiserbare avvik i ulike observerbare parametere ved et gitt tidspunkt kan indikere en sviktmekanisme i en tidlig fase (Deloux, et al., 2009). Tidligere ble fastsatte akseptkriterier benyttet for hver enkelt målt parameter, men nå benytter en seg av flere parametere samtidig.



Figur 6 Identifisering av feil/sviktmekanismer i preventivt vedlikehold (Fitch, 2013)

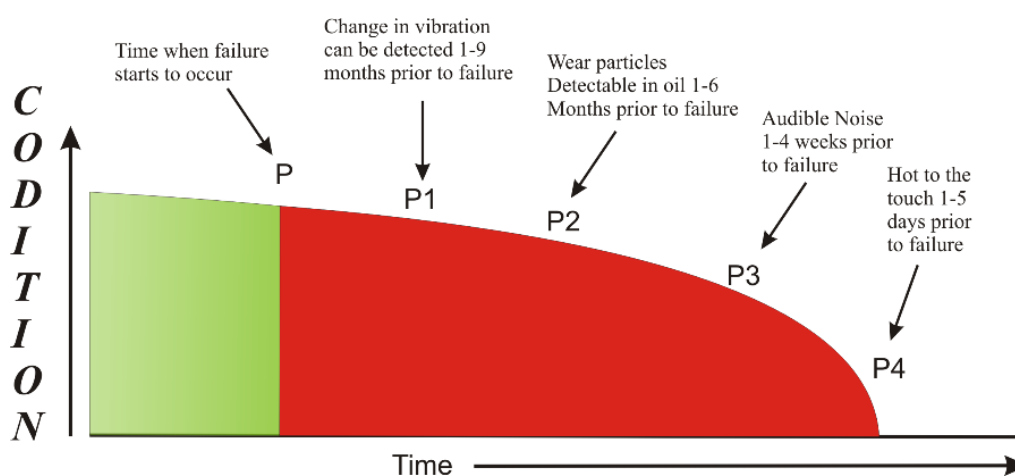
Gjennom å samkjøre flere målte parametere, kan en prediktere forringelsesforløpet til en enhet og dermed fastslå når vedlikeholdsinngrep må utføres og når enheten må skiftes ut (Tinga, 2013).

Identifiseringsfasen i prediktivt vedlikehold er absolutt alt som kan gjøres for å identifisere feil i utvikling. Dette inkluderer (Fitch, 2013):

- Daglige rutinemessige visuelle inspeksjoner av olje (nivå, farge, gjennomsiktighet, skumming, tanktilstand, lekkasjer, magnetplugg, etc.)
- Auditive inspeksjoner (forandring i mekanisk støy)
- Temperaturmålinger (berøring, termiske kamera etc.)
- Portable måleapparater (vibrasjonsanalyser, termografi, akustikk, strøm og spenning etc.)
- Mekaniske inspeksjoner (bevegelser, pakningstilstander, boroskopinspeksjoner etc.)
- Instrument og måleravlesninger (flowmeter, manometer etc.)
- Oljeanalyser i felt (viskositet, konsentrasjon av fremmedpartikler etc.)

Mange sviktmekanismer i tidlig fase kunne blitt identifisert før den tidsfastsatte oljeanalysen i figur 6 fanget opp avvik. Gjennom hyppige (helst kontinuerlige) tilstandsmålinger som de nevnt ovenfor, kunne forringelsesforløpet til komponenten blitt kjent på et tidligere tidspunkt. Organisasjonen vil dermed få bedre tid på å skaffe til veie alle nødvendige ressurser som må til for å utføre nødvendig vedlikeholdsinngrep (Michele & Zio, 2013).

Figur 7 viser ulike metoder for identifisering av feil/sviktmekanismer med tilhørende forvarslings- og tid til svikt.



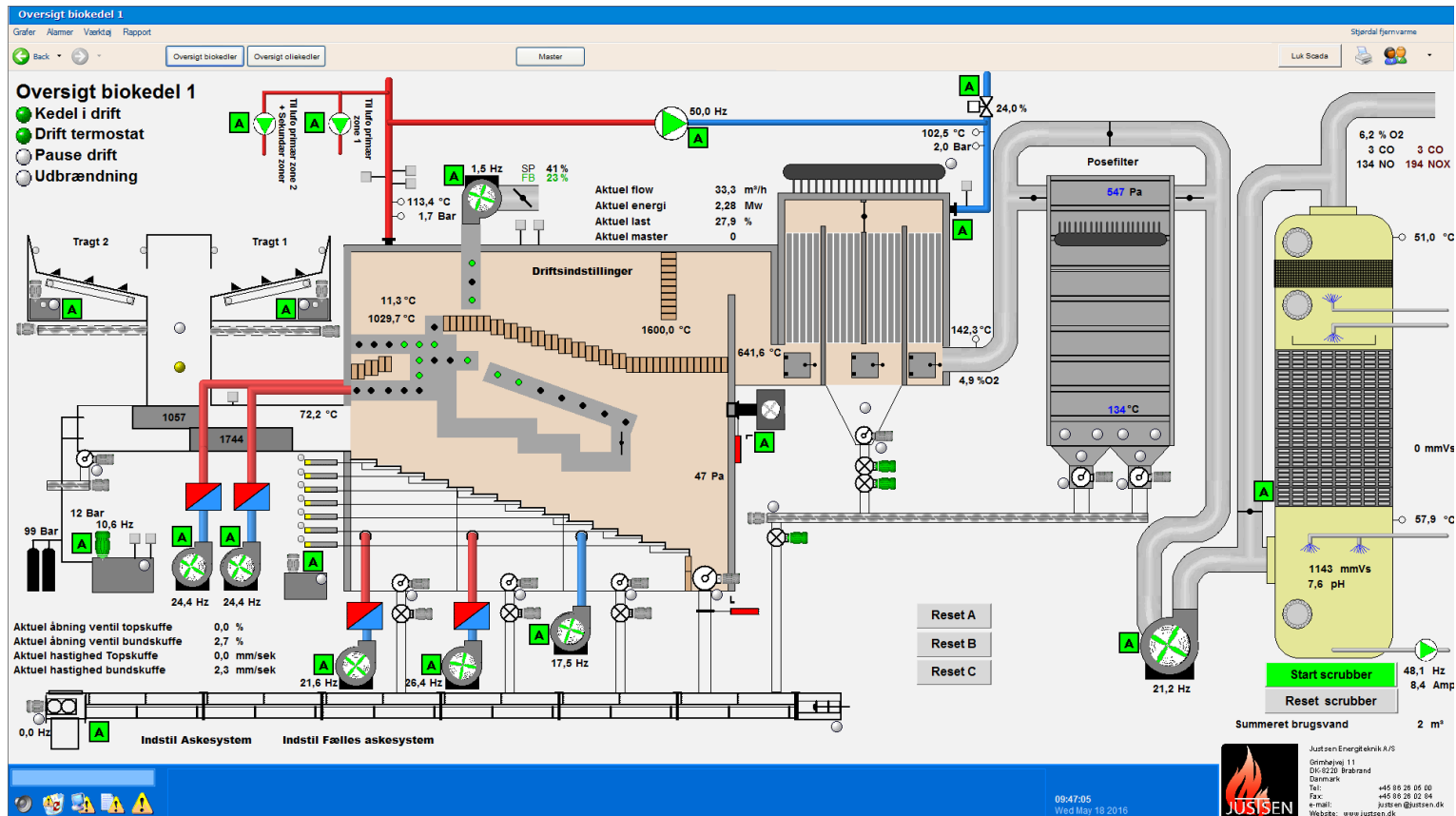
Figur 7 Ulike metoder for identifisering av feil/sviktmekanismer med tilhørende estimert forvarslings- og tid til svikt (Vadakyil, 2010)

Gjennom å hente inn informasjon fra flere analysemetoder kan en lettere prediktere når svikt forventes å inntreffe (Behera & Sahoo, 2016). Tidlig identifisering av sviktmekanismer gjennom tilstandsmålinger kan forhindre store havari så vel som å redusere de tilhørende kostnadene signifikant. I tillegg åpner det for å optimalisere vedlikeholdsplaner, reduserer nedetider, øker enheters tilgjengelighet og øker driftssikkerheten og dermed sikkerheten (Entezami, et al., 2012).

2.4.3 Identifisere målbare prosessparametere

I prosessanlegg vil en være avhengig av å måle en rekke parametere for å kunne holde kontroll på de ulike prosessene til enhver tid. I et fjernvarmeanlegg som Lillemoen, er temperaturmålinger helt avgjørende for å ivareta driftssikkerheten ved anlegget.

Temperaturer i biokjelene må alltid måles og reguleres i forhold til temperatur på vann som forlater anlegget. Dette for å determinere i hvor stor grad man nyttiggjør seg av varmen i ovnene. Flere komponenter styres ut i fra temperaturene i anlegget. Reguleringsventiler styres automatisk etter gitte parametere og sørger for at levert fjernvarmevann er innenfor fastsatte grenseverdier. Figur 8 viser et skjermbilde fra overvåknings-PCen på Lillemoen.



Figur 8 Prosessovervåking Biokjel 1 (Markhus, 2016)

Målte prosessparametere er absolutt anvendelige for å kunne estimere hvor stor slitasje komponenter utsettes for (Deloux, et al., 2009). Dersom en komponent utsettes for store temperatursvingninger over lengre tid, vil etter hvert stålet utsettes for termisk utmatting og dermed redusere påliteligheten til komponenten (Mönig, et al., 2004), (Qayyum, et al., 2016). Slik type utmattelse er vanskelig å måle med billige non-destruktive metoder, men vi vet at temperatursvingningene har funnet sted gjennom nøyaktig prosessovervåkning.

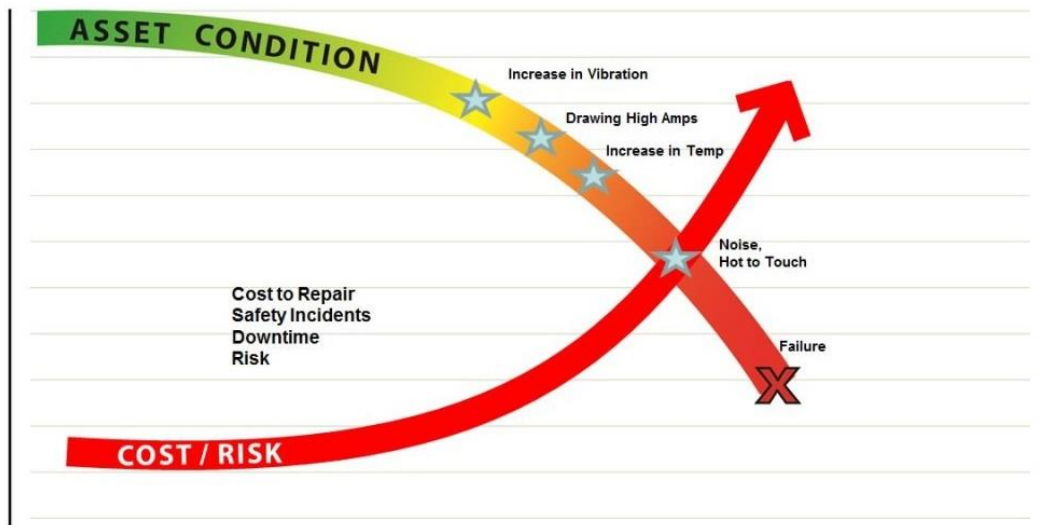
Gjennom å benytte seg av flere målte tilstandsparametere og prosessparametere vil man sikre seg allsidig data til å bygge opp en stor database. En vil oppnå konsistente og repeterbare målinger som senere kan benyttes til trending og videre analyse av komponenttilstander (Trulli & Plucknette, 2014). Ved å analysere informasjon fra flere kilder samtidig vil analysearbeidet med å identifisere rotårsaker bli lettere. Med dette vil det bli lettere å bestemme prediktive vedlikeholdsstrategier basert på et godt beslutningsgrunnlag av nøye analysert informasjon og deres påvirkning av hverandre (Jardine, et al., 2006).

2.4.4 Valg av metode for tilstandsmåling

Vedlikehold har en tendens til å bli ansett som en kostnad i stedet for en investering. Det er lett å glemme at for at enheter skal kunne opprettholde sin pålitelighet gjennom livsforløpet, trengs forebyggende vedlikeholdsaktiviteter. Dette inkluderer smøring, rengjøring, testing og utskifting av slidedeler til riktig tid (Bye, 2009). Dersom en utelater vedlikehold over lengre tid, vil enheten etter hvert miste sin pålitelighetsevne og følgene er et mindre driftssikkert produkt (Jardine, et al., 2006). Et viktig argument for prediktivitet er presentert av (BESNARD, 2013) hvor viktigheten for inspeksjoner for kartlegging av sviktmekanismer er satt opp imot kostnader på vindmøller offshore. Dersom en mistenker feil, kan inspeksjoner utføres i form av vibrasjonsanalyser eller oljeanalyser (Shuangwen & Sheng, 2011). Slik kan en utføre mindre vedlikeholdsaksjoner for å bevare driftssikkerheten frem til mer omfattende vedlikehold eller utskiftninger må iverksettes. Dermed kan både kostnadene for selve vedlikeholdet, men også kostnader knyttet til produksjonstap reduseres (BESNARD, 2013)

Å lage et kostnadseffektivt prediktivt vedlikeholdsprogram, som sørger for minimum levetidskostnader ved et gitt sikkerhets- og ytelsesnivå, krever at en kan identifisere alle sannsynlige sviktmekanismer og årsaker til svikt med korrekt detaljnivå. utfordringene ligger i å forstå når feilmoder har blitt analysert nok. Videre analyser kan føre til at urealistiske hendelsesforløp blir tatt i betraktning ved utforming av vedlikeholdsstrategien (Mather, 2006).

Figur 9 viser sammenhengen mellom kostnader/risiko og tilstanden til enheten.



Figur 9 Vedlikeholdskostnader (AssetPoint, 2015)

Jo lengre en utsetter vedlikeholdet, desto større risiko for uforutsett svikt vil enheten utsettes for. Det er derfor avgjørende å kunne identifisere avvik i komponenttilstand på et så tidlig stadium som mulig for å få mest mulig utbytte av en prediktiv vedlikeholdsstrategi. En vedlikeholdsstrategi basert på målbar pålitelighet har et stort potensiale til å redusere kostnader knyttet til vedlikehold (Florian & Sørensen, 2015).

På grunn av høye kostnader knyttet til kontinuerlig overvåking, vil det ikke alltid være lønnsomt å installere verktøy for å måle alle mulige tilstandsparametere. Det krever store investeringskostnader for å installere alt nødvendig utstyr knyttet til overvåkningsverktøy. Det innebærer ledninger og flere komponenter som potensielt kan feile. Man introduserer dermed flere feilmoder inn i systemet (Trulli & Plucknette, 2014).

2.4.5 Akseptkriterier og analyse av innsamlet data (inn med kilder)

Identifisering av feil og analyse av feil er to viktige konsepter. I vedlikeholdsstyringsløyfa til Ptil, vist i figur 1, ser en at disse to konseptene er avhengige av hverandre. Uten gode verktøy til feilidentifisering, vil en ikke ha god data å analysere. Videre, uten gode analyser av data, vil en ikke forstå konsekvensene av målte parametere for å kunne iverksette passende vedlikeholdsstrategi (Jardine, et al., 2006).

Prediktivt vedlikehold innebærer å nyttiggjøre innsamlet data på best mulig måte. Komponenthistorikk er et godt verktøy for å kunne forutse hvordan identiske komponenter vil oppføre seg. Denne informasjonen er ofte kvalitativ og dermed vanskelig å trende eller

fremstille grafisk. Det må derfor brukes mye tid på å sortere innrapporterte observasjoner og hendelser knyttet til komponenttilstander. Prediktering basert på komponenthistorikk fra komponenten under observasjon og identiske komponenter vil kunne gjøre metoden mer presis (Liao & Köttig, 2016).

Dersom en organisasjon ikke nyttiggjør seg av innrapporterte avvik og observasjoner, har arbeidet med å rapportere vært bortkastet. Det er derfor veldig viktig at oppfølgingsarbeidet med å analysere innsamlet data blir prioritert. Dersom organisasjon har som mål å drive prediktivt vedlikehold, må alle ledd i styringssløyfa få oppmerksomhet allerede i utviklingsfasen av et system. God tilstandsmåling vil gi et bedre grunnlag for å utføre rotårsaksanalyser som igjen kan gi nødvendig input for økt tilgjengelighet, mere kontroll og bedre komponentdesign (Shuangwen & Sheng, 2011).

I kapittel 4.2.4 er det skrevet mer om rotårsaksanalyser. I tillegg er det utviklet et arbeidsflytskjema for Statkraft Varme i kapittel 4.2.5. Den skal gi analyse av data en mer sentral rolle i valg av riktige vedlikeholdsstrategier og danne et bedre grunnlag for implementering av gode forbedringstiltak.

2.4.6 Aksjoner etter grenseverdier

Gjennom å være for proaktiv, kan det resultere i at en organisasjon utfører overdrevet mye vedlikehold før det er nødvendig. "Over-maintenance" kalles det på engelsk og innebærer at en gjør inngrep på maskiner som fungerer fint uten spesielt god grunn. Dette er først og fremst et problem ved kalenderbasert vedlikehold (ABSG Consulting Inc., 2012). Å utføre vedlikehold på maskiner som ikke trenger det kan introdusere enheten for menneskelig feil, redusere oppetider og øke kostnadene for vedlikehold (Mather, 2006).

For mye vedlikehold fører til unødvendige nedetidskostnader, produksjonstap og arbeidstimer som kunne vært brukt på mer verditilførende vedlikeholdsinngrep. På den andre siden vil for lite vedlikehold føre til for lite pålitelighet og sikkerhet. Et prediktivt vedlikeholdsprogram, som baserer seg på målte verdier, vil hjelpe vedlikeholdsorganisasjonen med å iverksette nødvendige tiltak akkurat når det trengs (ABSG Consulting Inc., 2012).

2.4.7 Hvorfor feiler noen prediktive vedlikeholdsprogram

Å integrere prediktivt vedlikehold inn i den allerede eksisterende vedlikeholdsstrategien vil forbedre tilgjengeligheten til det respektive systemet (Baidya & Ghosh, 2016). Avgjørelsen om å implementere et slikt konsept er lett å ta. utfordringene oppstår ved hvordan det skal opprettes og opprettholdes. Ifølge (Espinosa, 2013) finnes det flere grunner til at en prediktiv vedlikeholdsstrategi feiler:

- Beste praksis innen prediktivt vedlikehold er ikke kjent for organisasjonen. Selv om de har implementert prinsippet holder de seg ikke oppdatert på området
- Teknologi og kontinuitet i arbeidet er mangelfullt
- Det finnes ikke en organisasjonsbasert sentral funksjon for rapportering, analyse og resultatlagring hvor ansatte kan analysere innsamlet data både ved eget og eksterne anlegg innad i organisasjonen
- Prosessen rundt implementering av prediktivt vedlikehold er dårlig dokumentert og det blir brukt en rekke forskjellige programmer ved ulike deler av prosessen. Resultatet er at en gjør seg avhengig av flere ledd i prosessen og risikerer å stagnere
- Prediktive vedlikeholdsoppgaver utføres utenfor CMMS – programmet
- Prediktive vedlikeholdsoppgaver er ikke innført i vedlikeholdsstyringsprogrammet

Prediktive vedlikeholdsstrategier vil være kostbare å implementere. Det er derfor viktig å starte i riktig ende og komme i gang med de enkle arbeidsoppgavene (Espinosa, 2013):

- Vibrasjonsmåling
- Infrarød termografi
- Oljeanalyser

Disse metodene er relativt lett å implementere og en får raskt ut resultater som beviser nytten av prediktivt vedlikehold. De mer kostbare tiltakene trenger et sterkere beslutningsgrunnlag for å bli godkjente. Derfor må en levere resultater med lavere kostnader først. Dersom organisasjonen ikke klarer å implementere det enkle systemet, vil heller ikke de avanserte systemene være aktuelle og mindre penger har gått til spille (Espinosa, 2013).

2.5 Prediktivt vedlikehold i BOSCH

I dette delkapittelet er det velkjente selskapet Bosch og deres løsninger innen Industri 4.0 og prediktivt vedlikehold presentert. Kapittelet viser hvordan selskapet nyttiggjør seg av industriens beste praksis og deres arbeid for å realisere konseptet prediktivt vedlikehold.

Bosch er i spissen når det kommer til innføring av Industri 4.0 og konseptet prediktivt vedlikehold. De har begynt å ta i bruk avansert sensorteknologi og live-strømming av informasjon fra mange identiske komponenter. Videre bruker de statistiske analyser for å gjenkjenne mønstre i data som kan forutsi når komponenter forventes å svikte (Bosch The industry of the future, 2015).

2.5.1 Hensikten med prediktivitet

Bosch er verdensledende når det kommer til prediktivt vedlikehold. Prinsippet går ut på å ta i bruk innsamlet informasjon for å kunne forutse når komponenter forventes å svikte og hvilke vedlikeholdsbehov som trengs i fremtiden.

Fordelene med prediktivt vedlikehold er mange (Bosch Predictive Maintenance, 2014):

- Økt tilgjengelighet
- Mer effektive vedlikeholdsprosesser
- Optimalisert vedlikeholdsplanlegging
- Nye styringsmodeller

Data innsamlet fra sensorer gjennomgås av programvare for å identifisere mønstre som kan indikere en tidlig fase av en svikt (Bosch Software Innovation, 2015). Typiske overvåkingsparametere er: Vibrasjon, temperatur, tykk, støy, luftfuktighet osv. Dette åpner store muligheter for planlegging av nedetider med høy presisjon. Gjennom å alltid kjenne teknisk tilstand til kritiske komponenter kan en lettere forutse når komponenter forventes å svikte, og en får god forvarslingstid til å planlegge forebyggende tiltak (Tinga, 2013).

Den økte forvarslingstiden gir organisasjonen stort spillerom for å planlegge og distribuere ressurser mellom anlegg. Nedetider på grunn av ventetid på komponenter vil nærmest kunne elimineres på grunn av lang forvarslingstid. Organisasjonen vil kunne sørge for at riktig personell er på plass med riktig utstyr til rett tid for å utføre godt planlagt forebyggende vedlikehold. Dermed vil vedlikeholdsevnen til organisasjonen øke betraktelig, som igjen har direkte innvirkning på driftssikkerheten (Schjølberg, 1987).

2.5.2 Fremtidens industri

Bosch sin fremtidsvisjon er å kunne få maskiner og produkt til å kommunisere med hverandre, eller kontrollere hverandre. Konseptet dreier seg om å skape såkalte "Smart Factories" som er selvorganiserende fabrikker.

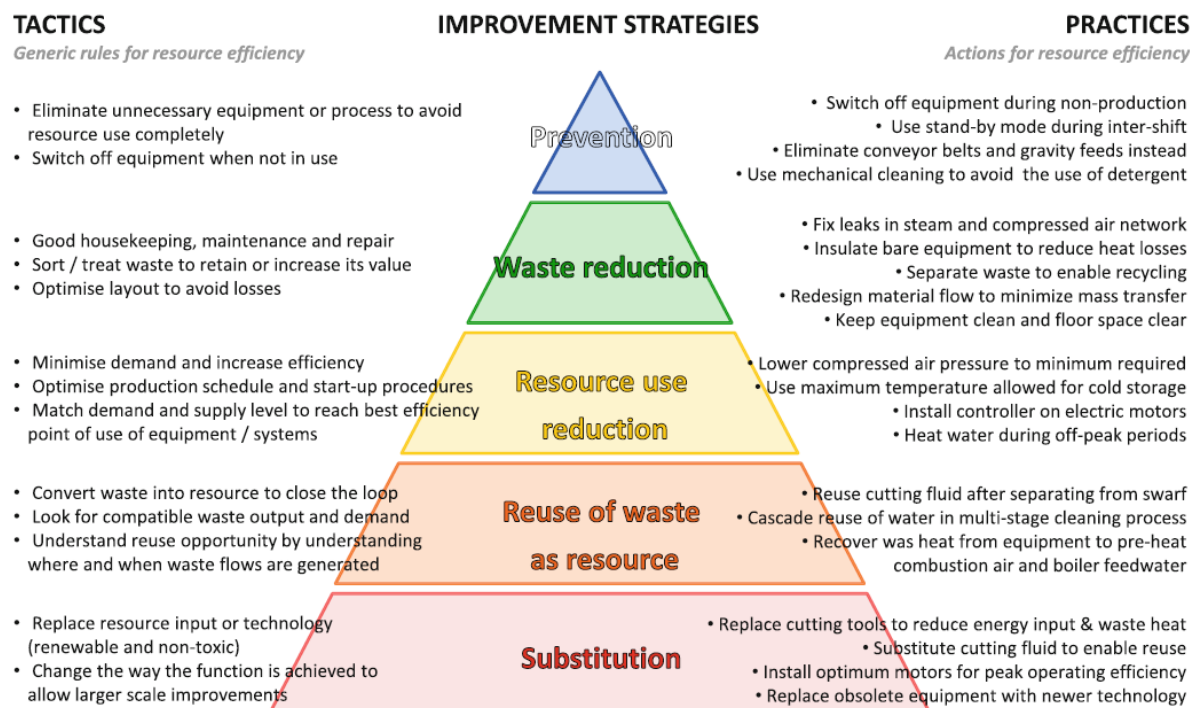
Eksempel: Produksjon av en Bosch dieselpumpe

Komponenten vil fremstilles så straks en ordre er opprettet. Informasjon som: Tekniske krav, kjøper og lokasjon er knyttet direkte til delen. Dette gjør at produsenten kan fremstille delen i fabrikken nærmest mulig kjøperen for å forkorte leveringstiden. Delen produseres i henhold til kundens kravspesifikasjoner og ønsker for å sørge for at kundene får akkurat det de bestiller. Dette betyr at hver individuelle komponent vet akkurat hvilke produksjonsprosesser som må utføres for å fremstille den i henhold til kundespesifikasjoner. I tillegg vil kunden motta real-time status på ordren til enhver tid. Komponenten inspiseres til slutt av personell før den sendes ut til kunden (Bosch The industry of the future, 2015).

Gjennom å produsere mer og mer på ordre (make to order) fremfor å produsere til varelager (make to stock), vil organisasjonen spare mye penger på unngå lagerkostnader og en unngår forringelse av komponenter som ligger på lager. Eksemplet beskriver den ideelle situasjonen i enhver produksjonsbedrift hvor en produserer akkurat de produktene som skal selges, verken flere eller færre (Nicholas, 2011).

2.5.3 Strategier for optimalisering av en produksjonsprosess

I en studie utført av (Despeisse & Evans, 2015) kom de frem til en rekke faktorer som forbedrer effektiviteten til en produksjonsfabrikk. Resultatene er presentert under i figur 10.



Figur 10 Forbedringsstrategier (Despeisse & Evans, 2015)

Bosch sin strategi tar tak i flere av disse forbedringsstrategiene gjennom bruk av prediktivt vedlikehold og utvikling av smart factories (Bosch, 2015):

- Substitution
 - Gjennom overvåkning av komponenttilstander vil Bosch være i stand til å sørge for optimal utnyttelse av skjæreverktøy brukt i sponfraskillende arbeid, og bytte dem i god tid før svikt. Svikt av skjæreverktøy i siste finkutt, vil kunne ødelegge hele sluttproduktet.
- Reuse of waste as resource
 - Overvåkning av komponenttilstander lar Bosch lettere identifisere deler av prosessen hvor tap oppstår. Det kan være varmeutvikling, vibrasjonsnivå og lignende.

- Resource use reduction
 - Produksjonsprosessen er aktiv bare når den trengs og tilpasset kundebehovene.
- Waste reduction
 - Prediktivt vedlikehold sørger for at maskiner ikke blir byttet ut for tidlig. Organisasjonen kan tvert imot gjøre oppdagelser om at komponenter holder lengre enn anbefalt fra leverandør som gjerne vil selge flest mulig produkt.
- Prevention
 - Maskiner som ikke inngår i den spesifikke produksjonsprosessen trenger ikke å være slått på. (Dersom kunden ikke trenger herdede komponenter, trenger ikke fabrikken å holde herdeprosessen gående).

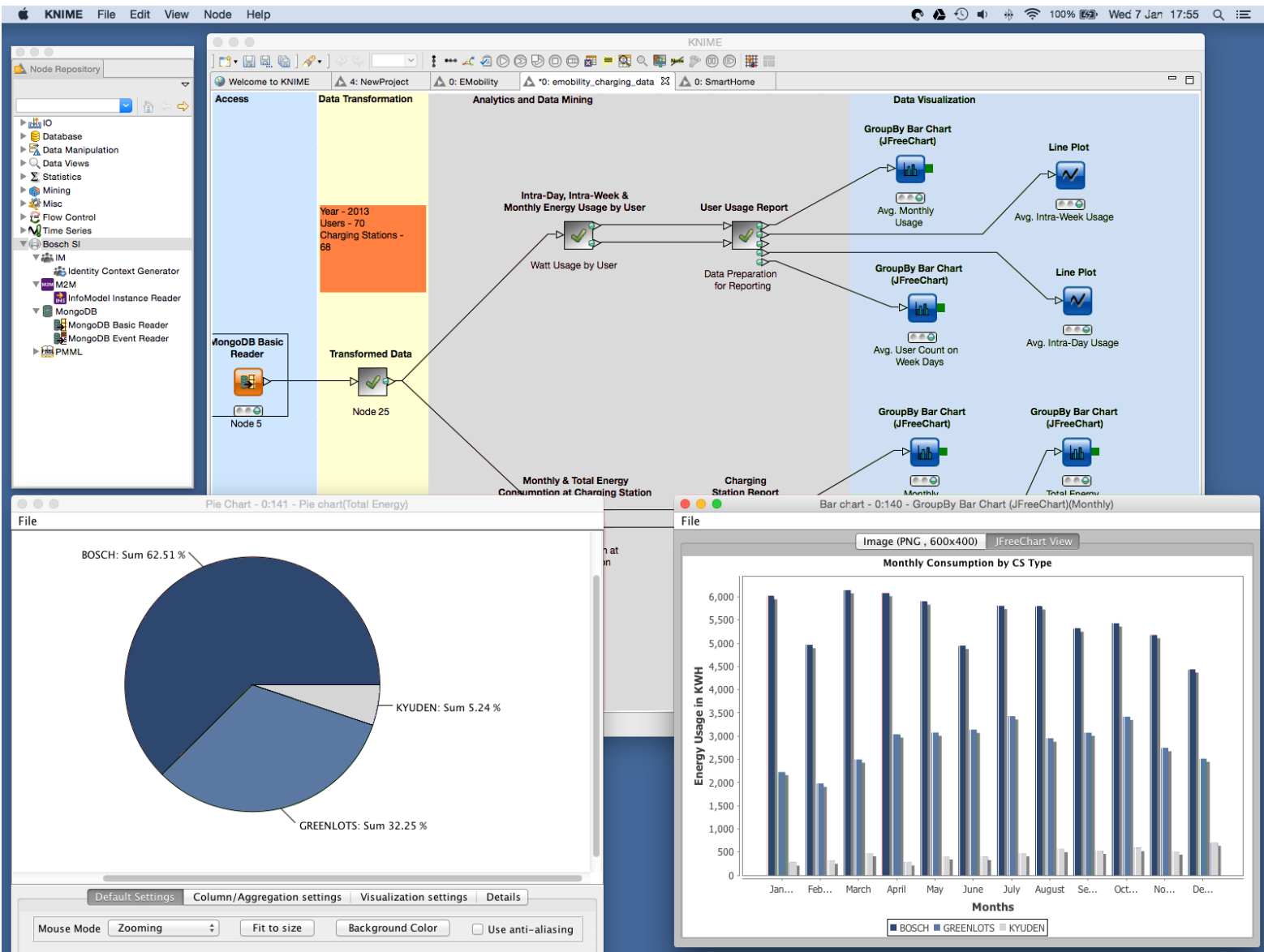
2.5.4 Big data i Bosch

Sensorer og andre overvåkningselementer genererer fort store mengder data. Å generere verdifull informasjon ut av den innsamlede dataen vil være et nøkkelelement i å realisere konseptet Industri 4.0. Til dette arbeidet benytter Bosch seg av et program som kalles Bosch IoT¹ Suite. Det lar brukeren analysere sensorer og komponenter hos kunder så vel som prosessparametere. Gjenkjenning av sviktmønstre og korrelasjoner mellom de store mengdene innsamlet data vil være en forutsetning for at IoT Suite programmet skal utføre tiltenkt funksjon (Bosch Software Innovation, 2015). Et skjermbilde av programmet er vist i figur 11. Figuren er tilpasset neste side for å gjøre teksten lesbar i utskriftversjon.

Fordeler med Big data i Bosch IoT Suite (Bosch Software Innovation, 2015):

- Utfører standard ETL (extract, transform, load) funksjonalitet i tillegg til kraftig analyse av funksjoner
- Forenkler samarbeidet mellom ulike IT-spesialister
- Viser grafiske og interaktive fremstillinger
- Programmet er i stand til å integrere eksterne datakilder
- Sørger for at riktige rettigheter til tilganger til data er på plass gjennom Identity Manager -tillegget i programmet.

¹ Internet of Things



Figur 11 Skjerm bilde fra Bosch IoT Suite (Bosch Software Innovation, 2015)

2.6 SAP og prediktivt vedlikehold

SAP er et ERP-program som benyttes av en rekke organisasjoner til å styre arbeid og ressurser. Nøkkelfordelene med SAP er at en får samlet mange deler av en organisasjon i ett kommunikasjonsverktøy. Det gjør det lettere å samkjøre aktiviteter basert på tilgjengelige ressurser og fasiliteter uten at en må bruke lang tid på møteinnkallinger osv. Prinsippet Concurrent Engineering ligger til grunn i dette programmet. Det handler om å sørge for at riktig personell blir inkludert til riktige tider i et prosjekt. Da unngår en at prosjektet stagnerer hos nøkkelpersonell som har andre oppgaver.

2.6.1 SAP Predictive Maintenance and Service

I Statkraft Varme blir SAP blant annet brukt til vedlikeholdsstyring ved Heimdal Fjernvarmesentral. Dette er utredet i kapittel 3. En kan legge inn vedlikeholdsaktiviteter som skal utføres på ulike komponenter til fastsatte tider. Dette dekker i all hovedsak den kalenderbaserte delen av forebyggende vedlikehold.

For å bli mer prediktiv må systemet kunne ta i bruk tilstandsmålinger til å avgjøre vedlikeholdsbehov til systemer. I den sammenheng har SAP utviklet tilleggsprogramvare som kalles SAP Predictive Maintenance and Service (SAP SE, 2015).

SAP Predictive Maintenance and Service kan benyttes til å (SAP SE, 2015):

- Berike enhetsstyring gjennom å kunne måle tilstander
- Detektere svikt ved å benytte kontinuerlige målinger
- Øke kvalitet og service gjennom prediktering av svikt
- Tilby tilstandsbaserte tjenester og teknisk assistanse basert på kontinuerlig måling av tilstandsparametere

Hensikten er å integrere samtlige tilstandsparametere og knytte dem opp imot relaterte vedlikeholdsaktiviteter. Programmet kan dermed foreslå predeterminerte vedlikeholdsoppgaver i henhold til målte tilstander eller rapporterte observasjoner. Integrering av prosessparametere inn i vedlikeholdsstrategien vil øke enheters ytelse og samtidig redusere kostnader knyttet til vedlikehold, service og garanti (SAP SE, 2015).

Fordelene kommer til syne gjennom å allerede ha kontroll på organisasjonen med bruk av SAP. Ved å implementere SAP Predictive Maintenance and Service, kan en overvåke tilstandsparametere, forutsi enheters feilutviklingsforløp, bestille opp reservedeler i god tid,

effektivisere delelageret og sørge for at riktig personell er tilgjengelig ved behov. Dersom en har delelageret til organisasjonen registrert i SAP, er det lettere for programmet å determinere i hvor lang tid i forveien vedlikeholdsarbeid må planlegges. Det blir lettere å ta høyde for innlagte ventetider og restlager når dette allerede eksisterer i et kompatibelt program.

De største fordelene gjennom å implementere SAP Predictive Maintenance and Service er (SAP SE, 2015):

- Økt pålitelighet gjennom proaktive vedlikeholdstiltak fremfor reaktive
- Reduserte operasjonskostnader og optimerte profittmarginer gjennom dypere innsyn i energibruk, sviktmønstre og alarmer
- Økt kvalitet og sikkerhet gjennom å kunne forutsi svikt på et tidlig tidspunkt

Dette programmet er et sterkt verktøy for å lukke styringssløyfa presentert i figur 1. Ved å ta i bruk innsamlet data i større grad gjennom analyser, vil beslutningsgrunnlaget for videre forbedringer styrkes. Det forutsettes at organisasjonen benytter seg aktivt av programmets mange tilgjengeligheter presentert i tabell 1, og setter av ressurser til å nyttiggjøre seg av innsamlet data.

2.6.2 utfordringer ved implementering av SAP

Når organisasjoner skal gjennomgå store endringer, som å innføre SAP, må en være forberedt på at problemer vil oppstå underveis. I en case-studie av implementering av SAP i Rolls-Royce oppstod en rekke problemer i oppstartsfasen av arbeidet (Yashaya, et al., 2004):

- Brukertilganger og autorisasjonsproblemer
- Arbeid i produksjonshall stoppet midlertidig og sporadisk grunnet mangel på tillatelser
- Verdier mellom gammelt og nytt system var ukorrekte eks: lagermengde og arbeidsprosesser
- Forflytningsproblemer med ressurser og delegering til riktige arbeidsprosesser

Dersom en tror at implementeringsarbeidet av et nytt ERP-program skal gå av seg selv, tar en kraftig feil. Det vil alltid oppstå utfordringer etter at systemet er installert, og det er derfor viktig at organisasjonen setter av tid og ressurser til å håndtere problemene på et tidlig stadium. Først etter at programmet er installert oppstår de virkelige utfordringene. Personell skal omstille seg til en helt ny måte å arbeide på, noe som kan føre til stor misnøye og tap av mestringsfølelse (Yashaya, et al., 2004).

Når mennesker beveger seg inn i noe nytt og ukjent, kan de fort føle seg utrygge og dermed bli mindre effektive (Deal & Bolman, 2012). Det er derfor utrolig viktig at det blir satt av midler til å følge opp ansatte både før, under og etter at programmet har blitt implementert. Følelsen av å ikke få utført arbeid grunnet det arbeidere i felt gjerne kaller "unyttig byråkrati og kontorarbeid" er skummell for enhver organisasjon. Dette gjenspeiles i funnene i SAP-casen til Rolls-Royce. Under implementering av SAP møtte organisasjonen tidkrevende utfordringer (Yashaya, et al., 2004):

- Matche prosessen med Software-innstillinger
- Opplæring av personell og få folk til å utføre arbeidet sitt på en helt ny måte
- Opplæring av ansatte til å bruke moderne IT-utstyr
- Utstyr blir ikke levert i tide eller forsinkelser i installasjon av teknisk utstyr
- Opprydding av data har vært veldig tidkrevende
- Trene opp adferden til SAP-brukere og viktige SAP-roller

Prediktivt vedlikehold kan være en arena det er best å holde utenom det globale CMMS ifølge (Palmer, 2013). PdM² programvare har utviklet seg til et høyt nivå av trendanalyser og analyser av kompleks data. Mange organisasjoner lar avdelingen for prediktivt vedlikehold kjøre sitt eget løp med egen programvare som gir dem deres egen database med trender. (Palmer, 2013) foreslår at den prediktive vedlikeholdsgruppen utnytter CMMS for å oppdatere enheters informasjon og til utarbeiding av arbeidsordrer. Den prediktive vedlikeholdsgruppen burde også benytte de samme identifikasjonsnumre for komponenter i sin programvare. Hensikten er at PdM-gruppen skal fungere som et uavhengig laboratorium som leverer en spesialisert tjeneste til anlegget (Palmer, 2013).

² Predictive Maintenance

2.7 Menneskets rolle i prediktivt vedlikehold og Industri 4.0

Tendensene fra Europa viser at det ofte er uoverensstemmelser mellom teknologiske innretninger og kompetansenivået i produksjonsbedrifter. Samtidig som teknologien gjør fremskritt inn i mer avanserte systemer, blir også kravene til kompetanse vesentlig høyere. For å forstå informasjonsflyten i prediktivt vedlikehold, kreves det sterke analytiske ferdigheter og spisskompetanse innen vedlikehold (Belgian Maintenance Association , 2016).

Dette kapittelet belyser problemer knyttet til kompetanse og ferdigheter som kreves for å innføre en prediktiv vedlikeholdsstrategi. Det kommer frem at kun gjennom heving av kompetansenivået i takt med teknologien, er det mulig å implementere prediktivt vedlikehold med mest mulig effekt.

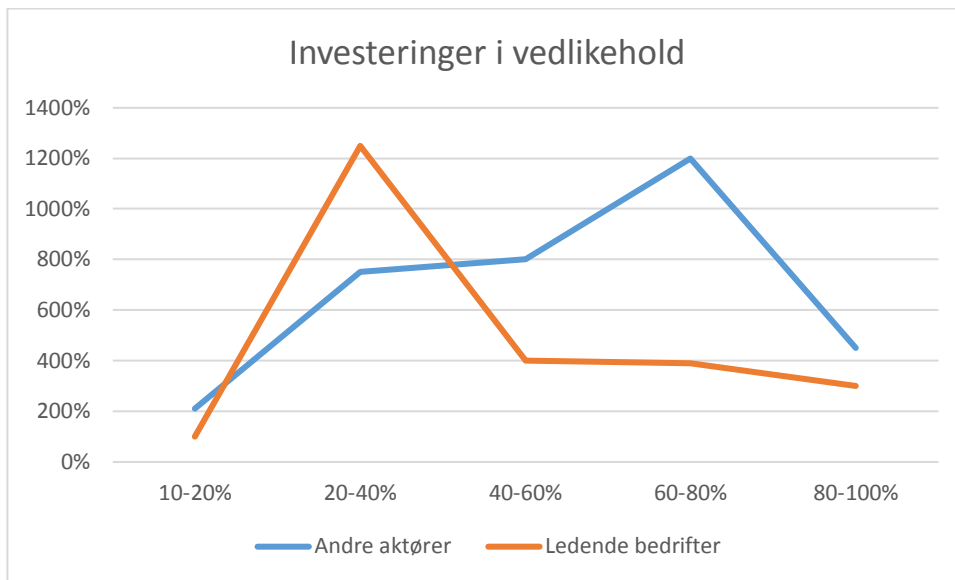
Mye av informasjonen som er brukt i dette kapittelet er hentet fra boken: Challenges of the future (Belgian Maintenance Association , 2016). Boken er et resultat av et prosjekt som kalles More4Core og er et stort samarbeidsprosjekt mellom en rekke EU-land, blant annet Frankrike, Belgia, Nederland og Tyskland. Hensikten er økt fokus på problemer i industrien relatert til vedlikehold og hvilke løsninger som kan implementeres for å få bukt med dem.

2.7.1 Investeringer

I innledningen til kapittel 2 ble det nevnt at det i EU alene investeres for rundt 600 milliarder euro hvert år innen vedlikehold. På årlig basis blir nesten 6,5% av enhetsverdier brukt på vedlikeholdsaktiviteter og investeringer (Belgian Maintenance Association , 2016). Gitt en gjennomsnittlig levetid på 30 år, betyr dette at det brukes nesten dobbelt så mye penger på vedlikehold og prosjekter gjennom enheters totale levetid i forhold til hva en ny enhet koster. Dette kan indikere at det blir brukt unødvendig mye ressurser på feil vedlikeholdsinngrep for å ivareta maskiner og systemer. I teorien kunne disse maskinene blitt skiftet ut hvert 10. år uten omfattende vedlikehold, og kostnadene ville blitt de samme.

Det kommer frem at tidlige investeringer innen vedlikehold medfører store besparelser når det kommer til totale vedlikeholdskostnader gjennom en enhets levetid. Ledende bedrifter investerer i gjennomsnitt 20% mer i vedlikehold i de første 40% av enheters totale levetid. Resultatet er at de reduserer de totale investeringskostnadene gjennom hele enhetens levetid med til sammen 40%. Dette er illustrert i figur 12. Siden ledende bedrifter tar i bruk avansert og mer kostbart utstyr til prediktivt vedlikehold i innkjøpsfasen, vil de ha bedre kontroll over

feilutvikling. Dermed vil de kunne avgjøre på et mye tidligere tidspunkt om det er avvikende tendenser fra normaltilstand på komponenter. Basert på dette kan de legge skreddersydde vedlikeholdsplaner for å forhindre at sviktmekanismene utvikler seg så langt at de forhindrer enheter i å utføre krevd funksjon. Den lange forvarslings tiden gir organisasjonen lang tid til å planlegge og skaffe til veie alle ressurser som trengs for å utføre nødvendige tiltak til riktig tid.



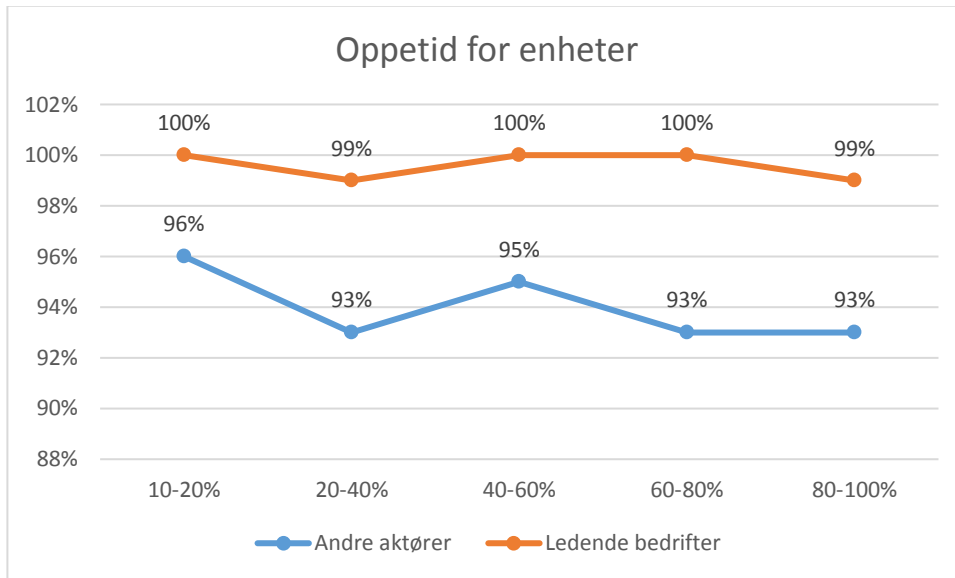
Figur 12 Investeringer gjennom enheters livssyklus (Belgian Maintenance Association , 2016)

Figur 12 viser forskjellen i investeringsstrategi mellom ledende bedrifter og andre aktører. Det viser seg tydelig at det lønner seg å investere ca. 20% mer i tidlig komponentfase for så å spare opp imot 40% på totale investeringskostnader knyttet til vedlikehold gjennom enheters totale levetid. Med tanke på at det investeres ca. 600 milliarder euro i vedlikehold, er det mye å hente på å forvalte ressursene mest mulig effektivt.

2.7.2 Pålitelighet som følge av investeringer i vedlikehold

Det kommer frem i den omfattende rapporten (Belgian Maintenance Association , 2016) at ledende bedrifter klarer å opprettholde påliteligheten til sine enheter fra begynnelsen av brukstiden. Prediktive vedlikeholdsmetoder sørger for større stabilitet og ivaretagelse av enhetene gjennom levetiden enn reaktive vedlikeholdsstrategier. Allerede etter 20-40% av komponenters levetid har påliteligheten falt med 3% i bedrifter som ikke benytter seg av nye teknologiske løsninger. Dette er illustrert i figur 13. Tiltak iverksettes reaktivt for å gjenvinne tidligere pålitelighetsnivå. Ledende bedrifter har tatt i bruk prediktivt vedlikehold som gjør

det mulig å detektere mindre avvik og iverksette proaktive tiltak for å opprettholde påliteligheten jevnt.



Figur 13 Oppetid for enheter gjennom livssyklusen (Belgian Maintenance Association , 2016)

Figur 13 illustrerer forskjellen mellom ledende aktører innen vedlikehold og andre aktører. Det er tydelig ut i fra rapporten at bedrifter som fokuserer på innovasjon og industriens beste praksis evner å ivareta sine enheter bedre enn andre aktører.

Dersom en sammenligner figur 12 og 13 ser en at det er de første 40% av enheters levetid som er de viktigste med tanke på vedlikeholdsstrategi og pålitelighet.

2.7.3 Mangel på forebyggende vedlikehold

I boken (Murthy, et al., 2008) er det skrevet at det er en direkte sammenheng mellom påliteligheten til en enhet ute i felt og vedlikeholdet som utføres på den. Det kan med dette sies at feilslått vedlikehold har en direkte negativ konsekvens for påliteligheten til en enhet.

Fra industrien i EU i dag er det anslått at 49% av alt vedlikehold er forebyggende (Belgian Maintenance Association , 2016). Dette betyr at vedlikeholdsfilosofien i mange industrier i EU i dag er preget av reaktivitet og iverksetting av tiltak først etter svikt har inntruffet. Målinger er grunnleggende for å øke ytelse og oppnå forbedringer (Parida, 2016). Hvorfor andelen forebyggende vedlikehold er såpas liten, kan ha flere årsaker:

- Mangel på utstyr til å kartlegge tilstandsparametere
- Mangel på kompetanse
- Mangel på ressurser

Det viser seg i industrien i EU at bare 68% av alle arbeidsordrer knyttet til forebyggende vedlikehold blir utført til riktig tid. Dette betyr altså at over 30% av arbeidsordrene ikke blir utført i henhold til vedlikeholdsplanen (Belgian Maintenance Association , 2016). Årsakene til dette kan være (Belgian Maintenance Association , 2016):

- Feilprioriteringer i planlegging av vedlikehold
- Utilstrekkelig detaljert planlegging av arbeid som resulterer i at riktige ressurser ikke er på riktig sted, med riktig mengde til riktig tid
- For dårlig kommunikasjon mellom avdelinger. Dette resulterer i at en ikke alltid får godkjenning fra produksjonsavdelingen til å utføre de nødvendige vedlikeholdstiltakene.

2.7.4 Organisatoriske utfordringer

Det vises i den omfattende studien (Belgian Maintenance Association , 2016) at teknikere som arbeidet i industrien ikke er tilgjengelige i 30% av arbeidstiden. De hindres i å utføre rene vedlikeholdsoppgaver på grunn av faktorer som stjeler tid, slik som (Belgian Maintenance Association , 2016):

- Diskusjoner relatert til arbeidsoppgaver
- Innhenting av nødvendig informasjon og registrering av feil
- Ineffektivitet på grunn av organisatoriske faktorer

Dette er oppgaver som oppstår på grunn av dårlig tilrettelegging for operatører. Uklarheter i forbindelse med utføring av arbeidsoppgaver kan forhindre gjennom godt utarbeidede arbeidsbeskrivelser. Planleggings- og utføringspersonell kan samarbeide om å lage slike planer slik at beste praksis blir implementert i fremtidig arbeid.

Når operatører sliter med å hente inn nødvendig informasjon som kreves for å utføre en arbeidsoppgave tilstrekkelig, har organisasjonen et stort problem. Det kommer frem i kapittel 3 at også Statkraft Varme har problemer med dette. Uten tilstrekkelig informasjon og dokumentasjon vil operatører ikke kunne utføre arbeidet sitt i henhold til fastsatte kvalitetskrav. Dette er også relatert til det siste punktet om organisatoriske faktorer.

I tillegg til nødvendig antall personell for å utføre vedlikehold, må også riktig kompetanse være på plass for å holde ytelsen på vedlikehold oppe (Belgian Maintenance Association , 2016).

Opplæring og utdanning av vedlikeholdspersonell har blitt viktigere med utviklingen av nye og mer avanserte tekniske løsninger. Denne type kompetanseheving øker personells evne til å utføre riktige arbeidsoppgaver riktig, med riktige metoder til rett tid med riktige ressurser tilgjengelig. Dette har igjen direkte innvirkning på enheters ytelsesevne (Belgian Maintenance Association , 2016).

Organisatoriske utfordringer (Belgian Maintenance Association , 2016):

- Rekruttering av tilstrekkelig og kvalifisert personell.
- Erfaring- og kunnskapsoverføring mellom ansatte for å skape en mer fleksibel vedlikeholdsorganisasjon.
- Utvikling av kunnskaper og erfaringer knyttet til nye teknologier. Bruk av automatisering og robotteknologi er eksempler på dette.

For å være i stand til å møte nye markedskrav i fremtiden og fortsette å være ledende innen drift og vedlikehold, er det helt avgjørende at Nordvest-Europa utvikler kunnskap og erfaringer innen bruk av ny teknologi. Dette er den eneste måten å holde seg konkurransedyktig på og takle de konstant økende markedskravene til ytelse og utfordringer knyttet til forringelse av enheter (Belgian Maintenance Association , 2016).

2.7.5 Opplæring av vedlikeholdspersonell

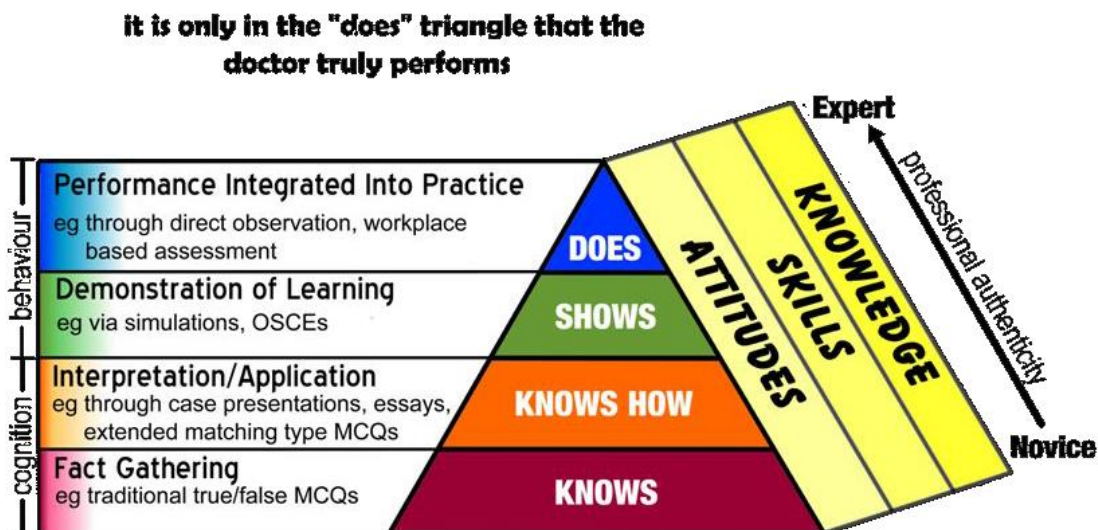
Utdanning og opplæring er viktig for å opprettholde effektiviteten til operatører på et høyt nivå. Eksempler er opplæring innen ferdigheter for analyse av svikt og bruk av vedlikeholdsstyringssystemer til å hente ut nødvendig informasjon om enheter til diagnostiseringsarbeid.

Aktiv bruk av målinger og nøkkelindikatorer er også et kriterium for å bli en ledende bedrift med en prediktiv vedlikeholdsstrategi. Et viktig mål er å måle ytelsesnivå til enheter, men det er også viktig at målene gir klarhet om fremgang og hvilke implementeringer som resulterte i dette.

I rapporten til (Belgian Maintenance Association , 2016) er det fastslått at organisasjoner må konstant evaluerer seg selv for å kunne måle fremgang og identifisere hvor tiltak kan iverksettes med mest mulig effekt.

Miller's (1990) prisme for klinisk kompetanse, vist i figur 14, illustrerer hvilke grunnverdier som må være på plass for at riktige handlinger skal kunne utføres riktig. De to nederste

nivåene representerer kognisjon og personers kunnskaper om et emne. Personer vet hva som skal gjøres og hvordan. De to øverste nivåene omhandler om personer kan implementere det de har kunnskaper om til handlinger i praksis (Miller, 1990). For å illustrerer poenget nærmere: Ville du sitted på i en formel 1 bil med en som har lest om å kjøre formel 1, eller en som kjører det på daglig basis?



Figur 14 Miller's prism of clinical competence (Gp-training.net, 2009)

I tillegg til å fremstille de ulike ferdighetsnivåene til en person, illustrerer modellen kunnskap, ferdigheter og holdninger som viktige faktorer for å heve nivået. Dette er direkte overførbart til Statkraft Varmer og bruk av SAP. Dette er forklart nærmere i kapittel 3 hvor det også er utarbeidet intervjuer med ansatte.

Det er stor forskjell på å skrive riktig svar på eksamen og det å utføre prosedyrene i praksis. Denne figuren kan sammenlignes med en vedlikeholdsingeniør eller en operatør i felt. For at riktige tiltak skal kunne utføres i praksis, er det helt grunnleggende at kunnskaper om temaet ligger i bunnen. I overensstemmelse med rapporten til (Belgian Maintenance Association, 2016) må kunnskaper og trening legge grunnlaget for gode avgjørelser og riktige tiltak i praksis.

2.7.6 Diskusjon og konklusjon

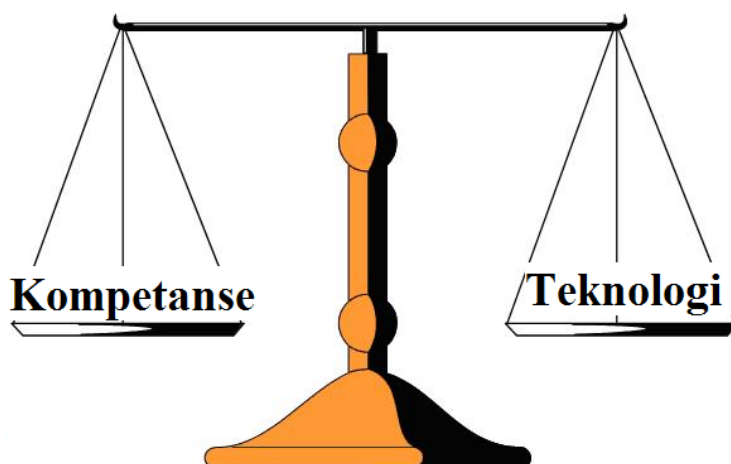
Investeringer knyttet til innovasjon er blitt gjort i ledende bedrifter nettopp fordi de har fokusert på å heve kompetansenivået i vedlikeholdsorganisasjonene sine. Resultatet er at personell tar riktige beslutninger i tidlige faser av komponenters levetid og riktige tiltak blir

iverksatt tidligst mulig for å få mest mulig utbytte av investeringene. De andre bedriftene, som ikke har et like stort fokus på opplæring og utdanning, har en tendens til å være mer reaktive og dermed komme på etterskudd med investeringer som skal ivareta påliteligheten til enheter.

Ledende bedrifter investerer 40% mindre i vedlikehold gjennom enheters levetid, men mest i begynnelsen av levetiden. Viktige årsaker som skiller ledende aktører fra andre bedrifter er ifølge rapporten (Belgian Maintenance Association , 2016):

- Effektive investeringer i begynnelsen av levetiden til enheter, som gir organisasjonen tidlig kontroll over enheter.
- Vedlikehold basert på kunnskaper om hvordan systemene virker.
- Outsourcing dersom arbeidsoppgavene blir utført mer effektivt og billigere.
- Ledende bedrifter investerer 20% mer i forebyggende vedlikehold i løpet av de første 40% av enheters levetid.

Det legges stor vekt på utdanning og opplæring av personell i rapporten (Belgian Maintenance Association , 2016). Det kan med dette sies at kompetansenivået til en bedrift er helt avgjørende for at riktige beslutninger skal kunne tas. I tillegg er det også viktig at operatører og teknikere har tilstrekkelig med trening for å utføre analysering av sviktmekanismer og feil for å styrke rapporteringsverdien til feilmeldinger.



Figur 15 Balanse mellom Kompetanse og Teknologi

Balanse mellom kompetansenivået til en bedrift og teknologiske systemer som skal implementeres er en nødvendighet. Implementering av for mye avansert teknologi uten å fokusere på å heve kompetansenivået vil ikke tjene bedrifter i det lange løp. Dette kommer

tydelig frem i (Belgian Maintenance Association , 2016) sin rapport. Det kan resultere i at det blir kjøpt inn mye kostbart utstyr som personellet ikke klarer å benytte seg av til organisasjonens beste.

I kapittel 3 er det sett nærmere på hvordan Statkraft Varme styrer vedlikeholdet sitt. Det kommer frem at også de har mye av de samme utfordringer som beskrives i dette kapitlet.

3. Vedlikeholdsflyt i Statkraft Varme

«Flyt medfører ofte en økt følelse av kontroll over egne handlinger og utfallet av aktiviteten, endret tidsoppfatning og en følelse av at aktiviteten har verdi i seg selv. Nærliggende mål og delmål samt umiddelbart tilbakemelding om fremgang, samt fravær av distraherende og forstyrrende elementer, er også viktige betingelser for å oppnå flyt» (Store Norske Leksikon, 2013).

Vedlikeholdsflyten til et anlegg omhandler hvordan oppgaver vedrørende vedlikehold blir håndtert. Helt fra vedlikeholdsbehov oppdages, til ønsket tilstand for komponentene er gjenvunnet. Denne oppgaven går nærmere inn på hvordan Statkraft Varme utfører vedlikeholdet sitt fra begynnelse til slutt. Målet er å kartlegge svakheter i vedlikeholdsstyringen, for så å finne ut hvordan Statkraft Varme kan optimalisere det.

Vedlikeholdsflyten for et anlegg kan betegnes som en vedlikeholdsorganisasjons handlingsevne fra et avvik oppstår til ønsket tilstand er gjenvunnet. Elementene som inngår er blant annet evne til å fange opp avvik, rapporteringsevne, rutiner for identifisering av årsak og bidragsytende faktorer og evne til å nyttiggjøre funn fra hendelsen.

I kapittel 3.1 er de mest sentrale vedlikeholdsstyringsmodellene i Statkraft Varme presentert. Hensikten er å vise hvilke modeller Statkraft Varme følger for å sørge for kontinuerlig forbedring og gode beslutninger innen vedlikeholdsstyring.

For å få et bedre forhold til hvordan arbeiderne ved Heimdal Fjernvarmesentral arbeider med og benytter seg av SAP, er det utført en spørreundersøkelse i kapittel 3.2.

Kapittel 3.3 er en gjennomgang av vedlikeholdsflyten ved Heimdal Fjernvarme. I kapitlet avdekkes nyttige erfaringer som skal tas med i implementeringsarbeidet med SAP på Lillemoen.

Kapittel 3.4. viser hvordan vedlikeholdsflyten er per dags dato ved Lillemoen.

Konklusjonene fra kapittel 3.3 og 3.4. er illustrert i figur 29 og 31 for å lettere kunne sammenligne vedlikeholdsstyringen ved de ulike anleggene.

Informasjonen fra dette kapitlet blir benyttet i kapittel 5, hvor oppgaven er å utrede mulighetene med implementering av SAP ved fjernvarmeanlegget på Lillemoen.

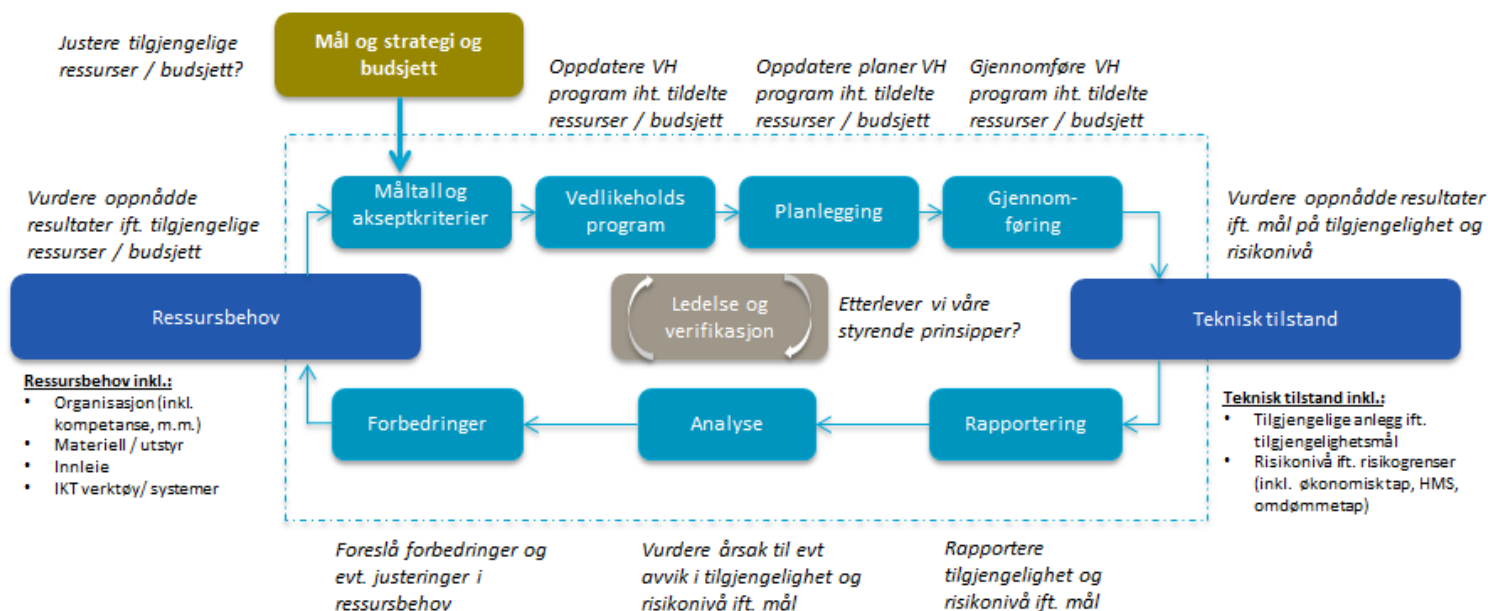
3.1 Vedlikeholdsstyringsmodeller i Statkraft Varme

I dette delkapittelet presenteres hovedmodellene for vedlikeholdsstyring i Statkraft Varme. Hensikten er å få et innblikk i hvordan de sørger for standardisert vedlikehold og hvilke strategier de har for å nå sine fastsatte mål.

"Vedlikeholdsstyringen må baseres på en styringsmodell, som er en oversikt over hvordan vedlikeholdsorganisasjonen skal jobbe" (Bye, 2009).

Statkraft varme har en rekke dokumenter for å hjelpe dem med vedlikeholdsstyring, likevel har de utfordringer som må tas tak i. "DH³ preges av ulik praksis for like oppgaver og med varierende etterlevelse av prinsipper og rutiner. Prioriteringer av VH/hovedrevisjoner på anleggene er erfaringsbaserte" (Hølaas, 2013, p. 5). Problemet er at oppgaver blir utført ved hjelp av ulike metoder på de forskjellige anleggene.

Styringsløyfa til Statkraft vist i figur 16, er basert på vedlikeholdsstyringsløyfa til Ptil (Petroleumstilsynet), som er vist i figur 1. Den danner grunnlaget for hvordan vedlikeholdet alltid skal være i en kontinuerlig forbedringsprosess.



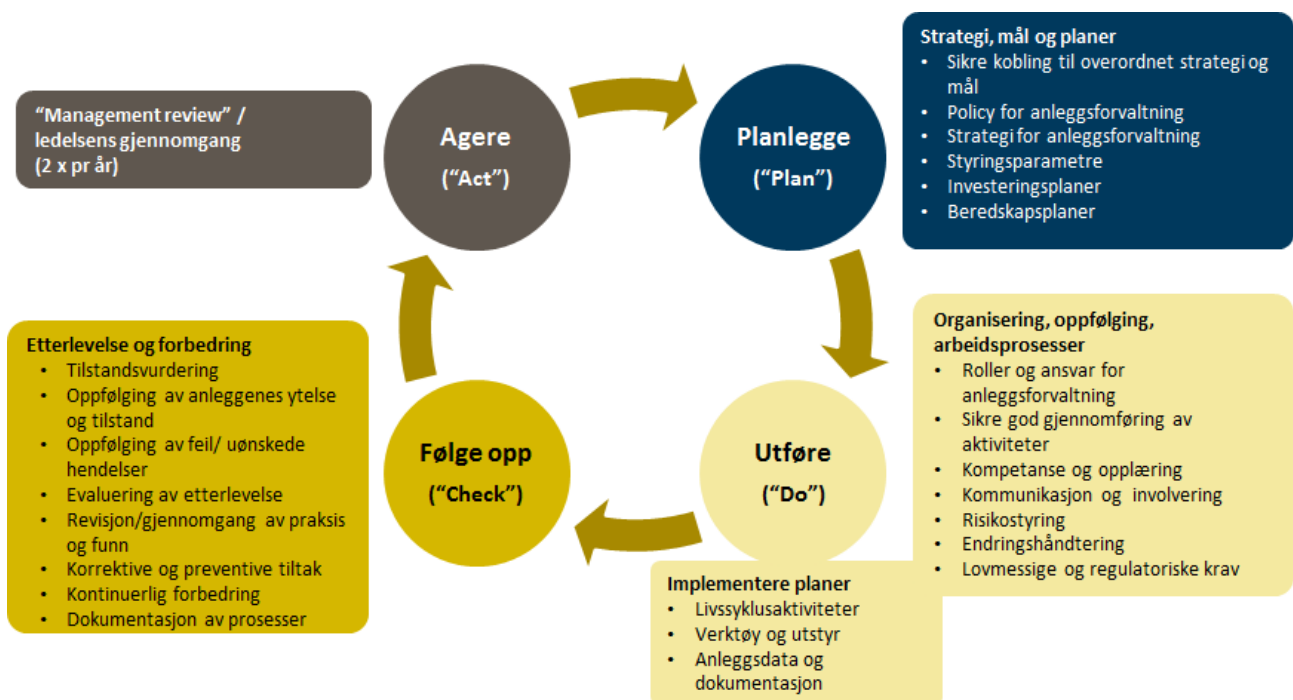
Figur 16 Vedlikeholdsstyringsløyfa i Statkraft Varme (Hølaas, 2013)

³ District Heating

I følge (Hølaas, 2013) er prioriteringer i Statkraft Varme begrunnet, men ikke dokumentert. Dette er også et resultat av for dårlig vedlikeholdsstyring. Enkeltindivider går rundt med mye kunnskap, og handler på eget initiativ i stedet for fastsatte vedlikeholdsintervall. Selv om prioriteringene er riktige, mangler det fastsatte kriterier for når oppgavene skal utføres.

Det er helt avgjørende for fremtidig drift at erfaringer fra personell med lang tid i bedriften blir dokumenterte og delt med andre.

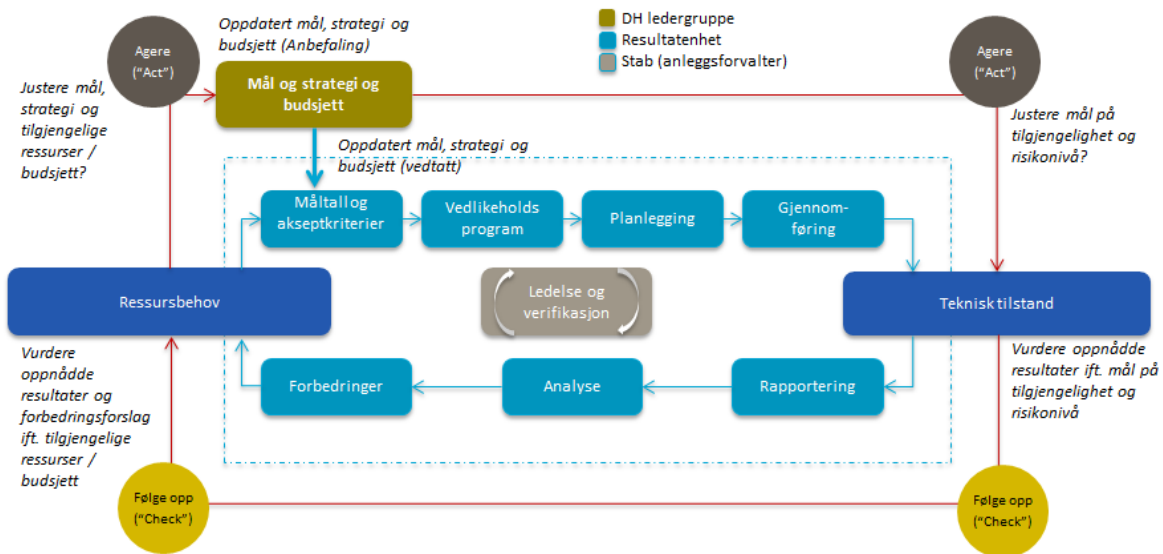
Vi ser ut i fra figur 16 at Statkraft Varme har en plan, men det er oppfølgingsdelen av figuren det svikter mest i. Statkraft Varme benytter en egen versjon av Demingsirkelen ref. figur 17, for å illustrere de mest essensielle rollene i vedlikeholdsstyringssløyfa.



Figur 17 Demingsirkelen anvendt i Statkraft Varme (Hølaas, 2013)

For at et rapporteringssystem skal fungere, må det være enkelt å forstå og bruke (Kjellén, 2000). Dersom brukere oppfatter rapporteringssystemet som tungvint og vanskelig, vil det resultere i at bare de aller største tiltakene blir rapporterte, og de små forbedringene ikke vil bli overført til de andre anleggene. For å kunne lukke styringssløyfa og ivareta prinsippene om kontinuerlig forbedring, er det helt essensielt at operatører behersker SAP.

Det overordnede målet er å bidra til maksimal verdiskapning fra eksisterende anlegg. Videre i figur 18 har Statkraft Varme integrert prinsippene fra Demingsirkelen inn i styringsløyfa.



Figur 18 Demingsirkelen integrert i Vedlikeholdsstyringsløyfa (Hølaas, 2013)

Vedlikeholdsstyringsløyfa er godt kjent i industrien i dag. Den er ofte anvendelig i flere typer bedrifter der vedlikehold er en essensiell del for å holde verdiskapningen i gang og ivareta driftssikkerheten. Sløyfa sier derimot litt for lite om hvordan dette skal realiseres i praksis. I styringsløyfa er ett av de 7 hovedpunktene "forbedringer". En skal foreslå forbedringer og eventuelt ressursbehov, men da bør en også vite hvem som skal komme med forslagene og hvordan det skal sørges for at riktig personell får presentert forslagene.

3.2 Erfaringer med bruk av SAP ved Heimdal Fjernvarmesentral

Dette delkapittelet består av sammendrag fra svar på spørreundersøkelsen som ble utarbeidet for å få et innblikk i ansattes erfaringer med bruk av SAP.

Dessverre var det bare tre ansatte som tok seg tid til å svare, selv om det ble sendt ut flere etterspørsler og purringer. Planene var å gjøre dette til en større del av besvarelsen, men mangel på tilbakemeldinger førte til at tilnærmingen til problemstillingen måtte endres.

Spørreskjemaene finnes i vedlegg C. Den første delen av spørreskjemaet omhandler bruk av SAP. Den andre delen fokuserer på vedlikeholdsflyten generelt i Statkraft Varme. Hensikten var å gå inn i detalj på hva som fungerer godt med SAP og hva som er utfordrende. Den slags informasjon ville vært utrolig nyttig i arbeidet med å implementere SAP på Lillemoen. Samarbeid på tvers av anleggene er helt avgjørende for å kunne finne best mulig løsninger på utfordringene som oppstår, noe som er bakgrunnen for innføring av SAP ved samtlige anlegg.

Gruppeleder

Gruppeleder ved fjernvarmeanlegget arbeider med å sette folk i arbeid, kontorarbeid og diverse vedlikehold. Programmet fremstår som et godt hjelpemiddel i personens øyne. Det er derimot opplæringen det er mangel på. Gruppeleder konstaterer at det er avsatt alt for lite tid til opplæring og oppfølging. Det var bare små kurs og læring av andre som har ført til at vedkommende er i stand til å benytte programmet. Gruppeleder benytter SAP til å behandle arbeidsordrer, handle og behandle fakturaer. Programmet blir brukt på daglig basis, rundt 4 timer hver dag i snitt. I følge gruppeleder tar det kort tid å opprette arbeidsordrer og en har alltid oversikt over arbeidsoppgaver.

Det ser ut som programmet er et godt hjelpemiddel for gruppelederen. SAP hjelper personell som skal planlegge og samkjøre flere aktiviteter med å holde oversikten. Det kan tenkes at mangelen på opplæring har ført til at gruppelederen har følt seg fortvilet og oppgitt i ulike situasjoner. Når en ikke får tilstrekkelig opplæring, får en ikke utført de oppgaver en ønsker og hele prosjektet med implementering av det nye vedlikeholdsstyringssystemet kan møte stor motstand. Dette er en verdifull erfaring som må tas med i betraktning når SAP skal innføres på Lillemoen. Uten tilstrekkelige avsatte midler til opplæring og oppfølging, vil en risikere at viktige aspekter av programmet ikke blir brukt og vinningene forsvinner.

Anleggseier Topplast

Anleggseier har vedlikeholdsplanlegging som hovedoppgave. Opplæringen av SAP har i all hovedsak vært intern. Ifølge anleggseier fungerer systemet veldig bra og har høy brukerterskel. Anleggseier bruker SAP i all hovedsak til arbeidsordrer, innkjøp, fakturabehandling, behandling av HMS-avvik og forbedringsforslag. Programmet brukes flere ganger daglig og ca. 1 time pr. dag. Det indikerer at programmet brukes til mange små oppgaver i stedet for store caser. Anleggseier forteller at det tar mellom 3 og 5 minutter å opprette en arbeidsordre fra et avvik er observert. Dette kan redusere terskelen for å rapportere små avvik og operatører vil kunne ha lettere for å rapportere jobber som krever minimale inngrep for å rette opp feil. Resultatet er større mengder data som kan hjelpe organisasjonen til å bli mer prediktiv i vedlikeholdsplanleggingen.

I følge Anleggseier, er SJA tilgjengelige ute i felt ved bruk av SAP. De mangler derimot tilgang til dokumenter, tegninger og prosedyrer. Siden SJA er tilgjengelige, må det være mulig å legge inne andre dokumenter som de ansatte kan hente frem når de er ute i felt. Det må bare prioriteres og legges ressurser i implementeringsarbeid dersom visjonen skal kunne realiseres.

Avvik og observasjoner i felt rapporteres gjennom en mobilapplikasjon. Systemet fungerer meget bra ifølge Anleggseier og brukergrensesnittet er greit. Anleggseier er ansvarlig for at riktig vedlikeholdstiltak utføres til riktig tid.

Seniorrådgiver Helse og Sikkerhet

HS rådgiver arbeider med alt innen rådgivning for helse og sikkerhet. HS rådgiver hadde ikke fått noe opplæring i SAP siden det er Emendo som blir brukt i sammenheng med Helse Miljø og Sikkerhet. Emendo er et program som benyttes til å rapportere observasjoner og avvik knyttet til HMS. Programmet brukes daglig av HS rådgiver. Opplæringen ble utført av key user i Statkraft i 2010 som bestod av et par dagers kurs. I tillegg ble det utført opplæring ved nye oppdateringer. Dersom noe skulle være uklart, eller det trengs oppfølging, er det bare å spørre key user ifølge HS rådgiver.

HS rådgiver benytter SAP for Emendo og innsyn i enkelte arbeidsordrer. SAP generelt blir brukt veldig sjeldent. Oftest blir det brukt et par timer med rapportering, ellers bare innsyn og purringer. SAP hjelper HS rådgiver med å utføre egne arbeidsoppgaver i form av dokumentert eierskap, slik at avvik blir hurtigere oppklart. I tillegg kan HS rådgiver hente

frem dokumenter i felt som SJA og arbeidsprosedyrer, noe som letter arbeidet betraktelig. Nye funn og forbedringstiltak med hensyn til HMS dokumenteres i Emendo via en app, Emendo 2.0 eller Emendo light. Slik blir like jobber utført på samme vis i fremtiden ut i fra et sikkerhetsperspektiv.

Oppsummering av besvarelser

Det kommer tydelig frem at SAP har høy brukerterskel og at det er vanskelig å håndtere. Manglende opplæring ser også ut til å prege de tre kandidatene som har svart på undersøkelsen. Det ser også ut til at oppfølgingen har vært av for dårlig kvalitet. Gruppeleder er tydelig når han uttrykker mangelen på opplæring og oppfølging. Oppfølging vil også være veldig viktig siden programmet får nye oppdateringer og flere brukerfunksjoner organisasjonen kan nyttiggjøre. Disse funksjonene er presentert i kapittel 5.2.

SAP fremstår som et program som hjelper alle tre kandidatene i sine daglige oppgaver. Hadde de hatt tilstrekkelig med opplæring og gode rutiner for oppfølging er det nærliggende å konkludere med at det kunne løfte kvaliteten og effektiviteten på deres utførte arbeidsoppgaver betraktelig. Det kom frem i kapittel 2.7 at riktig kompetansenivå er en viktig forutsetning for å kunne bruke teknisk krevende utstyr og løsninger effektivt.

3.3 Vedlikeholdsflyt ved Heimdal Fjernvarmesentral

I dette delkapittelet er det utredet hvordan vedlikeholdet håndteres ved Heimdal Fjernvarmesentral. Dette innebærer å se nærmere på hvordan de ulike delene av vedlikeholdsstyringsløyfa realiseres ute i anlegget. Gjennom kontakt med Tor Børge Strøm, som er vedlikeholdsleder på anlegget, har det vært mulig å få svar på hvordan vedlikeholdet planlegges og håndteres av ledelsen. Besøk og befaring på fjernvarmeanlegget har gitt dette delkapittelet et praktisk preg. I delkapittel 3.3.6 er det utarbeidet en case for å illustrere vedlikeholdsplanleggingen og utføringen av vedlikehold i praksis. Intervjuet med Vedlikeholdsleder ligger som vedlegg A i denne rapporten.

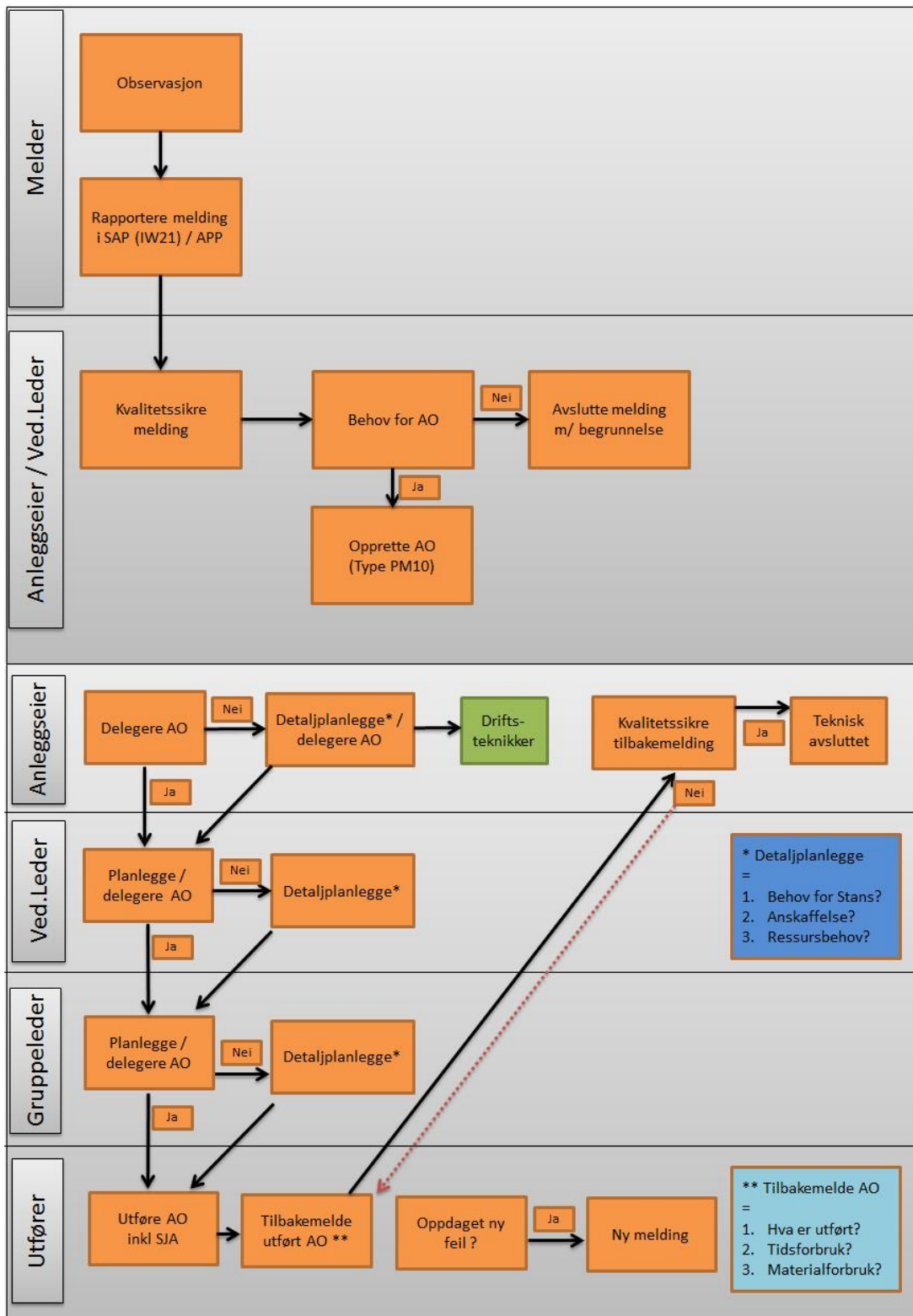
Statkraft Varme benytter en mobilapplikasjon til å rapportere inn feilmeldinger i SAP og det er undersøkt i kapittel 3.3.2 hvordan konseptet fungerer i praksis.

3.3.1 Arbeidsflyt i SAP ved Heimdal Fjernvarmesentral

I dette delkapittelet er arbeidsflyten til Statkraft Varme presentert. Figur 19 på neste side illustrere hvordan vedlikeholdsorganisasjonen arbeider i SAP fra en feilmelding er observert til det korrigerende tiltaket er utført. Hensikten er å gi et overblikk på arbeidsmetodikken i organisasjonen og hvor arbeidsprosessene vektlegges. Det kommer frem i kapittel 3.3 at det er lite fokus på analyse av innrapporterte feilmeldinger. Ofte blir forbedringstiltak fattet på lite tallbasert grunnlag og ofte subjektive meninger. I kapittel 4.2.5 er det utarbeidet en ny modell for arbeidsflyt i Statkraft Varme med større fokus på analysering av uplanlagte svikt i komponenter.

Ifølge Senior Advisor Asset Management, District Heating er ikke modellen, i figur 19 på neste side, en del av de styrende dokumentene i Statkraft Varme. Det betyr nemlig at modellene blir brukt, men er ikke godt nok implementerte i organisasjonen (Andreassen, 2016). Dermed blir det vanskelig å sørge for kontinuerlig forbedring gjennom uniformt og strukturert arbeid som anbefales av (Oljedirektoratet, 1998). Viktigheten av dette er beskrevet i kapittel 2.2 om styringsmodeller for vedlikehold.

I arbeidsflytskjemaet, figur 19 på neste side, ser en også at arbeidsordren blir sendt gjennom ulike enheter. Først til anleggseier eller vedlikeholdsleder, deretter videre nedover i hierarkiet til den kommer til utfører. I følge (Hawkins, 2004) er det viktig å inkludere utførende personell så tidlig som mulig i avgjørelser for egen avdeling.



Figur 19 Arbeidsflyt i SAP ved Heimdal Varmesentral (Andreassen, 2016)

Figuren viser forløpet fra en feilmelding oppstår til den blir en arbeidsordre og videre til den blir utført og tilbakemeldt. Det kan ses at veien er lang og den skal innom mange ledd før operatøren får den utdelt. Hva som skjer ved de ulike detaljplanleggingene er vanskelig å si,

da dette ikke er en del av de offisielle styrende dokumentene i Statkraft Varmer (Andreassen, 2016). For at en skal kunne nå mål, må de være godt definerte slik at en vet om de har blitt oppnådd eller ikke (Westhagen, 2012). Siden det ikke er fastslått hva detaljplanlegging innebærer, vil det kunne bli vanskelig for Statkraft Varmer å utføre god detaljplanlegging.

Flytskjemaet i figur 19 viser tydelig at det er mer fokus på å få levert ut arbeidsordren enn å ta tak i eventuelle problemer som kan avdekkes på bakgrunn av den opprinnelige feilmeldingen. I en studie utført av (Farrahi, et al., 2011) illustreres viktigheten av å analysere svikt grundig for å kunne forhindre at samme problem oppstår i fremtiden. I deres tilfelle var det en gassturbin som feilet og tiltakene som ble implementerte var:

- Ytterligere inspeksjon av rotor for å identifisere sprekkdannelser
- Overvåking av vibrasjonsnivå gjennom kontinuerlig tilstandsmålinger
- Bruk av luftfilter med høy kvalitet
- Regelmessig rengjøring av kompressorblad

På grunn av organisasjonens fokus på å identifisere rotårsaker kunne riktige tiltak utføres med riktige ressurser fremfor å dra konklusjoner på tynt grunnlag (Farrahi, et al., 2011).

3.3.2 Rapportering og behandling av avvik

De fleste ansatte starter klokken 7 om morgenen, vedlikeholds- og gruppeledere starter derimot 6:30. Da evalueres alle feilmeldingene som har blitt meldt inn det siste døgnet.

Når avvik blir oppdaget, blir det ikke skrevet en arbeidsordre, men personell melder inn en feilmelding. På morgenmøtet genererer vedlikeholdslederne og gruppelederne arbeidsordrer ut ifra de innrapporterte feilmeldingene. De sørger for at riktig personell får riktige oppgaver og planlegger hvilke jobber de skal utføre i løpet av dagen. Da blir det lettere å planlegge effektive arbeidsdager for operatørene.

Når operatører arbeider med en arbeidsordre og trenger deler, bestilles disse på arbeidsordren. Alle utgifter knyttes til hver enkelt arbeidsordre.

Tilstandsovervåking

For at vedlikeholdet skal kunne struktureres og utføres med mest mulig vinning, må det fastsettes kriterier for når hvert enkelt inngrep skal utføres. Generelt baseres de ulike kriteriene på enten tidsintervall, driftstid eller målte verdier som: Trykk, temperatur, strømning osv. (Wilson, 2013). Ved store anlegg er det lett å miste oversikten dersom en ikke

benytter dataassistert vedlikeholdsstyring (Deloux, et al., 2009). En har ikke mulighet for å sjekke alle komponenter på daglig basis uten å bruke store mengder ressurser.

Det utføres kontroller under revisjonsstansene en gang i året. Da utføres nødvendige inspeksjonskontroller på komponenter. Organisasjonen har dermed veldig liten forutsetning for å oppdage sviktmekanismer i tidlige faser og forvarslingstiden blir dermed veldig liten, ref. figur 7 om forvarslingstid og tilhørende sviktmekanismer. I løpet av året har de i tillegg til revisjonsstansen en rengjøringsstopp på linje 3. Der prøver de å avdekke feil og utføre små reparasjonsjobber. I tillegg prøver de å identifisere inngrep som må gjøres under den årlige revisjonsstansen (Strøm, 2016).

Det er mangel på kontinuerlig tilstandskontroll ved fjernvarmeanlegget. Dette gjør at det blir vanskelig å holde oversikten over hvilke enheter som holder på å utvikle feil (Strøm, 2016). Det er nesten umulig å være prediktiv når en ikke har kontinuerlig, eventuelt hyppige, tilstandsmålinger på komponenter. Jo mindre tilstandsmålinger en har, jo vanskeligere blir det å identifisere rotårsaker til svikt (Behera & Sahoo, 2016). Dette fører til at organisasjonen hopper over to essensielle steg i den nederste delen av vedlikeholdsstyringssløyfa som vist i figur 1, nemlig rapportering og analyser. De går direkte over på forbedringstiltak, noe som gjør at beslutninger blir fattet på tynt grunnlag av innsamlet informasjon.

Statkraft Varme skal begynne med støtpulsmåling på egnede komponenter. De har en på elektronisk avdeling som skal få opplæring i dette, og han vil primært drive med tilstandsovervåking og analyser av innsamlet informasjon. Dette er et godt og helt nødvendig tiltak som vil bidra til at Statkraft Varme får en mer prediktiv vedlikeholdsstrategi (Strøm, 2016).

Gjennom å ikke ha tilstandsovervåking på komponenter, vil vedlikeholdsplanleggerne slite med å prioritere ressurser på mest mulig effektivt vis. Dersom en måler feilutvikling nøyaktig, vil det bli lettere å avgjøre om det er indre eller ytre faktorer som forårsaker feilutviklingen (Strøm, 2016).

Krav til tilgjengelighet på komponenter

I dag går det på visuelle inspeksjoner og erfaringer. Lagerholdet er også erfaringsbasert. Det er vanskelig å determinere om enheter kjører feilfritt i en periode i fremtiden med sikkerhet uten tilstandsovervåking. Når erfaringene sier at deler må ligge på lager, sørges det for at delene er tilgjengelige. Lageret er ikke basert på hvilke tilstander komponenter er i, det er i all

hovedsak basert på fastsatte tids- eller driftstidsintervaller (Strøm, 2016). utfordringene her er at en ikke vil fange opp sviktmekanismer før de har fått utviklet seg til et stadium som ofte vil være umulig å reparere gjennom enkelt forebyggende vedlikehold.

Ved Heimdal Fjernvarme, blir det brukt veldig lite tilstandsovervåking på komponenter ute i anlegget. Det stilles myndighetskrav til tilgjengelighet ved de ulike anleggene. Det stilles derimot ikke tilsvarende krav til tilstandsovervåking for å realisere de overordnede tilgjengelighetskravene. Det meste av utskiftningsintervallene er baserte på erfaring og informasjon fra leverandører. Det har ikke vært noe spesielt fokus på tilstandskontroll utenom når en har en stans på en enhet. Da har en bestemte punkter en skal sjekke. For eksempel: En vet at en kjede holder i ett år. Når det er stans i anlegget, kan denne sjekkes opp imot anbefalinger fra kunde (Strøm, 2016).

Sikker Jobb Analyser

«Den ønskelige situasjonen er at man kommer til tidligere SJAer og arbeidsordrer ved ett enkelt tastetrykk i applikasjonen, da hadde alle gjort det» (Strøm, 2016).

Når et arbeid kan medføre usikkerheter eller potensielle farer dersom det ikke utføres i henhold til gitte prosedyrer, skal det skrives en Sikker Jobb Analyse. I appen kan en velge om det er nødvendig å skrive en SJA for å kunne utføre planlagt arbeid sikkert. Dersom en arbeidsordre inkluderer bruk av flere personer, og spesielt eksterne aktører som er innleide, skrives SJA på papir. Da har vedlikeholdsleder møte med de involverte slik at en SJA utarbeides i plenum. Dersom det er flere som skal samarbeide om en arbeidsoppgave, må de involverte samles og skrive en SJA sammen (dersom arbeidet kan medføre en viss risiko). Ved større jobber og litt uklare arbeidsoppgaver skal det skrives en SJA. SJA kan skrives i mobilappen ute i felt av den som mottar arbeidsordren.

Det finnes en del arbeidsoppgaver som det ikke har blitt skrevet SJA for tidligere. Per dags dato er det ikke mulig å finne frem til gamle SJAer i mobilapplikasjonen (Mork, 2016). Dette er fordi at denne funksjonen ikke har blitt prioritert i utviklingsarbeidet med appen. Her ligger det et stort potensiale for å kunne arbeide sikrere i fremtiden. En ting er at en sparer mye tid gjennom å se hva som har blitt tatt hensyn til tidligere, en annen ting er at tidligere SJAer vil avdekke faremomenter som en kanskje ikke tenkte på ved sikkerhetsvurderingen.

Dersom et rapporteringssystem skal bli brukt må det være lett å behandle av brukeren (Kjellén, 2000). Faren er at jo mer tidkrevende det blir å lete frem tidligere relevante SJA-er,

jo større blir terskelen for å sjekke opp dette før en utarbeider sin egen SJA og starter med arbeidet.

Den som får tildelt en arbeidsordre har mulighet for å søke opp tidligere arbeidsordrer knyttet til komponenten arbeidet skal utføres på. Men, det forutsetter at vedkommende har god opplæring i bruk av databasen slik at denne prosessen går fort. Situasjonen er slik i dag at det krever en del av operatørene dersom de skal finne frem tidligere arbeidsordrer og SJAer knyttet til komponenter. Da er det stor fare for at dette blir utelatt, siden det ikke kreves at man skal lese gjennom tidligere arbeidsordrer og SJAer før arbeidet starter.

Når operatører får utdelt en arbeidsordre, ser de bare startdato på oppgavene og ikke sluttdato. For vedlikeholdsplanlegger er det viktig med sluttdatoen fordi de har et mål om at de skal være ferdige med arbeidsordrer til riktige tider. Operatører får med andre ord ikke greie på hvor mye enkelte arbeidsoppgaver haster. Vedlikeholdsplanleggerne må fortelle operatørene selv når arbeid må være ferdig utført (Strøm, 2016).

3.3.3 Evalueringmøte om kritisk stans ved Heimdal Fjernvarmesentral

05.04.2016 var jeg med på et evalueringmøte på Heimdal Fjernvarmesentral. Vedlikeholdsgruppen hadde akkurat hatt en rengjøringsstans på linje 3 på anlegget. Stansen var planlagt til en uke etter påske, men den måtte fremskyndes til 11. mars. Grunnen til dette var at et posefilter datt ned og de måtte stenge av hele linjen. Med andre ord fikk en feil utvikle seg til havari og vedlikeholdet ble korrektivt istedenfor forebyggende.

Gjennom oppetiden til en enhet, vil operatører legge inn feilmeldinger og observasjoner. De har muligheten til å utsette vedlikeholdsinngrep som krever at enheten settes ut av drift. Under rengjøringsstansen, som normalt er 1 gang i året i tillegg til revisjonsstansen, tar en tak i de mest kritiske vedlikeholdspunktene som har blitt meldt inn. I tillegg har vedlikeholdsplanleggerne en liste over punkter som skal sjekkes, deler som skal rengjøres og komponenter som skal skiftes ut under rengjøringsstansen.

I dette tilfellet fikk posefilteret kjøre til havari. Denne komponenten er kritisk for at driften på linje 3 skal kunne kjøre som normalt. Uten posefilteret, vil det fylles med aske i utløpstårnet i anlegget og utslippstallene vil stige langt over fastsatte krav. Derfor måtte hele line 3 tas ut av drift på en fredag ettermiddag. Ikke nok med at hele linjen måtte settes ut av drift, det var helg og arbeidskostnadene ble derfor vesentlig høyere.

3.3.4 Analyse av innrapporterte avvik og feilmeldinger

I dagens praksis ved Heimdal fjernvarme blir det ikke satt av tilstrekkelig med ressurser til analyser av innsamlet data ifølge vedlikeholdslederen. Beslutninger blir tatt på for lite grunnlag og det er ofte subjektive meninger som har størst gjennomslagskraft når beslutninger om forbedringstiltak skal fattes.

For at en organisasjon skal bli prediktive i vedlikeholdet, må en sette av tilstrekkelig med tid og ressurser til å gjennomgå innrapporterte avvik og oppdagelser. I dagens praksis ved fjernvarmeanlegget blir den nedre delen av vedlikeholdsstyringsløyfa nedprioritert. Ifølge vedlikeholdslederen ved Heimdal Fjernvarme blir ofte løsningen på defekte komponenter å kjøpe nye. Det blir alt for lite fokus på å identifisere rotårsaker til svikten og utviklingen av sviktmekanismer.

For å kunne bli prediktive må Statkraft Varme benytte seg av mulighetene de har tilgjengelige. Det lar seg ikke gjøre å analysere større datamengder dersom de ikke blir sorterte fra første stund.

3.3.5 Tilstandskontroller ved Heimdal Fjernvarmeanlegg

I dette delkapittelet har jeg sett nærmere på tilstandskontrollmetoder ved Heimdal fjernvarmeanlegg.

For å kunne ivareta driftssikkerheten ved et anlegg er det helt nødvendig med en form for tilstandskontroll. For å kunne identifisere interne defekter i en maskin er det ofte ikke nok med visuelle inspeksjoner. I mange tilfeller vil en kunne oppdage avvik gjennom visuell kontroll, men da har ofte feilene utviklet seg for langt og tid til svikt kan være svært kort, ref. figur 7. Ved å benytte seg av tilstandsbasert vedlikehold på et anlegg, vil det kunne medføre besparelser i millionklassen (Bye, 2009).

Den 12.04.2016 ble det utført et besøk på Heimdal fjernvarmesentral for å se nærmere på hvordan de tilstandsdiagnostiserer kritiske komponenter. I denne omgangen var det motorer, både for levering av fjernvarmevann og for røykgassvifta. Disse blir drevet av én motor hver og er kritiske for driften ved fjernvarmeanlegget. Dersom en motor feiler på levering av fjernvarmevann, vil de andre kunne erstatte kapasiteten i én kortere periode, men det er ikke anbefalt over lengre tid. Likevel er rutinene for rapportering og tilstandsmåling utilstrekkelige. Dette kommer frem i casen som er utarbeidet i kapittel 3.3.6 på neste side.

3.3.6 Case: Måling av lagerstøy i pumpe ved Heimdal Fjernvarmesentral

Statkraft varme hadde kjøpt inn et håndholdt måleutstyr som kan registrere lagerstøy i motorer, se figur 20 under.



Figur 20 SPM Model BC100 Bearing Checker (Cole-Parmer Instrument Company, 2016)

Proseduren for måling av lagerstøy var veldig enkel og lett å utføre riktig. Ett minutt innføring av kompetent personell var alt som krevdes for å operere utstyret. Problemet med dette instrumentet var at en måtte taste inn akseldiameter og omdreiningstall på motoren manuelt.

Figur 21 under, illustrerer pumpen vibrasjonsmålingen skulle utføres på. Det var ikke mulig å finne ut akseldiameter for motoren på stedet, så anleggseier måtte kontaktes for å finne nødvendig informasjon.



Figur 21 Motor til fjernvarmepumpe

Ut fra figur 22, ser en at anleggseier hadde et kontor fullt av permer. Det hadde vært så og si umulig for en utenforstående å finne frem til ønsket informasjon uten å bruke unødvendig mye tid.



Figur 22 Kontor til anleggseier

Etter 15 minutter ble søket avsluttet og informasjonen som skulle letes frem var ikke å finne. I stedet ble det foretatt støtpulsmålinger på en pumpe der anleggseier visste akseldiameter fra før. Motoren til røykgassvifta ute i anlegget hadde en diameter på Ø130mm som lett kunne plottes inn på instrumentet. Omdreiningstallet kunne leses av på et display ved siden av pumpen illustrert i figur 23.



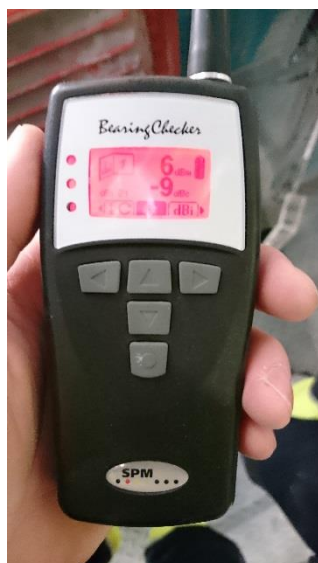
Figur 23 Omdreiningstall for Røykgassvifta

Prosedyren for målingen var enkel: Etter en hadde plottet inn nødvendig informasjon var det bare å plassere måleapparatet på et respektivt målepunkt og holde det der til målingen var foretatt. Figur 24 illustrerer prosedyren for måling med instrumentet.



Figur 24 Prosedyre for støtpulsmåling

Resultatet dukket opp med en gang og ble fremstilt med tallverdi og et grønt, gult eller rødt lys til venstre for displayet. En trengte ikke å vite nøyaktig hvilke målte verdier som var gode, instrumentet gjorde det for en. Målingen var gjort på ca. 5 sekunder. Resultatene er vist i figur 25 og 26 under.



Figur 25 Lagerstøy i fremre lager på røykgassvifte



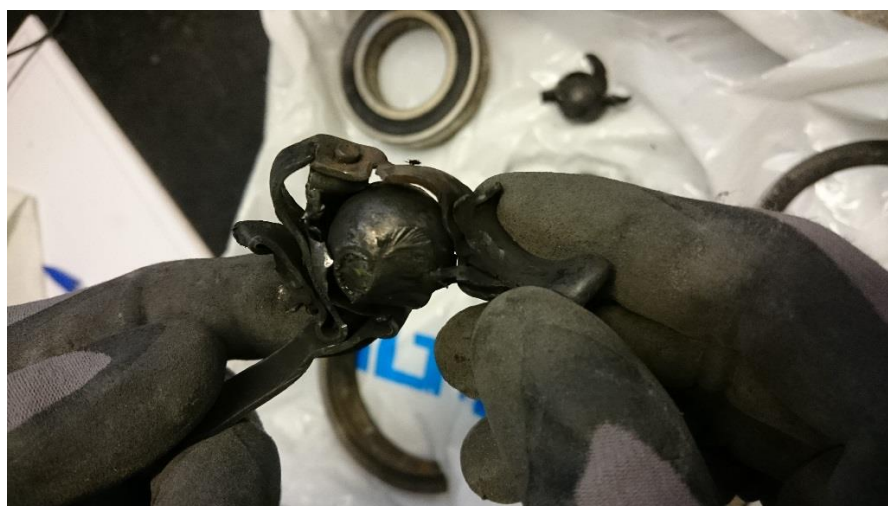
Figur 26 Lagerstøy i bakre lager på røykgassvifte

Resultatene ble lagt inn i et Excel-ark, vist i figur 27, slik at det blir mulig å trende de målte verdiene over tid. Overtagende anleggseier hadde laget dette dokumentet for å kunne lede vedlikeholdsorganisasjonen i en mer prediktiv retning.

Dato	Turfall	Grønn sone		Gul sone			ND ende SPM [dBm]			Evaluering Farge / Kode			D ende SPM [dBm]			D ende SPM [dBm]				
		#1	#2	Høyeste	#1	#2	Høyeste	#1	#2	Høyeste	#1	#2	Høyeste	#1	#2	Høyeste	#1	#2	Høyeste	
05.11.2015	1250	20	35	18	17	18	5	-9	5	Grønn	Grønn	29	32	32	8	8	8	8	8	8
09.12.2015	1290	20	35	15	12	15	-9	-9	-9	Grønn	Grønn	24	22	29	9	11	11	11	11	11
07.01.2016	1300	20	35	12	9	12	15	2	15	Grønn	Grønn	23	21	23	8	8	8	8	8	8
04.02.2016	1290	20	35	10	11	11	5	9	5	Grønn	Grønn	15	21	21	5	6	6	6	6	6
29.02.2016	1220	20	35	23	20	23	9	6	6	Gul	Gul	36	37	37	3	3	3	3	3	3
		20	35																	
		20	35																	
		20	35																	
		20	35																	
		20	35																	
		20	35																	

Figur 27 Excel for logging av støtpulsmålinger

Dette er en midlertidig løsning før rapportering av målte verdier blir mulig i mobilapplikasjonen i SAP. Ut fra Figur 27 ser vi at den målte verdien fra støtpulsmålingen kom ut med rødt lys. Det ble da bestemt å skifte lageret under rengjøringsstansen. Figur 28 viser i hvor dårlig stand lageret var før utskifting.



Figur 28 Kule fra gammelt kulelager

Dersom dette kulelageret ikke hadde blitt byttet ut ville det sannsynligvis sviktet i nær fremtid. Det ville resultert i lang og unødvendig nedetid og store kostnader, både timer og tapt produksjon. Gjennom å utføre målinger kan en forutse svikten og forebyggende tiltak kan iverksettes før svikt inntreffer. Anleggseier forklarte at dette var et heldig tilfelle siden de ikke har faste rutiner for støtpulsmålinger på motorer.

3.3.7 Konklusjon av case: Måling av lagerstøy i pumpe ved Heimdal Fjernvarmesentral

Ut fra denne casen er det tydelig at Statkraft Varme har mye å tjene på å opprette rutiner for støtpulsmåling. Gjennom å innføre faste rutiner for støtpulsmåling, vil en kunne danne seg et bedre bilde over tilstanden til anlegget. Det blir lettere å planlegge revisjons- og rengjøringsstanser ut ifra komponenttilstander. Tilstandsbasert vedlikehold sørger for at komponenter ikke blir byttet ut verken for tidlig eller for sent (Wilson, 2013). Det håndholdte apparatet som brukes vil by på større usikkerhet enn de dyrere og mer avanserte måleinstrumentene, men det gir en indikasjon på tilstanden. Det faktum at det tar maks to minutter å utføre en slik måling for en motor gjør det til en effektiv tilstandsdiagnostiseringsmetode. At den er håndholdt gjør det lett for en person å ta den med seg på inspeksjonsrunder på anlegget og det er ikke vanskelig å komme til på trange lokasjoner.

Det Statkraft Varme virkelig må ta tak i er dokumentasjonen av viktige komponentopplysninger. Dersom de har tenkt å lykkes med støtpulsmåling med dette apparatet må de gjøre noen grep for å forhindre at kontroller uteblir. I denne casen ble det brukt veldig lang tid på å finne akseldiameter for en bestemt motor. Siden ønsket informasjon ikke kunne frembringes, måtte heller målingen foretas på en annen motor. Dette er ikke ønskelig for vedlikeholdsorganisasjonen dersom den har tenkt å bli mer prediktiv.

For at støtpulsmåling skal bli brukt, må bare den mest essensielle informasjonen om komponenten ligge klart og tydelig frem ute i felten. Det kunne vært så enkelt som å føre opp akseldiameter på TAG-nummeret til de ulike motorene som tillater støtpulsmålinger. Om dette blir for tidkrevende å realisere, burde det i det minste vært skrevet på komponenten med vannfast tusj. Dette problemet kan en nemlig få bukt med gjennom elektroniske sjekklister og oppretting av målepunkter med forhåndsinnlagt informasjon om akseldiameter i arbeidsordren. Videre utredning av denne løsningen i SAP er gjort i kapittel 5.2.

I kapittel 5.2 er det utredet hvilke muligheter som finnes for å kunne forbedre både innhenting av informasjon og rapportering av målte tilstandsparametere i SAP.

3.3.8 Konklusjon: Vedlikeholdsflyten ved Heimdal Fjernvarmesentral

Samtaler med personell og flere besøk til anlegget har gitt et innblikk i hvordan Statkraft Varmer styrer vedlikeholdet sitt ved Heimdal Fjernvarmesentral.

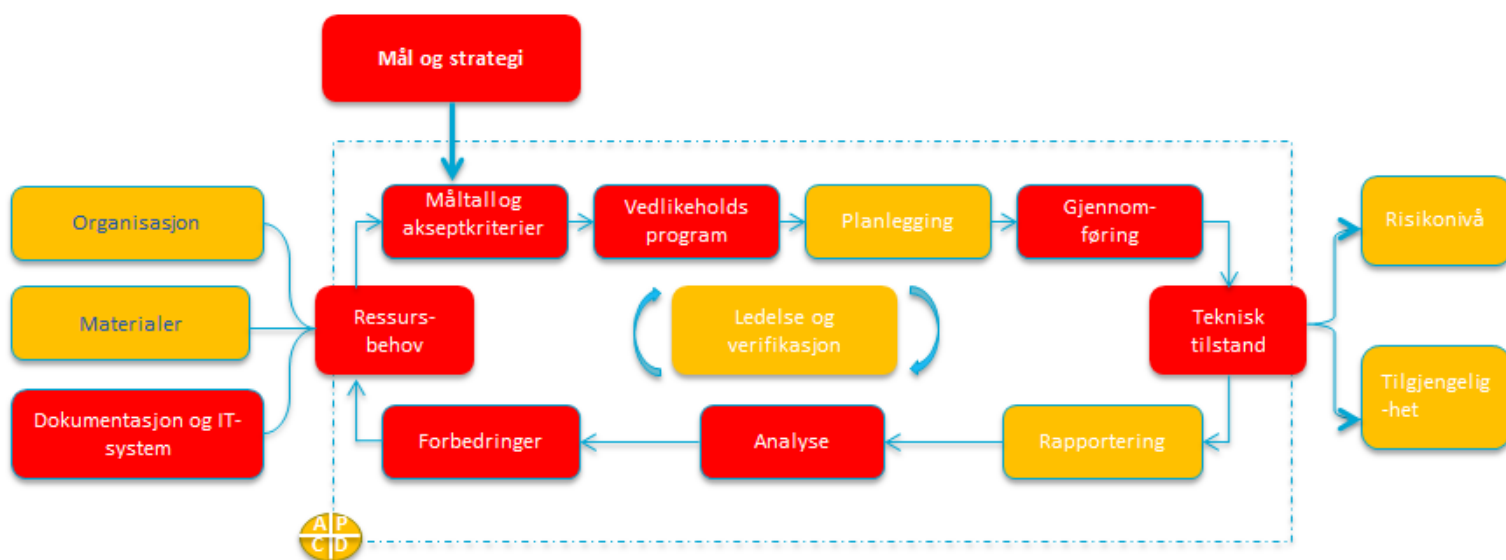
Det kommer tydelig frem at SAP spiller en viktig rolle for at vedlikeholdsstyringen skal fungere optimalt ved anlegget. Organisasjonen er dermed avhengig av at enhver ansatt innen vedlikehold klarer å håndtere programmet for at hjulene skal kunne gå rundt.

Figur 29 under illustrerer tilstanden for Heimdal Fjernvarmesentral med tanke på vedlikeholdsstyringen ut i fra vedlikeholdsstyringssløyfa ref. figur 1. For hvert element i sløyfa er det skrevet en konklusjon i teksten etter figuren.

Rød = Kritiske mangler og feil prioriteringer

Gul = Vesentlige mangler

Grønn = Rom for forbedring



Figur 29 Vurdering av vedlikeholdsstyringen i Trondheim

Måltall og akseptkriterier

Organisasjonen har for lite dokumenterte måltall på hvordan utviklingen innen vedlikehold utspiller seg. Det er vanskelig å holde oversikten over hvilke tiltak som har tilført verdier og hvilke som må revurderes. Det meste av måltallene er subjektive og mangler håndfast dokumentasjon.

Vedlikeholdsprogram

Selv om SAP er installert og skal benyttes daglig, har ikke organisasjonen lyktes med å utnytte programmets fulle potensiale. I kapittel 5.2 er det utredet hvilke funksjoner i SAP som kan benyttes til å utvikle vedlikeholdsorganisasjonen i Statkraft Varme. Vedlikeholdssjefen fortalte at de hadde en ansatt som kunne SAP godt og håndterte programmet. Det resulterte i at de klarte å generere arbeidsordrer automatisk basert på tid og driftstid. Da denne personen sluttet, falt vedlikeholdsorganisasjonen tilbake til der den var 5 år tidligere. For at vedlikeholdsstyringen skal være bærekraftig på lang sikt, må antall nøkkelpersonell være høyere enn 1.

Planlegging

Gruppeledere samles hver morgen, 30 min før de andre ansatte møter opp, og gjennomgår alle innrapporterte feilmeldinger fra dagen før. Dermed har ledende personell god oversikt over hvilke arbeidsoppgaver som skal utføres på daglig basis. Dette begrenser likevel organisasjonen til et reaktivt nivå. Det er stor fokus på feil som har oppstått og for lite fokus på prediktivitet. Det er utarbeidet en ny modell for arbeidsflyt i Statkraft Varme i kapittel 4.2.5 som gjør analyse til en viktigere del av arbeidet med kontinuerlig forbedring.

Gjennomføring

Etter morgenmøtet fordeler gruppeleder de innrapporterte arbeidsordrene til den de mener passer best til jobben innad i sin gruppe. Etter operatøren har mottatt en arbeidsordre, er det likevel vanskelig å hente frem nødvendig dokumentasjon som trengs for å utføre arbeidet. Mye av den viktigste informasjonen om komponenter ute i anlegget finnes bare i papirformat. Problemene knyttet til dette er vist i casen med lagerstøymåling i kapittel 3.3.6. I mange tilfeller er prosessen med å finne ønsket informasjon så omfattende at oppgaver blir utført ut i fra hukommelse og uten å lese gjennom arbeidsprosedyrer først.

Operatører kan skrive Sikker Jobb Analyser ute i felten, men de har ikke tilgang til å lese gamle SJAer før de går i gang med arbeidet. Dermed er faren stor for at SJA skrives på veldig kort tid for å tilfredsstille formaliteter uten å tenke gjennom alle potensielle faremomenter.

Teknisk tilstand

I kapittel 3.3.6 ble det vist hvor problematisk det var å benytte et enkelt måleinstrument til å foreta vibrasjonsmålinger. Organisasjonen har utstyr til støtpulsmåling klar, men det er ikke tilrettelagt for at det skal kunne brukes enkelt og effektivt. Det er skremmende at en ikke klarte å foreta en enkel måling på en kritisk pumpe fordi det tok for lang tid å finne nødvendig informasjon. I tillegg til det enkle måleinstrumentet, er anlegget i besittelse av et langt mer avansert måleutstyr til vibrasjonsmålinger. Pumpene har magnetbrikker som skannes av utstyret og kan lagre informasjon ifølge anleggseier. I en mail fra kommende anleggseier blir det opplyst at det ikke er mulig å demonstrere dette utstyret fordi det ikke finnes personell ved anlegget som kan å operere det. Utstyret er innkjøpt, men det har ikke blitt satt av tid og ressurser til opplæring eller implementering av rutiner for tilstandskontroller.

I kapittel 3.3.6 ble tilstanden til lager i en kritisk pumpe, som ble skiftet, presentert. Denne feilen ble oppdaget ved et heldig tilfelle ifølge anleggseier, siden det ikke finnes fastsatte rutiner for målinger. Hadde dette lageret blitt kjørt til havari, ville stillstandskostnadene blitt langt høyere enn hva kostnader for kursing av personell ville kostet.

Rapportering

Selv om Statkraft Varme har lansert en mobilapplikasjon hvor ansatte kan rapportere avvik og oppdagelser, tar det likevel lang tid å rapportere. For å rapportere avvik på en enhet uten TAG-nummer ute i anlegget, må en lete seg gjennom et stort hierarki av komponenter for å komme ned til ønsket nivå. Dersom en ikke finner akkurat den komponenten en ønsker, kan en melde fra på et høyere nivå, men det blir da vanskeligere å sortere avviket etterpå og benytte funnene i videre analyser.

Det er høyt ønskelig å implementere bruk av QR-koder på TAG -numre slik at operatører bare kan skanne komponenter i mobilapplikasjonen for å komme til riktig teknisk plass. Problemet er at det ikke blir satt av nok tid og ressurser til å realisere ønsket.

Det er fortsatt ikke mulig for operatører å legge ved bilder i oppretting av feilmeldinger. Dette har vært ønskelig, men har ikke blitt formidlet godt nok til utviklere av applikasjonen (Mork, 2016). Fordelen med appen som rapporteringsverktøy er at dersom en knytter feilmeldingen opp imot et TAG-nummer, vil avviket lagres for den respektive komponenten. Dermed er sorteringsarbeidet ferdig, noe som letter arbeidet med analyser i ettertid.

Analyse

Ved kritiske stanser og komponentsvikt kjører vedlikeholdsleder og gruppeledere møter for å evaluere hendelsesforløp og finne årsakene til svikt. Dette er igjen reaktive tiltak som iverksettes etter svikt har inntruffet. Siden rapporteringsmengden har gått betraktelig opp etter at mobilapplikasjonen ble innført, må også tilsvarende ressurser til analyse av dataen settes av. Ifølge vedlikeholdssjefen ved anlegget blir mange avgjørelser besluttet med subjektive meninger og oppfatninger som beslutningsgrunnlag. Det er stor mangel på tallfestet grunnlag for endringer. I kapittel 4.2.3 er det gjennomgått muligheter for analysering av innrapporterte verdier i SAP. I kapittel 4.2.4 er konseptet rotårsaksanalyse presentert og det er utarbeidet en ny modell for arbeidsflyt i Statkraft Varmer i kapittel 4.2.5 som setter analyse på dagsordenen.

Forbedringer

Dårlige rutiner for analyse av innsamlet data fører direkte til at forslag til forbedringer blir basert på ufullstendig grunnlag. Selv om kvaliteten på og antall innrapporterte avvik og oppdagelser øker, vil det ha liten effekt dersom det ikke settes av tid til å nyttiggjøre informasjonen. I følge vedlikeholdssjefen blir ofte tiltaket knyttet til en komponentsvikt å kjøpe en ny. Det blir dermed brukt lite tid på å finne ut hvorfor og hvordan feilen inntraff.

Ressursbehov

Det er tydelig at ressursbehovet for vedlikeholdsorganisasjonen er stort. For at Statkraft Varmer skal kunne praktisere prediktivt vedlikehold må det settes inn vesentlig større ressurser. Tiltak som kan drive vedlikeholdsstrategien mot prediktivitet er:

- Kursing av personell til å bruke innkjøpt utstyr
- Oppfølging av ansatte i bruk av SAP
- Implementering av rutiner for tilstandskontroll
- Innlegging av informasjon knyttet til komponenter i SAP
- Muligheter for å skanne TAG-nummer ut i felt for å komme til riktig teknisk plass
- Oppretting av SJA-historikk for komponenter og arbeidsordrer i SAP
- Mulighet for å legge inn bilder i feilmeldinger fra felten

3.4 Vedlikeholdsflyt ved Stjørdal Fjernvarmeanlegg

I dette delkapittelet er vedlikeholdsstyringen ved Stjørdal Fjernvarmeanlegg, Lillemoen gjennomgått. De ulike punktene i vedlikeholdsstyringsløyfa, som er vist i figur 1, er gjennomgått for å se hvordan organisasjonen disponerer sine ressurser og hvordan de styrer vedlikeholdet.

Kapittelet er utarbeidet på bakgrunn av samtaler og møter med driftssjef Edgar Markhus og Driftsoperatør Per Christian Håpnes ved Lillemoen.

I all hovedsak er det myndighetenes krav som er normen for hvilke vedlikeholdsoppgaver som skal utføres. Det stilles krav til hvor ofte det skal utføres inspeksjoner av enkelte enheter og når de skal skiftes ut. Ved Lillemoen er det mye av vedlikeholdet som er initiert av driftssjefen selv. Dette innebærer blant annet vibrasjonsanalyser og oljeanalyser som er nevnt i kapittel 3.4.2.

Selv om vedlikeholdsorganisasjonen ikke benytter SAP til vedlikeholdsstyring, har de et godt alternativ som er vist i kapittel 3.4.1 og 3.4.3. Konklusjonene er oppsummert på samme vis som i kapittel 3.3 for å lettere kunne sammenligne de to involverte fjernvarmeanleggene i oppgaven med hverandre.

3.4.1 Måltall og akseptkriterier –Mål, strategi og budsjett

I vedlikeholdsstyringsprogrammet DASH vil vedlikeholdsleder alltid kunne ha oversikten over hvilke arbeidsoppgaver de ansatte har fått tildelt. Fordelen med anlegget på Stjørdal er at det bare er én driftsoperatør vedlikeholdsleder trenger å forholde seg til. Det skaper veldig lite rom for misforståelser og en kort vei mellom planleggende og utførende vedlikeholdspersonell.

I DASH er det lett å holde oversikten over utførte og utestående arbeidsoppgaver. Vedlikeholdsleder kan til enhver tid logge seg inn for å sjekke status på planlagte arbeidsoppgaver. Dette gir en god indikasjon på hvor godt vedlikeholdsorganisasjonen fungerer med tanke på bemanning, tildeling av oppgaver og styring av ressurser. Det blir også lett å sette måltall for antall utførte og omfang av utestående vedlikeholdsoppgaver. Ut fra fastsatte måltall om utestående vedlikeholdsoppgaver kan vedlikeholdsleder vurdere om det må settes inn ekstra ressurser for å komme à jour med planlagte vedlikeholdsinngrep.

Selv om det stilles krav til leveringssikkerhet ved de ulike anleggene i Statkraft Varme, stilles det ikke tilsvarende måltall og akseptkriterier til tilstandskontroll på komponenter. Statkraft Varme er forpliktet til å følge krav fra myndighetene, men disse dreier seg i all hovedsak om utslippsverdier. Dette er en stor svakhet for vedlikeholdsorganisasjonen. Det blir vanskeligere å få bevilgninger til ressurser for å dekke leveringssikkerhetskrav indirekte gjennom tilstandskontroller. Statkraft Varme har dermed ikke krav på seg å legge frem dokumentasjon for at de klarer å ivareta leveringssikkerheten i form av tilstandsdiagnostisering av kritiske komponenter. Kravene er ivaretatt ved anleggets ny-tilstand, men forringing og økende usikkerhet rundt komponenters tilstand blir ikke dokumentert og vil påvirke leveringssikkerheten direkte.

3.4.2 Vedlikeholdsprogram

Definisjonen på et vedlikeholdsprogram er: Et strukturert og dokumentert sett med oppgaver som inkluderer aktivitetene, prosedyrene, ressursene og tiden som kreves for å utføre vedlikeholdet (NS-EN 13306, 2010).

Ved fjernvarmeanlegget på Lillemoen har de utviklet et godt vedlikeholdsprogram. Vedlikeholdsintervallene er utarbeidet basert på verdier fra leverandør av utstyr. I tillegg kommer erfaringer knyttet til fjernvarmeanlegg inn i bildet. Driftsoperatør og vedlikeholdsleder har lang erfaring med fjernvarmeanlegg og implementerer sin kunnskap inn i vedlikeholdsprogrammet. Dette sørger for et mer skreddersydd vedlikeholdsprogram som passer godt for hvert enkelt anlegg.

Komponenter lever ikke nødvendigvis under de samme forholdene leverandørene har testet sine produkter i. Organisasjonen er godt tjent med å ikke stole blindt på informasjon fra leverandører og utvikler sitt eget program på reelle og målte verdier fra faktiske forhold.

Gjennom å kombinere praktiske tilbakemeldinger og teoretisk informasjon, kan en optimalisere vedlikeholdsprogrammet optimalt for hvert enkelt anlegg. Vibrasjonsmålinger og oljeanalyser utføres som en viktig del av vedlikeholdsprogrammet. Resultater fra vibrasjonsmålinger og oljeanalyser finnes i vedlegg B.

3.4.3 Planlegging

Det uproblematisk å justere vedlikeholdsprogrammet under levetiden til utstyret. Dersom operatøren ved anlegget kan konkludere med at vedlikeholdsintervall for enkelte komponenter er for korte eller for lange, tilbakemeldes dette til vedlikeholdsleder i den utdelte arbeidsordren. Etter vurderinger fra vedlikeholdsleder kan dette intervallet endres lett i DASH og organisasjonen utøver kontinuerlig forbedring. Slik er DASH fleksibelt, noe som fører en mer smidig vedlikeholdsorganisasjon.

Figur 30 på neste side illustrerer hvordan vedlikeholdsleder har oversikten over vedlikeholdet som skal gjøres ved fjernvarmeanlegget til enhver tid.

DASH EAM S4 | Edgar Mørkhus Admin | Rediger profil | Logg ut | Hjelp

Arbeidsordre Stjørdal Varmesentral

Ansvarlig: Per-Christian Håpnes

Statkraft Varme AS

Objekter | Arbeidsordre | Prosjekt | Historikk | Driftslogg | Artikler | Adressater | Dokumenter | Medarbeidere

Søk | Inneholder | Begynner med | Eksakt

Beskrivelse | Kommentarer | Driftstans | AO u/personell | Inaktive

Listevisning: Arbeidsordre Avdeling: Alle Sortering: Forfallsstatus

ST2 - Stjørdal Varme Per-Christian Håpnes Alle Status Alle Forfall Alle Faggrupper

Søk Objekt MN - Midt Norge ST2 - Stjørdal Varmesentral

	Nr	Status	Fra	Til	P	F	Objekt	Kortbeskrivelse	Ansv.	Faggruppe	Pl. Tid	Stopp
<input checked="" type="checkbox"/>	768	Igangsatt	09.07.14	09.07.14	2	90	ST2.52	Rengjøring av skittsiler sprinkler innsukubber	PCH	VVS	1:00	0:00
<input checked="" type="checkbox"/>	805	Igangsatt	20.08.15	30.08.15	2		ST2.61	Feil sikkerhetskreter oljekjel 1, feilmelding	PCH	Elektro	0:00	0:00
<input checked="" type="checkbox"/>	1024	Opprettet	07.09.15	31.10.15	2		ST2	Brannalarm, utbedringer etter internkontroll.	PCH	Bygg	0:00	0:00
<input checked="" type="checkbox"/>	1041	Igangsatt	16.09.15	31.10.15	2		ST2.51	Trendsignaler faller bort, kjel stopper	PCH	Elektro	0:00	0:00
<input checked="" type="checkbox"/>	1043	Igangsatt	16.09.15	31.10.15	2		ST2.51	Oppstartbrenner fungerer ikke i auto	PCH	Elektro	0:00	0:00
<input checked="" type="checkbox"/>	972	Planlagt	17.09.15	26.09.15	2	120	ST2.52	Smøring askeredler	PCH	Mekanisk	0:00	0:00
<input checked="" type="checkbox"/>	1054	Opprettet	21.09.15	31.10.15	2		ST2.50	Biobrense system, felles	PCH	Elektro	0:00	0:00
<input checked="" type="checkbox"/>	971	Utført	18.10.15	18.10.15	2	180	ST2.51	Rengjøring av skittsiler sprinkler innsukubber	PCH	VVS	1:00	0:00
<input checked="" type="checkbox"/>	1099	Opprettet	08.02.16	22.02.16	2		ST2.52.HYD01_LS/TS	Temp./Niveau switch til 52.HYD01	PCH	Mekanisk	0:00	0:00
<input checked="" type="checkbox"/>	1105	Opprettet	29.02.16	11.03.16	2		ST2.50	Biobrense system, felles	PCH	Elektro	0:00	0:00
<input checked="" type="checkbox"/>	1106	Opprettet	29.02.16	11.03.16	2		ST2.52	Biobrense system nr.2	PCH	Elektro	0:00	0:00
<input checked="" type="checkbox"/>	1107	Opprettet	29.02.16	07.03.16	2		ST2.20	Generelt i sentral	PCH	VVS	0:00	0:00
<input checked="" type="checkbox"/>	1038	Utført	01.03.16	08.03.16	2	180	ST2.12.AF01	Avherdingsfilter	PCH	VVS	0:00	0:00
<input checked="" type="checkbox"/>	1108	Opprettet	03.03.16	15.03.16	2		ST2.52	Biobrense system nr.2	PCH	Elektro	0:00	0:00
<input checked="" type="checkbox"/>	1123	Utført	16.03.16	19.03.16	2	14	ST2.60	Oljekjeler felles system	PCH	HMS / IK	0:00	0:00
<input checked="" type="checkbox"/>	1121	Utført	27.03.16	27.03.16	2	30	ST2.50	Biobrense system, felles	PCH	Mekanisk	2:00	0:00
<input checked="" type="checkbox"/>	1126	Opprettet	30.03.16	08.04.16	2		ST2.60	Oljekjeler felles system	PCH	Elektro	0:00	0:00
<input checked="" type="checkbox"/>	1127	Utført	30.03.16	08.04.16	2		ST2.61	Oljekjelsystem nr.1	PCH	Elektro	0:00	0:00
<input checked="" type="checkbox"/>	1128	Utført	30.03.16	08.04.16	2		ST2.62	Oljekjelsystem nr.2	PCH	Elektro	0:00	0:00
<input checked="" type="checkbox"/>	1104	Utført	31.03.16	07.04.16	2	60	ST2.50	Biobrense system, felles	PCH	Mekanisk	0:00	0:00
<input checked="" type="checkbox"/>	1112	Utført	01.04.16	04.04.16	2	30	ST2	Stjørdal Varmesentral	PCH	Mekanisk	0:00	0:00
<input checked="" type="checkbox"/>	1113	Utført	01.04.16	04.04.16	2	30	ST2	Stjørdal Varmesentral	PCH	Mekanisk	0:00	0:00
<input checked="" type="checkbox"/>	1116	Utført	01.04.16	01.04.16	2	30	ST2.51.SK02	Sikkerhetsventil til 51.VVX01	PCH	VVS	0:10	0:00
<input checked="" type="checkbox"/>	1117	Utført	01.04.16	05.04.16	2	30	ST2.61.SK01	Sikkerhetsventil 1 til 61.P01	PCH	Mekanisk	0:00	0:00
<input checked="" type="checkbox"/>	1118	Utført	01.04.16	05.04.16	2	30	ST2.62.SK01	Sikkerhetsventil 1 til 62.OK01	PCH	Mekanisk	0:00	0:00
<input checked="" type="checkbox"/>	1119	Utført	01.04.16	05.04.16	2	30	ST2.51.SK01	Sikkerhetsventil til 51.BK01	PCH	Mekanisk	0:00	0:00
<input checked="" type="checkbox"/>	1120	Utført	01.04.16	05.04.16	2	30	ST2.52.SK01	Sikkerhetsventil til 52.BK01	PCH	Mekanisk	0:00	0:00
<input checked="" type="checkbox"/>	1114	Utført	03.04.16	06.04.16	2	30	ST2.50	Biobrense system, felles	PCH	Mekanisk	1:00	0:00
<input checked="" type="checkbox"/>	1076	Igangsatt	09.11.15	09.12.16	2		ST2.51.Q06	Røggas vifte	PCH	Mekanisk	0:00	0:00
<input checked="" type="checkbox"/>	1115	Utført	15.04.16	15.04.16	2	30	ST2.52.SK02	Sikkerhetsventil til 52.VVX01	PCH	VVS	0:10	0:00
<input checked="" type="checkbox"/>	922	Planlagt	3	3	2	3	ST2.50	Biobrense system, felles	PCH	Mekanisk	0:00	0:00
<input checked="" type="checkbox"/>	1124	Utført	11	11	2	1	ST2	Stjørdal Varmesentral	PCH	Mekanisk	0:00	0:00
<input checked="" type="checkbox"/>	924	Planlagt	12	12	2	12	ST2.50	Biobrense system, felles	PCH	Mekanisk	7:00	0:00
<input checked="" type="checkbox"/>	1001	Igangsatt	3000	3000	2	1500	ST2.51.Q06	Røggas vifte	PCH	Mekanisk	0:30	0:00
<input checked="" type="checkbox"/>	1022	Opprettet	01.01.16	31.01.16	2	365	ST2	Stjørdal Varmesentral	PCH	Elektro	0:00	0:00
<input checked="" type="checkbox"/>	1023	Utført	01.01.16	31.01.16	2	365	ST2	Stjørdal Varmesentral	PCH	Elektro	0:00	0:00
<input checked="" type="checkbox"/>	1122	Planlagt	19.05.16	23.05.16	2	90	ST2.71	Distribusjonssystem fjernvarme vannbehan	PCH	VVS	1:00	0:00

Figur 30 Vedlikeholdsleders oversikt i DASH (Markhus, 2016)

Ut fra figur 30 kan en se hvilke jobber som har blitt utført og hvilke som er på vent. Den røde, gule eller grønne prikken til venstre for jobben indikerer prioritetsgrad for oppgaven. De røde må utføres snarest, de gule kan vente og de grønne er ukritiske for driften. Jobbene som er merket med en hake er tilbakemeldt og arkivert med en vurdering av vedlikeholdsleder.

3.4.4 Gjennomføring

Når en vedlikeholdsoppgave skal gjennomføres, må det først opprettes en arbeidsordre i DASH. Deretter skal det skrives en Sikker Jobb Analyse etter vurdering fra den som skal utføre arbeidet. For å avgjøre om en SJA kreves, må operatøren gjennomgå følgende spørsmål:

Tabell 2 Risikomomenter for vurdering av SJA

RISIKOMOMENTER	Nei	Ja
Finnes det dekkende prosedyrer eller instruksjoner for jobben?		
Sier risikovurderinger eller andre styrende dokumenter at jobben krever en SJA?		
Har utførende personell tilstrekkelig trening, ekspertise og erfaring?		
Er godkjente maskiner, verktøy og/eller verneutstyr tilstede?		
Har utførende personell tatt høyde for parallelle aktiviteter (dersom noen) som krever koordinasjon?		
Er utførende personell i tilstrekkelig form til å utføre jobben sikkert i dag?		
Har utførende personell tilstrekkelig med tid og ressurser til å utføre jobben sikkert?		

Dersom en av disse spørsmålene blir besvart med et «ja» må det skrives en fullverdig SJA for hele jobben. En SJA kan fort bli omfattende dersom en skal ta høyde for alle faremomenter som kan oppstå. Derfor må en vurdere alt ut ifra sannsynligheten for at faren kan inntreffe. Dette kan fort føre til at en overser punkter en ikke har tenkt godt nok over siden de ikke har oppstått på denne arbeidsplassen. Ved anlegget på Stjørdal er det bare én ansatt som operatør. Siden alle SJAer skrives for hånd, blir det vanskelig å se tilbake på gamle SJAer for likedan arbeidsoppgaver. De har heller ikke tilgang til SJAer som er skrevet ved andre anlegg. Da er faren stor for at operatøren overser viktige risikomomenter som kunne vært identifisert av andre som tenker ulikt. Utføring av SJAer alene er ikke anbefalt av (Gopinath & Johansen, 2016) og det kan føre til usikker utføring av arbeid.

Når en arbeidsoppgave skal utføres, kan utførende personell lett gå inn i arbeidsordren i DASH og lese gjennom arbeidsprosedyrer for jobben. I denne listen vil det også være mulig å lese kommentarer fra personell som har utført jobben tidligere. Resultatet er at organisasjonen får tatt i bruk de oppdaterte arbeidsbeskrivelsene umiddelbart etter godkjenning fra vedlikeholdsleder. En sørger da for at anleggets beste praksis blir utført til enhver tid, forutsatt at arbeidsprosedyrene blir oppdatert fortløpende.

3.4.5 Teknisk tilstand

Det stilles ikke strenge krav til tilstandskontrollmetodikk og måling av enheter fra Statkraft. Ved fjernvarmeanlegget på Stjørdal praktiseres tilstandsbasert vedlikehold. En begrensende faktor for å implementere kontinuerlige tilstandskontrollering er penger. Det er veldig kostbart å installere og sette i drift ifølge driftssjefen. De største forskjellene mellom fjernvarmeanlegget på Tiller og det på Stjørdal er størrelsen på anlegget og brenselet som benyttes. Anlegget på Tiller får penger for å brenne avfallet de mottar. Ved anlegget på Stjørdal må de betale for å få tilsendt skogflis. Resultatet blir at stillstand for anlegget på Tiller fører til større verditap enn om anlegget på Stjørdal skulle stått tilsvarende lenge. Da må man også se bort fra størrelsen på anleggene i tillegg.

Det økonomiske aspektet fører til at fjernvarmeanlegget på Stjørdal må velge en tilstandskontrollmetodikk deretter. Siden de har mindre omsetning, må de kutte i budsjett for tilstandsovervåkingsteknologi, noe som igjen kan føre til større usikkerhet på komponenttilstander. Ved anleggene i Nord-Trøndelag har driftssjef valgt å kjøre periodevis tilstandskontroller på motorer og pumper. De leier inn et eksternt firma og det koster ca. 35, 000kr hvert år å gjennomføre 3 tilstandskontroller i form av vibrasjonsmålinger på anleggene i Stjørdal, Namsos og Levanger. Her tar den innleide aktøren målinger av hver kritisk motor ved anleggene uten at de tas ut av drift.

Statkraft Varme har ingen ansatte i Nord-Trøndelag som kan gjøre denne jobben, derfor må den outsources hver gang det er behov for en vibrasjonsmåling. Ved fjernvarmeanlegg er det mye å tjene på å kunne stille diagnoser på komponenttilstander, siden det finnes mange motorer som driver kritiske pumper ved anleggene. Dersom en skal kunne dokumentere at en oppfyller kravene som stilles til tilgjengelighet, driftssikkerhet og personsikkerhet, må en kunne holde orden på komponenters tilstander. God tilstandskontrollmetodikk gir et solid grunnlag for videre arbeid med den nedre delen av vedlikeholdsstyringssløyfa illustrert i figur 1.

Dersom en har interne ansatte med opplæring innen vibrasjonsanalyse og en kjøper inn utstyr til utføring av vibrasjonsmålinger, vil Statkraft Varme kunne tilstandsdiagnostisere eget utstyr. Ved anlegget på Stjørdal kan de ikke utføre vibrasjonsmålinger til enhver tid; de må planlegge innkjøp av tjenesten til et tidspunkt der det er lønnsomt å ta målinger av flere motorer samtidig. Dette kan føre til at enkelte komponenter blir målt for sent og noen blir målt for tidlig. Dermed vil vinningen av å utføre vibrasjonsmålinger reduseres. Hvis Statkraft Varme hadde opplærte inspektører, kunne de utført tilstandsmålinger fortløpende når behov meldte seg. Da hadde også anleggene som ikke praktiserer vibrasjonsmålinger kunne fått mer kontroll på tilstanden på sine anlegg. Et viktig resultat vil være at flere anlegg kan dokumentere leveringssikkerheten sin med predikerte verdier fra tilstandskontrollmetoder som gir relativt lang forvarslingstid sammenlignet med visuelle inspeksjoner⁴.

3.4.6 Rapportering

Når avvik i forbindelse med komponenttilstand oppdages ute i anlegget, skal det rapporteres inn i DASH på den respektive komponenten. Det kan opprettes en feilmelding av operatøren som dukker opp hos vedlikeholdsleder neste gang vedkommende logger inn i DASH. Ulempen er at operatøren må gå til en PC for å kunne rapportere avviket. Det skaper en del merarbeid for den som skal rapportere og det fører til at terskelen for å rapportere små avvik blir større. Jo mindre avvikene er og jo lettere de er å rette opp på kort tid, desto større er sannsynligheten for at rapporteringen blir utelatt. En tommelfingerregel er at rapporteringstiden må være vesentlig kortere enn tiden som kreves for å utbedre feilen.

Når operatøren oppdager at arbeidsrutiner må endres kan dette enkelt tilbakemeldes i DASH. Den som tilbakemelder arbeidsordren skriver en kommentar til utført arbeid om at deler av arbeidsprosedyren må endres, enten det er av sikkerhetsmessige eller økonomiske hensyn. Det er da opp til vedlikeholdsleder, som skal lukke arbeidsordren, om dette blir en varig endring i vedlikeholdsplanen. Den som utfører planlagte vedlikeholdsinngrep har også innflytelse på fastsetting av vedlikeholdsintervall. Dersom en rengjøringsjobb er satt med for kort eller for langt intervall, kan operatøren melde fra i arbeidsordren om endringer som bør gjøres.

⁴ Se figur 7 om tilstandskontrollmetodikk med tilhørende forvarslingstid

Praktisk eksempel fra Stjørdal

Et eksempel på en arbeidsoppgave fra anlegget på Stjørdal som har blitt optimalisert gjennom god rapportering er «Syrevask av transportbånd». Dette er en jobb som skulle utføres hver måned i henhold til den originale vedlikeholdsplanen. Etter erfaringer fra operatøren ved anlegget trengte en ikke å bruke tid på å vaske transportbåndene så ofte med syre. Det holdt med å rense båndene med vann, og heller ta syrevasken med 4 måneders intervall. Denne endringen hadde ikke noen innvirkning på hverken ytelse eller forringelsesprosessen til maskinen. Dermed hadde operatøren spart bedriften for utgifter til syre, i tillegg til at vedkommende slipper å håndtere syre oftere enn én gang pr. 4. måned. En optimalisering som resulterte i både forbedringer innen personsikkerhet og organisasjonens økonomi.

3.4.7 Analyse

Et av de viktigste punktene i vedlikeholdsstyringsløyfa er analyse. Dersom en organisasjon ikke tar seg tid til å gjennomgå innsamlet informasjon, vil det heller ikke være noen vinning i å bruke tid på innsamlingen (Oljedirektoratet, 1998). Når avvik eller mangler oppdages ute i anlegget på Stjørdal, har operatør kort vei til vedlikeholdsleder. Kommunikasjon gjennom telefonsamtaler blir foretatt ved kritiske situasjoner, dersom avvikene er mindre holder det med tilbakemeldinger i arbeidsordrer eller oppretting av feilmeldinger i DASH. Vedlikeholdsleder får opp feilmeldinger i DASH og kan dermed avgjøre hvilke tiltak som må fattes for å unngå gjentakelse i fremtiden.

3.4.8 Forbedringer

Gjennom en godt oppbygd database kan vedlikeholdsleder fatte beslutninger om forbedringer basert på et godt grunnlag. Innrapporterte avvik og oppdagelser fra operatør gjør det lettere å lokalisere hvor vedlikeholdsorganisasjonen må sette inn større ressurser og hvor de kan hentes fra. Den gode kommunikasjonen mellom vedlikeholdsleder og operatør ved anlegget sørger for at det blir få misforståelser. Operatør er alltid på utkikk etter potensielle forbedringer, og vedlikeholdsleder vil alltid få dem og vurdere dem. Beslutninger om forbedring tas på grunnlag av:

- Tidligere erfaringer
- Rapporterte hendelser og avvik knyttet til teknisk plass
- Innmeldte verdier
- Oljeanalyser fra outsourcet tjeneste
- Vibrasjonsanalyser fra outsourcet tjeneste

Databasen i DASH har blitt bygget opp over en periode på 2 år, så det er begrenset med informasjon tilgjengelig i databasen. Etter at det ble bestemt at Statkraft Varme skulle gå over til SAP, bestemte vedlikeholdsleder ved Stjørdal at det ikke skulle brukes alt for mye tid til å bygge opp databasen i DASH. Dette innebærer å legge inn bilder og omfattende sikkerhetsinstrukser for hver enkelt arbeidsordre. Det er mulig å legge inn bilder i DASH, men en får ikke lagt inn tidligere SJAer og knytte dem til hver enkelt arbeidsordre eller komponent. Dette er en svakhet med DASH som kan forbedres i SAP, men det forutsetter at organisasjonen setter inn tilstrekkelig med ressurser til å sette i gang implementeringsprosesser. Mulighetene for å forbedre vedlikeholdsstyringen på Lillemoen ved hjelp av SAP er beskrevet i kapittel 5.

Siden operatøren ved anlegget kan komme med direkte tilbakemeldinger knyttet til hver enkelt arbeidsordre, er det lett for vedlikeholdsleder å fatte beslutninger om endringer i prosedyrer er nødvendig. Det sørger for en flatere organisasjonsstruktur og operatør vil dermed føle sterkere eierskap til anlegget. Det er viktig å inkludere personell på operatørnivå i beslutningsprosesser. De har praktisk erfaring og kjenner nå-tilstand til anlegget (Hawkins, 2004).

3.4.9 Konklusjon om vedlikeholdsflyt ved Stjørdal Fjernvarmeanlegg

Ved Stjørdal Fjernvarme er vedlikeholdsflyten veldig solid. Vedlikeholdsstrategien er utbedret med tanke på forebyggende vedlikehold og noe tilstandsbasert vedlikehold.

Begrensninger på ressurser fører til at organisasjonen ikke kan implementere industriens beste praksis innen tilstandskontrollmetodikk, men de har fortsatt gode alternative løsninger. I stedet for å kjøpe inn kostbart utstyr til kontinuerlig overvåking av komponenter, benytter de seg av innleide tjenester i form av oljeanalyser og vibrasjonsmålinger⁵. Bakdelen med denne vedlikeholdsfilosofien er at over lengre tid vil den være ulønnsom i motsetning til en investering i utstyr som tillater kontinuerlig overvåking.

Ved Stjørdal har de gått mer og mer bort fra kalenderbasert vedlikehold. Selv om det er anbefalt å skifte hydraulikkolje på innskubbersystemet og krana hvert år, baserer de utskiftningen på oljeanalyser. Ikke bare får en vite når oljen bør skiftes, organisasjonen får et mer tydelig bilde på slitasjenivået ved anlegget. Dette er verdifulle erfaringer som er med på å bygge opp en bedre og mer kostnadseffektiv vedlikeholdsorganisasjon med optimaliserte vedlikeholdsintervall.

Rapporteringsystemet som benyttes ved anlegget fungerer godt med tanke på at det bare er to ansatte som benytter det. For at et rapporteringssystem skal fungere godt, må det være enkelt å benytte (Kjellén, 2000). Dersom ledelsen ønsker et detaljert rapporteringsnivå, må det ta tilsvarende kort tid å rapportere avvik og oppdagelser. Dagens situasjon på Stjørdal, uten en mulighet for rapportering ute i felt, fører til en relativt lang rapporteringstid og det er dermed en stor svakhet i rapporteringssystemet. Det er lett å utføre små vedlikeholdsinngrep uten å ta seg bryet med å opprette arbeidsordrer og avviksmeldinger. Ved Heimdal Fjernvarmeanlegg har de redusert denne tiden gjennom å ta i bruk mobilapplikasjonen knyttet til SAP. Likevel blir også rapporteringstiden på Heimdal lang grunnet høy brukerterskel og et innviklet system for å finne frem til den respektive komponenten avviksmeldingen gjelder.

Prinsippet om kontinuerlig forbedring blir i høy grad ivaretatt ved Lillemoen. Operatøren ved anlegget kan enkelt legg inn kommentarer og innspill til arbeidsordrer som vedkommende blir tildelt av vedlikeholdsleder. Den flate organisasjonsstrukturen har ført til kort vei mellom ledelse og operatør. Det har sørget for god kommunikasjon som igjen fører til lite misforståelser.

⁵ Rapporter fra olje- og vibrasjonsanalyser finnes i kapittel 8, vedlegg B

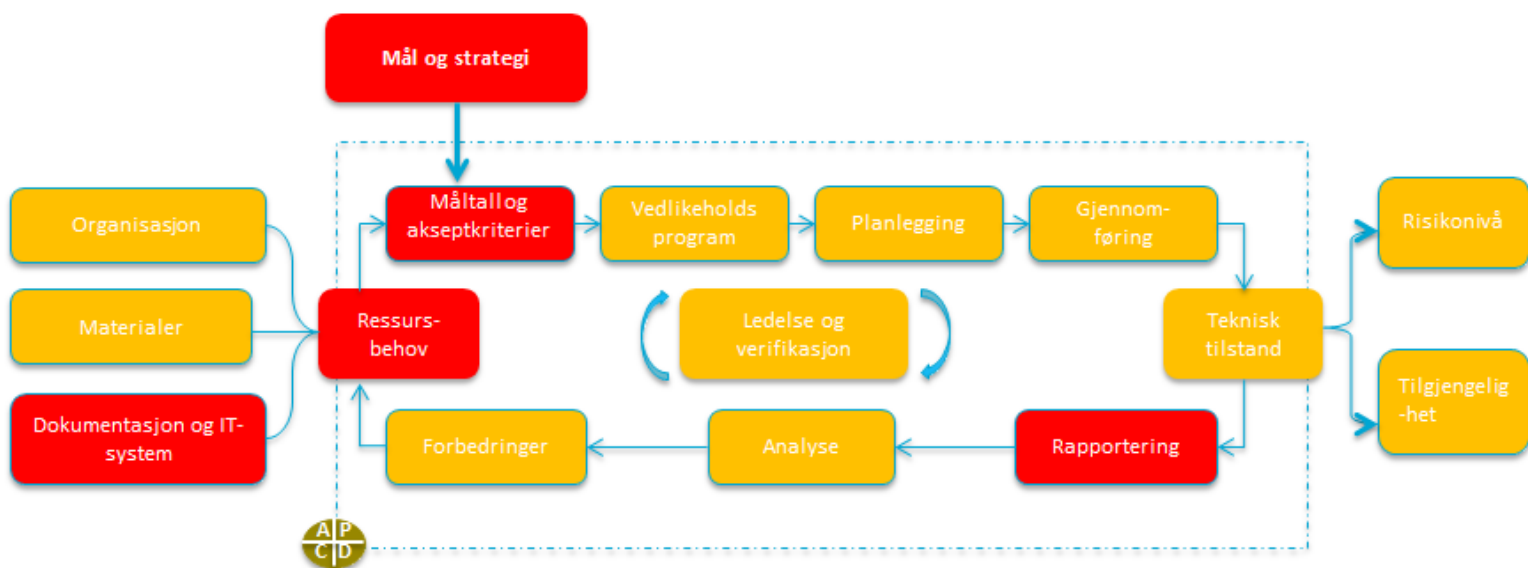
Siden operatør har stor innflytelse på vedlikeholdsstyringen, blir eierskapsfølelsen stor, noe som skaper motivasjon til å lete etter forbedringspotensialer og drive kontinuerlig forbedring (Hawkins, 2004).

Basert på innsamlet informasjon fra personell i Statkraft Varme, intervjuer med personell på Lillemoen og praktisk erfaring ved fjernvarmeanlegget, er de ulike punktene i vedlikeholdsstyringssløyfa vurdert i figur 31.

Rød = Kritiske mangler og feil prioriteringer

Gul = Vesentlige mangler

Grønn = Rom for forbedring



Figur 31 Vurdering av vedlikeholdsstyringen ved Lillemoen

Dersom en sammenlikner de to styringssløyfene vist i figur 29 og 31, ser en at det er flere røde punkt i den fra Heimdal Fjernvarmesentral. Dette skyldes i stor grad at organisasjonen er større og må derfor bruke en vesentlig større ressursmengde på organisering. Organisasjonen har også større omsetning og har dermed kjøpt inn mer avansert utstyr til tilstandsdiagnostisering. Likevel evner ikke Heimdal Fjernvarme å holde oversikten over teknisk tilstand ved anlegget på samme vis som Lillemoen. Ved Lillemoen benyttes ikke en mobilapplikasjon for rapportering, dermed er denne ruten rød. Prinsippet er overførbart fra Heimdal, men det må settes inn ressurser for å kunne realiseres.

4. Prediktivt vedlikehold i Statkraft Varme

Industri 4.0 er et konsept som er i vinden i disse dager. Det er en felles betegnelse på den fjerde industrielle revolusjonen hvor utstrakt bruk av sensorteknologi, utvidelse av trådløs kommunikasjon, utvikling av intelligente roboter og maskiner innføres i produksjonsbedrifter (European Parliament, 2015). Konseptet realiseres gjennom bruk av industriens beste praksis og dermed direkte relatert til realisering av prediktivt vedlikehold. Prediktering av fremtidig komponenttilstander basert på statistisk analyse av innsamlet informasjon gjennom avansert sensorteknologi danner grunnlaget for prediktivt vedlikehold (Bosch, 2015).

Dette kapitlet presenterer hvordan prediktivt vedlikehold kan bli et riktig konsept for Statkraft Varme. Hensikten er å kartlegge hvilke elementer fra kapittel 2 som kan realiseres i organisasjonen. Behovet for prediktivt vedlikehold er utredet på bakgrunn av funnene i kapittel 3, hvor det ble vist at Statkraft Varme ikke prioriterer prediktivitet godt nok i vedlikeholdet sitt.

I kapittel 4.1 er mulighetene for å innføre en prediktiv vedlikeholdsstrategi for anlegget på Lillemoen utredet. Erfaringer fra andre organisasjoner som har gått over til prediktivt vedlikehold er også en del av kapitlet.

Kapittel 4.2 omhandler Statkraft Varme sine verktøy som kan benyttes til å implementere prediktivt vedlikehold på Lillemoen. I all hovedsak er det SAP og mulighetene det fører med som er kartlagte. Implementering av SAP og hvor det vil gjøre en forskjell for vedlikeholdsstyringen på Lillemoen er beskrevet i kapittel 5.

Kapittel 4.2.4 går inn i viktigheten av rotårsaksanalyser og hvor de kan tilføre verdi for Statkraft Varme i form av prediktivitet. Det er også utarbeidet en ny modell for arbeidsflyt i Statkraft Varme i kapittel 4.2.5 for å sette analyse av data på dagsordenen i vedlikeholdsorganisasjonen.

4.1 Muligheter for prediktivt vedlikehold

I kapittel 2 er prediktivt vedlikehold beskrevet som en vedlikeholdsstrategi hvor en benytter seg av en rekke ulike teknologier for å kunne estimere feilutviklingsforløpet til komponenter. Hensikten er å utnytte teknologiske enheter til å foreta uthenting av målbare tilstandsparametere (Behera & Sahoo, 2016). Deretter omsettes avleste verdier til et tidsintervall enten kalenderbasert eller basert på driftstid som indikerer når komponenten forventes å feile. Tiden til svikt reduseres jo mer parametere avviker fra normaltstand, ref. figur 6.

I kapittel 3 er vedlikeholdsflyten i Statkraft Varme kartlagt. Siden det viser seg at organisasjonen i stor grad benytter subjektive tilstandskontroller, er det viktig å gå systematisk til verks for å bli mer prediktive. Dette innebærer at dokumentasjon og tallfesting skal danne grunnlaget for valg av forbedringer.

4.1.1 Hvorfor er prediktivt vedlikehold et godt konsept for Statkraft Varme

I Statkraft Varme ønsker en å gå over til en mer prediktiv vedlikeholdsstrategi. Målet er å kunne estimere tilstand til komponenter basert på avleste parametere. Fordelen til Statkraft Varme er at de har en rekke prosessparametere i sine systemer som overvåkes kontinuerlig, ref. figur 8. Dette danner et godt grunnlag for videre arbeid med prediktivitet. I tillegg utføres vibrasjonsmålinger av kritiske elektromotorer ved Lillemoen.

Tilstandsdiagnostiseringsmetoder som allerede benyttes ved Lillemoen er:

- Vibrasjonsmålinger av elektromotorer med intervall basert på målinger
- Visuelle inspeksjoner (hørsel, kjenne etter unormal temperatur og vibrasjoner)
- Avlesning av parametere som trykk og temperatur

Ut fra figur 7 kan en se ulike metoder for identifisering av sviktmekanismer med tilhørende estimert forvarslingsstid. Der er visuell inspeksjon den inspeksjonstypen med kortest forvarslingsstid. Visuell inspeksjon (subjektiv tilstandskontroll) er den metoden som gir kortest forvarslingsstid også ifølge (Bye, 2009). Dette er fordi tilstanden må ha forverret seg betydelig før avvik er observerbart gjennom menneskelige sanser. En stor fare med subjektiv tilstandskontroll er at diagnosen til utsyr vil være avhengig av den som foretar inspeksjonene. Noen kan være for pessimistiske og skifte ut komponenter lenge før svikt inntreffer, som går ut over organisasjonens økonomiske interesser. Andre kan være for optimistiske og komponenter kjører til havari, som igjen går ut over driftssikkerheten til anlegget (Bye,

2009). Det er derfor viktig å innføre så objektive metoder som mulig for å eliminere muligheter for menneskelige feil. Bruk av målbare tilstandsparametere gjør det lettere å identifisere vedlikeholdsbehov og en unngår tvetydighet som vil lede til ubehagelige situasjoner (Davies, 2011). Når en får tallfestet tilstander blir det også lettere å trende feilutvikling og bruke målte verdier til å prediktere fremtidig vedlikeholdsbehov (Chemweno, et al., 2016).

4.1.2 Omlegging av vedlikeholdsstrategien

For å nå nye organisasjonsmål er det ofte nødvendig å legge om strategien. Markedet er i stadig endring, og konkurransen om å være ledende er hard. Dersom en ikke endrer sine strategier i takt med endringer i markedet og krav til kvalitet, vil organisasjonen gradvis miste konkurransefortrinn til de som er mer fleksible og tilpasser seg til de stadige endringene (Nicholas, 2011).

Utviklingen av en vedlikeholdsstrategi kan utføres i strukturerte steg, som vist i figur 32:



Figur 32 Stegene ved valg av vedlikeholdsstrategi (Wilson, 2013)

I følge (Wilson, 2013) er det viktig at en organisasjon aldri stopper å optimalisere sin vedlikeholdsstrategi. Nye teknologier kommer på markedet og programmer for vedlikeholdsstyring utvikles minst like raskt.

I steget hvor en skal rettferdiggjøre valgte oppgaver, er det viktig å vurdere kostnadene knyttet til implementering av den nye strategien mot fordelene den medbringer. Å gå over til prediktivt vedlikehold vil ofte være kostbart. Det er ofte de organisasjonene som har høy omsetning fra før som klarer å dra mest nytte av prediktiv vedlikeholdsteknologi. Bedrifter med mindre omsetning vil ikke ha råd til å implementere like mange

tilstandskontrollmekanismer og vil dermed miste mye av effekten til en prediktiv vedlikeholdsstrategi (Srivastava & Mondal, 2016).

Det er i all hovedsak i investeringskostnadene som hindrer de fleste organisasjoner som vil gå over til prediktiv vedlikehold. Det koster alltid mest for den som er først ut med ny teknologi, men vinningene er desto større når implementering av konseptet lykkes (Bosch, 2015). Studien til (Srivastava & Mondal, 2016) viste at med en prediktiv vedlikeholdsstrategi i en hvetemelfabrikk kunne vedlikeholdet utføres hver 46. dag i stedet for hver 30. som har vært standarden i lang tid. Dermed ville organisasjonen spare penger på antall utførte vedlikeholdsoppgaver. I tillegg sparte organisasjonen store summer ved at fabrikken fikk mindre produksjonsstans på grunn av vedlikehold.

Et nytt vedlikeholdsstyringsprogram bør tilrettelegge for tilbakemeldinger fra brukere direkte i arbeidshistorikken. På denne måten vil gammel informasjon, som den opprinnelige vedlikeholdsstrategien ble utformet på grunnlag av, kunne sammenlignes med den nye og strategien utformes basert på god kvalitet på informasjon (Wilson, 2013). Siden Statkraft Varme på Lillemoen allerede har store mengder data lagret i DASH, vil mange års erfaringsoppbygging være forgjeves dersom informasjonen ikke kan integreres i SAP. Dette vil være en ressurskrevende prosess. I studien til (Yashaya, et al., 2004), hvor de så nærmere på implementering av SAP i Rolls-Royce, var nettopp dette en utfordring. Allerede eksisterende informasjon måtte overføres til SAP. Det var en veldig tidkrevende prosess, som Statkraft Varme må være klar over under implementeringsfasen av SAP på Lillemoen. Det må settes av tilstrekkelig med ressurser til overgangsfasen dersom arbeidet skal lykkes.

En konsekvens av å ikke sette av nok ressurser til overgangsarbeidet er at det nye systemet ikke fungerer like godt som det gamle. Resultatet kan være at operatører får motforestillinger til det nye systemet (Yashaya, et al., 2004).

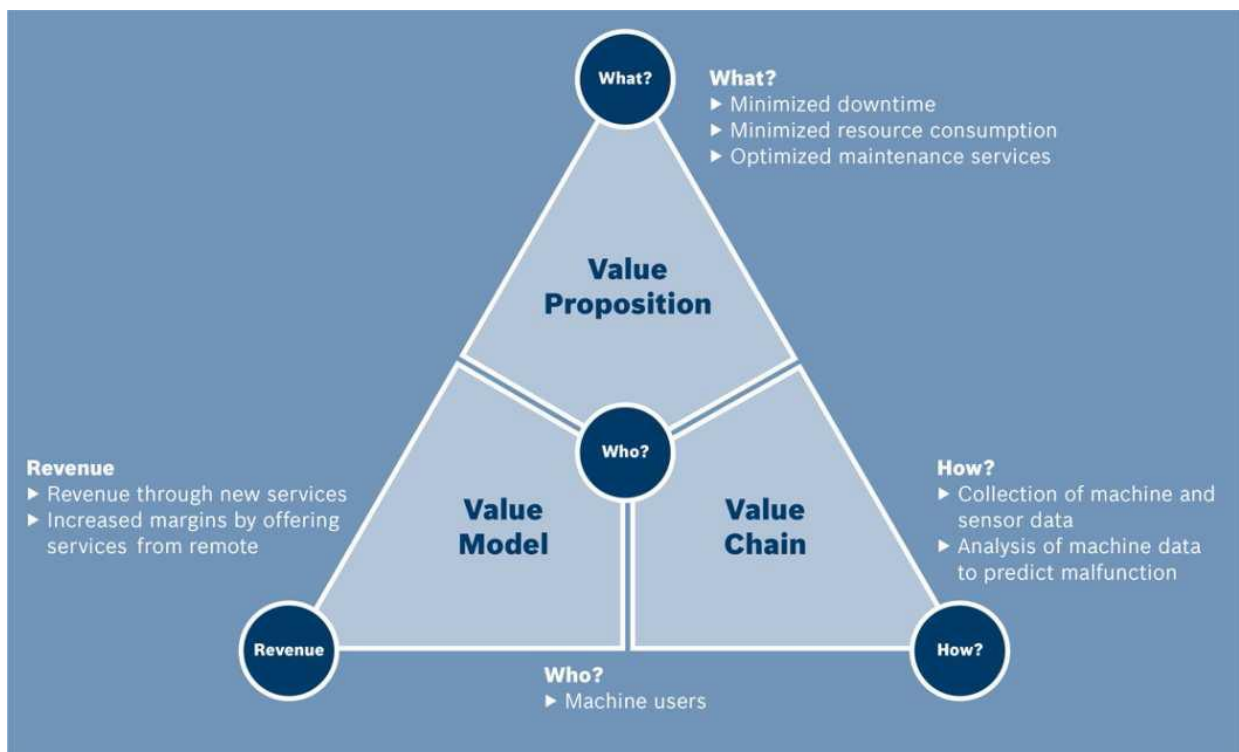
Selv om en velger å ikke implementere alle mulige løsninger er det aldri feil å begynne smått for å få inn rutiner og på lang sikt legge om vedlikeholdsstrategien. Dersom en har en evolusjonær tilnærming til omlegging av organisasjonsstrategier, vil medarbeidere få god tid til omstilling og tilpassing av en endret hverdag. Hvis løsninger implementeres over natten, kan en risikere at arbeidere motsetter seg endringene og implementering av systemet feiler (Deal & Bolman, 2012).

4.1.3 Styringsmodell for prediktivt vedlikehold

"Vedlikeholdsstyringen må baseres på en styringsmodell, som er en oversikt over hvordan vedlikeholdsorganisasjonen skal jobbe" (Bye, 2009).

Det ble i kapittel 2 utviklet en modell for implementering og styring av prediktivt vedlikehold, ref. figur 4. Den viser stegene som må gjennomgås for å utrede behov og riktig valg av prediktive vedlikeholdsmetoder for å oppnå ønsket utfall. Videre er syklusen for kontinuerlig optimalisering av styringen minst like viktig. Som i vedlikeholdsstyringssløyfa i figur 1 lukkes den med evaluering og forbedringstiltak.

Det er ingen tvil om at organisasjoner vil profitere i fremtiden med dagens Industri 4.0 – teknologier (Bosch, 2015). "The magic triangle" utviklet ved St. Gallen University, illustrert i figur 33, fremstiller de fire aspektene ved prediktivt vedlikehold –hvem, hva, hvordan og inntekter.



Figur 33 Magic Triangle (Bosch, 2015)

Figuren oppsummerer kort fordelene med konseptet Industri 4.0. Hvem drar fordeler av det, hva er fordelene, hvordan realiseres dette og hvem tjener på det.

- Hvem drar fordeler av Industri 4.0: Produsenten og brukeren av maskiner og utstyr

- Hva er fordelene:
 - Lettere å avgjøre når vedlikehold skal utføres
 - Mer pålitelige garantier fra leverandør i form av feilrater, tilgjengelighet osv.
 - Trenger kun å bytte komponenter når det er høy sannsynlighet for svikt (avhengig av kritikalitet og sikkerhet knyttet til utstyr)
 - Reduserte nedetider og økt produksjonstid

- Hvordan realiseres dette:
 - Tilstanden til maskiner måles kontinuerlig ved hjelp av sensorer
 - Mønstre som kan indikere sviktmekanismer på et tidlig tidspunkt basert på erfaringer fra andre identiske komponenter identifiseres
 - Mulige svikthendelser rapporteres og tid til svikt kan estimeres med et viss konfidensintervall til bruk som beslutningsgrunnlag for vedlikehold

- Inntekter:
 - Produsenten av maskinene
 - Tjener gjennom optimaliserte produkter
 - Godt omdømme og fornøyde kunder
 - Bruker av utstyret
 - Tjener på gode forvarslingstider som forhindrer uforutsette svikt
 - Høy tilgjengelighet som resultat av eliminering av uforutsette svikt
 - Økt sikkerhetsnivå gjennom risikobaserte avgjørelser om vedlikehold
 - Vedlikehold kan utføres bare akkurat når det trengs, dermed lettere å vedlikeholde mange ulike maskiner på ulike anlegg samtidig

4.1.4 Forutsetninger for tilstandsbasert vedlikehold

Gjennom tilstandsbasert vedlikehold, selv om andel planlagte og korrektive vedlikeholdsinngrep øker, er det vanlig at de totale vedlikeholdskostnadene reduseres med 20-30%. Dette kommer av reduksjonen i mengden planlagte preventive vedlikeholdsinngrep som forstyrrer produksjonsprosessen. Siden vedlikeholdet er tilstandsbasert, kan en lettere samkjøre vedlikeholdsoppgaver og redusere antall anleggsstans på grunn av vedlikehold (Wilson, 2013).

I følge (Bye, 2009) er det tre viktige forutsetninger for å velge tilstandskontroll som vedlikeholdsstrategi:

- Det finnes en tilstrekkelig nøyaktig metode som kan identifisere endring i den tilstand vi er interessert i
- Det er fordelaktig å bruke metoden ut fra økonomiske, sikkerhetsmessige eller miljømessige grunner
- Feilen utvikler seg tilstrekkelig langsomt over tid slik at man rekker å gripe inn med forebyggende vedlikeholdstiltak

Tilstandsbasert vedlikehold er nesten alltid mindre kostbart og mer effektivt enn vedlikehold utført etter faste intervall gjennom levetidssyklusen til en enhet (Wilson, 2013). Dette forutsetter igjen at en har økonomi til å implementere tilstrekkelig med tilstandsovervåkningsteknologi. I fjernvarmeanlegg som Lillemoen er det ikke like store penger å tjene som i for eksempel oljeindustrien da prisene lå på over 100\$ pr fat. Derfor må alltid løsninger vurderes med hensyn til implementeringskostnader.

4.2 Verktøy for implementering av prediktivt vedlikehold

I kapittel 3 ble det presentert hvordan SAP allerede brukes i Statkraft Varme. I kapittel 5 er det utredet hvor styringsprogrammet kan implementeres på Lillemoen med størst mulig effekt. Målet med dette delkapittelet er å utrede hvordan SAP kan utnyttes til å styre vedlikeholdsorganisasjonen mot en mer prediktiv vedlikeholdsstrategi.

4.2.1 Prediktivt vedlikehold i Statkraft Varme ved hjelp av SAP

Hensikten med å gå over til en mer prediktiv vedlikeholdsstrategi er å benytte seg av mest mulig innsamlet informasjon til å forutse når komponenter forventes å svikte i fremtiden (Deloux, et al., 2009). SAP kan nemlig benyttes til å lagre store mengder informasjon, og en kan lett hente frem ønsket informasjon dersom sorteringsarbeidet er strukturert fra begynnelsen av (Mork, 2016).

(Palmer, 2013) fraråder å bruke CMMS som allerede eksisterer i en bedrift til prediktivt vedlikehold. Det er ofte slik at programvare som var tiltenkt vedlikeholdsstyring, lager og innkjøp som utgjør CMMS, har laget tilleggsprogramvare i ettertid. Dette for å kunne tilby en komplett pakke de kan selge til organisasjoner. Områder hvor CMMS har mindre kunnskapsgrunnlag kan være prediktivt vedlikehold og instrumentkalibrering. Mange CMMS-leverandører aksepterer at de ikke er eksperter på ethvert fagområde og danner heller allianser med andre leverandører for å levere pakkeløsninger (Palmer, 2013).

I kapittel 2.6 er mulighetene for å legge om til en mer prediktiv vedlikeholdsstrategi ved hjelp av tilleggsprogramvare levert av SAP utredet. Det er ikke alltid best å ta i bruk for mye ny og avansert teknologi på en gang bare fordi at den eksisterer. Ny teknologi vil medføre investeringskostnader og resultatet vil nødvendigvis ikke medføre sparte utgifter. Det er nettopp fordi at personell er nødt til å trenes opp i enda mer programvare, noe som kan føre til forvirringer og at heller ikke denne programvaren blir utnyttet til dets fulle potensiale (Trulli & Plucknette, 2014). Løsninger knyttet til SAP er presentert videre i kapittel 5.

4.2.2 Mobilapplikasjon integrert i SAP

En må alltid ha en evolusjonær tilnærming til store endringer og omlegginger av strategier i en organisasjon (Deal & Bolman, 2012). Å installere en mengde programvare vil ikke tjene andre enn leverandøren. Dersom en skal gå over til en prediktiv vedlikeholdsstrategi kan en heller starte med det en allerede har av tilgjengelige ressurser og heller fokusere på å utnytte deres fulle potensialer. I SAP er det mulig å legge til dokumenter til hver respektive

komponent. Det betyr at en kan rapportere inn målte verdier på komponenter direkte fra observasjonen gjennom en mobilapplikasjon. Dette er vanlig praksis ved Heimdal Fjernvarmeanlegg, og er absolutt mulig å implementere på Lillemoen. I kapittel 3.3.2 er det nærmere beskrevet hvordan mobilapplikasjonen som benyttes i SAP fungerer. Planen er at denne løsningen skal overføres til anlegget på Lillemoen. Dette vil føre til at terskelen for rapportering vil bli vesentlig mindre (Strøm, 2016). Operatøren slipper å skrive ned midlertidige avviksrapporter for hånd for så å føre dem inn på PC etterpå. Mobilapplikasjonen i Statkraft Varme er et godt steg videre mot en prediktiv vedlikeholdsstrategi, men den har et enormt utviklingspotensial som organisasjonen må sette av ressurser til for å kunne realisere. Dette innebærer blant annet mulighet for å legge ved bilder i oppretting av feilmeldinger, lese dokumenter ute i felt osv. Nærmere beskrivelser av appen er gjort i kapittel 5.2.

Etter hvert som SAP blir tatt i bruk ved Lillemoen, vil databasen bygges opp. Komponenters historikk blir lett tilgjengelige i programmet og sorteringsarbeidet er lett når avvikene meldes inn gjennom mobilapplikasjonen. Meldingene knyttes til en bestemt komponent eller teknisk plass i systemhierarkiet slik at det blir lett å finne frem ved en senere anledning.

I mobilapplikasjonen kan bestemte målinger rapporteres. Vedlikeholdsleder kan opprette en arbeidsordre som innebærer å måle en temperatur på for eksempel en shunt-pumpe. Vedlikeholdsleder velger å opprette et målepunkt i arbeidsordren. Arbeidsordren sendes så ut til den respektive operatøren som utfører målingen og rapporterer den målte verdien i mobilapplikasjonen. Denne målingen legges inne automatisk på det TAG-nummeret arbeidsordren var opprettet for. Når en logger seg inn i SAP på en PC, kan en se alle målingene som har blitt utført for komponenten med det TAG-nummeret. Dette letter sorteringsarbeidet og resultatene blir lette å analysere i motsetning til dagens papirløsning.

4.2.3 Analysering av innrapporterte verdier

Gjennom å implementere SAP på Lillemoen øker grunnlaget for analysering av data betraktelig for vedlikeholdsorganisasjonen. Ikke bare kan en søke opp sine egne komponenter, en kan søke opp identiske komponenter ved andre anlegg for å lete etter feilmekanismer av samme art. Dette hjelper vedlikeholdspersonell med å identifisere rotårsaker til svikt og sviktmønstre for kritiske komponenter. Det vil også blir enklere å forutse til hvilke tider en må ha reservedeler på lager. Det kan tenkes at en ventiltype trenger skift av pakning etter 4-5 år ved flere anlegg siden denne arbeidsordren har blitt opprettet for

denne typen ventil i dette tidsrommet. Dermed kan vedlikeholdsorganisasjonen nyttiggjøre denne erfaringen og planlegge for skift av pakning for den spesifikke komponenten i det tidsrommet. En sørger dermed for å ha alle nødvendige reservedeler på lager i det ventilen ikke lenger klarer å utføre krevd funksjon (dersom det er en ukritisk komponent), eller en kan gjøre dette som en forebyggende vedlikeholdsoppgave; å utføre skift av pakning ved en planlagt revisjonsstans dersom komponenten er kritisk for driften. Dette er et arbeid som krever mye tid og ressurser for å fungere optimalt. Dersom Statkraft Varme har tenkt å drive prediktivt vedlikehold på Lillemoen, er dette måten å gjøre det på uten å måtte kjøpe inn en masse kostbart utstyr.

4.2.4 Rotårsaksanalyse

På bakgrunn av problemene med detaljplanlegging og analyser knyttet til flytskjemaet i kapittel 3.3.1 er det i dette kapittelet gjennomgått ulike metoder for å analysere informasjon. Hensikten er å finne en metode som kan passe for Statkraft Varme slik at de får strukturert arbeidet med å analysere innrapportert materiell fra anleggene sine.

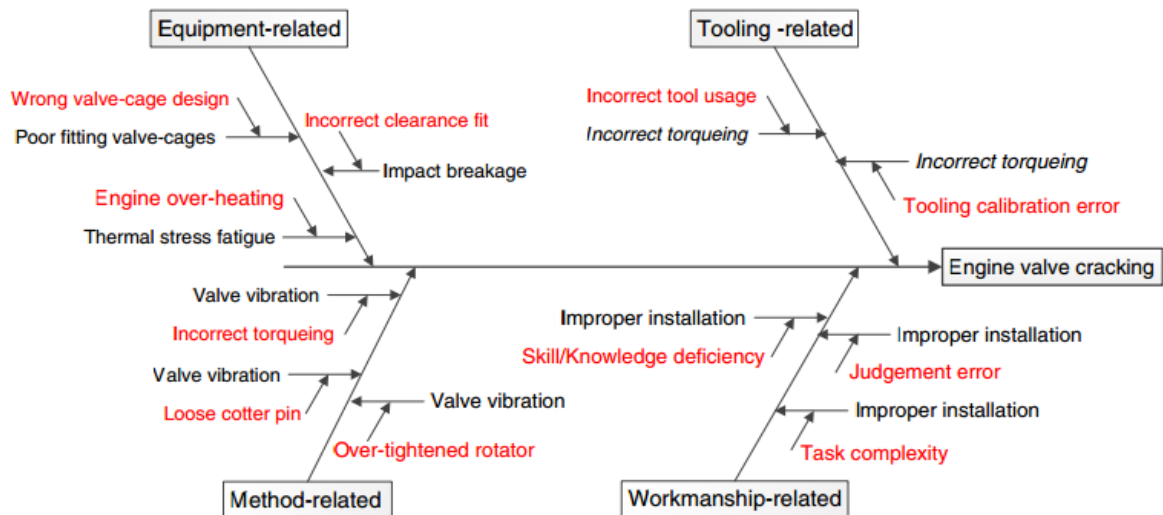
I en studie utført av (Chemweno, et al., 2016) så de nærmere på metoder for å velge vedlikeholdsstrategi basert på rotårsaksanalyser. De kom frem til at analysen kunne deles inn i fire ulike steg:

1. Innsamling og gruppering av data
2. Utforsking av data og identifisering av synergier
3. Kartlegging av mulige årsaker
4. Valg av vedlikeholdsstrategi

Metoden de utviklet baseres på Ishikawa cause and effect diagram (også omtalt som fishbone diagram) og 5-why's analysen. I den nye modellen for arbeidsflyt i Statkraft varme vist i figur 37, er det også foreslått å benytte seg av cause and effect diagrammet til omfattende rotårsaksanalyser.

Å identifisere rotårsaker til komponentsvikt er veldig viktig. Når årsakene er identifiserte, kan vedlikeholdsstrategiene implementeres mer effektivt og dermed maksimere tilgjengeligheten på utstyret (Chemweno, et al., 2016).

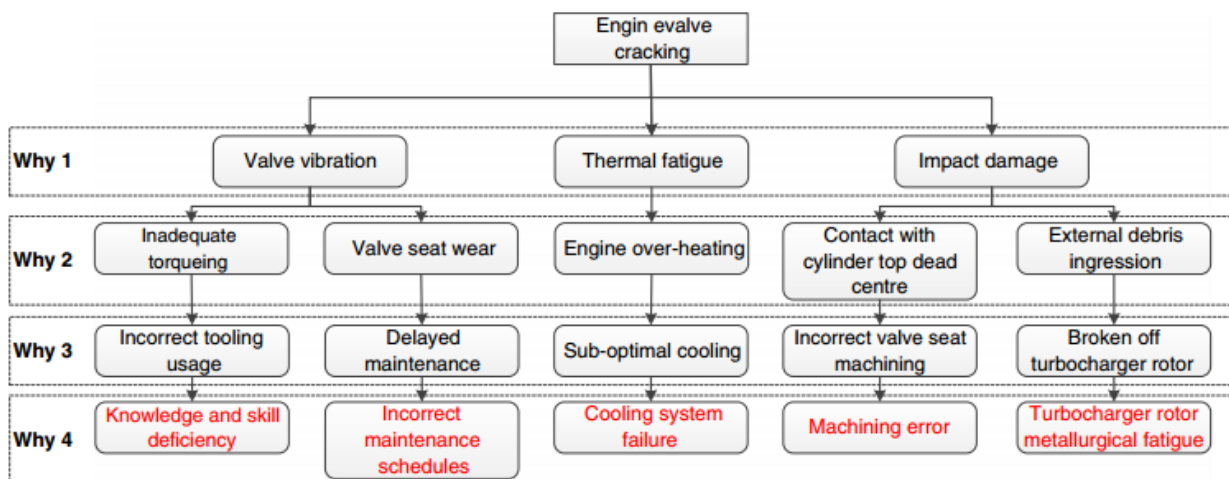
I arbeidet med å utføre en rotårsaksanalyse på sprekkdannelser i en ventil, utarbeidet (Chemweno, et al., 2016) et Ishikawadiagram som vist i figur 34 på neste side.



Figur 34 Ishikawadiagram i rotårsaksanalyse (Chemweno, et al., 2016)

Rotårsakene er markert i rød skrift i figur 34 ble identifisert gjennom brainstorming utført av personell med kunnskaper og erfaring om lignende komponenter.

Videre benyttet (Chemweno, et al., 2016) seg av metoden 5-why's analyse. Det går ut på å spørre etter årsaker i form av "hvorfor-spørsmål" for å grave seg ned til en rotårsak til det overordnede problemet. Denne metoden identifiserte 5 mer overordnede rotårsaker som er markert i rødt i figur 35 under.



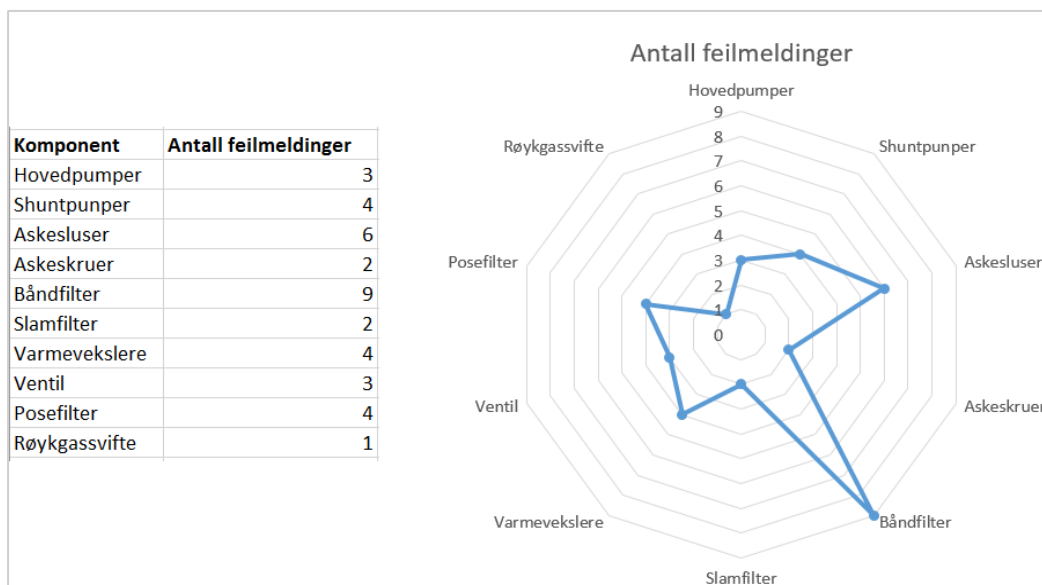
Figur 35 5-why's analysis i rotårsaksanalyse (Chemweno, et al., 2016)

En ser ut i fra de ulike metodene at en 5-why's analyse kan gi et godt overblikk over hvilke rotårsaker en må studere nøyere og et Ishikawadiagram kan benyttes i mer detaljert arbeid.

Analyse av rotårsaker på tekniske systemer er ofte utfordrende av flere grunner. En av de største er at mange tekniske systemer består av flere undersystemer med komponenter. Resultatet er at det blir vanskelig å finne en spesifikk rotårsak til den inntrufne svikten (Van Horenbeek & Pintelon, 2013).

I de senere år har bruken av CMMS blitt kraftig utbredt i de fleste store organisasjoner. Dette er verktøy som letter arbeidet med å utarbeide gode rotårsaksanalyser. Først og fremst er det innsamling og sortering av data som er det største hjelpemidlet. Registrering av vedlikeholdsinngrep er kritisk for å kunne trekke ut kunnskaper om effekten på komponenters tilstander (GALAR, et al., 2012).

Fra SAP kan en lett hente ut informasjon og overføre det til Excel. Dersom en søker opp alle komponenter ved et anlegg, kan disse videre kategoriseres etter antall feilmeldinger og listen kan sendes til Excel slik som i figur 36 under (Mork, 2016). Derifra er det bare å opprette et radardiagram slik at en får illustrert hvor i anlegget det er registrert flest feilmeldinger over en gitt tidsperiode en selv bestemmer.



Figur 36 Klusteranalyse av feilmeldinger

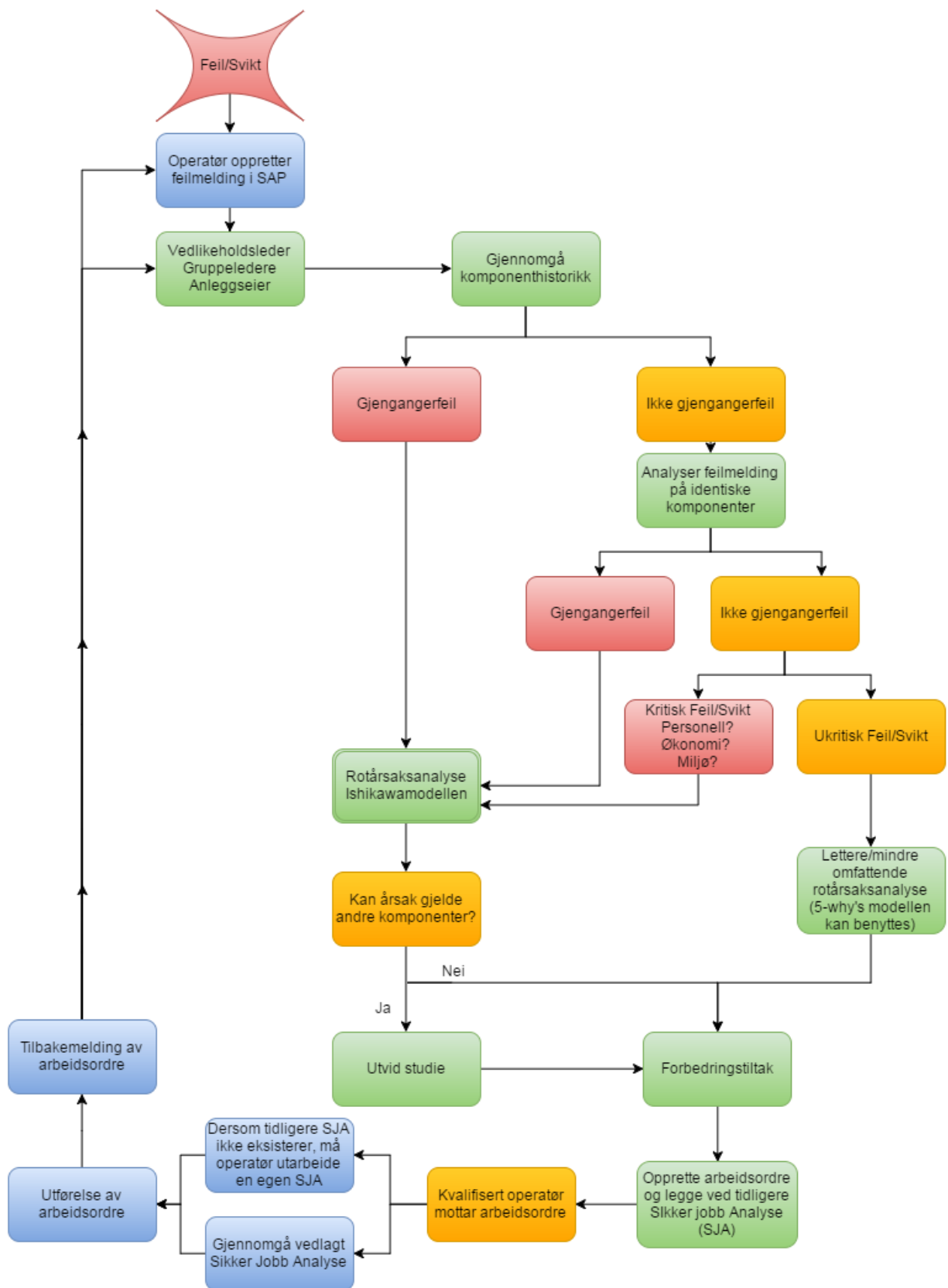
I dette eksempelet ser en at det er i all hovedsak på båndfilteret det blir rapportert mest feil. Her blir det altså satt inn ressurser til utbedring av feil uten at problemet forsvinner permanent. Da kan det være lurt å etterforske hvilke tiltak som gjøres i dag og hva som bør endres i fremtidig vedlikeholdsarbeid med denne komponenten.

4.2.5 Ny modell for arbeidsflyt i Statkraft Varme

I kapittel 4.2.4 ble viktigheten av å analysere innrapporterte feilmeldinger understreket. To modeller for utføring av rotårsaksanalyser er presentert for å vise hvordan rotårsaker kan utredes og visualiseres. I kapittel 3 kommer det tydelig frem at Statkraft Varme har problemer med sine rutiner for analysering av data. På bakgrunn av dette er det i dette kapitlet utviklet et nytt flytskjema vist i figur 37 på neste side⁶.

I denne modellen blir analyse en større del av vedlikeholdsorganisasjonen og det blir lettere å foreta riktige avgjørelser for arbeid med materialer fra SAP. Den sørger for at arbeid med å analysere innrapporterte avvik og hendelser blir satt på dagsordenen slik at vedlikeholdsorganisasjonen drives av kontinuitet.

⁶ Figuren er plassert på neste side for å gjøre punktene mer lesbare i utskrevet format



Figur 37 Ny modell for arbeidsflyt i Statkraft Varme

De grønne firkantene i flytskjemaet symboliserer aksjoner knyttet til Vedlikeholdsleder, gruppeledere og anleggseier. De blå firkanter symboliserer aksjoner knyttet til operatører.

4.2.6 Samarbeid mellom Stjørdal Fjernvarme og Heimdal Fjernvarme

I kapittel 3.3 kommer det frem hvordan ressursene ved Heimdal fjernvarme ikke blir utnyttet spesielt godt. De hadde to måleapparater for støtpulsmåling, men ingen av dem ble brukt i praksis. Det ene var et enkelt håndholdt apparat som kunne utføre målinger på et par sekunder. Problemene oppstod da en måtte skrive inn akseldiameter på motoren manuelt, noe som resulterte i at apparatet ikke ble brukt spesielt ofte i praksis. Det andre apparatet var mer kostbart og avansert, og det krevde derfor spesiell opplæring for å brukes. Enkelte motorer ved anlegget hadde magnetbrikker på seg som kunne skannes med denne maskinen for å finne komponenthistorikk. I følge anleggseier ved Heimdal Fjernvarme var det ingen som kunne å operere dette apparatet ved anlegget, så derfor ble det ikke brukt (Rygvold, 2016).

For at Statkraft Varme skal kunne drive prediktivt vedlikehold, må disse holdningene endres drastisk. Når en har tilgjengelig utstyr, må det opprettes gode og systematiske løsninger for å kunne ta i bruk utstyret på en effektiv måte. I kapittel 5.2 er det sett nærmere på hvordan det kan opprettes elektroniske sjekklister i SAP. Det er utredet hvordan en kan bruke mobilapplikasjonen til å gjennomgå disse sjekklisene, for så å komplettere hver jobb på listen etter hvert som de blir utført. Slike løsninger kan enkelt tas i bruk både på Heimdal og Lillemoen. Ved Heimdal Varmesentral har de, som nevnt tidligere, godt utstyr som kan benyttes til tilstandsdiagnostisering av roterende utstyr. Det skal ikke være noe i veien for at dette utstyret kan lånes av Lillemoen til å utføre en månedlig inspeksjon av utstyret sitt. Videre kan det faktisk brukes til å utføre målinger ved alle anleggene i Nord-Trøndelag uten at det skulle være problematisk for noen av anleggene i Trondheim.

Dersom anleggene i Nord-Trøndelag fikk lånt utstyr av Heimdal Fjernvarme, kunne de spart mye på innleiing av profesjonell hjelp til å stille tilstandsdiagnoser på utstyret. I stedet for å utføre tre kostbare vibrasjonsmålinger i året, kunne heller Nord-Trøndelagsregionen tatt målinger selv flere ganger i året og bestilt ekstern konsultering når avvikende tendenser viser seg. Gjennom å utføre flere målinger vil vedlikeholdsorganisasjonen lettere kunne identifisere avvik i komponenttilstander (Park, et al., 2015). All denne informasjonen kan benyttes til å finne sviktmønstre og dermed kunne prediktere fremtidig utvikling av feil på komponentene. Alle målinger som blir utført ved alle anleggene til Statkraft Varme vil være til fordel for de andre anleggene. Et av de viktigste elementene som må være på plass for at en prediktiv vedlikeholdsstrategi skal fungere optimalt er en godt strukturert og stor database (Bosch, 2015).

5. Implementering av SAP på Lillemoen

I dette kapittelet er det utredet hva som må gjøres på Lillemoen før SAP kan erstatte det allerede eksisterende vedlikeholdsstyringssystemet DASH. Hensikten med å gå over til SAP er i all hovedsak å få oversikten over eget anlegg, men også å bedre kommunikasjonen og samspillet mellom alle anleggene i Statkraft Varme.

Kapittel 5.1 omhandler forskning utført på bedrifter som har gått over til eller som skal gå over til nye ERP-programmer. I kapittel 5.1.3 er det sett nærmere på hvilke krav som må stilles til et ERP-program for at det skal fungere optimalt i en organisasjon. Kapittel 5.1.4 belyser hva som gjør at noen vedlikeholdsstyringsprogram feiler.

Kapittel 5.2 viser hvor SAP vil utgjøre en forskjell ved anlegget på Stjørdal. Det innebærer blant annet bruk av programmet til rapportering, sortering av informasjon, automatisk genererte arbeidsordrer og elektroniske sjekklister.

I kapittel 5.3 er det analysert hva som må på plass før SAP kan tas i bruk som fullverdig erstatning for DASH.

Kapittel 5.4 presenterer konklusjoner for hvilke effekter en grundig implementering av SAP vil medføre for Statkraft Varme og Lillemoen.

5.1 Fra papir til elektroniske løsninger

Ved fjernvarmeanlegget på Lillemoen blir det i stor grad benyttet papirutgaver av dokumenter brukt for loggføre tilstanden til anlegget. Dette er i hovedsak sjekklister, både månedlige og ukentlige. I anledning at Statkraft Varme skal gå over til å bruke SAP, bør de ta i bruk mulighetene programmet tilbyr. Det innebærer å legge inn tidligere innsamlet informasjon fra lister slik at en lettere får oversikt over feilutviklingen til komponenter. Prosessen vil være tidkrevende, men dersom en unnlater å gjøre det, vil gevinstene med å konvertere til et vedlikeholdsstyringsprogram reduseres. Resultatet blir at en går ett skritt lengre vekk fra en prediktiv vedlikeholdsstrategi. I kapittel 5.2.3 presenteres muligheten for å opprette elektroniske sjekklister i SAP og hvilke fordeler dette medfører.

5.1.1 Før en går over til dataassistert vedlikeholdsstyring

Å gå over til databasert vedlikeholdsstyring er et stort skritt for enhver bedrift. Arbeidere må endre sine hverdagslige rutiner, og nye systemer må læres. Vedlegg D inneholder 50 spørsmål organisasjoner bør tenke gjennom før de går over til helelektriske løsninger.

Det er ikke nok å bare gå over til et databasert vedlikeholdsstyringssystem for å oppnå god vedlikeholdsflyt. Holdninger til ansatte må endres i takt med endring i organisasjonen. Dersom en overgang til elektronisk vedlikeholdsstyring ikke medfører økt rapportering og andel utførte vedlikeholdsinngrep, har investeringene med å kurse ansatte og implementere programmet vært forgjeves. Tvert imot har hele omstillingen vært en utgift dersom det ikke blir brukt til å bedre den tidligere situasjonen.

For at en overgang til et elektronisk vedlikeholdsstyringsprogram skal være lønnsom må en vite hvilke tjenester programmet tilbyr. I følge (Levitt, 2009) må en tenke gjennom om organisasjonen kommer til å bruke tilstrekkelig med ressurser på opplæring av ansatte og videre arbeid med å utforske mulighetene med programmet. Skal systemet læres slik at arbeiderne bare vet hvilken knapp de skal trykke på for å få riktige funksjoner, eller skal de få tid til å sette seg inn i programmet for å utforske mulighetene knyttet til programmets helhet.

En ting som er lettere med et elektronisk vedlikeholdsstyringssystem er å registrere utførte vedlikeholdsinngrep og målte parametere. Spørsmålet er om organisasjonen setter av tilstrekkelig med tid og ressurser til å gjennomgå den innsamlede informasjonen (Levitt, 2009). For at vedlikeholdet skal bli prediktivt må en bruke ressurser på å studere innsamlet informasjon (Tinga, 2012). Det er ikke nok å samle store mengder data, det er den enkle

delen av predikativt vedlikehold. utfordringene kommer når en skal sortere, kategorisere og tilslutt nyttiggjøre seg av informasjonen.

5.1.2 Effekten på ansatte og holdninger

Det advares mot å bare gå over til elektronisk vedlikeholdsstyring uten å tenke gjennom konsekvensene (Palmer, 2013). Dersom for store deler av vedlikeholdet automatiseres, kan det marginalisere kunnskaper hos ansatte, og dermed kan essensielt vedlikeholdsbehov overses dersom det ikke har blitt lagt inn i vedlikeholdsstyringsprogrammet.

Allied West Industries Incorporated konkluderte med at SAP var for dyrt og for komplisert å benytte. De avbrøt implementeringsarbeidet etter å ha brukt 45 millioner USD av den estimerte totale sum på 250 millioner USD (Abdinnour-Helm, et al., 2003).

Uansett hvor sofistikert og elegant teknologien bak et vedlikeholdsstyringsprogram er, vil det ha liten innvirkning på organisasjonen ved mindre de ansatte har positive holdninger til det og handler for å dra mest mulig nytte av programmet (Abdinnour-Helm, et al., 2003).

En studie utført av (Herold, et al., 1995) viser at alder og utdanningsnivå er viktige faktorer for aksept av ny teknologi. Det viste seg at eldre og lavere utdannede var mer resistent mot implementering av nye systemer. Studien viste også at ansatte med lang ansiennitet utviser stor motstand mot endringer. Dette er fordi en innføring av et omfattende nytt system fører til dramatiske endringer og måten de utfører arbeidet sitt på (Herold, et al., 1995).

I en omfattende studie utført av (Abdinnour-Helm, et al., 2003) så de nærmere på ansattes holdninger til innføring av et nytt ERP-program (SAP). Organisasjonen hadde 5000 ansatte og de utførte en spørreundersøkelse for å kartlegge hvordan arbeiderne mottok det nye systemet. Det viste seg at gjennom å ansette mange konsulenter, ble eierskapet hos de ansatte svekket. Selv et år etter systemet tredde i kraft hadde organisasjonen problemer med å utnytte programmets fulle potensiale. At de ansatte hadde lave forventninger til det nye systemet og følte lite eierskap i begynnelsen av implementeringsfasen burde vært et tidlig varselsignal. Ansatte anså prosjektet som enda et nytt forsøk fra ledelsen på å innføre et konsept som bare «ser bra ut på papiret» og som vil bli skrinlagt etter kort tid. Resultatene angående alder og ansiennitet var i samsvar med (Herold, et al., 1995): Jo mindre ansiennitet og tid som ansatt i organisasjonen en hadde, jo mer mottakelige for et nytt ERP-system var dem. Dette vistest markant for ansatte med 11 år eller lengre som ansatt. Teorien er at relativt ferske ansatte

ikke har opplevd tidligere initiativer angående IT-løsninger fra ledelsen og har dermed ikke rukket å forme negative holdninger til prosjektets potensielle utfall.

Hvilken type stilling de ansatte hadde så også ut til å ha en påvirkende faktor til holdningen mot innføring av et nytt ERP-system. Ledelsen var mer fornøyd med et nytt system enn de som arbeidet ute i produksjon. Resultatet var ikke overraskende, siden ledere vanligvis er mer innforstått med kapabiliteten til en programvare enn de som har mer praktiske arbeidsoppgaver til vanlig. En annen grunn til arbeidernes misnøye var at ledelsen hadde lovet større vinninger enn arbeidere ble opplært til å utnytte. En konklusjon fra studien var at en flatere organisasjonsstrukturen fører til større tillit fra arbeiderne i produksjon, og vil dermed sørge for en glattere overgang til et nytt ERP-program.

I studien til (Abdinnour-Helm, et al., 2003) frarådes det sterkt å implementere et ERP-program raskt. Det vil føre til at ansatte ikke får tilstrekkelig med opplæring før systemet tas i bruk. Ansatte vil heller ikke ha tid til å venne seg til en nytt program. Dermed kan essensielle funksjoner i programmet bli utelatt, og de ansatte vil kunne føle mindre vinning av det nye programmet. Konklusjonen er at før en organisasjon skal foreta store omveltninger, bør en undersøke hvilke holdninger de ansatte har, slik at en kan ta dette med i betraktning ved kostnadskalkyler. Dersom ansatte viser negative holdninger før implementeringsarbeidet har startet, må organisasjonen skreddersy bruken av ressurser slik at kritiske arbeidsgrupper får grundig opplæring.

5.1.3 Krav til Vedlikeholdsstyringsprogrammet

For at en organisasjon skal kunne dra nytte av et vedlikeholdsstyringsprogram, er det en rekke kvalifikasjoner som kreves. Spørsmålene i vedlegg D viser hvilke kriterier det er lurt å stille et vedlikeholdsstyringsprogram slik at en vet at riktig program er valgt for de riktige oppgavene.

På Lillemoen benytter de SAP til å betale regninger og bestille utstyr. Det er bestemt at SAP skal ta over for vedlikeholdsstyringen ved anlegget, og erstatte programmet DASH. De viktigste kriteriene for et vedlikeholdsstyringsprogram er (Levitt, 2009):

- Detaljert vedlikeholdshistorikk (som kan gjenfortelles om flere år)
- Muligheter for å hente informasjon om arbeidsordrer
- Informasjon til arbeidsplanlegging må kunne frembringes (reservedeler, nødvendig verktøy, påkrevd verneutstyr og Sikker Jobb Analyser)

- Isolere alt av utført arbeid i henhold til kategorier: lokasjon, produkt, mekaniker osv.
- Lett å finne frem ønsket informasjon i lagret dokumentasjon
- Lett å danne et sammendrag av enheters livssyklusshistorie
- Skal kunne skille mellom outsourcet og internt arbeid
- Skal kunne generere rapporter om MTBF og MTTR
- Utheve gjentakende reparasjonsaksjoner

Gjennom å generere rapporter om MTBF og MTTR kan en lettere identifisere komponenter som er generelt dårligere enn andre. Når en har tallfestet tilgjengelighet som dette, vil en også kunne måle forbedringer og effekten av ulike vedlikeholdsinngrep ved hjelp av relevante KPIer.

Et viktig element som må være på plass i et godt vedlikeholdsstyringsprogram er evnen til å fremhente relevant informasjon knyttet til komponenter. Et godt CMMS vil kunne linke brukeren til relevant dokumentasjon som: spesifikasjoner, rapporter for uønskede hendelser, tidligere avvik, instruksjonsmanualer fra leverandør osv.

5.1.4 Hvorfor feiler noen vedlikeholdsstyringsprogram

Dersom et CMMS skal kunne implementeres med suksess, er det viktig at de ansatte er mottakelige overfor det nye systemet. Det mest essensielle for et nytt CMMS skal fungere er hvordan systemet blir utnyttet i tiden etter implementeringsarbeidet. Selv om implementeringsarbeidet går greit er det fortsatt tre faktorer som vil kunne redusere sannsynligheten for en vellykket omstilling (Amadi-Echendu, 2015):

- Apatiske holdninger før implementeringsfasen
- Innbitte oppfatninger under implementering
- Motvilje mot å akseptere og utnytte tilhørende teknologier etter implementering av det nye systemet

Dersom de ansatte oppfatter programmet som vanskelig eller tungvint å bruke, vil de motsette seg forandringene og de potensielle vinningene med programmet forsvinner. De følgende punktene oppsummerer nøkkelpunkt knyttet til brukerens oppfatning av teknologi (Amadi-Echendu, 2015):

- Fordel over forrige løsning: Det nye programmet må oppfattes som bedre

- Kompatibilitet: Teknologien må være overensstemmende med dagens standard, tidligere erfaringer og brukerkrav
- Kompleksitet: Den nye teknologien må være lett å lære, forstå og bruke
- Utprøving: Brukere må kunne benytte programmet i en testperiode
- Observerbarhet: Takknemlighet av verdien til teknologien

Det er helt avgjørende at personell får tilstrekkelig opplæring i bruk av det nye vedlikeholdsstyringsprogrammet. (Alkhaldi, et al., 2012) fant i en studie at opplæringen har en stor påvirkning på hvordan ansatte oppfatter og håndterer endringer og implementering av ny teknologi. Installering av det nye vedlikeholdsstyringsprogrammet er bare en liten del av omstillingsarbeidet. Mangel på opplæring kan skape apati, svekket aksept hos ansatte og resultere i at implementeringen mislykkes (Amadi-Echendu, 2015).

5.2 Hvor vil SAP gjøre en forskjell for Lillemoen

Ved fjernvarmeanlegget på Stjørdal benyttes allerede DASH til vedlikeholdsstyring. Programmet gir vedlikeholdsleder et godt innblikk i hvilke vedlikeholdsoppgaver som er utestående og hvilke som har blitt utført, men mangler analyse. I kapittel 3.4 er det utredet hvilke muligheter DASH tilbyr for å hjelpe Statkraft Varme å styre vedlikeholdet sitt. Det er derfor ikke så mye å tjene på akkurat disse områdene, men SAP har en rekke flere funksjoner enn DASH på andre områder. I dette kapitlet er det sett nærmere på hva SAP kan tilføre vedlikeholdsorganisasjonen på Stjørdal. Mye av informasjonen som er benyttet i dette kapitlet er hentet fra boken til (Liebstückel, 2014), samtaler med ansatte i Statkraft Varme, kursmateriell fra SAP-kurs, E-poster fra kursholdere i SAP og foredragsholder fra SAP.

5.2.1 Sikker Jobb Analyser og SAP

Før arbeid skal utføres skal det alltid tas en vurdering om det er nødvendig å skrive en Sikker Jobb Analyse. Når en tar ut en arbeidsordre i mobilapplikasjonen til SAP, må en svare på de innlagte spørsmålene som ble presentert i tabell 2. Dersom ett av de besvares med et «JA» må det skrives en SJA. Dette kan fort bety mye merarbeid for den som skal utføre en forholdsvis kort vedlikeholdsaksjon. Problemet blir dermed at det kan bli svart «NEI» på alle spørsmålene for å «slippe unna» å skrive en SJA. Da faller med en gang hensikten med SJA bort. Verdien i en SJA er nettopp at operatøren skal tenke gjennom arbeidets gang fra begynnelse til slutt. I denne prosessen skal alle sannsynlige faremomenter kartlegges.

I mange tilfeller vil det være tilstrekkelig at en operatør leser gjennom en tidligere SJA i forkant av en arbeidsoppgave. Dette sørger for at vedkommende får en oversikt over sannsynlige faremomenter knyttet til arbeidet som skal utføres uten å bruke mye tid på å utarbeide den selv. Fordelene med å lese tidligere SJAer er at en får konstruktiv input av hva andre har vurdert som faremomenter. I tillegg kan det dukke opp faremomenter som ikke operatøren hadde tatt høyde for selv. En vesentlig fordel vil være at siden tiden knyttet til SJA-arbeid reduseres kraftig, vil terskelen for å lese gjennom være betraktelig mindre enn å utarbeide en egen.

I SAP kan nemlig den som deler ut arbeidsordre legge inn en tidligere SJA for arbeidsoppgaven. Operatøren som får opp arbeidsordren i sin mobilapplikasjon kan dermed lese gjennom dette dokumentet i forkant av arbeidet. Dermed vil operatøren spare mye tid i forkant av arbeidsoppgaver, i tillegg til at kvaliteten på SJAen vil være bedre fordi den har blitt utarbeidet og optimalisert over lengre tid.

Etter hvert som mobilapplikasjonen utvikles, skal det ifølge (Mork, 2016) bli mulig å lese vedlagte dokumenter på komponentnivå med mobile enheter. Dermed trenger en ikke å legge ved SJA på arbeidsordrer. Hver komponent som har arbeidsoppgaver med en SJA, vil kunne hentes ut av den som skal arbeide med den gjennom å søke på TAG-nummeret til komponenten.

5.2.2 Vedlikeholdsprosedyrer og arbeidsbeskrivelser i SAP

Det finnes allerede arbeidsprosedyrer for en rekke jobber på Lillemoen. Disse er beskrevet i DASH, så de er nødt til å kopieres over til SAP. Det er ingen ting i veien med å legge disse dokumentene inn på hver enkelt komponent, men det er en tidkrevende prosess. På Heimdal Fjernvarme har nettopp dette satt en kraftig stopper for å utnytte mulighetene SAP tilbyr til det ytterste. Siden dokumenter ikke har blitt lagt inn på enkeltkomponenter, kan heller ikke operatører lett hente frem dokumentasjon for enheter de arbeider med ute i anlegget. Ved Lillemoen må en sette av ressurser til dette omfattende arbeidet om en har tenkt å lykkes med implementeringen av SAP.

Vedlikeholdsprosedyrer bidrar til å skape et uniformt vedlikehold hvor operatører ikke trenger å arbeide ut i fra hukommelsen. Der elimineres en stor kilde til menneskelige feil. Dersom enkelte arbeidsbeskrivelser ikke blir fulgt til punkt og prikke, kan fort farlige situasjoner oppstå som kan sette mennesker, anlegget eller miljøet i fare.

Utviklingsarbeidet med mobilapplikasjonen vil etter planene tilby muligheten for å åpne dokumenter ute i felten. Dermed blir det lett for operatører å bevege seg fra en jobb til en annen uten å måtte gå tilbake til kontoret for å skrive ut en ny arbeidsbeskrivelse. Det sparer operatører og planleggere for unødvendig arbeid, og operatører får brukt mer tid på vedlikeholdsoppgaver.

Når operatører arbeider etter en arbeidsprosedyre, vil arbeidet bli lettere å planlegge. Lister for hvilke verktøy som behøves for å utføre arbeidet besparer operatøren for mye tid på å hente verktøy. Dersom den som utfører arbeidet oppdager nye og mer effektive metoder for å utføre arbeidet, så kan vedkommende melde fra i mobilapplikasjonen om hvilke endringer som skal foretas. Dermed sørger en for kontinuerlig forbedring i systemet.

5.2.3 Rapportering og tilbakemelding i SAP

Etter at en arbeidsordre er utført, tar det kort tid for operatøren å tilbakemelde dette. Arbeidsordren kan tilbakemeldes i mobilapplikasjonen, så operatørene slipper å gå tilbake til kontoret for å ferdigstille et arbeid. Det sparer operatørene for mye tid og arbeid, og det blir lettere for dem å beskrive arbeidet i detalj siden de står ved utstyret under rapporteringsarbeidet.

Bilder i mobilapplikasjonen

Det er enda ikke mulig å laste opp bilder til SAP gjennom mobilapplikasjonen. Det er mulig å ta bilder med den mobile enheten, for så å legge dem til rapporten når en kommer til datamaskinene på kontoret. Faren er stor for at dette ikke blir gjort, nettopp fordi det straks krever mye mer tid fra operatøren å tilbakemelde. Det forsinker rapporteringsprosessen betraktelig og vil mest sannsynligvis bli brukt i spesielle tilfeller.

Det pågår arbeid med å utvikle applikasjonen slik at bilder kan vedlegges ifølge (Mork, 2016). Det vil bidra til en økt rapporteringsverdi og operatører slipper å skrive lange avhandlinger for å forklare omfang og alvorlighetsgrad av oppdagede avvik. En unngår også subjektivitet ved vurdering av alvorlighet på avvik. Det kan variere mellom hva operatører anser som et alvorlig avvik. Gjennom å laste opp bilder i feilmeldingen kan vurderingen om det trengs umiddelbare aksjoner for å rette feilen tas i plenum.

Anleggsstrukturen

Et område som garantert vil føre til forvirring er anleggsstrukturen som blir lagd i SAP. Det er utarbeidet en struktur som skal være så lik fra anlegg til anlegg som mulig. I SAP lager en et hierarki av alle komponentene som inngår i anlegget. Herifra kan en gå nedover i hierarkiet for å finne den komponenten en ønsker. Hver komponent har sitt respektive nummer i SAP, også kjent som teknisk plass i hierarkiet. Problemer oppstår nemlig fordi at dette ikke er det samme som TAG-nummeret som finnes på komponenten ute i anlegget. Anleggene er bygget opp under nesten samme struktur, men det er forskjellige numre mellom det som står i SAP og det som står ute i felten. Dersom en operatør står ute i anlegget og skal melde inn en feilmelding på en komponent, kan en søke opp TAG-nummeret som står fysisk på komponenten og finne riktige teknisk plass i applikasjonen. Det er andre veien det oppstår problemer. Dersom du har en teknisk plass fra SAP som referanse, vil det være vanskelig å finne den komponenten det spørs etter ute i anlegget. Dette er et element som potensielt kan

skape store forvirringer. Det er kommet inn forslag om å også skrive TAG-numrene inn i mobilapplikasjonen, men det er en omfattende og ressurskrevende prosess ifølge utviklerne av applikasjonen. Dersom Statkraft Varme har tenkt å lykkes med vedlikeholdsstyringen, bør dette problemet tas på alvor.

Kort vei mellom ledelse og operatører

Mobilapplikasjonen til Statkraft Varme åpner for større grad av kommunikasjon oppover i systemet fra operatørene. Det gjør at de som opererer anleggene får større innflytelse på hvordan vedlikeholdet skal styres. Dersom operatører mener at prosedyrer eller vedlikeholdsintervall er for korte eller for lange, kan de legge inn dette som langtekst for tilbakemeldingen av arbeidsordren.

Sjekklistor og innmelding av verdier

Ved anlegget på Stjørdal praktiseres det fortsatt med sjekklistor i papirformat. I SAP er det mulig å gjøre dette helelektronisk. På kurset i Oslo viste kursholder at en kan lage lengre arbeidslistor som inneholder flere arbeidsordrer i en pakke. I tillegg er det mulig å legge inn ønskede målepunkter. Når vedlikeholdslederen oppretter arbeidsordren kan vedkommende legge inn ulike målepunkter for komponenten. I tillegg kan den som utarbeider sjekklister velge å legge inn beskrivelser på hvordan målingen skal utføres steg for steg i en kort tekst. De som utarbeider sjekklister vil også kunne fastsette grenseverdier for komponentene. Videre gir de kriterier for hvilke måleverdier som skal trigge ulike tiltak. De ulike kategoriene er presentert i figur 38. Dersom en operatør melder inn en måling som overskrider de fastsatte akseptkriteriene, vil da de forhåndsbestemte aksjonene iverksettes. Dette kan eksempelvis være arbeidsordrer som baserer seg på driftstimer. Hvis en komponent skal rengjøres etter 1500 driftstimer, vil man kunne legge inn at en måling på over 1499 timer skal generere en arbeidsordre for å rengjøre komponenten. Dette er en arbeidsmetode som har blitt lite brukt i Statkraft Varme i dag ifølge kursholderen, men det vil kunne revolusjonere måten organisasjonen utfører tidsbestemt vedlikehold.

Målingene som kan rapporteres er:

- Temperatur
- Vibrasjon
- Spenning
- Trykk
- Nivå (volum)

Operatøren får opp en liste i mobilapplikasjonen hvor alle de fastsatte sjekkpunktene er listet opp. Dermed er det bare å sjekke av punktene etterhvert som de utføres. Disse kan programmeres til å oppstå så ofte inspeksjonene skal utføres. De avleste verdiene kan videre benyttes i analysearbeid.

Revolusjonering av tilstandsmålinger ved Heimdal Fjernvarmesentral

Løsningen med elektroniske sjekklister vil ikke bare være til stor hjelp på anlegget på Stjørdal. Det vil også kunne føre til en revolusjon ved Heimdal fjernvarmesentral. I kapittel 3.3.6 er det utarbeidet en case for støtpulsmåling ved Heimdal Fjernvarme. De hadde ikke noe system for å ta i bruk måleredskapene sine. Ved å opprette en elektronisk sjekklister i SAP, vil vedlikeholdslederene kunne legge inn målepunkter som skal utføres av operatørene. Det vil være fullt mulig å skille fremre og bakre lager av motorene i arbeidsordrene. For hvert sjekkpunkt på listen vil vedlikeholdsplanleggerne kunne legge inn akseldiameter på hver enkelt motor. Da er det bare for operatørene å lese av turtallet på motorene ute i anlegget og melde inn målingene direkte i mobilapplikasjonen. Operatørene slipper å lete frem informasjon for hver gang de skal utføre en enkel måling. I tillegg vil de innrapporterte verdiene ligge tilgjengelige for den respektive komponenten i SAP. Videre kan disse målingene fremstilles i SAP og Statkraft Varme kan dermed ta et stort steg mot en prediktiv vedlikeholdsstrategi.

5.2.4 Analysering av innsamlet data i SAP

Statkraft Varme benytter seg av SAP ved alle sine fjernvarmeanlegg. Siden alle feilmeldinger og avvik rapporteres inn i SAP, vil det etterhvert bygges opp en stor database. Dette skaper store muligheter for organisasjonen til å utvikle vedlikeholdsstrategien sin til å bli mer prediktiv. De store datamengdene kan utnyttes ved alle anleggene og av alle brukerne. Selv om Statkraft Varme ikke benytter seg av kontinuerlige tilstandsovervåkinger, kan de likevel nyttiggjøre periodiske målinger i stor grad ved hjelp av SAP. Modellen for arbeidsflyt i kapittel 4.2.5 bidrar med å sette analyse av data på dagsordenen til Statkraft.

Trending av innrapporterte målinger

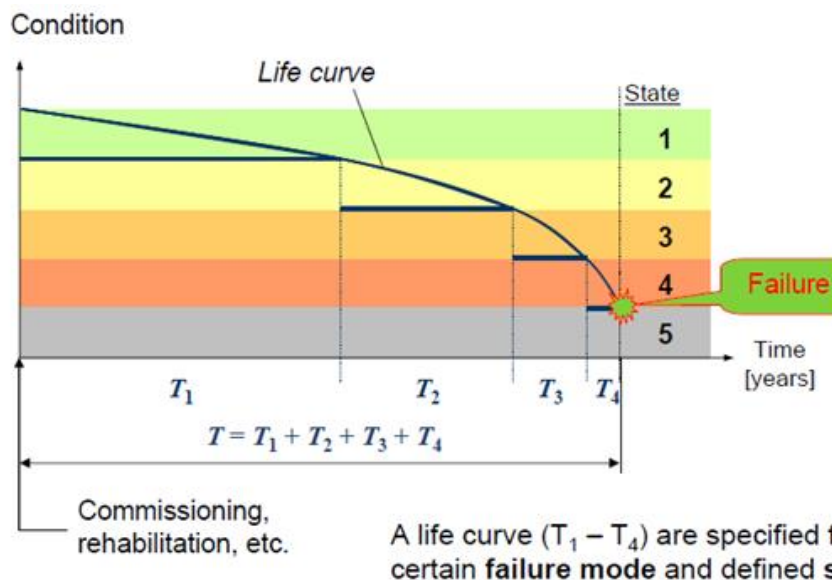
Gjennom å opprette målepunkter i arbeidsordrer for komponenter, kan utførende personell rapportere de ønskede målingene direkte i mobilapplikasjonen. Dersom en oppretter to målepunkter for støtpulsmåling på en motor, som vist i casen fra Heimdal Fjernvarmesentral i kapittel 3.3.6, kan operatøren måle verdiene og skrive dem direkte inn i arbeidsordren.

Dermed vil målingene knyttes direkte til komponenten i SAP. Denne oversikten vil en kunne få opp når en logger seg inn i SAP på en PC. Dette åpner for muligheten til å analysere flere innrapporterte tilfeller og bruke målingshistorikken til å prediktere fremtiden for komponenten. I tillegg til å se rapporter for egne komponenter, kan en søke opp komponenttyper i SAP og få opp lister over alle identiske komponenter ved alle anleggene til Statkraft Varme. Dermed kan en nyttiggjøre seg av alle målingene som er foretatt på alle de identiske komponentene i Statkraft. Når denne arbeidsmetodikken utbredes i Statkraft Varme, vil den store databasen hjelpe vedlikeholdsorganisasjonen med å lukke styringssløyfa og få styrket beslutningsgrunnlag for forbedringer.

Gjennom å analysere innrapporterte målinger fra flere anlegg vil en kunne lære av andre anleggs erfaringer. Dette var en av de viktigste argumentene for at organisasjonen gikk over til SAP og mulighetene for å realisere dette bør tas i bruk.

Fremstilling av data

Etter hvert som Statkraft Varme begynner å ta i bruk SAP aktivt på Lillemoen, vil det være mulig å identifisere trender i målte verdier på en helt ny måte. Avleste målinger har blitt rapportert i sjekklister på papirformat. Det blir derfor utrolig arbeidskrevende å identifisere trender i de målte verdiene. Det er også vanskelig for den som foretar målinger å vite om akseptkriteriene er overholdt. I SAP kan en definere ulike feilkategorier basert på fastsatte verdier. Statkraft Varme sine kategorier for tilstand på komponenter er vist i figur 38.



Technical condition states

- Classification of technical condition based on the criteria in the condition monitoring handbooks from Energy Norway

State	Description
1	No indication of degradation ("as good as new").
2	Some indication of degradation. The condition is noticeably worse than "as good as new".
3	Serious degradation. The condition is considerably worse than "as good as new".
4	The condition is critical.
5	Fault state.

Figur 38 Kategorisering av avvik (Olaisen, 2013)

Videre kan en predefinere hvilke aksjoner som skal iverksettes når de ulike grenseverdiene brytes. Det er mulig å generere arbeidsordrer automatisk ut ifra hvilke tilstandskategorier som brytes. Automatisk genererte arbeidsordrer er presentert i kapittel 5.2.5.

Predefinerte søk

I SAP kan en skreddersy sine søk til minste detalj. Flere av kategoriene en kan benytte seg av er: komponenttype, komponentnavn og ulike anlegg i Statkraft Varme. Søkene kan lagres i startmenyen til hver enkelt bruker under for eksempel en mappe man kaller «predefinerte søk». Det gjør det veldig enkelt for personell å søke opp verdier som vil være interessant for nettopp den brukeren. I følge (Taraldsen & Pervik, 2016) er en av de viktigste egenskapene med et godt CMMS at den som bruker det får bare informasjon de trenger, og ikke blir lesset ned med unyttig og overflødig detaljer. Dersom en setter av tid til å lage gode søk, vil en kunne finne akkurat det en trenger for å utføre sin jobb på en mest mulig effektiv måte. Det forutsetter at organisasjonen setter av nok ressurser i oppstartsfasen i bruk av SAP. Da kan enhver få tid til å skreddersy sitt program slik at det blir et godt verktøy som skal bistå vedkommende i utføring av sine tiltenkte arbeidsoppgaver.

Sortering

Når en søker opp komponenter, arbeidsordrer o.l. i SAP, har programmet en rekke parametere en kan benytte seg av for å fremstille informasjonen. Dette hjelper brukeren i å skaffe seg et overblikk basert på de verdiene de er interesserte i. En kan sortere komponenter ved et anlegg etter etterslep på vedlikehold. Da vil en få oversikt over hvilke komponenter som henger etter på det planlagte vedlikeholdet. Det blir dermed lett for vedlikeholdsplanlegger å avgjøre hvilke komponenter som skal prioriteres i nærmeste fremtid.

Forutsetningen for at søk- og sorteringssystemet skal fungere optimalt, er at det blir satt av tid til å legge inn et komplett forebyggende vedlikeholdsprogram i SAP. Dersom dette ikke blir gjort grundig kan vedlikeholdsorganisasjonen gå i fellen Alan Wilson beskriver (Wilson, 2013): Dersom vedlikeholdsorganisasjonen stoler for blindt på et utilstrekkelig CMMS, vil essensielt vedlikehold, som ikke har blitt lagt inn, bli oversett.

Oppretting av KPIer og akseptkriterier

Siden Statkraft Varme etterhvert vil være i besittelse av store mengder innrapportert informasjon fra anleggene, har de store muligheter for å klassifisere informasjonen. Det er gode muligheter for å opprette KPIer i henhold til de mange sorteringene av informasjon som er mulig i SAP. Forslag til KPIer i Statkraft Varme:

- Antall arbeidsordrer med etterslep
- Andel forebyggende vedlikehold mot andel korrektivt vedlikehold
- Antall innrapporterte feilmeldinger for komponenter innen en teknisk plass
- Arbeidstimer brukt på komponenter mot kostnad for ny komponent

Organisasjonen kan fastsette akseptkriterier for de ulike KPIene; slik at de vet på forhånd hvilke tiltak som må iverksettes når de ulike KPIene overstiger de fastsatte verdiene. Dette sikrer at riktige avgjørelser blir tatt ved forhåndsbestemte tilfeller. Den nedre delen av vedlikeholdsstyringsløyfa vil styrkes betraktelig og Statkraft Varme vil kunne styrke dokumentasjonen for valg av forbedringstiltak. Dette fører også til at forbedringstiltak blir basert på målbare verdier og ikke på subjektivt nivå som i dag.

5.2.5 Automatisk genererte arbeidsordrer i SAP

En viktig funksjon i SAP som bør benyttes på Stjørdal er å generere arbeidsordrer automatisk basert på fastsatte akseptkriterier. Disse vil kunne bestemmes enten gjennom fastsatte kalenderintervall eller målte verdier i arbeidsordrer for de ulike komponentene.

Styrking av forebyggende vedlikeholdsprogram

Delen av SAP som omhandler generering av arbeidsordrer basert på akseptkriterier er likevel ikke en prediktiv vedlikeholdsmetodikk. Det er derimot et kraftig verktøy som hjelper vedlikeholdsorganisasjonen til å få bukt med det forebyggende vedlikeholdet ved anleggene. Resultatet blir at organisasjonen slipper å bruke mye tid på å planlegge det forebyggende vedlikeholdet i fremtiden og kan heller fokusere på det prediktive.

Revisjonsplanlegging

En revisjon defineres etter (NS-EN 13306, 2010) som: Et omfattende sett med forebyggende vedlikeholdsaktiviteter som utføres for å vedlikeholde en enhets evne til å utføre krevd funksjon. En revisjon kan utføres ved forhåndsbestemte tidsintervaller eller et gitt antall utførte operasjoner. En revisjon kan kreve en komplett eller delvis demontering av enheten.

I SAP kan en enkelt planlegge større revisjoner. Det er bare å opprette en revisjonskode for et anlegg i programmet. Når en oppretter en arbeidsordre i SAP, kan en knytte denne opp imot en forhåndsbestemt revisjonskode dersom det er hensiktsmessig å utsette vedlikeholdsaktiviteten til revisjonen skal gjennomføres. Dette gjør det veldig enkelt for de som planlegger større revisjonsstanser ved anleggene. I kapittel 3.3.3 ble den uplanlagte revisjonsstansen ved Heimdal Varmesentral presentert. Selv om denne stansen ble kritisk, hadde de likevel god oversikt over hvilke aktiviteter som skulle utføres. Det var nettopp fordi de hadde lagt alle nødvendige vedlikeholdsaktiviteter inn på den respektive revisjonskoden. Selv om de fikk relativt kort planleggingstid i forkant av stansen, fikk de likevel gjennomført en stor revisjon på 105 timer selv om den planlagte nedetiden var satt til 96 timer.

Dette prinsippet er absolutt implementerbart på Lillemoen. Dersom en legger inne riktige revisjonskoder for biokjel 1 og 2, blir det lettere for vedlikeholdsplanlegger å holde oversikten over hvilke aktiviteter som skal utføres. Det blir også lettere å planlegge hvilke aktiviteter som kan kjøres parallelt for å utnytte nedetiden best mulig. En viktig fordel med å lage en slik revisjonsplan er enkelheten med å delegere arbeid. Vedlikeholdsleder kan enkelt dele ut hver enkelt arbeidsordre etter hvilken avdeling som bør utføre ordren. Siden anlegget

på Stjørdal er relativt lite, vil dette være mer et verktøy for å holde oversikten over revisjonsstanser. Siden det bare er én operatør ved fjernvarmeanlegget, er dette mer for å alltid ha kontroll på hvilke vedlikeholdsoppgaver som skal utføres og i hvilken grad de skal prioriteres. Delegering av arbeid blir mindre vesentlig, men muligheten finnes.

5.3 Hva må på plass før implementering av SAP på Stjørdal

Det er allerede vedtatt av ledelsen i Statkraft at SAP skal innføres i hele organisasjonen. Derfor må en bruke alle tilgjengelige ressurser for å kunne implementere systemet suksessfullt i vedlikeholdsstyringen av Lillemoen. Dette innebærer at organisasjonen setter av tilstrekkelig ressurser til:

- Opplæring av personell
- Tid til å opprette en vedlikeholdsdatabase som igjen innebærer:
 - Kartlegging av parametere som kan overvåkes
 - Identifisering av synergier mellom prosess- og tilstandsparametere
 - Oppretting av nye rutiner for innsamling av informasjon og rapportering
- Oppfølging av personell
- Tid til behandling og sortering av innsamlet data
- Tid til å analysere innsamlet data

Kun gjennom å prioritere denne omveltningen i vedlikeholdsstyringen kan den forandres med suksess. Dersom en ikke setter av nok ressurser til dette, kan konsekvensene bli at systemets mange funksjoner ikke blir utnyttet og organisasjonen vil gå glipp av fordelene med å innføre det samme vedlikeholdsstyringsprogrammet ved alle anlegg. Hensikten er å knytte alle anleggene tettere sammen og sørge for at beste praksis deles med alle anlegg slik at alle arbeidsoppgaver blir utført på best mulig måte. Ved å samle erfaringer og innsamlet data i en stor database kan alle anleggene lære av hverandre og benytte seg av hverandres handlinger. Det vil føre til større beslutningsgrunnlag for avgjørelser i forhold til prediktivt vedlikehold. En kan lettere forutse hendelsesforløpet til sviktmekanismer med en større database.

5.4 Konklusjon: Hvor vil SAP gjøre en forskjell på Lillemoen

Dersom det settes av nok tid og ressurser til å trene opp personell og sette opp programmet, vil SAP kunne gjøre en utrolig stor forskjell i vedlikeholdsstyringen på Lillemoen. I denne konklusjonen er de ulike punktene i vedlikeholdsstyringssløyfa, vist i figur 1, gjennomgått for å se hvor SAP vil kunne bidra til forbedring.

Måltall og akseptkriterier

Gjennom å opprette fastsatte akseptkriterier for komponenter og utstyr vil vedlikeholdet bli mer objektivt istedenfor subjektivt. Målte verdier blir avgjørende for valg av forbedringstiltak istedenfor meninger og kvalifiserte gjetninger. Det blir også lettere å ta riktige beslutninger basert på dokumenterte observasjoner ute i anlegget. Etter hvert som Statkraft Varme får bygd opp en stor database, vil det være mulig å utarbeide relevante KPIer. Slik blir det lettere å måle utviklingen av vedlikeholdsorganisasjonen.

Vedlikeholdsprogram

Etter at SAP har blitt brukt en stund, vil det bli lettere for organisasjonen å holde oversikt over hvilke enheter som omfatter større deler av vedlikeholdsprogrammet. Gjennom å opprette et godt forebyggende vedlikeholdsprogram i SAP, blir det lett å avgjøre hvilke ressurser som kreves for å kunne gjennomføre det.

Planlegging

I SAP er det mulig å legge inn arbeidsordrer som skal genereres automatisk ved fastsatte akseptkriterier. De kan være kalenderbaserte eller basert på målbare verdier. Dersom det settes av tilstrekkelig med tid og ressurser til å lage en slik plan for anlegget, vil det bli lett for operatørene å utføre riktige vedlikeholdsinngrep til rett tid med riktige ressurser tilgjengelig. En annen viktig fordel er at avgjørelsen om hvilke vedlikeholdsoppgaver som skal utføres ved de ulike akseptkriteriene blir avgjort i samarbeid mellom flere aktører. Da slipper en at avgjørelser blir fattet på kort tid og på utilstrekkelig grunnlag.

Gjennomføring

Etter hvert som mobilapplikasjonen til Statkraft utvikles, vil det være mulig å legge ved dokumenter og filer som kan leses av operatøren ute i anlegget. Dette skaper en enorm mulighet for å sjekke informasjon og spesifikasjoner av komponenter uten å måtte gå tilbake til kontoret. For det første vil det sørge for at operatører har arbeidsbeskrivelser lett

tilgjengelig. For det andre vil det være mulig å studere arbeidstegninger og bilder samtidig som arbeidet utføres. Hverdagen til operatørene vil dermed bli mye lettere, noe som vil føre til at de får brukt mer tid på å utføre vedlikehold og mindre tid på å finne frem dokumentasjon.

Teknisk tilstand

På Lillemoen benyttes allerede gode metoder for å kartlegge komponenters tilstander. Vibrasjonsmålinger og oljeanalyser er gode eksempler på hvordan de utfører tilstandsbasert vedlikehold. Likevel kan SAP være med på å utgjøre en signifikant forskjell. For det første vil det være mulig å legge inn de ulike tilstandskontrollene i SAP og knytte dem til hver enkelt komponent som skal diagnostiseres. Det vil da bli lettere å planlegge for når tilstandskontrollene skal utføres, og loggføre resultatene direkte i SAP. Rapportene for hver enkelt tilstandskontroll kan dermed legges inn på de respektive komponentene. Dette danner et sterkt grunnlag for videre analyse av innsamlet informasjon. Denne informasjonen blir veldig viktig i det videre arbeidet mot en prediktiv vedlikeholdsorganisasjon.

Rapportering

I kapittel 5.2.3 er det forklart hvordan det kan genereres elektroniske sjekklister i SAP. Dersom det blir satt av nok ressurser til å realisere dette konseptet for Lillemoen, vil mengden og kvaliteten på innrapportert materiale øke. Mengden øker fordi det vil bli flere kategorier for diagnostisering av komponenter i stedet for et "OK", som ble skrevet for komponenter tidligere. Kvaliteten øker betraktelig siden alle de innrapporterte verdiene blir lagt på sin respektive tekniske plass.

Analyse

Informasjonen som har blitt samlet inn i SAP vil lett kunne nyttiggjøres i form av oversikter for hver av komponentene det har blitt opprettet målepunkter på. De som skal utarbeide analyser av enheter og komponenter kan se etter trender i de innrapporterte målingene over lengre tidsperioder. Dette analysearbeidet er helt avgjørende for å implementere prediktivt vedlikehold og god bruk av SAP vil kunne lette arbeidet. I kapittel 4.2.5 er en ny modell for arbeidsflyt i Statkraft Varme presentert. Den setter analyse på dagsordenen og viser hvordan SAP vil kunne bidra i styrking av arbeidet med å avgjøre om feil er gjengangere eller ei.

Forbedringer

Mobilapplikasjonen til Statkraft gir operatører en stor mulighet for å rapportere inn forbedringsforslag til enhver tid. Enten det er vedlikeholdsintervall som er for korte eller om det er enkelte oppgaver som kunne vært utført annerledes. Disse forbedringene knyttes direkte til den arbeidsordren det gjelder slik at det blir lite rom for misforståelser for hvilken teknisk plass det gjelder. Rapporteringen i SAP gir operatørene et viktig verktøy som lar dem påvirke sin hverdag gjennom å finne forbedringspotensialer ute i anleggene. Det sørger for en flatere organisasjonsstruktur og operatørene blir mer inkludert i viktige avgjørelser som omhandler deres avdelinger.

Ressursbehov

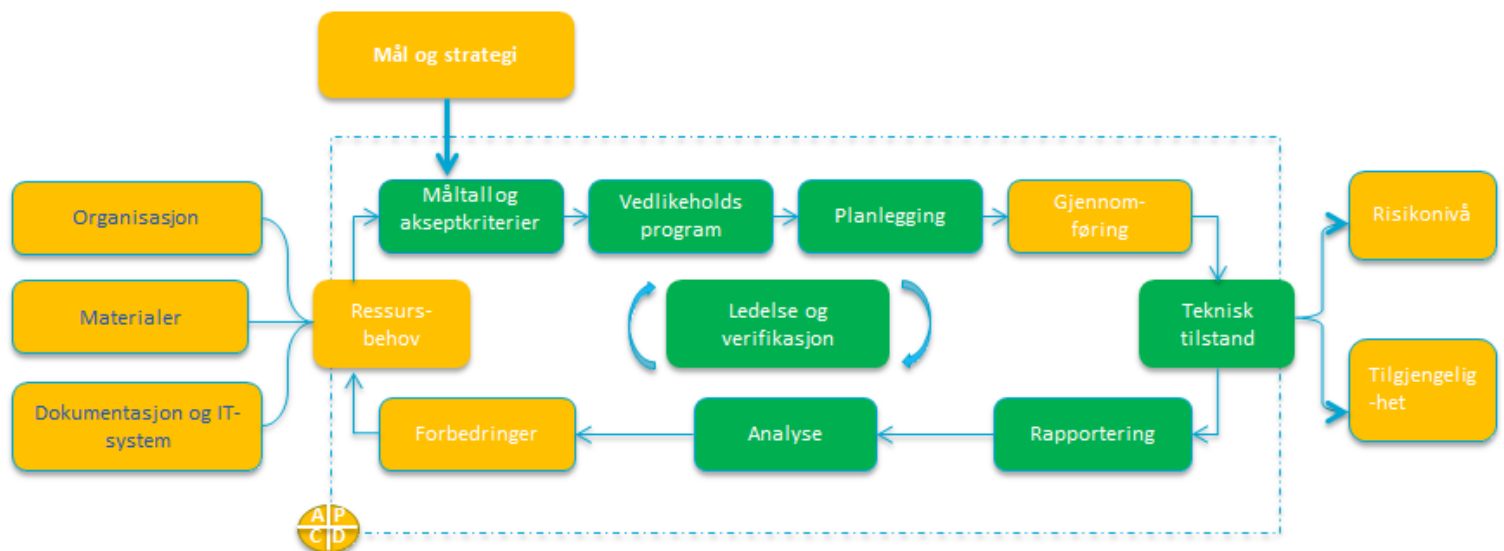
Etter hvert som databasen vokser i SAP, vil det bli lettere å estimere det fremtidige vedlikeholdsbehovet for enkeltkomponenter. Ut ifra dette kan en lett finne ut hva vedlikeholdsprogrammet koster og hva som må på plass av ressurser ved ulike tider for å utføre vedlikeholdet. Gjennom å analysere datamengder i SAP, vil vedlikeholdsplanlegger kunne se hvilke deler av anlegget som krever mye ressurser og hvilke deler av anlegget det kan lånes ressurser av. SAP sørger dermed for at de tilgjengelige ressursene i organisasjonen blir utnyttet der de trengs mest. Ved grundig analyse av innrapportert data vil det også være fullt mulig å avdekke om enkelte komponenter står for mye av ressursbruken til vedlikehold. Videre kan en utføre mer omfattende rotårsaksanalyser for å kartlegge om disse komponentene virkelig er den beste løsningen. Slike analyser har tidligere ved Heimdal Fjernvarme vist at enkelte komponenter ikke var egnet til å håndtere de ytre påkjenningene fra miljøet rundt. Derfor ble en annen type kjøpt inn og ressursbruken for vedlikehold gikk drastisk ned (Strøm, 2016).

For å oppsummere konklusjonen er det utarbeidet en vedlikeholdsstyringsløyfe med fargekoder akkurat som i kapittel 3. Den illustrerer enkelt hvilke områder av vedlikeholdsstyringen på Lillemoen som vil forbedres når SAP har blitt tatt aktivt i bruk.

Rød = Kritiske mangler og feil prioriteringer

Gul = Vesentlige mangler

Grønn = Rom for forbedring



Figur 39 Vedlikeholdsstyringsløyfa etter implementering av SAP

Forbedringene forutsetter at organisasjonen setter av nok ressurser til opplæring av personell. Ressurser til å opprette de nødvendige funksjonene SAP tilbyr, som er presentert i dette kapitlet, må også settes av. Det holder ikke med å utrede mulighetene for elektroniske sjekklister og legge inne hele FV-programmet i SAP. Det må settes av tid og penger for å kunne realisere konseptene slik at de blir tatt i bruk. Mobilapplikasjonen til Statkraft må også oppdateres for å kunne lese og studere dokumenter ute i felten. Den må også oppdateres slik at operatører kan legge ved bilder i sine feilmeldinger for at denne figuren skal være representativ. Figur 39 illustrerer mulighetene som er tilgjengelig med god bruk av SAP, ikke nødvendigvis de faktiske forholdene og løsningene som vil bli valgt i praksis.

6. Konklusjon, kommentarer og diskusjon av resultater

Kapittel 1:

Det kom tydelig frem i kapittel 1 at SAP ikke var godt implementert ved Heimdal Fjernvarmesentral til tross for at de har hatt systemet i bruk siden 2007. Siden SAP skal innføres på Lillemoen, er det viktig å lære av disse erfaringene og ikke gjøre de samme feilene. Kapittel 2.7 understreker viktigheten av kompetanseheving i takt med teknologiutvikling og spørreundersøkelsene i kapittel 3 viser at de ansatte savnet opplæring og oppfølging.

Kapittel 2: Prediktivt vedlikehold

Ledende aktører i industrien tar i bruk mer og mer CMMS for å holde oversikten over vedlikeholdsbehov ute i anleggene sine. Alle deler samme oppfatning om at oversiktssystemene må være enkle å forstå, og en skal lett kunne forstå dersom parametere avviker fra fastsatte toleransegrenser. Dersom det må eksperter til for å avgjøre om komponenter avviker fra normalen, vil det problematisere avviks- og rapporteringssystemet. Resultatet kan være at operatører ikke vet når vedlikehold må iverksettes før det er for sent.

Tilstandsovervåkning har blitt en selvfølge i ledende bedrifter. Slik er de på konstant utkikk etter trender og indikasjoner på forandring av tilstanden til utstyr. Jo bedre tilstandsovervåkning en har, desto lengre forvarslingsstid kan en oppnå, og en unngår at slitte komponenter tærer på og forplanter seg i resten av systemet.

Integrering av drift og vedlikehold er avgjørende for å nyttiggjøre seg av mest mulig informasjon for å prediktere prosess- og ytelsesparametere i fremtiden. Dersom kontinuerlige prosessmålinger integreres i ytelsesparametere for komponenter, kan en identifisere mønstre og relasjoner mellom de to.

Industri 4.0

Innsamling av store mengder data fra kontinuerlige tilstandsmålinger blir mer og mer kommersielt i industrien i dag. Håndtering av denne informasjonen til bruk i prediktivt vedlikehold er i kraftig utvikling. Bosch har begynt å ta i bruk slik teknologi, men det er kostbart, så andre aktører holder igjen på investeringene til konkrete vinningsresultater er dokumenterte.

Statkraft har mye å hente på å implementere ny teknologi fra Industri 4.0 til bruk i vedlikeholdsstyringen. Gjennom god oversikt over tilstander på komponenter blir det lettere å planlegge nedetider, distribuere ressurser mellom anlegg og ivareta person- og leveringssikkerheten. Dette må selvfølgelig vurderes ut fra et kost-nytte perspektiv, noe som ikke er gjort i denne oppgaven.

Menneskets rolle i moderne vedlikehold

Det kommer tydelig frem i en omfattende rapport fra noen av industriens fremste aktører i Europa at det blir brukt mye ressurser på vedlikehold. Det er anslått at det brukes 600 milliarder euro årlig i Europa på vedlikehold. Det er viktig å alltid være bevisst på kostnader knyttet til vedlikehold og å følge ledende bedrifter sine modeller for å utføre vedlikehold kostnadseffektivt.

Investeringer i vedlikehold og tilstandsovervåking i komponenters tidlige livsfase vil være et viktig satsningsområde i fremtiden. Det viser seg at en økning av investeringer på 20% i løpet av de første 40% av levetiden til en enhet, vil kunne redusere de totale vedlikeholdskostnadene med opp imot 40%. Når det er snakk om summer i størrelsesorden 600 milliarder euro, vil enhver prosent som kan spares være enorm!

For å kunne rette fokuset mot problemstillingen om investeringer innen vedlikehold, er det avgjørende at ansatte har sterk kompetanse innen fagfeltet. God kompetanse fører til at bedre avgjørelser blir tatt, noe som resulterer i at riktige tiltak blir implementerte så tidlig som mulig i løpet av komponenters levetid.

Heving av kompetansenivået vil være et viktig satsningsområde i fremtiden. Utviklingen av teknologi går med rekordfart og bedrifter tar i bruk stadig mer avanserte systemer og teknologiske løsninger for å ha kontroll på sine enheter. For å opprettholde balansen mellom kompetanse og teknologi, er det viktig at det også satses tilsvarende på kompetanse og utvikling av ferdigheter og kunnskaper.

Kapittel 3: Vedlikeholdsflyt i Statkraft Varme

Både Heimdal Fjernvarme og Lillemoen har store utfordringer når det kommer til vedlikeholdsflyt. Lillemoen, som er et vesentlig mindre anlegg, har bare én operatør i fast stilling, noe som gjør det lettere å holde oversikten over arbeidet ved anlegget. Ved anlegget på Lillemoen foregår det nå en liten industriell revolusjon siden de skal gå over til SAP. Det kom frem i kapittel 3 at programmet DASH, som benyttes ved Lillemoen til

vedlikeholdsstyring, skal erstattes. Det er da viktig at det blir gitt tilstrekkelig med opplæring og kursing av ansatte slik at en unngår like tilstander som ved Heimdal Fjernvarme. Det er vist i en Case i kapittel 3.3.6 at ansatte mangler kompetanse og tilstrekkelig med ferdigheter til å benytte mange av SAP sine essensielle funksjoner. Dette omfatter blant annet bruk av elektroniske sjekklister, oppretting av målepunkt og sortering for analysing av tendenser og trender, som vist i kapittel 5.

Ved Heimdal Fjernvarme kommer det tydelig frem, gjennom et praktisk eksempel, hvor lite fokus det er på tilstandskontrollmetodikk. Selv om det er kjøpt inn kostbart utstyr til vibrasjonsmåling, er det ikke opprettet rutiner for inspeksjon eller effektive metoder for å hente inn krevd informasjon til å utføre målingene. Det er også vist at det er stor mangel på tilstrekkelig kompetanse, siden det mest kostbare og avanserte vibrasjonsmålingsutstyret ikke kan benyttes av noen ansatte. Dette er et godt eksempel på problemstillingen som er belyst i kapittel 2.7 om balanse mellom kompetanse og teknologi. Heimdal Fjernvarme har satset mye på teknologi, men har glemt å fylle opp tilsvarende mye i vektskålen med kompetanse, ref. figur 15.

Analyse av innrapportert materiale har også vært en utfordring som har blitt utredet i kapittel 3 for begge anleggene. Den nye modellen for arbeidsflyt, som vist i kapittel 4.2.5, skal sørge for at analyse av informasjon settes på dagsordenen. Dette for å styrke grunnlaget for implementering av gode forbedringstiltak basert på fakta og ikke subjektive meninger.

Kapittel 4: Prediktivt vedlikehold i Statkraft varme

For at prediktivt vedlikehold skal kunne bli et riktig konsept i Statkraft Varme, er det helt avgjørende at de fokuserer på heving av kompetansenivået i organisasjonen. Det er belyst i kapittel 2.7 hvor viktig det er å opprettholde balansen mellom teknologi og kompetanse for å kunne utnytte teknologiske investeringer best mulig. Investeringer i prediktivt vedlikehold i tidlig fase har vist seg å kunne medføre besparelser opp imot 40%. For at også Statkraft Varme skal kunne dra nytte av disse fordelene er det nødvendig med fokus på kompetanse og opplæring av personell.

Det kom frem i kapittel 3 at det er mangel på kompetanse innen SAP. Dette har ført til at ansatte ikke får utført sine arbeidsoppgaver effektivt. Det er spesielt ille for vedlikeholdsleder, som ikke får generert arbeidsordrer automatisk, eller benyttet seg av de mange mulighetene i SAP som er diskutert i kapittel 5. Større fokus på heving av

kompetansenivået vil kunne være det viktigste satsningsområdet for Statkraft Varme om de har tenkt å implementere en prediktiv vedlikeholdsstrategi. De har teknologien på plass, men de mangler kvalifisert personell til å sette løsningene til livs i praksis.

Kapittel 5: Implementering av SAP på Lillemoen

Implementeringen av SAP ble gjort ved Heimdal Fjernvarme allerede i 2007. Likevel har de store problemer med å ta systemet godt i bruk innen vedlikeholdsstyring. Det er listet opp en rekke funksjoner og løsninger i SAP i tabell 1 og den viser tydelig at det er mangel på initiativer for å ta i bruk disse funksjonene. Det finnes nok av personell i Statkraft i Trondheim som har spisskompetanse innen dette området, men likevel har de store utfordringer med SAP ved Heimdal Fjernvarme. En ser ut i fra kapittel 3 at det er for lite fokus på opplæring og oppfølging av personell som skal benytte SAP i sin arbeidshverdag. Dette er en verdifull erfaring som en må benytte seg av i implementeringsarbeidet med SAP på Lillemoen. Det må settes av tilstrekkelig med ressurser til å heve kompetansen til personellet innen SAP slik at de kan ta i bruk alle funksjonene programmet tilbyr. Det har blitt investert store summer på overgangen til dette styringsprogrammet Derfor er det like så viktig at det investeres i kursing, slik at Statkraft Varme får mest mulig ut av investeringen i SAP.

SAP har gjennom denne rapporten vist seg å kunne utøve store forbedringer innen vedlikeholdsstyring ved Lillemoen. Rapporterings- og dokumenteringsdelen av vedlikeholdsstyringssløyfa vil kunne få et betraktelig løft gjennom god implementering av SAP. Analyser av innsamlet data vil også være mer aktuelt siden innrapportert informasjon lagres elektronisk og sorteres i SAP. Slik vil organisasjonen kunne dra større nytte av målingene og avviksmeldingene ved anlegget for å kunne prediktere fremtidige sviktmekanismer for komponenter. Planlegging av større revisjoner er også en funksjon som kan hjelpe anlegget på Stjørdal med større og mer omfattende anleggsrevisjoner. Automatisk generering av arbeidsordrer vil i tillegg være en viktig funksjonalitet for Lillemoen. Slik sørger en for at vedlikehold blir utført i henhold til fastsatte akseptkriterier og ansattes subjektive meninger blir mer et verktøy for å optimalisere vedlikeholdsorganisasjonen.

Erfaringer med arbeidet i denne masteroppgaven

God planlegging har vært en viktig suksessfaktor for denne oppgaven. Gjennom en omfattende forstudierapport og inkludering av støttepersonell i tidlig fase av oppgaven, fikk vi definert utfordringer, begrensninger og mål på et tidlig tidspunkt. Selv om planen var god, ble det likevel avvik i oppgaven som måtte håndteres for at oppgaven kunne utføres. Avviksmeldingen i vedlegg E forklarer dette nærmere. Etter endring av oppgaven, måtte det legges nye planer og delmål for å realisere ønsket resultat. Denne erfaringen har vært god og jeg har lært viktigheten med å inkludere nøkkelpersonell så tidlig som mulig for å få avklart viktige elementer.

Studier av litteratur innen prediktivt vedlikehold har gitt meg et stort innblikk i teknologiske løsninger som blir brukt i industrien i dag. Det har vært spesielt interessant å lese om ulike bedrifter som tar i bruk avansert sensorteknologi og omfattende analyser av store datamengder for å prediktere fremtidige sviktmekanismer.

Besøk og befaringer på fjernvarmeanleggene til Statkraft Varme har vært til stor fordel for denne oppgaven. Det har bidratt til å gi hele rapporten et praktisk preg og flere ansvarsroller har kunnet uttrykke hvilke behov de har knyttet til vedlikeholdsstyring. Dette i form av intervjuer, men også samtaler med personell ved anleggene.

Videreføringer og hva som kunne blitt gjort annerledes

Når en studerer et så omfattende fagområde som drift og vedlikehold, som er under konstant utvikling, vil en få nye erfaringer og kanskje se på slutten av arbeidet at problemene kunne vært tilnærmet på andre måter. Ny terminologi, formuleringer og forskningsartikler oppstår under arbeidet og på slutten vil en se behov for å anvende dette i tidligere deler av prosjektet. Slik har det vært i denne oppgaven også.

Det var i utgangspunktet planen å basere kapittel 3 i større grad på intervjuene som vedlikeholdsstyring som ble sendt ut i begynnelsen av oppgaven. Dessverre, så var det kun tre personer som svarte på intervjuet, til tross for purringer fra min kontakt Statkraft Varme. Derfor måtte denne delen endres litt, og det ble heller utført flere besøk til anleggene for personlig å undersøke forholdene til Statkraft Varmes vedlikeholdsstyring.

Det er brukt en rekke forskningsartikler i utformingen av denne masteroppgaven. En del relevante forskningsartikler var vist i databasen til SCOPUS, men var dessverre ikke tilgjengelige for nedlastning.

Materiellet som er presentert kunne sikkert ha vært utdypet i mer detalj, men det ville gjort det vanskelig å ferdigstille oppgaven innen innleveringsfristen og innen de arbeidstider som var budsjetterte i forstudierapporten. Kost-nytte analyser kunne vært utarbeidet i forbindelse med innføring av Industri 4.0. Siden det er lite dokumenterte resultater fra den slags teknologi, ville dette arbeidet vært omfattende og ressurskrevende. Kost-nytte analyser av implementering av kontinuerlige tilstandsmålinger kunne også vært fremstilt. Derfor må denne rapporten sees på som et grunnlag for videre arbeid med kartlegging av hvilke av industriens beste praksis som kan anvendes og implementeres i Statkraft Varme.

Det er bestemt at denne masteroppgaven skal videreføres i form av en sommerjobb for Statkraft Varme. De ønsket at løsningen fra kapittel 5 om elektroniske sjekklister skulle implementeres ved fjernvarmeanlegget på Stjørdal. Jeg gleder meg til å utføre denne sommerjobben for å sette løsningen ut i praksis.

7. Referanser

Aalipour, M., Ayele, Y. Z. & Barabadi, A., 2016. *Human reliability assessment (HRA) in maintenance of production process: a case study*, s.l.: The Society for Reliability Engineering.

Abdinnour-Helm, S., Lengnick-Hall, M. L. & Legnick-Hall, C. A., 2003. Pre-implementation attitudes and organizational readiness for implementing an Enterprise Resource Planning system. I: R. Slowinski, red. *European Journal of Operational Research*. s.l.:ELSEVIER, pp. 258-273.

ABSG Consulting Inc., 2012. *Genesissolutions.com*. [Internett]

Available at: <http://www.genesissolutions.com/predictive-programs-prevent-under-and-over-maintenance/>

[Funnet 1 Juni 2016].

Alkhaldi, A. N., Yusof, Z. M. & Aziz, M. J., 2012. Impact of User Training and Support on Video-Conferencing Usage in Organizations in Jordan using Structural Equation Modelling Analysis Approach. I: *World Applied Sciences Journal*. s.l.:IDOSI Publications, pp. 1553-1562.

Amadi-Echendu, J., 2015. TEchnology adoption: A study on post-implementation perceptions and acceptance of computerised maintenance management systems. I: C. Griffy-Brown, red. *Technology in Society*. s.l.:ELSEVIER, pp. 209-218.

Anderson, T., 1999. *Human Reliability and Railway Safety. Proceedings of the 16th European Safety, Reliability and Data Association (ESREDA)*, s.l.: Seminar on safety and Reliability in Transport.

Andreassen, B., 2016. *E-post: Prosessflyt* [Intervju] (19 Mai 2016).

Andreassen, B., 2016. *Samtale i Skype* [Intervju] (18 Mai 2016).

Arthur, D. N., Rtamo, J. L. & OMV, 2015. *Asset Integrity: Managing the Maintenance Burden*, Aberdeen, Scotland: Society of Petroleum Engineers.

AssetPoint, 2015. *Assetpoint.com*. [Internett]

Available at: <http://www.assetpoint.com/capabilities/eam-predictive-maintenance-cmms/>

[Funnet 11 Februar 2016].

Baidya, R. & Ghosh, S. K., 2016. Model for a Predictive Maintenance System Effectiveness Using the Analytical Hierarchy Process as Analytical Tool. I: J. A. D. L. Puente, red. *IFAC-PapersOnLine*. s.l.:Elsevier Ltd., pp. 1463-1468.

Ba, K., Dellagi, S., Rezg, N. & Erray, W., 2016. *Joint optimization of preventive maintenance and spare parts inventory for an optimal production plan with consideration of CO2 emission*, s.l.: Elsevier.

Behera, P. K. & Sahoo, B. S., 2016. Leverage of Multiple Predictive Maintenance Technologies in Root Cause failure analysis of Critical Machineries. I: O. Chong, et al. red. *Procedia Engineering*. s.l.:Elsevier Ltd., pp. 351-359.

Belgian Maintenance Association , 2016. *Challenges for industry in North-West Europe - Results of the MORE4CORE Project*. Brussel: Belgian Maintenance Association.

BESNARD, F., 2013. *On maintenance optimization for offshore wind farms*, Gothenburg, Sweden: Department of Energy and Environment Division of Electric Power Engineering CHalmers University of Technology.

Bosch Predictive Maintenance, 2014. *www.bosch-si.com*. [Internett]
Available at: https://www.bosch-si.com/media/en/bosch_software_innovations/documents/brochure/predictive_maintenance_1/brochure-predictive-maintenance-service-portal.pdf
[Funnet 13 Desember 2015].

Bosch Software Innovation, 2015. *Bosch.com*. [Internett]
Available at: <https://www.bosch-si.com/solutions/manufacturing/predictive-maintenance/increase-machine-uptime.html>
[Funnet 13 Desember 2015].

Bosch The industry of the future, 2015. *Bosch-si.com*. [Internett]
Available at: <https://www.bosch-si.com/solutions/manufacturing/industry-4-0/industry-4-0.html>
[Funnet 13 Desember 2015].

Bosch, 2015. *Industrial Internet: Putting the vision into practice*, Berlin: Bosch Software Innovation GmbH.

Bye, P. I., 2009. *Vedlikehold og Driftssikkerhet*. 1 red. Trondheim: s.n.

Castiglia, F. & Giardina, M., 2013. Analysis of operator human errors in hydrogen refuelling stations: Comparison between human rate assessment techniques. I: T. N. Veziroglu, red. *International Journal of Hydrogen Energy*. s.l.:Elsevier Ltd, pp. 1166-1176.

Chemweno, P. et al., 2016. Development of a novel methodology for root cause analysis and selection of maintenance strategy for a thermal power plant: A data exploration approach. I: R. Clegg, red. *Engineering Failure Analysis*. s.l.:Elsevier Ltd, pp. 19-34.

Compare, M. & Zio, E., 2014. Predictive Maintenance by Risk Sensitive Particle Filtering. I: W. E. Wong, red. *IEEE Transactions On Reliability*. s.l.:IEEE, pp. 134-143.

Cole-Parmer Instrument Company, 2016. *Coleparmer.com*. [Internett]

Available at:

http://www.coleparmer.com/Product/SPM_Model_BC100_Bearing_Checker_9_to_90_dBsv/EW-65700-00

[Funnet 12 April 2016].

Corrosionpedia, 2016. *Corrosionpedia.com*. [Internett]

Available at: <https://www.corrosionpedia.com/definition/940/proactive-maintenance>

[Funnet 10 Februar 2016].

Daneshjo, N. & Kravec, M., 2016. System states and requirements of reactive maintenance. I: M. Majerník, N. Daneshjo & M. Bosák, red. *Production Management and Engineering Sciences*. London: Taylor & Francis Group, pp. 365-368.

Davies, D. P., 2011. *Improving maintenance a guide to reducing human error*. [Internett]

Available at: http://www.hseni.gov.uk/improving_maintenance_-_a_guide_to_reducing_human_error.pdf

[Funnet 29 Februar 2016].

Deal, T. E. & Bolman, L. G., 2012. *Nytt perspektiv på organisasjon og ledelse*. 4 red. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS.

Deloux, E., Castanier, B. & Bérenguer, C., 2009. Predictive maintenance policy for a gradually deteriorating system subject to stress. I: C. G. Soares, red. *Reliability Engineering & System Safety*. s.l.:Elsevier Ltd., pp. 418-431.

Despeisse, M. & Evans, S., 2015. *Improving Factory Resource and Energy Efficiency: the FREE Toolkit*, Cambridge: Institute for Manufacturing, University of Cambridge, Cambridge, UK.

Det kongelige Arbeids- og inkluderingsdepartementet, 2005-2006. *St.meld. nr.12 Helse, miljø og sikkerhet i petroleumsvirksomheten*, s.l.: Regjeringen Stoltenberg II.

Dowell, J. et al., 2014. *Analysis of Wind and Wave Data to Assess Maintenance Access to Offshore Wind Farms*. [Internett]

Available at:

<https://www.strath.ac.uk/media/departments/eee/iee/windenergydte/publications/Dowell2013b.pdf>

[Funnet 24 Mai 2016].

Entezami, M., Hillmansen, S., Weston, P. & Papaalias, M., 2012. Fault detection and diagnosis within a wind turbine mechanical braking system using condition monitoring. I: S. Kalogirou, red. *Renewable Energy*. s.l.:Elsevier, pp. 175-182.

Espinosa, E., 2013. *Plant Services Why Pdm programs fail and how to keep yours alive*.

[Internett]

Available at: <http://www.plantservices.com/articles/2013/08-why-pdm-programs-fail/?show=all>

[Funnet 16 Februar 2016].

European Parliament, 2015. *Europarl.europa.eu*. [Internett]

Available at:

[http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI\(2015\)568337_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI(2015)568337_EN.pdf)

[Funnet 2 Juni 2016].

Farrahi, G. et al., 2011. Failure analysis of a gas turbine compressor. I: R. Clegg, red. *Engineering Failure Analysis*. s.l.:Elsevier, pp. 474-484.

Fitch, J., 2013. *Machinery Lubrication*. [Internett]

Available at: <http://www.machinerylubrication.com/Read/29398/unscheduled-oil-analysis>

[Funnet 9 Februar 2016].

Florian, M. & Sørensen, J. D., 2015. Planning of operation & maintenance using risk and reliability based methods. I: J. Yan, red. *Energy Procedia*. s.l.:Elsevier Ltd., pp. 357-364.

GALAR, D., GUSTAFSON, A., TORMOS, B. & BERGES, L., 2012. Maintenance Decision Making based on different types of data fusion. I: *Maintenance and Reliability*. Warszawa: Polish Maintenance Society, pp. 135-144.

Gopinath, V. & Johansen, K., 2016. Risk Assessment Process for Collaborative Assembly – A Job Safety Analysis Approach. I: R. Wertheim, S. Ihlefeldt, C. Hochmuth & M. Putz, red. *Procedia CIRP*. s.l.:Elsevier B.V., pp. 199-203.

Gp-training.net, 2009. *Gp-training.net*. [Internett]

Available at: http://www.gp-training.net/training/educational_theory/adult_learning/prism.png

[Funnet 6 Juni 2016].

Hawkins, S., 2004. *Lean Maintenance*. 1 red. Oxford: Elsevier Inc..

Herold, D. M., Farmer, S. M. & Mobley, M. I., 1995. Pre-implementation attitudes toward the introduction of robots in a unionized environment. I: J. Hall, red. *Journal of Engineering and Technology Management*. s.l.:ELSEVIER, pp. 155-173.

Hølaas, B., 2013. *Statkraft Fjernvarme "Beste praksis"*. s.l.: Statkraft Varme.

Jardine, A. K., Lin, D. & Banjevic, D., 2006. A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance. I: J. E. Mottershead, red. *Mechanical Systems and Signal-Processing*. s.l.:Elsevier Ltd, pp. 1483-1510.

Jiang, X., Duan, F., Tian, H. & Wei, X., 2015. Optimization of reliability centered predictive maintenance scheme for inertial navigation system. I: G. C. Soares, red. *Reliability Engineering & System Safety*. s.l.:Elsevier Ltd, pp. 208-217.

Kjellén, U., 2000. *Prevention of Accidents Through Experience Feedback*. 1 red. London: 3Taylor & Francis.

Kratowicz, R., 2011. *PlantServices*. [Internett]

Available at:

<http://www.plantservices.com/articles/2011/04predictivemaintenancevalue/?show=all>

[Funnet 12 Februar 2016].

Latorella, K. A. & Prabhu, . P. V., 2000. A review of human error in aviation maintenance and inspection. I: A. Gramopadhye, red. *International Journal of Industrial Ergonomics*. s.l.:Elsevier B.V., pp. 133-161.

Levitt, J., 2009. *The Handbook of Maintenance Management*. 2 red. New York: Industrial Press.

Levitt, J., 2015. *ReliablePlant*. [Internett]

Available at: <http://www.reliableplant.com/Read/13411/cmms-computerization>

[Funnet 2 Mars 2016].

Liao, L. & Köttig, F., 2016. A hybrid framework combining data-driven and model-based methods for system remaining useful life prediction. I: *Applied Soft Computing*. s.l.:Elsevier B.V, pp. 191-199.

Liebstückel, K., 2014. *Plant Maintenance with SAP® -Practical Guide*. 3. red. Boston: Galileo Press Inc..

Markhus, E., 2015. *Kritiske driftssituasjoner på Stjørdal fjernvarmeanlegg* [Intervju] (13 Oktober 2015).

Markhus, E., 2016. *E-post fra Edgar Markhus* [Intervju] (14 April 2016).

Mason, S., 2003. *Plant-Maintenance.com*. [Internett]

Available at: http://www.plant-maintenance.com/articles/maintenance_human_error.pdf

[Funnet 25 Mai 2016].

Mather, D., 2006. *PlantServices*. [Internett]

Available at: <http://www.plantservices.com/articles/2006/312/>

[Funnet 12 Februar 2016].

McMillan, D. & Ault, G. W., 2007. Quantification of Condition Monitoring Benefit for Offshore Wind Turbines. I: J. Twidell, red. *WIND ENGINEERING*. s.l.:SAGE Publishing, pp. 267-285.

Michele, C. & Zio, E., 2013. Risk Sensitive Particle Filtering in Support of Predictive Maintenance. I: E. Zio & P. Baraldi, red. *Chemical Engineering Transactions*. s.l.:AIDIC Servizi S.r.l., pp. 307-312.

Miller, G. E., 1990. The Assessment of Clinical Skills/Competence/Performance. I: *Academic Medicine*. San Francisco: Association of American Medical Colleges, pp. 63-67.

MIL-STD-882D, 2000. *Standard Practice for System Safety*, Washington, DC: U.S Department of Defence.

Mork, A., 2016. *Praktisk bruk av SAP*. Oslo: Statkraft Varme.

Murthy, D. P., Rausand, M. & Østerås, T., 2008. *Product Reliability*. 1 red. s.l.:Springer-Verlag London Limited.

Mönig, R., Keller, R. R. & Volkert, C. A., 2004. *Thermal fatigue testing of thin metal films*, s.l.: American institute of physics.

Nicholas, J., 2011. *Lean Production For Competitive Advantage*. New York: Taylor and Francis Group.

NS-EN 13306, 2010. *NS-EN 13306: Vedlikehold Vedlikeholdsterminologi*. Brussels: European committee for standardization (CEN).

Olaisen, R. A., 2013. *Basis vedlikeholdsrapport Arbeidsordre*. Oslo: Statkraft.

Oljedirektoratet, 1998. *Basisstudie Vedlikeholdsstyring, metoder for egenvurdering av vedlikeholdsstyring*, s.l.: Oljedirektoratet.

Palmer, R. D., 2013. *Maintenance Planning and Scheduling Handbook*. 3 red. United States of America: McGraw -Hill.

Parida, A., 2016. *Asset performance measurement and management: Bridging the gap between failure and success*. Aten, Euro Maintenance.

Park, C., Moon, D., Do, N. & Bae, S. M., 2015. *A predictive maintenance approach based on real-time internal parameter monitoring*, London: Springer-Verlag.

Project Services Co. Qatar, 2011. *PSCqatar.com*. [Internett]

Available at: http://www.pscqatar.com/index.php?page=display_part&pid=138

[Funnet 12. Mai 2016].

Qayyum, F. et al., 2016. Numerical simulation of thermal fatigue behavior in a cracked disc of AISI H-11 tool steel. I: R. Clegg, red. *Engineering Failure Analysis*. s.l.:Elsevier Ltd., pp. 242-253.

Radkowski, S. & Jasinski, M., 2015. Use of Condition Monitoring in the Proactive Maintenance Strategy. I: P. W. Tse, et al. red. *Engineering Asset Management - Systems, Professional Practices and Certification*. s.l.:Springer International Publishing, pp. 601-610.

Rausand, M. & Arnljot, H., 2004. *System Reliability Theory: Models, Statistical Methods, and Applications*. 2 red. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc..

Rygvold, E., 2016. *E-post: Vibrasjonsmåling* [Intervju] (18 April 2016).

Rødseth, H., Schjøberg, P. & Larsen, L. T., 2016. *Industrie 4.0 -A new trend in predictive maintenance and maintenance management*. Athen, Euro Maintenance.

Rødseth, H., Strandhagen, J. O. & Schjøberg, P., 2015. Key Performance Indicators for Integrating Maintenance Management and Manufacturing Planning Control. I: S. Umeda, et al. red. *Advances in Production Management Systems*. Tokyo: Springer International Publishing, pp. 70-77.

SAP SE, 2015. *www.Sap.com*. [Internett]

Available at: http://www.sap.com/bin/sapcom/en_us/downloadasset.2015-03-mar-19-17.leverage-the-internet-of-things-to-transform-maintenance-and-service-operations-pdf.html
[Funnet 18 Februar 2016].

Schjøberg, P., 1987. *Driftssikkerhet*. 1 red. Trondheim: Universitetet i Trondheim Norges Tekniske Høgskole.

Shuangwen, S. & Sheng, S. P., 2011. *Wind Turbine Drivetrain Condition Monitoring -An Overview*, Virginia Beach, Virginia: National Renewable Energy Laboratory.

Smith, D. D. J., 2011. *Reliability Maintainability and Risk*. 8 red. s.l.:Elsevier Ltd..

Srivastava, N. K. & Mondal, S., 2016. *Development of Predictive Maintenance Model for N-component REpairable System Using NHPP Models and System Availability Concept*, s.l.: SAGE Publications.

Statkraft Varme, 2014. *StatkraftVarme.no*. [Internett]

Available at: <http://statkraftvarme.no/Omstatkraftvarme/Vare-anlegg/>
[Funnet 24 Mai 2016].

Stenström, C., Norrbin, P., Parida, A. & Kumar, U., 2015. *Preventive and corrective maintenance -cost comparison and cost-benefit analysis*, Luleå, Sweden: Luleå University of Technology.

Store Norske Leksikon, 2013. *Snl.no*. [Internett]

Available at: <https://snl.no/flyt%2Fpsykologi>

[Funnet 1 Juni 2016].

Strøm, T. B., 2016. *Intervju med Vedlikeholdsleder ved Heimdal Fjernvarmesentral*

[Intervju] (17 Mars 2016).

Taraldsen, J. & Pervik, S., 2016. *Dashbord og lobbies er fremtidens løsninger*. Oslo, Norsk Forening for Vedlikehold.

Testing Autos, 2016. *TEstingAutos.com*. [Internett]

Available at: <http://www.testingautos.com/when-does-the-timing-belt-need-to-be-replaced>

[Funnet 11 Februar 2016].

Tian, Z., Wu, B. & Chen, M., 2013. Condition-based maintenance optimization considering improving prediction accuracy. I: *Journal of the operational research society*.

s.l.:PALGRAVE mACMILLAN, pp. 1412-1422.

Tinga, T., 2012. *Mechanism Based Failure Analysis Improving maintenance by understanding the failure mechanisms*. [Internett]

Available at: http://doc.utwente.nl/83622/1/MBFA_final.pdf

[Funnet 28 Mai 2016].

Tinga, T., 2013. Predictive Maintenance of Military Systems Based on Physical Failure

Models. I: E. De Rademaeker, B. Fabiano & S. S. Buratti, red. *Chemical Engineering*

Transactions. s.l.:AIDIC Servizi S.r.l., pp. 295-300.

Trulli, J. & Plucknette, D., 2014. *Maintworld*. [Internett]

Available at:

http://www.zoominfo.com/CachedPage/?archive_id=0&page_id=7435752500&page_url=//www.maintworld.com/Asset-Management/Wireless-Monitoring-for-Critical-Oil-and-Gas-Assets&page_last_updated=2015-01-18T00:39:37&firstName=John&lastName=Trulli

[Funnet 12 Februar 2016].

Vadakayil, A., 2010. *ajitvadakayil.blogspot.no*. [Internett]

Available at: <http://ajitvadakayil.blogspot.no/2010/12/predictive-maintenance-on-chemical.html>

[Funnet 9 Februar 2016].

Van Horenbeek, A. & Pintelon, L., 2013. A dynamic predictive maintenance policy for complex multi-component systems. I: C. G. Soares, red. *Reliability Engineering and System Safety*. s.l.:Elsevier, pp. 39-50.

Vatn, J. & Aven, T., 2010. An approach to maintenance optimization where safety issues are important. I: C. G. Soares, red. *Reliability Engineering & System Safety*. s.l.:Elsevier Ltd., pp. 58-63.

Westhagen, H., 2012. *Prosjektarbeid*. 6. red. Oslo: Gyldendal Akademisk.

Wilson, D. A., 2013. *Asset Management*. 2 red. Frome, Somerset, UK: Conference communication.

Yashaya, Y., Gunasekaran, A. & Abthorpe, M. S., 2004. Enterprise information systems project implementation: A case study of ERP in Rolls-Royce. I: *International journal of production economics* 87. s.l.:Elsevier, pp. 251-266.

Øien, K. & Schjøllberg, P., 2008. *Vedlikehold som virkemiddel for å forebygge storulykker; - Vedlikeholdsstatus og utfordringer i den forbindelse*, Trondheim: SINTEF Teknologi og samfunn.

8. Vedlegg

8.1 Vedlegg A: Intervju med vedlikeholdssjef ved Heimdal Fjernvarme

Tor Børge Strøm er Head of Maintenance ved Heimdal Fjernvarme. I dette intervjuet, utført 17. mars 2016, diskuterer vi vedlikeholdsflyten i Statkraft Varme og spesielt situasjonen for fjernvarmesentralene i Trondheim. Vi diskuterer også hvordan arbeidet med å implementere SAP har fungert og hvilke utfordringer de arbeider med i SAP i dag. Det ble også funnet en del interessante punkter som det bør ses nærmere på før arbeidet med å implementere SAP på Lillemoen starter.

Det viser seg at prosessen med å innføre SAP er veldig arbeidskrevende og de er langt fra kommet dit de ønsker ved Heimdal Fjernvarme. Systemet for rapportering er godt implementert, men de innrapporterte avvikene og manglene blir ikke analysert i stor grad i ettertid for å finne rotårsaker. Det er også mangler ved dokumentasjon som blir brukt til beslutningsgrunnlag for nye forbedringstiltak. Ofte står det og faller på én mann, og subjektive meninger har også en stor innvirkning på vedlikeholdsstrategien.

Intervjuet avdekker at det blir brukt alt for lite ressurser på prediktivt vedlikehold. Tilstandsovervåkingen foregår i all hovedsak gjennom subjektive inspeksjoner gjort av operatører på anleggene. Et resultat er at beslutninger om forbedringer ofte blir tatt på tynt grunnlag. Det blir satt av for lite tid til å gjennomgå innrapporterte parametere for så å finne sammenhenger mellom prosessparametere og tilstandsparametere.

Intervju med Tor Strøm

Trond: Emendo, hva er det?

Tor: Emendo er der vi skriver opp observasjoner, småskrittsforbedringer er det som er lagt inn der. Det er avviksbehandlingssystemet vårt. Hvis du ser en ting som du mener bør rapporteres, så enkelt som ei dør som står åpen som ikke skal det, så skal det rapporteres. Så, alle observasjoner. Vi har jo et mål også, Et Hvis antall observasjoner skal være registrert i løpet av et år. Det er rett og slett sånn HMS avvik og alt meldes inn i Emendo.

Trond: Er det HMS-relatert?

Tor: JA, det er HMS-relatert ja.

Trond: Dersom en oppdager oljelekkasjer, så?

Tor: Ja, da skal det meldes i Emendo.

Trond: ok, dersom en ser avvik på komponenttilstand som du tror er relevant?

Tor: Nei, da forholder vi oss til SAP. Da må vedkommende skrive ei feilmelding.

Trond: Er Emendo et eget program, eller er det et tillegg i SAP:

Tor: Det er et eget program, et tilleggsprogram. Det er akkurat det samme som lønssystemet vårt. Det er jo noe sånt der vi registrerer timene våre Hvis du er ute på en jobb, så registrerer du timene i en arbeidsordre. Men samtidig så må du jo også registrere dem i lønssystemet så SAPen tar seg ikke av begge deler. Det er jo et ønske av kanskje mange da. For at du føler kanskje at timene dobbeltbokføres.

Trond: Jeg husker bare at vi skrev timene våre i SAP jeg

Tor: Å nei, så skal de registreres på en annen plass igjen. Så det er dobbeltbokføring der da. Så det mener jeg kanskje at de jobber med.

Trond: For å bare skrive 1 gang ja?

Tor: Ja, har du skrevet på en arbeidsordre, så skulle det egentlig holde.

Trond: Vi hadde møte på Sluppen, med Bård Andreassen og Morten Fossum. Da diskuterte vi krav til vedlikehold. Hvilke krav stiller dere til krav til utføring av vedlikehold? Arbeidsordrer og beskrivelser SJAer og sånt noe?

Tor: De fleste starter 07:00 om morgenen. Jeg er jo gruppeleder for elektro samtidig som jeg har vedlikeholdslederfunksjon. Vi starter 06:30. I løpet av det siste døgnet så har det kommet inn en del feilmeldinger. Og det er ingen som skriver arbeidsordrer når de oppdager ting. Det skrives da ikke en arbeidsordre, men en feilmelding, så behandler vi dem klokken 06:30 om morgenen. Vi oppretter arbeidsordrer samtidig som vi ser hva som har skjedd. Vi kan liksom sammenstille det som vi ser i loggbøkene i forhold til feilmeldingene som kommer inn. Så tar vi klokken 06:30 og lager arbeidsordrer ut i fra de feilmeldingene som har kommet inn, så sender vi dem til elektro, teknisk service eller mekanisk da. Der lager vi arbeidsordrene Vi du da ser at på en arbeidsordre trenger du en del, så må du ta ut den delen på den arbeidsordren. Eventuelt bestille den på samme arbeidsordren slik at en får alle utgiftene rettet, både timene må skrives mot den arbeidsordren som du sjør, og likedan vareuttak.

Trond: Så du på en måte, oppretter arbeidsordre først, og «dere får ansvaret for den arbeidsordren»?

Tor: JA

Trond: Så begynner de: «ok, vi skal utføre den jobben» da kan de gå inn og se at den arbeidsordren ligger til den jobben?

Tor: JA

Trond: Så kan vi se på SJAer knyttet til likedan arbeidsoppgaver?

Tor: I appen kan det velges om det trengs å skrives noen SJA eller ikke. Ellers er det slik at dersom en arbeidsordre involvere flere enn våre egne folk, mye ukjente folk, så skrives det en på papir.

For da må vi ta en diskusjon rundt bordet. Da holder det ikke bare den som den ene mannen går ut med på en arbeidsordre som kreves en mann. Så kan han ta i appen sin og velde om han skal skrive en SJA eller ikke. Det er ikke aktuelt når det er flere mann på en oppgave. Det innleide folk og sånn. Da setter vi oss ned og skriver en SAJ skriftlig.

Trond: Flere i lag?

Tor: ja, Hvis det er flere som skal være i same arbeidsoppgaven så skriver vi en SJA.

Trond: Hvis det er flere en person som skal utføre et arbeid, så skal det alltid skrives en SJA?

Tor: JA, i alle fall Hvis det er en, det trenger ikke, men kan være en rutinejobb også, som det kanskje ikke er en instruks på hvordan den skal utføres. Dersom den er uklar, litt større og involvere flere enn de faste som arbeider her, så skrives en SJA på papiret, da holder det ikke å skrive en SJA i appen. Fordi appen er veldig knyttet opp imot han som får arbeidsordren.

Trond: Hvordan fungerer det Hvis du får en arbeidsordre i hendene. Her har du arbeidsinstrukser. Det kreves at en SJA skrives. Skriver du den i appen på telefonen?

Tor: JA det gjør dem.

Trond: Kan du da på en måte lett se andre SJAer som er skrevet på en slik jobb?

Tor: Det tror jeg ikke er registrert enda, fordi det er nylig startet med. Så det er ikke sikkert at det er gjort. Det bør jo være slik, det er greit å sammenligne Hvis det er samme jobben.

Trond: Vi tenkte litt på akkurat det på Stjørdal. Det er greit nok at jeg sitter og skriver en SJA, men selv om jeg sitter aldri så lenge så kan det jo være ting noen andre har tenkt på som kanskje jeg har oversett.

Tor: Ja, selvfølgelig.

Trond: Også, at man på en måte hjelper hverandre og kanskje har en SJA der vi alle sammen har vært og lagt inn de aller viktigste punktene på en måte slik at en kan se på lista før en gjør noe.

Tor: Ja, og så tro jeg samtidig at brukerterskelen der kommer inn. Fordi, han som er ute og gjør den jobben, han får jo sendt den bare på sin app. Han henter ut den arbeidsordren. Hvor flink han er til å gå tilbake på tidligere ordrer, søke opp tekniske plass og sånt, det tror jeg krever mer opplæring.

Trond: Ja, absolutt.

Tor: Jeg tror det tar en liten stund før vi kommer dit. De må jo søke på teknisk plass, finne ut det som er der, ås må de klare å finne SJAene. Så, hvis det er veldig tungvint, så tror jeg kanskje at det blir hoppet over.

Trond: Ja, det er jeg enig i.

Tor: Dersom en hadde bare en knapp en kunne trykt på "tidligere SJA" på den tekniske plassen, da hadde jo alle gjort det.

Trond: Nettopp. Jeg har drevet og kikket litt i det fordypningsprosjektet mitt jeg skrev for Statkraft. Så dreide det seg om å se litt på industriens beste praksis og hvordan andre driver på med det samme. Også har jeg lest en del forskningsartikler innenfor bruk av CMMS. Dersom systemene ikke er lette å bruke, nesten sånn "one touch" så kommer du akkurat dit du tenker, da blir det litt sånn "jammen herregud, jeg trenger da ikke på det her, det her har jeg gjort før, nei det er ikke så farlig, jammen det her er da ikke" ikke sant?

Tor: Også har en kanskje 2-3 arbeidsoppgaver og en vil gjerne bli ferdig i full fart. Da er det lett å ta den SJAen som er tilgjengelig da. Hadde du hatt en knapp som du kunne sammenlignet selvfølgelig. Teknisk plass, her har du en knapp for tidligere SJAer. Hadde du hatt det og de dukket opp, da hadde folk gjort det.

Trond: Det må ligge enkelt og greit til rette altså, Hvis ikke så.

Tor: For vi har jo flere ting med SJAen som vi ikke er fornøyde med akkurat i dag, fordi at vi gir ut en ordre, så får de bare se startdato, de ser ikke sluttdato.

Trond: Å? På arbeidsoppgaven?

Tor: Ja, på arbeidsordren ja. Det viktigste for oss her igjen, for PG så er det kanskje viktigst å ha en startdato, men for oss er det viktigst å ha en sluttdato. For vi har jo et mål om at vi skal være ferdige med arbeidsordrer til planlagt slutt, da er det viktig at folk ser sluttdatoen, det gjør dem ikke.

Trond: Fordi at du må gå inn og lukke en arbeidsordre når du er ferdig?

Tor: Da må du lukke den ja, så fremt du er sikker på at bestillinger til firma, bestillinger av varer er gjort, da lukker du den.

Trond: Ja, når alt er ferdig?

Tor: Mhm.

Trond: Men, kommer den ikke frem den datoen da?

Tor: Nei, ikke sluttdato. Fordi at når jeg sitter i SAP nå og planlegger og sier jeg gir ut ordren den 15. så forventer jeg at den skal være ferdig den 17. Dem ser ikke 17. Dem ser ikke sluttdatoen.

Trond: Hvem er det som ikke ser det?

Tor: Dem som får arbeidsordren. Dem som tar opp appen og bruker den på mobilen. De ser ikke sluttdatoen.

Trond: Altså, de vet ikke når de skal være ferdige?

Tor: Nei. De får jo høre det av oss da, men det er jo veldig arbeidsomt.

Trond: Så har vi snakket litt om rapportering og krav innen vedlikehold. Det er en viktig del at en greier å rapportere å fange opp alt som ikke er som det skal være. Om det er noen som går ut og ser: "ok, her skulle det vært rengjort eller hær skulle det vært slik og slik". Da har jeg forstått det slik at det er den appen som gjelder?

Tor: Ja, da skrives det, nå kan de skrive direkte i appen i Emendo ja, Hvis de vil, dersom det er avvik som de vil rapportere som en oljelekkasje der det er fare for at noen kan skli og gå på hodet oppi den så notere dem da kan du gå rett i appen på Emendo.

Trond: Ja, men det går på HMS?

Tor: mhm

Trond: Men Hvis du for eksempel hører en motor eller ei pumpe og du hører noen ulyder eller noe?

Tor: Nei, da blir det skrevet ei feilmelding som da dukker opp neste morgen klokken 06:30 hos oss. Da tar vi tak i feilmeldingene. Det er ingen som lager arbeidsordrer direkte, de lager feilmeldinger så vi har en kontroll på dem om morgenen. Lager de arbeidsordrer så flyr de jo der du satt a-nummeret, og da vil jo ikke vi ha kontroll. Lager dem ei feilmelding, så vil jo vi se alle feilmeldinger om morgenen. Dersom det ikke er gruppelederne som skal ha dem, kanskje det er anleggseier som skal ha dem, da må vi rett og slett sende dem til anleggseieren og samtidig varsle for å være sikker på at han får det med seg. Nå er det slik at alle har et krav om å åpne, ikke krav da, de bør jo åpne SAPen sin om morgenen og se om det ligger noen arbeidsordrer der.

Trond: Fordi at de blir på en måte tildelt den, hver respektive person er det slik det er?

Tor: Ja, det går i grupper. Gruppeleder på mekanisk mottar arbeidsordrer, så er det hans jobb å fordele dem på folket sitt. Han tar imot dem, men han må se hvor han bruker folk hen. Han må prioritere rekkefølgen på de arbeidsordrene han får da. Hver morgen fra 06:30 til 07:00 så har vi oppstartsmøte. I de forskjellige gruppene så har vi et kvarters tid om morgenen der vi går gjennom tavlene her. Da kjører vi et tavle møte også når vi er ferdige med tavlemøtet, så tar vi frem de arbeidsordrene som har dukket opp. På Torsdager klokken 09:00 har vi noe vi kaller ressursstyringsmøte. Da sitter jeg med anleggseierne som har anleggene og spør dem om hva er prioriteringen deres. "Hva mener du vi skal prioritere denne uken og neste uke". Så kommer de med en del forslag på en del av arbeidsordrene de vil ha utført, som de mener er viktige for dem. Så prøver vi å ta tak i det og ellers så må vi gjøre det som vi ser er nødt til å ta før det blir stopp.

Trond: Så det blir på en måte ikke jobber som blir utført Hvis jeg for eksempel går ut i anlegget så ser jeg at det er noe som er løst. Dersom jeg strammer til så... Hvis jeg ser at det lekker for eksempel, så ser jeg at det egentlig er nok å bare stramme til en skrue, rundt en pakning eller noe. Skal da man da skrive ei feilmelding og så vente på at den blir gjort, eller skal en skrive feilmelding og så rette opp?

Tor: Der har vi en diskusjon gående nå med første og andre linjers vedlikehold. Første linjers vedlikehold er det en diskusjon om hva som hører hjemme der. Selvfølgelig hører en jo at går du rundt på anlegget, ser en lekkasje så skrur du selvfølgelig til den skruen. Man kan gjerne skrive ei feilmelding i ettertid, slik at vi får dokumentert alt på den tekniske plassen på den anleggsbiten som det er mye feil. Kanskje det lekker hver måned uansett hvor mye en strammer til, så det er noe feil der. Det blir registrert, det må registreres, man går ikke og venter nei. En må ta tak i det.

Trond: Der er det jo kanskje en liten terskel. Dersom en ser at her der det bare å gjøre en liten sånn sånn, så er det greit. Så det er utrolig viktig med slik småtteri at det er lett å bare skrive at her er det en liten ting, og så har jeg gjort slik, så sluttet lekkasjen, så knytter en det til den respektive komponenten. Det tar bare 10 sekunder å få sagt at det er gjort og så bare reparere det med en gang. For det var litt sånn på Lillemoen så var det slik at en skulle skrive inn ting i DASH. Så var det slik at hvor små ting skulle vi rapportere. Dersom en hadde pirket ut litt aske oppi ei askesluse, skulle en da gå inn og logge seg inn for så å skrive. Det ble ikke gjort. Da får vi jo ikke den dokumentasjonen på at det viser seg at vi rengjør sluser en gang i måneden, kanskje det er noe som ikke er som det skal.

Tor: Vi er nødt til å registrere det, og vi er nødt til å registrere det på de anleggsstedene. Fordi jeg vet jo ikke om noen har skrudd til. Kanskje ikke mekaniker vet at kollegaen hans har gjort skrudd til. Det er jo bare en måte å registrere det, det er å få det registrert. Kanskje anleggsarbeideren er for dårlig til å skrive at vi har for mye lekkasjer på komponenten, kanskje det er verdt å investere i noe annet slik at vi ikke bruker ressursene våre på akkurat den komponenten. Det er nødt til å registreres.

Trond: Det er bare utrolig viktige at det er kjapt å registrere småting, fordi det er så lett å bare fikse en ting uten dokumentasjon eller rapportering.

Tor: Alt vi gjør må jo på en måte ha en gevinst synes jeg. Si at du bruker ½ time nå og da, det vil jo påløpe en stor kostnad på den komponenten. Da må vi jo se over tid om det er verdt å gjøre noe med det her. Vi har jo ikke kommet så langt, vi har jo ikke registrert arbeidstimer så lenge enda. Vi har holdt på med det i kanskje 14-15 måneder. Vi vil jo få en veldig bra historikk om vi lar det gå noen år til. Så får vi begynne å se. Jeg tenker spesielt på kraner og slikt. Biobrenselanlegg som tidligere folk har bare vedlikeholdsavdelingen gått ned og jobbet uten å ha registrert en time på det. Det er jo skjulte kostnader på det på en måte. Vi har aldri sett manntimene.

Trond: Så finner en ut liksom hva som er de svake leddene. Det er jo også viktig i RCM-sammenhengen at man greier å luke ut litt "det er mye feil med disse komponentene, kanskje det viser seg at vi egentlig har kjøpt inn en type som er litt for lite robust" Det er mye en kan finne ut når en får se historikken og sett om det bare gjelder for en komponent eller er det alle som er likedan.

Tor: Så er det jo med hva en skal bruke de menneskelige ressursene på. Hvis en kjører kranene veldig dårlig, håndterer kranene dårlig, så kan det sluke hele mekanisk avdeling. Vi er ikke mer folk enn at Hvis dem styrer med kranene her, ødelegger og raserer dem, så svelger det hele avdelingen vår. Det har de kunnet gjort i mange år fordi det har aldri vært registrert noe sted. Nå registreres det, nå kan en ta et regnestykke der snart, så regner jeg med at en får sjokkerende tall.

Trond: Så kommer vi inn på det med tilstandsovervåkning, da snakket jeg litt med Bård. Det stilles krav til tilgjengelighet på levering og slikt, er det da tilsvarende krav til tilstandsovervåkning?

Tor: Nei, det har ikke vært det. Her har det gått på rutiner og kunnskaper. Du vet hvor lenge en motor på den plassen holder. Hvis du tenker slik da, du vet hvor lenge ei kjede holder, så har det gått på erfaring her. Det har aldri vært noe tilstandskontroll utenom når du har en stopp, en rengjøringsstopp, så har du bestemte punkter du skal se over. Fordi vi vet at ei kjede, den går som regel ett år, men når vi har en stopp så må vi sjekke fordi det er noen svakheter her. Så da er det ikke registrert på noen annen slags vis. Vi holder på å få de tilstandskontrollene på motorer og slikt nå da.

Trond: Ja, jeg hørte Bård snakket om støtpulsmålinger og forskjellig

Tor: Ja, så det kommer nå. Vi har en på elektro nå som er på opplæring på det. Ellers har det bare gått på erfaring. Vi vet at den motoren varer i 8000 timer, vi vet at den holder i 12 osv.

Trond: Fordi, det vet dere på grunn av erfaring og i samtale med leverandør. De sier at det skal holde så og så lenge.

Tor: Ja altså, så er det jo litt etter hvor utstyret står. Det kan være to eller tre likedanne motorer men de kan ha helt forskjellig levetid etter hvilket miljø de står i.

Trond: Pådrag og alt det der spiller jo inn?

Tor: Ja. Nå har vi jo hatt store problemer med en motor da, siden vi starte opp linje 3. Det er en som går på lagerstrøm og den kjører vi jo sånn måling på nå da. Følger med den. Der kommer jo registrering av timer og hva vi har holdt på med og brukt penger på den motoren. Jeg håper det kommer frem, fordi vi må gjøre noe med det, frekvensomformet motor.

Trond: Hvis man setter et krav da til tilgjengelighet på et anlegg eller på enkelte deler så må det jo også være et krav da rett og slett til hvordan vi kan være sikre på denne tilgjengeligheten. Dersom det er et krav på 95%, som er veldig mye, hvordan kan vi være sikre på det. Ja, det står at ei reim skal holde i så og så lang tid, men det kan jo hende at det er noe defekter på den.

Tor: Hva vil du ha av reservedeler, hva er kritiske deler på lager.

Trond: Ja, hvordan kan vi måle at denne komponenten kjører greit. Metoder for at vi kan vite hvordan ting har det.

Tor: Helt klart. Nå har det gått på visuelle og erfaring det er det det går på i dag. Det er det samme med lagerholdet vårt. Det er erfaringsmessig basert. Av erfaring så vet vi at det og det skal vi ha på lager. Vi har aldri hatt noe lagerhold med delenummer, men det holdes på å bygges opp. Det har jo bygdes opp i flere år nå, så mekanisk lager er på plass og kjeler og slikt. Elektrisk lager er under utbygging nå. Som du sier, vi har ikke noe tilstandskontroll utenom erfaring visuelt, og det en hører.

Trond: På Stjørdal så snakket de om at de hadde periodevis en kar som var innleid som kom og tok vibrasjonsmålinger. Er det noe likedan her og da eller?

Tor: Nei, det vi har her det er, når du tenker på Heimdal, når vi har revisjon av linje 3, så kommer dem som bygde kjelanlegget. De har jo noen innspill.

Trond: Så de kommer inn og måler og finner ut at "her var det kanskje mye varme, eller et eller annet"

Tor: Ja, de har jo alltid noen innspill.

Trond: er det ofte det er?

Tor: 1 gang i året. Så med slik forebyggende vedlikehold er det 1 gang i året vi går inn med en sånn storrevisjon. De går så hardt de kjelene her at vi har på linje 3 så har vi en rengjøringsstopp og så har vi en revisjon. Rengjøringsstoppen prøver vi jo å avdekke feil. Da gjør vi småtteri som vi eller ikke klarer. Der kommer jo SAPen inn. En del ordrer kommer jo

inn sånn at vi ser at det her må vi ha en stopp for å få gjort, de blir lagt på taggen "rengjøringsstopp eller revisjon". Ettersom hva som kommer først. Så SAPen brukes mer og mer.

Trond: Ja, fordi at du huker av litt. Her er en jobb som krever at vi må stoppe hele kjelen, da kommer den automatisk til de nedetidene som er planlagte.

Tor: Mhm, de legges automatisk over der da. For da er det ikke en anleggseier eller en mekaniker som har den ordren. De kan gjerne ha den, den er og linket opp imot stoppen da.

Trond: Så det blir puttet til et tidspunkt som passer da?

Tor: Ja.

Trond: Vi kommer litt tilbake til tilstandsovervåkning. Det er mye visuelle inspeksjoner, mye slik at en går og hører, leser av ser på, ja rett og slett følger med.

Tor: Ja det kan du si, de har helt klart sine svakheter hvordan vi gjør det. Så lenge det går erfarne folk her som hoder på med det. Så Hvis en rokerer på folk her nå, som kanskje har mindre erfaring, så er det ikke sikkert at de er i stand til å fange opp at det er ei stor sirkulasjonspumpe her der lydbildet har forandret seg og at de skjønner at noe er på gang. De vet kanskje heller ikke historikken, så det er jo en dårlig måte å drive forebyggende vedlikehold på fordi det blir veldig personavhengig. Så det har jo vært en fordel at vi har hatt systemer for det. Spesielt på kritiske komponenter, sirkulasjonspumpe, store sirkulasjonspumper.

Trond: Ja, det er shunt-pumpen det?

Tor: Ja, sirkulasjonspumpene er dem som drar rundt i rørnett, storpumpene, nettpumpene.

Trond: Hovedpumpene som leverer ut?

Tor: Ja, så vi har jo en del kritiske drifter da, det tåles jo ikke at noen av dem stopper.

Trond: Nei, å? ingen? Er det ikke noe redundans?

Tor: Her så har vi jo backup. Det er jo krise Hvis byåsen trykkskiller stopper og likedan den som leverer mot Byåsen trykkslikker. Da har vi jo et problem.

Trond: Fordi det er bare ei Pumpe som står her som pumper utover i anlegget?

Tor: Ja, som pumper ut den veien mot Byåsen. Så har vi ei som pumper mot Kattem og så har vi ei som går nordover. De som går nordover mot Kattem og sånn, dem kan vi veksle eller gjøre noe med ventiler så klarer vi å kjøre med ei. Det er jo kritiske drifter uansett. Vi må jo kvitte oss med varmen. Samtidig har vi jo kjørt siden 1986, og aldri hatt problemer med det. Det er ikke noe skikkelig forebyggende på den måten at du har annet enn visuelt og lytter.

Trond: Men siden 1986, der har da blitt byttet ut pumper siden den tid?

Tor: Faktisk inne ned her. Det har kommet til nye anlegg ja, men pumpene er de samme pumpene faktisk.

Trond: Ja, det var skikkelig det som ble lagd før i tiden.

Tor: Her er det motorer med 3-400 KW.

Trond: Der kunne det vært store fordeler knyttet til tilstandsovervåkning. Jeg vet ikke hvor ofte det er revisjoner på dem, servicer og sånt.

Tor: Alt går jo minst en gang i året. På den store årlige revisjonen. Der er det også slik at dersom en oppdager en feil underveis, så passer vi jo på at det blir lagt inn ved et stoppunkt.

Trond: Det er vel veldig lange leveringstider på disse pumpene?

Tor:Hvis røykgassvifta på linje 3 går ned, den er på neste 1MW, 699 volts motor, går den ned, så er det ingen som garanterer oss en motor i alle fall ikke den første måneden. Så vi kan risikere å få flere uker nedetid på den linja som er på 45MW. Dvs. alle sammen hører at det jeg sier nå ikke er så smart. Det skulle selvfølgelig vært en reservemotor her. I alle fall når en vet at det er problemer med lagerstrøm. Det er flere ting det er lang leveringstid på. Det er jo kritiske deler. En god del har vi på lager selv, , men noe har vi ikke. Det er vanskelig å si at du skal ha en ting til 500, 000 på lager som aldri kanskje blir brukt.

Trond: Så ligger det på lager, så forringes det?

Tor: Ja, så kan det ende med at vi bare må kaste det. Men med ting som en typisk oppdager at her er det noe feil, for eksempel den omformerer her tar livet av motoren, du ser at det er feil og du vet at to ganger i året så må lageret skiftes på motoren her da er en jo livredd, kan det da skje mellom her og nå går det konstant en mann her og tar vibrasjonsmålinger av den motoren.

Trond: Det gjør det nå ja?

Tor: Ja, det gjør det. På grunn av at vi vet at vi må overvåke den hele tiden, fordi vi vet at feilen kommer det er bare spørsmål om når den kommer. Da må vi stoppe og da må vi kjøre ned hele linja for å skifte lagrene.

Trond: For det er jo en liten sånn tommelfingerregel en rettferdighetsgjørende metode at man bør ha en tilstandskontrollmetode som gir deg lik og helst litt lengre forvarslingstid enn leveringstiden. Sånn at du greier å oppdag, si at det er 1mnd leveringstid så kan du finne ut enda litt tidligere enn e måned at her må vi begynne å bestille opp og bytte ut slik at en ikke blir overrasket. Der er det jo en fordel, jo lengre leveringstid, jo mer tilstandsovervåkning er ønskelig.

Tor: Det bør jo være det på linje 3 her. Fordi det er jo kritisk om den detter ned på vinters tid. Å dekke opp 45MW det er det ene med andre kjeler, så er det bare søppelmengden som ikke klarer å brenne som kommer inn her. At det kunne vært en bedre tilstandskontroll her på komponentene uti der, er helt klart.

Trond: Det er jo det oppgaven min handler om. Å finne ut litt hva som kan være aktuelle tilstandskontrollmetoder for eksempel og hva vi kan bruke for å bli mer prediktive. For det er jo prediktivt vedlikehold det handler om. I det inngår jo alt som gjør at vi kan greie å finne ut hvordan komponenter har det rett og slett, når kan vi med god sikkerhet si at denne komponenten holder i et halvår til. Så sier dem ja, ifølge driftsdataene så skal den holde i en halvår til, og vel så det. Det trenger jo ikke å være realiteten i det heletatt. Det er jo det det prediktive handler om, at vi på en måte greier å se. Se bort ifra det leverandørene sier, det er hva som gjelder for akkurat denne komponenten som er interessant. Hvilken innvirkning er det som har gjort at den her holder så lenge, eller ikke holder lenge nok.

Tor: Ja, den holder veldig godt på de andre plassene, men ikke på den plassen her. Her holder den ikke. Det er så typisk. Den kan holde godt på 10 plasser, men den 11. plassen der står den ikke.

Trond: Da kan vi jo også se har det noe med miljøet å gjøre, eller er det bare at den her var kanskje en litt uheldig komponent. Da kan man også få litt feil inntrykk Hvis en da tror at det er miljøet som er feil, så kanskje det bare var akkurat den komponenten leverandøren har vært uheldig med. Så kan vi kanskje se at det viser seg at det er mye som er rapportert med

denne komponenten, og vi kan se i registrene. Det er utrolig viktig som vi snakket om å bygge opp en god solid database. For hver komponent.

Tor: Det er jeg skikkelig glad for at nå får du faktisk fakta på bordet.

Trond: En får rapportert inn alt egentlig som kan eller skal rapporteres.

Tor: Så lenge du har et ryddig system, med tekniske plasser, og likedan tekniske plasser må være godt gjennomtenkt for at hierarkiet kan bli voldsomt. Når du søker deg inn på en søppelkjele for å komme deg ned til den komponenten du skal. Det må være lettvent på en måte. Hvordan en søker og hvordan hierarkiet er oppbygd må være enkelt.

Trond: I oppgaven jeg skrev der så jeg litt på hvordan NASA driver. De hadde det slik at du går ut i anlegget og da hadde de QR-koder som en har på telefonen. Dette var 5-10 år siden så da hadde de slik store apparater, nå har vi sånn små som smarttelefoner. Da skannet de kodene og da kom dem inn i systemet akkurat dit på den. Da plukket de ut arbeidsordrer og på en måte alt som hadde med den respektive komponenten å gjøre. Når de skulle rapportere også, da var det bare å skanne den QR-koden (som Statkraft Varme bruker TAG-nummer) så var det bare å melde ifra. Da tok det ingen tid og de trengte ikke å skrive inn TAG-nummer for da kan det jo også bli feil dersom en er litt forhastet. Så etter de skannet var det lagt inn på 1-2-3. Da var det også veldig lav terskel for å melde ifra småtteri.

Tor: Det er veldig mange elektrikere som driver og snakker om det her.

Trond: Det hadde lettet veldig mye spesielt for dem som rapporterer og dem som skal til å begynne å arbeide på ett eller annet.

Tor: Da hadde en fått lagerbeholdning og alt opp med en gang og hvor en finner det på lager.

Trond: Likedan alt av utstyr en trenger, så går du bare og henter deg verktøy en gang så passer en på å få med alt så slipper en å bruke opp mye tid på om en glemte diverse verktøy som kreves for å utføre jobben.

Tor: Det går litt tid det vet du. Vi driver og skriver slike enpunktsleksjoner (EPL). La oss ta røykgassvifta og den motoren vi snakke litt om. Når montøren skal ut og ta den, så går han bare og kikker på et bestemt ark der det står: Hvordan det skal gjøres, Hvilke typer verktøy han skal ta med, så er det tatt bilder. Så han kan bare ta med trillebår og hente verktøy en gang. Det står at det skal benyttes rørtang, nøkkel 24, 36 slagknøkkel, slegge og type lager. Da

kommer alt frem på den enpunktleksjonen. Det er bare å se på den, så henter montøren det han trenger fra listen.

Det er jo mye enklere med en strekkode. Da ville jo den enpunktleksjonen ligget der.

Trond: Nå går folket rund med telefoner?

Tor: Ja

Trond: Er det en visjon at det skal bli nettbrett eller noe sånt?

Tor: Ikke til oss på anleggene her i alle fall. Ikke vi som går ut i anleggene. Det er jo tøft nok å komme med telefoner, fordi det er jo brutalt arbeid de holder på med. I begynnelsen var det jo folk som hadde telefonene i brystlomma, når de da bøyde seg over en motor eller noe så knustes den. Nettbrett har det ikke vært snakk om enda, men jeg vet at på driftsfolk som har det så har det fungert bra. Ikke for oss på vedlikehold.

Trond: Det blir kanskje litt upraktisk å ta med seg når en klatrer opp stiger osv.

Tor: Nei det er ikke spesielt heldig. Vi har veldig god tilgang til PCer her da. Hvis de skulle registrere noe annet. Nettbrett hadde vært gunstig det.

Trond: Ja, en får jo en grei og stor skjerm, men det er jo forskjellige andre løsninger som går an.

Tor: Hadde de hatt nettbrett så hadde de ikke trengt tilgang til alle PCene heller da. Det har jo hatt sine fordeler med nettbrett på mange måter. Det hadde vært sin personlige, det hadde vært veldig bra, egentlig.

Trond: Hvordan er det med dem som er innleide på anleggene som går rundt og skal gjøre ting. Har de mobiler med den samme appen?

Tor: Nei, han som leier dem inn følger dem opp. Der er jo ett av problemene i dag, hvordan registrerer vi timer på dem. Det er litt vanskelig her. Under en storrevisjon, Hvis vi leier dem inn og de skal ta en bestemt komponent, så er det ikke noe problem da bestiller vi bare dem på en arbeidsordre på den komponenten, så vil utgiftene på dem komme automatisk inn. Hvis vi bruker dem på forskjellige plasser, la oss si at vi har en revisjon med kanskje 20 arbeidsordrer og vi bruker de innleide over alt. Så lenge vi kjører dem på en bestemt oppgave, så er det ikke noe problem. Da setter vi alle bestillinger linket opp imot den arbeidsordren. Ellers, blir ikke timene registrerte.

Trond: De har på en måte en gruppeleder da, som er på huset her?

Tor: Ja, han mekanikerformannen eller hun på teknisk service da, leier dem inn. Når de setter bestilling til det firmaet. For eksempel overhal slaggutmater linje 1, så bruker en arbeidsordren som hører hjem på slaggutmateren. Da blir de utgiftene timene deres gir rett inn på den tekniske plassen. Der er det ikke noe godt system enda. Vi bruker dem jo overalt hvor vi har bruk for dem.

Trond: Hvis dem ser ett eller annet ute i anlegget som kanskje ikke skulle vært slik, har de ikke noe mulighet for å rapportere?

Tor: De er jo ikke alene, så de kan jo si ifra til dem som har overordnet ansvar for dem. De firmaene vi stort sett bruker det er folk som har gått igjen her over tid.

Trond: Så de blir litt kjent de også med anlegget?

Tor: Ja, de er kjent med anlegget. Likedan med hvordan vi jobber.

Trond: Det er jo veldig bra, at de er kjente med rutinene.

Så lurer jeg litt på hva som blir gjort for at vedlikeholdet skal standardiseres i større grad. Når vedlikehold skal utføres, la oss si at du har tre likedan komponenter rundt omkring i anlegget, hvordan sørges det for at de blir vedlikeholdt likedan?

Tor: Jeg skjønner hva du mener. Du tenker på at sender jeg en mekaniker, altså i første vedlikeholdet, Hvis det er forskjellige folk som utfører vedlikeholdet, sender du en mekaniker på den ene og neste dagen sender du en annen, tenker du da på hvordan de utfører vedlikeholdet?

Trond: Ja, for eksempel, hvordan de velger riktig type grease og utfører vedlikeholdet uniformt? –At likedan oppgaver blir utført likedan selv om det er forskjellige operatører.

Tor: Det kommer EPL –ene inn i bildet. Det er det vi prøver på nå da. Dersom vi skal overhale dette giret her, så skal det finnes en enpunktsleksjon på hvordan du gjør det. Da skal du hente ut den. Det skal være den beste måten å gjøre den jobben på. Fordi, alle gjør jo alt på forskjellige måter, men den beskriver en måte å gjøre det på.

Trond: Det handler jo egentlig om at det skal være beste praksis. "Det er lureste måten å gjøre det på"

Tor: Ja, da kommer det inn det du snakket om. Hadde du hatt en strekkode, skannet den så hadde den enpunktseksjonen dukket opp.

Trond: Slik er det ikke i SAP nå?

Tor: Nei.

Trond: Slik jeg forstod det, så kunne du knytte dokumenter til hver komponent i SAP. Det er jo mulig da og slik de er ute i, eller er appen bare rapporteringsverktøy?

Tor: Vi er så i startfasen vet du. Vi ønsker å komme dit, og likedan de dokumentene er jo kanskje veldig få her som klarer å knytte dokumentene inn imot SAP enda.

Trond: Det er ikke enkelt?

Tor: Nei, vi har ikke kommet dit enda. For noen år siden så hadde vi en som var veldig flink på SAP som var på linje 3 her. Han knyttet jo alt imot tekniske plasser og sånt. Han kunne å håndtere SAP ordentlig. Siden den gang, så tro jeg kanskje at han Bård kan noe, men det er veldig dårlig stilt med oss andre. Vi er ikke helt i mål med SAPen, for å si det sånn.

Trond: Nei, det skulle gjerne vært litt mer kursing og opplæring?

Tor: Ja. Det er den brukerterskelen til SAP som er soppas høy synes jeg.

Trond: Ja, det er litt vanskelig å sette seg inn i det.

Tor: ja.

Trond: Jeg var jo på et 2-dagers kurs i Oslo og da rakk en nesten bare å få se litt hva det egentlig går ut på. Når en da kommer tilbake til anlegget, så har en ikke tid til å sitte å holde på og prøve seg frem De sa at du kunne sitte i test-fase der en kunne opprette arbeidsordrer uten at det skjer noe med SAP i bedriften. Det blir jo ikke satt av noe tid til at personell skal ha en SAP-dag. "I dag skal du sitte og prøve litt"

Tor: Nei, det har en ikke sjanse til. Så er jo datakunnskapene forskjellige. Noen av oss begynner å bli godt opp i årene. Det er jo ikke alle som har vokst opp med PCer.

Trond: Det er jo klart at det virker inn.

Tor: Å presse det ned til han rengjøreren som gjør rent ute i anleggene til å klare å håndtere SAP. Mekanikerne også, de føler ikke at "det er det som er jobben min, vi skal jo bare ut og

gjør en mekanisk jobb vi". Det er jo ikke dataen som er jobben vår. Det er jo ikke noe tvil om at det er det som gir oss verdier etter hvert her da. Det er registreringer og alt det der.

Trond: Er det noen grunn til at ledelsen ikke tenker at "hva om vi fokuserer enda mer på opplæring, slik at vi får mest mulig ut av den kjempestore investeringen å kjøpe SAP?" Det beste er jo at vi alle sammen lærer oss SAP skikkelig godt slik at vi får enda mer ut av kjøpe av SAP.

Tor: Ja, jeg tror det stod stilt ganske lenge, men i de siste par årene her så holder på å tar av litt da. Vi kunne jo ikke registrere timer på arbeidsordrer. Vi kunne ikke gjøre noe med arbeidsordrene for en stund tilbake. Nå passer vi på at dataen stemmer og alle timene kommer inn, så det skjer ei bra utvikling her nå altså. Det er ikke så lege siden det begynte å ta av. Nå skjer det mer og mer, det etterspørres mer og mer i SAP. Det er i utvikling hos oss. Vi skal ikke gå så mange månedene tilbake til at det ikke var noe på den fronten.

Trond: Det går fremover? Folk blir flinkere og flinkere etter hvert?

Tor: Flere behandler fakturaene sine der og flere bestiller varer gjennom SAP. Det blir bedre og bedre. Uten SAP nå, så ville det vært håpløst igjen. Vi har kommet så langt altså. Brukterskelen er litt høy da, en må sitte med det. Derfor må det være enkle forklarende apper på telefoner og slikt som.

Trond: Slik hadde i alle fall NASA forstått det, det skulle være så enkelt som overhodet mulig. Det skulle være slik at når du går ut til en komponent, motor, pumpe eller et eller annet. Tilfellet blir slik at alle permer, alt som er av instruksjonsbøker, bilder, vedlikeholdsrutiner, SJAer og alt ligger egentlig som ei stor bokhylle fremfor komponenten der du kan hente ut akkurat det du ønsker, bare at det er på PCen.

Tor: Det hadde vært drømmescenarioet.

Trond: At du bare kunne få ei liste over alt. Hvis en for eksempel har et termografisk kamera som måler temperatur, så kan en gå inn på den komponenten fordi det er kanskje noe som skal utføres ukentlig. Så kan man gå inn i ukentlig vedlikehold og se "det skal måles på det punktet på pumpen, sånn". Så måler man og får ut en verdi, så er det da rapportert inn i den spesifikke loggen. Vips så er en ferdig. Det er nesten som at du måler det, så er det nesten som at du skriver det på komponenten, så er det ferdig. Slik at en ikke driver å må skrive inn et nummer her, så skal man gå inn på kjelen, og gå nedover.

Tor: Det er håpløst vet du. Hadde det vært en slik strekkode som du snakket om, så hadde det bare vært å trykke ok. Så hadde man lært seg til å lese bildet som kommer opp ordentlig, da ville det selvfølgelig blitt en helt annen verden.

Trond: Det er det en ønsker å komme?

Tor: Ja

Trond: Da er det jo veldig viktig at det blir satt av ressurser til å realisere konseptet. Sette ned ei gruppe for å finne ut hva som er lureste måten å bygge opp databasen på, slik at det ikke bare blir med snakket.

Tor: Vi starter litt, så er det slutt om en liten stund.

Trond: Ja en prøver, Bård snakke om at det var mulig å realisere, men at det var ikke bare bare å legge inn filer på komponenter og sli, men det var ikke så enkelt forstod jeg. Det er mulig, og mulighetene er der altså.

Tor: Det handler om opplæring, har du en som kan det der så gjør han det fort som med alt annet han kan. Vi er ikke gode nok vet du. Det er vel der det ligger. Vi har vel dem som er gode i Sap på sine områder, som Arild Mork og flere, men ikke akkurat det. Jeg har aldri brukt og leitet opp komponenter, men de kommer jo stadig flinkere folk her og som kanskje er med flinkere på databehandling etter hvert. Det er det samme med meg, det er jo ikke der jeg er flinkest.

Trond: Nei, og det er det som er dumt. Slik som du som har lang erfaring og vet mye om hvordan ting skal gjøres. Å få knyttet den verdifulle erfaringen og den kompetansen inn i komponenter og slik er beste praksis å utføre ting på. Da vill jo alle sammen som vil se på den komponenten, det blir som om du står og forteller til ei stor forsamling hvilke metoder som er best for å utføre vedlikehold og det vil bli veldig effektiv erfaringsoverføring til å lære opp folk. Når ting skal utføres, for eksempel, har dere lagt inn at denne komponenten skal smøres så og så ofte, la oss si hver 14. dag. Da blir det generert automatisk arbeidsordrer?

Tor: Det HADDE vi. Det var han som var flink, han klarte det der. Nå prøver vi å komme oss tilbake dit igjen. Hvis vi bestemte oss for at en pumpe skal smøres hver 3. måned, så dukket det automatisk opp i SAPen til meg. Det forsvant med han som var flink på SAP da han forlatte oss. Det er ingen andre som har tatt tak i det. For å si det sånn. Det var han som egentlig kunne tatt tak i det etter han, han hadde ikke store interessen av SAP og data. Det var

det som skjedde. Måten vi jobber på i dag, han hadde jo møtt en del motstand fra enkelte og da. For i starten så syntes alle det var så tungvint og de så ikke verdien av det. Når det er noe nytt, så møter en ofte litt motstand og det er så teit. Hvis en får bygd fine systemer og orden rundt alt, så forenkler det jo hverdagen til alle. Det er mange som sitter og knoter i bøker her nå, hvilken verdi har det for andre? Det er jo ikke historikk i det.

Trond: Det bli historikk der da, bare i boka. Det var akkurat det samme på Stjørdal. Det hadde vi ukentlige sjekklister. Mandag, Onsdag og Fredag så for en og gikk ute i anlegget. Fredager var det litt mer sjekkpunkter som trykkfall over varmeveksler og filtre. Til slutt var det ei åpen rute, der en kunne skrive merknader. For eksempel "ulyd i pumpe". Når det er ferdig blir sjekklista lagt inn i en perm, og når det nye uka kommer er det glemt. Resultatet blir flere permer som står fulle med sjekklister og en har ikke peiling på hva som er anleggets tilstand før noe begynner å ryke ute i anlegget. Det blir først når merkbare temperaturer på komponenter oppdages gjennom visuell inspeksjon at det blir gjort tiltak. Dersom en da skal finne loggen over temperaturene som har blitt målt over komponenten, så må en lete i gamle lister for å prøve å finne ut når det sviktet og da har en ikke noe oversikt. En har jo brukt så mye tid på å rapportere, men det har egentlig ikke noe verdi når ting begynner å skjære seg. Det er typisk når det skal innføres et nytt system, så må på en måte folk begynne å arbeide på en annen måte enn tidligere. Det har en sammenheng med hvor lenge en har vært i bedriften. Hvis en har vært lenge, så utfordret det ikke ansienniteten, men det kunne komme en som har vært i bedriften i 2 år og er kjempeflink så kan du ha sittet og jobbet i 35 år og er en uvurderlig ressurs og ikke får til å opprette en arbeidsordre lengre, eller får ikke til å hente ut dokumenter. Det blir nesten rivalisering, det er bedre for vedkommende å ikke bruke det nye systemet fordi da er jeg mer uvurderlig.

Tor: Det er ofte det som skjer. Dersom en ikke er åpen for nye ting, så blir det ofte slik. En gammel kar som meg, hvis jeg ikke ville vært med på det som er nytt. En er nødt til å være med på utviklingen. Jeg ser jeg og på flere at når det nye har vært en stund så er det jo et fremskritt, uansett hva en holder på med så er det et skritt fremover, jeg tror ikke alle ser det slik.

Trond: Dersom en har brukt mye tid på å bli flink i det programmet som var, sånn som på Stjørdal. De brukte jo DASH, og det bruker de enda. Det har jo ikke gått over til å føre vedlikeholdsstyringen i SAP enda, men det skal jo endre s er det bestemt. Da er det jo slike som Edgar, som er veldig dreven i DASH og er dyktig og får til det bra og likedan med Per

Christian de er opplært i det programmet og kan det godt. De bruker det programmet til å finne det de trenger så går ting greit. Da skjønner jeg jo at det er lett å sette seg litt motvillig til å begynne på nytt med et nytt system når det gamle virket. Da er det jo veldig viktig at det blir brukt en del ressurser på opplæringen slik at de ikke skal ha det som oppgave i tillegg til de oppgavene de allerede har. Da blir det heller dratt ut og skrudd på ting i stedet for å sitte å slite med noe som en egentlig kan i det andre programmet.

Tor: Jeg tro du skal kunne SAP bra og mye arbeid for å komme dit som dem allerede er i det systemet. Når en møter slike problem, så må de selvfølgelig ha en skikkelig opplæring. Brukterskelen i SAP er forholdsvis høy altså. Hvis de kanskje skal klare å få til alle de funksjonene som de allerede har i sitt program i dag, så er det mye opplæring som skal til. Det er ikke så enkelt når en skal være to stykker også skal en drive med vedlikehold av anleggene samtidig. Da spør det, hva velger en? Da blir ofte det dataprogrammet skyvet til sides og de daglige jobbene de er nødt til å gjøre dem kan en ikke hoppe over.

I slike perioder skulle det vært en på engasjement ganske lenge som holdt tak i dam og SAPen og holdt dem knyttet sammen. I det eksemplet så er de bare 2, og de vet hva som må gjøres for å få anleggene til å gå rundt. Da må det være noen andre som holder tak i SAPen for dem og hjelper dem i gang. Ellers tror jeg det blir skyvet til side.

Trond: Det handler jo om at jeg skal se hva de bruker SAP til her på sentralen her og hva må gjøres, hva må vi ha på plass og hva må ligge til rette før vi kan få systemet implementert, ikke feilfritt, men godt på Stjørdal.

Tor: Jeg vet det av erfaring. Det jeg merker her, er at vi på vedlikehold vi tar det ganske bra, ganske greit og ganske fort. Det er på grunn av at vi har personer rundt oss som kan en del, alle sammen kan litt. Jeg merker at de som er ute alene, de kommer ofte til oss og spør om hjelp fordi at de har ikke støttefunksjonene rundt seg. De må antagelig ringe til hovedkontoret og til Arild Mork for å få hjelp. Det er ikke like enkelt å spørre om det som en kan spørre arbeidskollegaen sin om. Det jeg mener oppå der også, de har ikke noe nettverk rundt seg som hjelper seg. Hvis en skulle begynne med en helt ny ting, da skjønner jeg godt at de reagerer litt. Brukterskelen på det andre programmet var kanskje lavere og de måtte jobbe knallhardt samtidig som de skulle gjort det andre arbeidsoppgavene. SAP som, uten at jeg helt vet det, kanskje har enda større brukerterskel. Dersom de da skal være isolerte for seg selv, uten å ha noe støtte, da tror jeg at en fort må begynne å telle år.

Trond: Når skal vedlikehold utføres? Det var der det skortet litt siden han sluttet han karen som la inn slik at det genererte automatiske arbeidsordrer?

Tor: Ja, det var ingen som var i stand til å håndtere det etter han dro. Kanskje det var noen som hadde vært i stand til det dersom de hadde brydd seg litt mer. Det er nok folk som kunne klart å lære dem det, men det skjedde ingenting. Vi etterlyste det, men det skjedde ingenting.

Trond: Hvordan er det nå da, hvis du går rundt i anlegget også ser du ei pumpe. Hvordan kan du da vite når den skal smøres neste gang? Eller, når var forrige gang det ble smurt?

Tor: Nei nå går det faktisk på rutinene, og det ligger faktisk papirmessig og det er ikke bra. Nå har vi til vår fordel, så er det folk her nå som kommer til å rette opp i det der. Det er en av de greiene vi holder på med. Nå har vi fått inn nye folk, som er litt mer glad i, eller som forstår betydningen av å ha det her som vi holder på med. Vi kommer litt tilbake til det du sa i sted. Vi har hatt folk som har vært her i mange år og har gjort ting på sin måte og lagt det inn i ringpermer.

Trond: Mhm, så kommer dem som ikke har vært like lenge og forstår ikke hvordan de greide å smøre opp komponenter til riktig tid hvert år osv. "Det står i en perm oppi her noen sted".

Tor: Nå kommer det folk som er mer interessert i å gå videre med den biten der. Det vet jeg fordi vi har sittet og snakket en del om det.

Trond: Mulighetene er der altså og SAP tillater at det der kan realiseres det er bare om å gjøre å utnytte de mulighetene som finnes.

Tor: Vi har jo hatt det, for flere år siden så kom jo det der. Når skal vi ha kontroller av komponenter, det kom automatisk. Så, vi har vært der, men vi datt tilbake igjen. Det er veldig personavhengig.

Trond: Så det stod og falt på en mann?

Tor: Ja, det var det. Det er på grunn av at han var så flink på det og han hadde holdt på med SAP før han ble ansatt her. Han holdt på med det på Høgskolen i SINTEF eller hvor han hadde jobbet hen.

Trond: Rutiner for analysering av rapporterte avvik og oppdagelser knyttet til komponenttilstander?

Tor: Det er det som mangler. Samtidig som det å kunne generere nye ordrer og det å sette seg ned og se gjennom gamle tilbakemeldinger. Det vet jeg er på gang og det tror jeg vi får til med de nyansettelsene som har kommet her. Vi har fått inn folk som er flinke på datasiden, så det kommer. Vi er ikke der enda, men det kommer.

Trond: Hvilke rutiner er det for å se over innmeldte avvik. En ser at det er så og så mange innmeldte tilfeller på enkelte komponenter, blir det da satt av mye tid til å kanskje prøve å finne sammenhenger?

Tor: Ikke i dag nei. Det er det som skal bli. Det har kommet nye folk og vi har snakket mye om det her. Det er jo ikke noe vits i å sitte og skrive. I dag kontrollerer vi hva som blir skrevet tilbake. Men det blir aldri sammenlignet, vi samler ikke alt på den tekniske plassen og grubler på hva vi kan gjøre for at det her skal bli bedre. Vi ser at vi har ei vettig tilbakemelding, så det ikke bare står "OK". Det gjør vi. Vi kontrollerer alle arbeidsordrer med tilbakemeldinger, men vi er ikke i stand til å dra det noe videre slik som situasjonen er i dag.

Trond: Vi kan jo se litt på styringssløyfa fra Statkraft. Der er der på en måte rapporteringsposten, den er dere ganske gode på, spesielt pga. appen. Men det er den her analyse av det som blir rapportert.

Tor: Ja, den foregår bare oppe i hodet på noen, det er ikke noe system. Det er ingen som ser i systemene for å finne ut og analysere noe utover SAPen. Jeg gjør det ikke og jeg vet ikke om noen andre som gjør det. Nå går det bare på de ressursmøtene våre hvor vi ser at her har vi noe som har gått i stykker, vi prater litt om det også gjør vi et tiltak. Det har ikke kommet nå ut av SAPen enda. Litt for kort tid, egentlig kanskje og på grunn av at vi har rapportert tilbake i SAP i for kort tid enda. Vi er vel kanskje i stand til å ta ut noe her om et halvår –års tid, så begynner vi nok å se endringer. Fordi det snakkes veldig mye om det.

Trond: Databasen blir jo bare større og større. Det blir jo mer og mer informasjon å putte i båser. Fordi, jeg drev å snakket litt om det her på kursdagene der Bård og greier var med på foredraget, at det er lett at det hoppes fra teknisk tilstand bort til forbedringstiltak i styringssløyfa. En ser at det holder på å gå galt, nå må vi gjøre tiltak. Så blir det som regel å kjøpe ny pumpe eller bare kjøpe nytt.

Tor: Ja, sånn er det.

Trond: Så blir det handlet ut i fra hva vi kan se hvilken tilstand denne komponenten er i, så blir det oppdaget avvik, det blir ikke lagt så mye vekt på hvorfor det er avvik. Det er et avvik, vi må kjøpe ny.

Tor: Det er riktig som Bård sier, det er slik i dag, fordi vi har ingen systemer hvor vi har skrevet tilbake. Når vi får samlet tilbakemeldingene våre i SAP og vi er folk som er gode i SAP og som er interessert i det, vil det bli forbedring. Fordi det snakkes mye om det her.

Trond: Det tillater jo at jo mere en bruker SAP og har samlet mye informasjon, og det beste er jo at en kan samle det på den komponenten. Den har all informasjon knyttet til den komponenten. Alt annet er egentlig uviktig, bare alt vi kan rapportere og vite og finne ut om den komponenten, så kan en se all slags historikk på den komponenten og sammenligne det opp mot andre som har samme strukturen. Det er jo viktig at det blir satt av nok tid til å sitte å se litt om hvilke rotårsaker som kan ligge til grunn for problemene.

Tor: Det jobbes hefting med det og alle sammen forstår det, men å få tid til det. Vi må jo selvfølgelig ha en database først. Vi har jo underlag, men det står jo i forskjellige ringpermer. Det er jo 30 års underlag som ligger her, fordi mye av det utstyret står jo her fremdeles i dag, men det er ikke noe system som har satt det i en base som vi kan trekke ut og spekulere på nei.

Trond: Når det blir satt i ringpermer, så er rapporteringen der, men når en skal hente det ut igjen, så er det nesten umulig å finne frem akkurat det en ønsker fort.

Tor: Nå er det jo slik at dersom en person slutter, så forsvinner jo det underlaget vedkommende har bygd opp igjennom nage år.

Trond: Hvordan brukes tidligere innrapporterte avvik og oppdagelser som beslutningsgrunnlag for nye forbedringstiltak? Hvordan brukes det her innrapporterte materialet til å forsterke de forbedringene som blir bestemt?

Tor: Det går på erfaringer. Hvis anleggseier oppdager at nå ryker det der så ofte. Sånn som det skjer i dag, så har vi evalueringer etter en revisjon. Det kan det komme ut at en slaggkjede ryker så og så ofte. Da kan det bli konkludert med ett eller annet der, så prøver vi en ny leverandør for eksempel, eller annen type kjede. Det er slik det foregår på evalueringsmøte. Så har vi oppstartsmøte, så blir det jo snakk om det der. Det er ikke noe system som tar fatt i det altså, det er rett og slett den praten over bordet. Så det går på den anleggseieren så han

snakker jo litt med oss andre også finner vi ut jo sånn gjør vi det. Vi har ikke noe historikk annet enn det han skriver for hånd.

Trond: Da blir det veldig subjektivt?

Tor: Ja, det blir det.

Trond: Det er ingen ting som er bedre enn at en har tallfestet grunnlag for forbedringstiltakene. Dersom en vet at denne leverandøren har kanskje en Hvis garanti for at ei reim skal kjøre så lenge. Da har en jo tall på at det her skal være ei bedre løsning. Hvorfor trenger i ei bedre løsning? –Jo fordi at vi har målt de og de parameterne og det viser seg at... osv.

Tor: Jeg er jo slik. Jeg vil ha ting slik. Det er kanskje derfor det går greit med det nye, fordi jeg vil jo ha det registrert.

Trond: Da ven en jo og at vi har prøvd en ny leverandør på det tidspunktet også viser det seg at heller ikke det virket. Man ser da hva som har vært gjort tidligere, så kan en se at tiltak ikke virket. Da har en på en måte analysert og funnet ut at det var kanskje ikke det beste forbedringstiltaket, men da vet om hvilke nye tiltak vi kan gjøre.

Tor: Helt klart. Sånn som der er i dag, så står det og bikker veldig ofte på en mann. Det er heller ikke bra.

Trond: Nei, det er jo bedre til flere måltall og akseptkriterier man klarer å sette fast slik at en vet hva en har å arbeide ut ifra.

Tor: Det har gått litt i bølger det med SAP hos oss. I en periode var vi litt langt frem for så å dette tilbake igjen. Da vi begynte med LEAN arbeidet, så har det tatt av igjen. For da settes det bestemte måltall for hva vi skal oppnå. Nå er vi på veg fremover igjen i SAPen.

Trond: Det er viktig som vi snakket om tidligere at det ikke står og faller for mye på en mann. Viktig at mange får god og tilstrekkelig skikkelig opplæring.

Tor: Jeg tror også at det er viktig at en klarer å danne et miljø som klarer å jobbe med SAP. Det var 3-4 som var litt motstandere av SAP. Det ble brukt mye tid på å overbevise dem om at SAP var tingen. Problemet var at de bare var halvinteressert. Så har tiden gått og vi har sett bruken av det og nå er det flere som er interessert. Da får en til å skape et miljø og da tror jeg det går mye fortere fremover.

Trond: Slik som det var før i tiden med HMS på verkstedene. Hadde du på hørselvern, så var det bare tull ifølge den eldre garde. Vernebriller var unødvendig fordi om en skulle slipe noe.

Tor: Ja, en skulle nesten forvente å miste en finger når en jobbet ute i industrien.

Trond: Der var det kanskje for en 30-40 år siden. HMS var nesten bare sånn kontortull. Så gradvis, kommer det frem at det ikke hadde vært så dumt allikevel. Far min er skikkelig tunghørt fordi øreklokker ikke hadde vært noe tem, vært båtbygger i all sin dag og det har vært sleggeslåing og negleslåing og et leven rundt ørene. Hørselvern var bare tull. Nå derimot, ser en at kanskje det hadde vært lurt å brukt beskyttelse. Nå må han jo bruke høreapparat. Man ser selvfølgelig verdien av det, men ofte litt for sent.

Tor: Det er for sent. Jeg er jo akkurat der selv, suser i skallen og det er ikke bra. Det var sånn, det er det ikke noe tvil om. Det der å klare å overbevise dem om at det nye er bra, den ligger langt inn. Det har tatt lang tid fra vi har vent oss til det med å bruke briller, hørselvern, støvmaske. Jeg har gjort veldig mye med det der nå den siste tiden, særlig hørselvern. Det er en del støyskader, om det kommer herifra, det er ikke godt å si fordi folk har jo kommet fra andre arbeidsplasser. Det er jo etter hvert som en blir gammel, så får en den susingen. Nå har vi kjøpt inn skikkelig utstyr der da. Hørselvernene koster jo 8,000kr pr stykk.

Trond: 8000?

Tor: Ja. da er det telefoner og radio og du skal ikke ut i anleggene til oss. Hvis det er bråkete miljø, så trenger du ikke lukke opp hørselvernene for å høre og snakke med kompisen din. Du har radiosamband og telefonsamband.

Trond: Da blir det jo brukt?

Tor: Ja, det blir brukt og jeg har prøvd å høre nå med folk om det blir brukt og de storskryter av det. Samme om de arbeider med rister og det smeller så snakker folk med hverandre gjennom det der og hører hverandre godt. Ingen tar av klokkene for å høre, de ser munnen går på naboen, men hører ikke hva han sier.

Trond: Det er måten å gjøre det på. En flesker til og kjøper skikkelig, fordi, dersom folk blir tunghørte, etter noe år, kan en tenke hvor mye de ville betalt for å ikke hatt de skadene der. Da hadde 8000 vært småtteri. Om det så ble bra dersom en tok opp et lån på 1,000,000 så hadde det vært greit.

Tor: Ja, det å ta vare på helsa til folk, det er virkelig alvorlig og det tas veldig alvorlig.

Trond: Som du sier, da blir det bruket nettopp fordi det er skikkelig. I stedet for at det er slike 50kroners Biltemaøreklokker, så skal du høre hva en sier, så blir det en smell, så ble det skader allikevel.

Tor: Helt meningsløst dersom en løfter på dem.

Trond: Det handler jo om å skape holdninger. Fordi det har det jo blitt her nå, holdninger til at en skal bruke hørselvern, fordi at det er skikkelig. Vi skal gjøre det nøyaktig og riktig og det skal ikke være noe "se mellom fingrene" –mentalitet, vi skal passe på at ting blir gjort skikkelig.

Tor: En ser at etter hvert som flere og flere får bedre holdninger, så kommer de etter dem som har dårlige holdninger også. Dem tar etter.

Trond: Slik kan det jo også bli med SAPen og. Det trengs folk som er skikkelig interesserte og har lyst til å bli dyktige fordi at da vil de andre se verdien av systemet.

Tor: Hjelpen er bare et par meter unna. Så, en trenger ikke ringe til en spesialist i Oslo for hver gang, da blir det ikke gjort.

Intervju slutt.

8.2 Vedlegg B: Tilstandskontrollrapporter fra Stjørdal Fjernvarme

I dette vedlegget ligger rapporter fra ulike tilstandskontroller ved Stjørdal Fjernvarmeanlegg. Kontrollene er utført av eksterne firmaer. Det første er en rapport fra vibrasjonsmålingene som utføres tre ganger per år ved anlegget. De to andre er resultatene fra oljeanalyser utført på innskubbersystemet ved anlegget.

Lønne Service			
Tilstandskontrollrapport			
Sted: Stjørdal ST2	Utført av: Arild Femtegjeld	Kontroll dato: 11.02.2016	Oppdragsgiver: Stjørdal Fjernvarme
	Rapportert av: Arild Femtegjeld	Rapport dato: 22.02.2016	Oppdragsgivers ref: Edgar Markhus / Per Christian Håpnes

Sted	Tag #	Beskrivelse	Forrige måling		Kommentar
			Måling utført	Status	
	ST2.51 Kjøel 1				
	51.Q01	Primærluftvifte 1	30.10.2015 11.02.2016	1 2	Se notat 1
	51.Q02	Primærluftvifte 2	30.10.2015 11.02.2016	2 2	Se notat 2
	51.Q03	Primærluftvifte 3	30.10.2015 11.02.2016	1 1	Se notat 1
	51.Q04	Sekundærluftvifte 1	30.10.2015 11.02.2016	1 1	Se notat 4
	51.Q05	Sekundærluftvifte 2	30.10.2015 11.02.2016	0 0	
	51.Q06	Røkgassvifte	30.10.2015 11.02.2016	3 2	Se notat 5
	51.P02	Scrubberpumpe	30.10.2015 11.02.2016	0 0	
	51.P04	Scrubberpumpe	30.10.2015 11.02.2016	0 0	
	51.P01	Shuntpumpe	30.10.2015 11.02.2016	0 0	
	51.Q07	Tertiærluftvifte	30.10.2015 11.02.2016	2 2	Ubalansevibrasjon. Stor økning, sjekk viftehyl
	ST2.52 Kjøel 2				
	52.Q01	Primærluftvifte 1	30.10.2015 11.02.2016	1 1	Se notat 1
	52.Q02	Primærluftvifte 2	30.10.2015 11.02.2016	2 2	Stigning i høyfrekvent vibrasjon. Se notat 3
	52.Q03	Primærluftvifte 3	30.10.2015 11.02.2016	1 1	Se notat 1
	52.Q04	Sekundærluftvifte 1	30.10.2015 11.02.2016	1 1	Se notat 4
	52.Q05	Sekundærluftvifte 2	30.10.2015 11.02.2016	0 0	
	52.Q06	Røkgassvifte	30.10.2015 11.02.2016	1 0	Se notat 6
	52.P02	Scrubberpumpe	30.10.2015 11.02.2016	0 0	
	52.P04	Scrubberpumpe	30.10.2015 11.02.2016	0 0	
	52.P01	Shuntpumpe	30.10.2015 11.02.2016	1 1	Se notat 7
	52.Q07	Tertiærluftvifte	30.10.2015 11.02.2016	1 1	Lavere ubalansevibrasjon denne måling
	ST2.70 Felles				
	70.P01	Anleggspumpe 1	30.10.2015 11.02.2016	0 0	
	70.P02	Anleggspumpe 2	30.10.2015 11.02.2016	0 0	Mye elektrisk sløy (2x frekvens fra omformer)
	70.P03	Anleggspumpe 3	30.10.2015 11.02.2016	0 0	Mye elektrisk sløy (2x frekvens fra omformer)

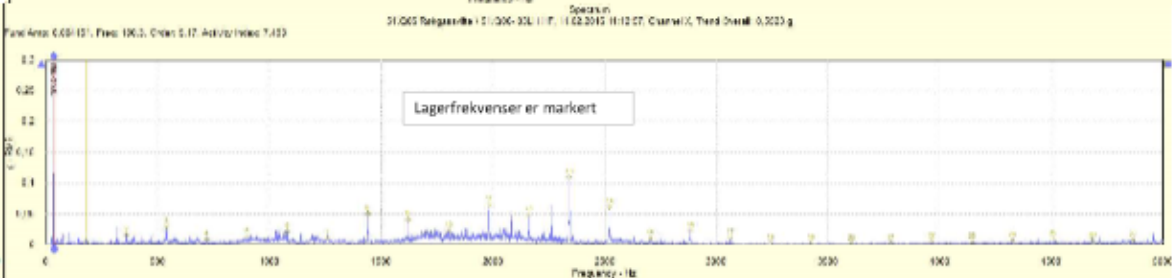
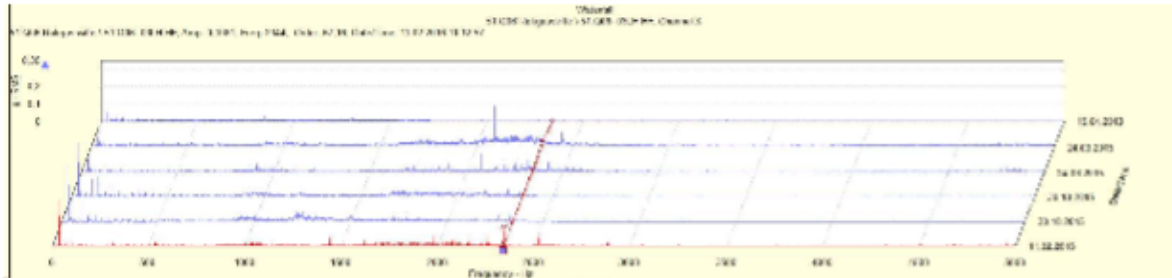
Antall motorer målt denne runde: 23

- Status: 0 Ingen tegn til skader
 1 Tegn til skader/usikkert/følges opp
 2 Skader under utvikling/ følges opp / forebyggende tiltak.
 3 Skader, planlegg tiltak
 4 Skader, straksiltak
 ? Usikker / krever nærmere undersøkelser

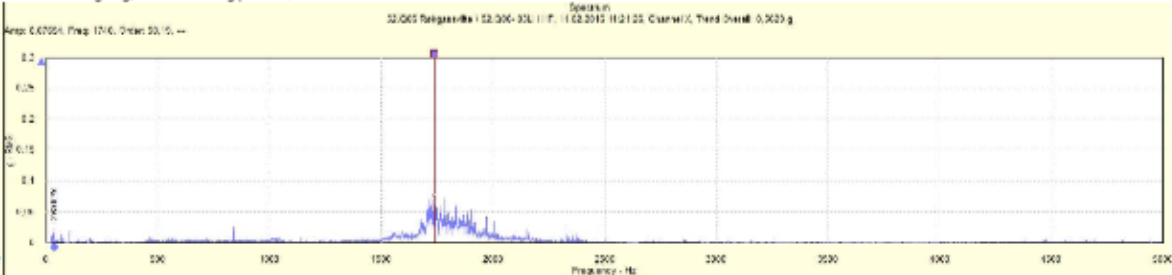
- Notat 1** **Primærluftvifter** **Viftehjul**
1
Frå forrige rapport: Forholdsvis høyt vibrasjonsnivå på alle viftene. 51.Q03 ligger høyest. Ren ubalansvibrasjon. Ved anledning: sjekk viftehjulene for belegg eller skader. Forholdsvis uforandret siden sist måling.
 Denne målerunde: Ingen store endringer i ubalansvibrasjoner. Viftene blir kjørt med full hastighet (50 Hz) ved måling. Vibrasjonsnivået er lavere ved normaldrift ved lavere hastighet.
- Notat 2** **51.Q02** **Primærluftvifte 2** **Motor**
2
 Tegn til litt løse lagerpasninger. Kan være litt slitt i lagerskjold. Ingen økning siden sist måling
- Notat 3** **52.Q02** **Primærluftvifte 2** **Motor**
2
 Høyere nivå for høyfrekvent og demodulert. Frekvenser passer med SKF 6205 som er montert i motoren, lagerskade. Såvidt hörbar ulyd. Noe økning fra forrige måling. Sjekk om dere har ny motor.
- Notat 4** **51.Q04** **Sekundærluftvifte 1** **Viftelager**
52.Q04 **Sekundærluftvifte 1** **1**
 Svake tegn til lagerfrekvenser på begge viftene. Nivået er meget lavt og ingen hörbar ulyd i lagrene. Kan være litt urunde lagerhus. Lite endring siden forrige måling.
 Anbefaler å smøre viftelagringene på alle 4 Sekundærluftvifter
- Notat 5** **51.Q06** **Røkgassvifte** **Vifte**
2
Frå forrige rapport: Ubalansvibrasjon i vifte. Høyeste nivå måles på motor. Ligger langt høyere enn 52.Q06. Lagerskade, viftelagring nærmest vifte. Lageret kan være løsnet (i hus eller på aksel)
 Denne målerunde: Fremdeles ubalansvibrasjon i vifte og høyest nivå på motor. Viftene blir kjørt med full hastighet (50 Hz) ved måling. Vibrasjonsnivået er lavere ved normaldrift ved lavere hastighet. Noe lavere ubalansvibrasjon målt på lager nærmest vifte, og lagerrelatert vibrasjon er også gått ned. Men drivsidelageret på viften har lagerfrekvenser i spekter (se utskrift). Lave nivåer og ingen hörbar ulyd, vil sannsynligvis holde ut sesongen.
- Notat 6** **52.Q06** **Røkgassvifte** **Viftelager**
1
Frå forrige rapport: Høyt nivå for høyfrekvent og demodulert, viftelagring. Smurte opp og tok ny måling, nivå gikk ned til normalverdi. OK. Pass på smørutiner.
 Denne målerunde: Fremdeles normale nivåer.
- Notat 7** **52.P01** **Shuntpumpe** **Motor**
1
 Forrige målinger: Hörbar ulyd i øvre lager. Spektrum tyder på at lageret kan være løst i skjoldet. Kun små endringer på de siste målingene.

Generelt:
 Alle motorer bortsett fra anleggspumpene er kjørt manuelt på 50 Hz. Anleggspumper kjørt manuelt på 34 Hz.

Utskrifter:
51.Q06 **Røkgassvifte** **Viftelager, drivside**



For sammenligning; samme måling på 52.Q06:



Stjørdal Fjernvarme AS

Rørvik 15/10/2015

Øyanvegen 10

7514 Stjørdal

Testresultat

Materiell: Stjørdal Fjernvarme	Hydraulikk Hydraulikk Innskubber	Komp.S/N: ST2.51.HYD 01
-----------------------------------	-------------------------------------	----------------------------

Uttaksdato: 20/09/2015

Ankomstdato 12/10/2015

Vårt referansenummer for analyser 73 988

Partikkel telling etter

			Antall:
Prøvestørrelse ml.	100	> 5 µm	12 057
Antall parallele prøver	3	> 10 µm	3 510
NAS Klasse: 7		> 15 µm	1 513
		> 25 µm	387
		> 50 µm	90
		> 100 µm	20

██████████ Rapporteringsdato 15/10/2015 Godkjent

Alle partikkel tellinger i prøven er normale.

Annet:

Eventuelle tidligere analyser på denne gjenstand finnes elektronisk lagret hos oss, og kan fremskaffes på forespørsel.

Analysemetoder:

Basotall: ASTM D 2986
Syretall: ASTM D 664
Vanninnhold Karl-Fisher: ASTM D 6304
Flammepunkt: ASTM D 7094
Viskositet: ASTM D 7042
Vann i olje ISO 9377-2: FluoroCheck II
Pour Point: ASTM D 95

Alkalitet: ASTM D 1121
pH Kjølevann: ASTM D 1287
Partikkel telling ISO 4406 NAS 1638
Metallanalyse: ASTM D 5185
% innblanding og frysepunkt: ASTM D 6210
Cloud Point: ASTM D 2500

Stjørdal Fjernvarme AS

Rørvik 15/10/2015

Øyanvegen 10

7514 Stjørdal

Testresultater

Materiell:
Stjørdal Fjernvarme

Hydraulikk
Hydraulikk Innskubber

Komp.S/N:
ST2.51.HYD 01

Rapporteringsdato:

15/10/2015 Godkjent
Alle målinger i prøven er normale.

Vårt ref.nr.for analysen: 73 987

Denne rapporten inneholder inntil de 5 siste resultater vi har gjennomført for denne gjenstanden.
Eventuelle tidligere resultater finnes elektronisk lagret hos oss, og kan fremskaffes på forespørsel.

Analysemetoder:

Basetall: ASTM D 2896
Syretall: ASTM D 664
Vanninnhold Karl-Fisher: ASTM D 6304
Flammepunkt: ASTM D 3828
Olje i Vann ISO 9377 – 2FluoroCheck II
Pour Point: ASTM D 97

Metallanalyse: ASTM D 5185
Viskositet: ASTM D 7042
Partikkelteiling ISO 4406/NAS 1638
FT – IR: Oilxpress
Cloud Point: ASTM D 2500

Materiell: Stjørdal Fjernvarme	Hydraulikk Hydraulikk Innskubber	Komp.S/N: ST2.51.HYD 01
Uttaksdato for prøven: Ankomstdato:	20/09/2015 12/10/2015	
Oljetype	UKJENT	
Bruktid Olje Bruktid individ Etterfylling		
Spektroskopisk analyse (ppm w/w)		
Sink (Zn)	474	
Fosfor (P)	388	
Nikkel (Ni)	0	
Bor (B)		
Jern (Fe)	0	
Magnesium (Mg)	0	
Molybden (Mo)	0	
Bly (Pb)	0	
Tinn (Sn)	0	
Silisium (Si)	0	
Vanadium (V)	0	
Aluminium (Al)	0	
Kobber (Cu)	0	
Krom (Cr)	0	
Natrium (Na)	0	
Kalium (K)	0	
Kalsium (Ca)	45	
FT-IR spektroskopi		
Antiwear (A/cm)	0	
Diesel (%)		
Glykol %		
Nitresjon (A/cm)	0	
Oksidasjon (A/cm)	4	
Sot (DIN1970 cm-1) %		
Sulfat (A/cm)	0	
Vann (%)	-	
Andre målinger		
Flammepunkt °C Lukket kopp		
Tetthet g/cm ³ 15°C		
Viskositet 40°C cSt	45.0	
Viskositet 100°C cSt		
Syretall mg KOH/g	0.7	
Basetall mg KOH/g		
Partikkeltelling		
Metode		
Vann PPM	19	
Rapporteringsdato	15/10/2015	
Resultat	Godkjent	
Annen Info:		

8.3 Vedlegg C: Intervju med personell fra Heimdal Fjernvarme

I dette vedlegget er svarene på spørreundersøkelsen fra kapittel 3 gitt. Det var kun tre som tok seg tid til å svare, henholdsvis gruppeleder (kapittel 8.3.1), anleggseier Topplast (kapittel 8.3.2) og Seniorrådgiver HS (Kapittel 8.3.3). Spørreskjemaet er todelt der første del handler om SAP og den andre delen handler om vedlikeholdsstyring og vedlikeholdsflyt generelt. Det var dessverre ingen som besvarte den andre delen av spørreundersøkelsen, men den er lagt ved i kapittel 8.3.4.

8.3.1 Gruppeleder

Spørreskjema SAP

Dette er et spørreskjema som skal benyttes til å kartlegge bruken av SAP ved fjernvarmeanlegget på Tiller. Hensikten er å finne ut hvilke erfaringer folk har med å bruke SAP. Dette innebærer å utrede fordeler og ulemper med programmet, hva savner de ansatte i ulike stillinger og er det tydelige trender i svarene. Undersøkelsen er anonym, den personlige informasjonen kandidaten oppgir er til for å prøve å finne sammenhenger i svarene.

Om deg:

1. Stilling: **gruppeleder**
2. Arbeidsoppgaver: **Sette folk i arbeid, kontorarbeid og div vedlikehold**
3. Alder: **53 år**
4. Antall år i Statkraft Varme: **20 år**
5. Hva synes du om SAP? **Synes det er ett bra hjelpemiddel.**

Opplæring:

1. Hvordan lærte du å bruke SAP? **Små kurs, og lært av andre.**
2. Hvor mye tid til opplæring? **Alt for lite.**
3. Hvor mye tid til oppfølging? **Ikke mye.**

Bruk:

1. Hva bruker du SAP til på jobb? **Behandle arbeidsordrer, handle, behandle faktura.**
2. Hvor ofte bruker du SAP på jobb? **Hver dag.**
3. Hvor mye tid bruker du i SAP pr dag? **Varierer, mulig 4 timer daglig.**
4. Hvor lang tid tar det å opprette en arbeidsordre fra avvik er observert? **Kjapt.**
5. Hvordan hjelper SAP deg å utføre arbeidsoppgaver? **Har oversikt hele tiden.**
 - a. Tilgang til dokumenter i felt, SJA, arbeidsprosedyrer og lignende.
6. Hvordan dokumenteres nye funn og forbedringstiltak i SAP, slik at like jobber blir utført på samme vis i fremtiden?

Forbedringspunkter:

1. Hva savner du ved bruk av SAP? **Vet ikke.**

8.3.2 Anleggseier Topplast

Spørreskjema SAP

Dette er et spørreskjema som skal benyttes til å kartlegge bruken av SAP ved fjernvarmeanlegget på Tiller. Hensikten er å finne ut hvilke erfaringer folk har med å bruke SAP. Dette innebærer å utrede fordeler og ulemper med programmet, hva savner de ansatte i ulike stillinger og er det tydelige trender i svarene. Undersøkelsen er anonym, den personlige informasjonen kandidaten oppgir er til for å prøve å finne sammenhenger i svarene.

Om deg:

1. Stilling: [Anleggseier Topplast](#)
2. Arbeidsoppgaver: [Vedlikeholdsplanlegging](#)
3. Alder: [43](#)
4. Antall år i Statkraft Varme: [9](#)
5. Hva synes du om SAP? [Bra system. Høy brukerterskel.](#)

Opplæring:

1. Hvordan lærte du å bruke SAP? [Intern opplæring](#)
2. Hvor mye tid til opplæring?
3. Hvor mye tid til oppfølging?

Bruk:

1. Hva bruker du SAP til på jobb? [Arbeidsordre, Innkjøp, Fakturabehandling, Behandling av HSE-avvik og forbedringsforslag.](#)
2. Hvor ofte bruker du SAP på jobb? [Flere ganger pr. dag](#)
3. Hvor mye tid bruker du i SAP pr dag? [Ca 1 time](#)
4. Hvor lang tid tar det å opprette en arbeidsordre fra avvik er observert? [3-5 min](#)
5. Hvordan hjelper SAP deg å utføre arbeidsoppgaver?
 - a. Tilgang til dokumenter i felt, SJA, arbeidsprosedyrer og lignende. [SJA er tilgjengelig, mangler tilgang til dokumenter, tegninger og prosedyrer](#)
6. Hvordan dokumenteres nye funn og forbedringstiltak i SAP, slik at like jobber blir utført på samme vis i fremtiden? [Gjennom FV-planer](#)

Forbedringspunkter:

1. Hva savner du ved bruk av SAP?

8.3.3 Seniorrådgiver HS

Spørreskjema SAP

Dette er et spørreskjema som skal benyttes til å kartlegge bruken av SAP ved fjernvarmeanlegget på Tiller. Hensikten er å finne ut hvilke erfaringer folk har med å bruke SAP. Dette innebærer å utrede fordeler og ulemper med programmet, hva savner de ansatte i ulike stillinger og er det tydelige trender i svarene. Undersøkelsen er anonym, den personlige informasjonen kandidaten oppgir er til for å prøve å finne sammenhenger i svarene.

Om deg:

1. Stilling: **HS rådgiver**
2. Arbeidsoppgaver: **Alt innen rådgivning for Helse og sikkerhet**
3. Alder: **54**
4. Antall år i Statkraft Varme: **19**
5. Hva synes du om SAP? **Benytter kun SAP for Emendo og ellers å ser sammen med andre**

Opplæring:

1. Hvordan lærte du å bruke SAP? **Har ikke lært SAP. Om en tar Emendo er opplæringen gjort av key user i Statkraft i 2010**
2. Hvor mye tid til opplæring? **Tja, superbrukerkurs på ett par dager + underveis ved nye oppdateringer**
3. Hvor mye tid til oppfølging? **Spør key user ved behov er selv superbruker**

Bruk:

1. Hva bruker du SAP til på jobb? **Emendo og innsyn i enkelte AO**
2. Hvor ofte bruker du SAP på jobb? **Emendo nesten daglig, SAP sjekdent**
3. Hvor mye tid bruker du i SAP pr dag? **Noe, timer ved rapportering ellers bare innsyn og purringer .**
4. Hvor lang tid tar det å opprette en arbeidsordre fra avvik er observert? **Via app ett minutt**
5. Hvordan hjelper SAP deg å utføre arbeidsoppgaver? **Dokumentert eierskap slik at avvik blir hurtigere lukket.**
 - a. Tilgang til dokumenter i felt, SJA, arbeidsprosedyrer og lignende. **JA**
6. Hvordan dokumenteres nye funn og forbedringstiltak i SAP, slik at like jobber blir utført på samme vis i fremtiden? **For HSSE i Emendo via app, emendo 2.0 eller Emendo light. For AO vet jeg ikke-**

Forbedringspunkter:

1. Hva savner du ved bruk av SAP? **Hadde sustemet det vært logisk Windows hadde alt vært enklere**

8.3.4 Spørreskjema for vedlikeholdsstyring og vedlikeholdsflyt

Dette spørreskjemaet ble ikke besvart av noen av de ansatte som ble spurt.

Vedlikeholdsstyring og vedlikeholdsflyt

Dette er et spørreskjema som skal benyttes til å kartlegge vedlikeholdsstyringen og vedlikeholdsflyten i Statkraft Varme. Hensikten er å kartlegge hvordan vedlikeholdet blir utført ved de ulike anleggene fra avvik oppdages, til nødvendig tiltak er utført. Undersøkelsen er anonym, den personlige informasjonen kandidaten oppgir er til for å prøve å finne sammenhenger i svarene.

Om deg:

1. Stilling:
2. Arbeidsoppgaver:
3. Alder:
4. Antall år i Statkraft Varme:
5. Hva synes du om vedlikeholdsflyten ved anlegget du jobber?

Bruk:

1. Hvordan rapporteres avvik/observasjoner i felt?
2. Hva synes du om denne rapporteringsmåten?
3. Hvem (stilling, ikke navn) er ansvarlig for at riktig vedlikeholdstiltak utføres til riktig tid?
4. Tenkt tilfelle: Du går ut i anlegget og ser en liten feil, som du fort kan rette opp (for eksempel oljedråper fra pakning med en løs skrue). Blir slikt rapportert?
 - a. Dersom ja, hvordan? og blir den slags brukt til å forutsi fremtidige vedlikeholdsbehov?
 - b. Dersom nei, hvorfor ikke?
5. Dersom du har meldt inn en arbeidsordre, blir du ansvarlig for å få den lukket?

Nytte:

1. I følge vedlikeholdsstyringssløyfa til Statkraft Varme er Rapportering og analyse av rapportene essensielle nøkkelpunkter. Hvordan blir rapporterte avvik og observasjoner brukt til å forutsi fremtidig vedlikeholdsbehov?
2. Blir tekniske tilstander til komponenter brukt i sammenheng med prosessparametere for å finne sammenhenger, og dermed til å prediktere fremtidig vedlikeholdsbehov?
3. Har du innspill til hvordan Statkraft Varme kan finne ut når komponenter trenger vedlikehold?

8.4 Vedlegg D: 50 Spørsmål før implementering av CMMS

Dette vedlegget er en oversatt versjon av 50 spørsmål en organisasjon bør stille seg ved implementering av et databasert vedlikeholdsstyringssystem (CMMS). Originalteksten er hentet fra <http://www.reliableplant.com/Read/13411/cmms-computerization> (Levitt, 2009).

Nøkkelord fra 50 questions before computerization:

1. Støtte fra ledelsen er essensielt
2. Tilstrekkelig ressurser
3. Personfokus. Bli det satt av tid til å fordype seg I programmet og utforske feil og oppdagelser?
4. Lønn/timer/vedlikeholdstimer
5. Som nr. 3. Er det tid til å søke i feilhistorikk?
6. Kan det settes av nok tid til å kategorisere feil slik at identiske komponenter/systemer kan sammenlignes?
7. Paretoprinsippet (80/20). 20% av Maskinene står for 80% av vedlikeholdsbehovet. Satt av tid til å identifisere de dårlige aktørene?
8. Støtte til videreutvikling?
9. Inkludering av andre avdelinger?

Arbeidsordrer

1. Lett å håndtere, lett å videreutvikle? Strekkodeskanning, håndholdte enheter?
2. Lett å klassifisere arbeidsordrer?
3. Lett for enkeltindivid å skaffe seg oversikt over arbeid en må vente med å utføre grunnet pågående arbeid?
4. Lockout på arbeidsordrer?
5. Kostnadsestimering?
6. Oversikt over utestående vedlikeholdsjobber?
7. Service calls?
8. Status på arbeidsordrer?
9. Kalkulere backlog?
10. Lagring av arbeidsordrer, både åpne og lukkede? (Helst til enden av enhetens livssyklus)
11. Arbeidsplaner i henhold til ulike grupperinger? Type arbeid, lokasjon.

Lager

12. Stor-kostnad-analyse (deler over 500\$)
13. Lokasjon på deler, lett å finne frem?
14. Generere delekatalog og sortere deler etter: Bestillingshyppighet, leverandør
15. Forslag til lagerkvantum, bestillingstidspunkt, ordrestørrelse?

Vedlikeholdshistorikk og rapportering

16. Vedlikeholdshistorikk som kan gjenfortelles om flere år?
17. Mulighet for å hente informasjon om arbeidsordrer? Lukketid og andre analyserende faktorer
18. Rapporter for budsjett, arbeidsbemanning, ytelse?

19. Info til arb.planlegging
20. Isolere alt av utført arbeid i henhold til kategorier: lokasjon, produkt, mekaniker osv.
21. Lett å finne svar om spørsmål dukker opp?
22. Sammendrag av livssyklus historie til enheter?
23. Lett å sortere de få viktige hendelsene fra de uviktige og mange?
24. Skille mellom innenhus og outsourcet arbeid?
25. Rapportere vedlikeholdskostnader til pengebevilgningsenhet?
26. Rapporter om MTBF og MTTR?
27. Utheve gjentakende reparasjonsaksjoner?

PMsystemet

28. Lett å rapportere hendelser og avvik? Automatisk generere arbeidsordre?
29. Generer PM jobber til riktig dag, kjøretid, målt verdi etc.
30. Mulig å vise fremtidig arbeidsmengde for ulike yrkesgrupper?
31. Mulig å logge korte vedlikeholdsjobber på kort tid?
32. Skiller store fra små jobber og konflikt i planlagt vedlikehold?
33. Gruppere opprettede arbeidsordrer etter lokasjon for å spare reisetid?
34. Input data fra prediktive overvåkningssystemer?
35. Identifisere når komponentsvikt er billigere enn forebyggende vedlikehold?
36. Sammenligne PM-ressurser vs CM-ressurser vs akutt CM-ressurser brukt?
(Lage KPI-er for dette)

General

37. Kan systemet håndtere 3x så stor fabrikk? –Fremtidig ekspansjon
38. Lokasjon av eiendeler og hvor arbeid utføres?
39. Oversikt over garantier?
40. Lett å lære?
41. Integrerbart: lønn, innkjøp, produksjon etc.?
42. Lett å håndtere etterfølgende vedlikeholdsoppgaver?
43. Kompatibilitet med PCer
44. Vil leverandøren kunne fullføre implementeringsprosjektet (økonomisk)
45. Superbrukere disponibelt?
46. Løpende oppgraderinger?
47. Lokal installasjonsteam
48. Har ledelsen erfaring med store implementeringsprosjekter?
49. Har installasjonspersonell vedlikeholdserfaring?
50. Har leverandøren vært oppegående i over fem år?

8.5 Vedlegg E: Avviksmelding

Avviksmelding

Gjennom arbeidet med masteroppgaven ble det mer og mer tydelig at SAP ikke var så godt implementert i vedlikeholdssammenheng på Stjørdal som tidligere antatt. Anleggsstrukturen var ikke klar før 20. mai 2016, noe som innebar at det ikke gikk an å arbeide med anlegget i SAP før den tid. Dette er oppgave 3 i den originale oppgaveteksten hvor jeg skal analysere bruken av SAP på Lillemoen.

Planen var at jeg videre skulle bruke SAP til å legge inn en vedlikeholdsplan for en liten del av fjernvarmeanlegget. Dette var deloppgave 4 hvor jeg skulle beskrive teknisk status for anlegget ved hjelp av SAP. Videre skulle SAP benyttes til prediktivt vedlikehold for denne delen av anlegget. Denne vinklingen av oppgaven måtte forandres. Hovedårsaken er at jeg ikke kunne starte arbeidet med anlegget i SAP før 20 mai. En annen viktig årsak til endringen er at bruk av SAP er veldig omfattende og ressurskrevende, for en som ikke har det som fast arbeid, å sette seg inn i. Det ville resultert i lite faglig utbytte for min del. Statkraft Varme er heller ikke der hvor de ønsker med SAP på Lillemoen eller Heimdal fjernvarmesentral. Anleggseier ved anleggene er fortsatt under kursing i SAP og har heller ikke tilstrekkelig med kunnskap til å benytte programmet til det fulle i vedlikeholdssammenheng.

Grunnet vesentlige mangler på tid og ressurser til opplæring har Per Schjølberg, Luis Alberto Morais da Conceicao og jeg blitt enige om å vinkle oppgaven mer mot å opprette et rammeverk til analyse av innrapporterte avvik og oppdagelser. Det fokuseres mindre på å kunne bruke SAP og mer på å kartlegge hvilke muligheter programmet tilbyr og hvordan det kan brukes til å styrke vedlikeholdsorganisasjonen i Statkraft Varme.

I oppgaven blir delen om bruk av SAP støttet opp av dagens praksis ved Heimdal Fjernvarme. Jeg benytter meg av hvordan de planlegger og utfører vedlikeholdet sitt i SAP og har analysert hvordan de ulike konseptene kan overføres til anlegget på Lillemoen. I tillegg fikk jeg delta på et praktisk kurs i SAP gjennom Statkraft Varme hvor kursholder viste oss muligheter og metoder knyttet til programmet.

Oppgave 4 blir endret til: Utred hvordan Statkraft Varme kan benytte SAP til å lukke vedlikeholdsstyringsløyfa ved fjernvarmeanlegget på Stjørdal. Dette innebærer å se nærmere på bruk av elektroniske sjekklister, bruk av håndholdte enheter for rapportering, oppretting av feilmeldinger og muligheter for å automatisere vedlikeholdsplanleggingen ved anlegget.

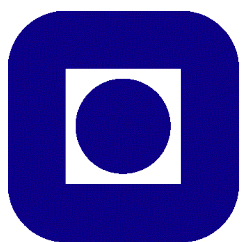
Oppgave 6 blir endret til: Opprett et arbeidsflytskjema for hvordan innrapporterte avvik og feilmeldinger kan analyseres og benyttes til forbedringer i vedlikeholdsstyringen ved fjernvarmeanlegget på Stjørdal.



Luis Alberto Morais da Conceicao

8.6 Vedlegg F: Forstudierapport

På neste side starter forstudierapporten knyttet til denne masteroppgaven.



NTNU
Norwegian University of
Science and Technology

Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi, IVT

Institutt for produksjons- og kvalitetsteknikk, IPK

Forstudierapport

Prediktivt vedlikehold

Statkraft Varme

Trond Espset
VÅREN 2016



Forord:

Som en del av emnet TPK 4950 –sikkerhet, pålitelighet og vedlikehold, masteroppgave, har denne forstudierapporten til hensikt å skape en oversikt over det planlagte arbeidet knyttet til hver deloppgave. Dette omfatter tidsbruk, ressursbehov og fremgang i prosjektet.

Takk til faglærer og veileder Per Schjølberg under forstudiene.

Forstudierapporten er utarbeidet av Trond Espset ved NTNUs institutt for kvalitets- og produksjonsteknikk.



Trondheim, 25.09.2015

Trond Espset

Innhold

Forord:.....	i
1 Introduksjon:.....	1
2 Beskrivelse av prosjektet	2
3 Problemstilling.....	3
4 Aktører knyttet til prosjektet.....	4
4.1 NTNU.....	4
4.2 Statkraft Varme AS	4
5 Mål med prosjektet	5
6 Prosjektstyring	6
7 Prosjektplan og statusrapport.....	7
8 Begrensende faktorer	8
8.1 Tid	8
8.2 Litteratur	8
9 Midlertidig Litteraturliste	8
9.1 Bøker	8
9.2 Standarder.....	9
9.3 Forskningsartikler.....	10
9.4 Lover og regler	11
Vedlegg A: Project Overview Statement (POS).....	12
Vedlegg B: Work Breakdown Structure (WBS).....	14
Vedlegg C: Cost, Time and Resources (CTS)	15
C.1. Arbeidspakke 1: Forstudierapport:.....	15
C.2. Arbeidspakke 2: Vedlikeholdsflyt i Statkraft Varme	17
C.3. Arbeidspakke 3: Vedlikeholdsplanlegging og prosessovervåking på Lillemoen	19
C.4. Arbeidspakke 4: SAP på Lillemoen	21

C.5. Arbeidspakke 5: Prediktivt vedlikehold	23
C.6. Arbeidspakke 6: Prediktivt vedlikehold i Statkraft Varme	25
C.7. Arbeidspakke 7: Case: SAP på Lillemoen	27
Vedlegg D: Gantt -skjema	29

1 Introduksjon:

Den avsluttende delen av en RAMS-mastergrad består av en masteroppgave på 30 studiepoeng. Denne gjennomføres vanligvis vårsemesteret ved 5. studieår. Dersom en ikke har utestående fag, skal all arbeidsmengde i løpet av semesteret konsentreres om masteroppgaven.

Hensikten med masteroppgaven er at studenten skal ha generell og primært teoretisk kunnskap innen faggruppens fagområder og anvende dette på en teoretisk eller industrirettete oppgaver. Denne oppgaven består i hovedsak av en forstudierapport og en prosjektrapport. Frister for innlevering av de ulike delene er henholdsvis 20. Februar og 10. Juni.

Jeg har valgt å skrive masteroppgaven på norsk, siden all informasjon og styrende dokumenter jeg har mottatt fra Statkraft Varme har vært på norsk. Med dette forsøker jeg å unngå misforståelser når det kommer til terminologi. Fremmedord i forbindelse med vedlikehold er hentet fra standard: NS-EN 13306:2010.

Problemstillingen er utarbeidet av den ansvarlige professoren for prosjektet, Per Schjølberg, i samarbeid med Plant manager for Statkraft Varme distrikt Norge, Luis, Alberto Morais da Conceicao. I tillegg har PhD student Harald Rødseth vist interesse for oppgaven og har sagt seg villig til å hjelpe med strukturering av oppgaven og generell rådgivning.

Temaet for oppgaven er: Prediktivt vedlikehold i Statkraft Varme. Anlegget som prosjektet handler om er lokalisert på Stjørdal, nærmere bestemt, Lillemoen.

Denne forstudierapporten knyttet til masteroppgaven, skal brukes som et styringsdokument for å kunne disponere tiden mellom de ulike deloppgavene i prosjektet jevnt og strukturert. I tillegg skal forstudierapporten gi en oversikt over kostnader og ressursbehov gjennom utførelsen av masteroppgaven på et så tidlig stadium som mulig. Dette er for å kunne planlegge i god tid, og informere aktører knyttet til oppgaven om det oppdages særskilte behov.

Masteroppgaven utføres av B. Sc. Trond Espset, RAMS student ved institutt for produksjons- og kvalitetsteknikk i samarbeid med NTNU og Statkraft Varme.

2 Beskrivelse av prosjektet

Statkraft Varme AS fikk overlevert Fjernvarmeanlegget på Lillemoen fra utbygger 12.05.2015. Anlegget er ganske likt de andre fjernvarmeanleggene i Region midt, men det er ikke utviklet en fullverdig drift og vedlikeholdsstyringsplan for de respektive kritiske komponentene. Det meste av vedlikeholdsjobbene blir utført etter eget initiativ fra driftsansvarlig som er fast ansatt ved anlegget.

Det er utarbeidet sjekklister som gjennomgås hver mandag, onsdag og fredag hver uke. I tillegg er det en egen sjekklister for egne punkt som skal sjekkes med én måneds mellomrom. Utover dette er det en del data som leses av på målere i anlegget. Blant annet vannforbruk, strømforbruk, oljeforbruk på oljekjeler osv. Dette er med på å gi operatøren en pekepinn på tilstanden av hele anlegget, men vurdering av behov for vedlikehold blir veldig subjektivt preget, og kan variere stort mellom ulike inspektører.

Statkraft Varme er i en fase hvor de går over fra DASH som vedlikeholdsstyringssystem til SAP. Dette er en lang og tidkrevende prosess som byr på store utfordringer, både økonomiske og organisatoriske. På fjernvarmeanlegget på Lillemoen benytter de ikke SAP til vedlikeholdsstyring enda. Statkraft Varme har i den forbindelse utarbeidet oppgaver i denne masteroppgaven hvor jeg skal se nærmere på hvordan SAP kan benyttes effektivt på Lillemoen, og hvordan vedlikeholdet kan bli mer prediktivt.

Statkraft Varme ønsker å ta i bruk ressurser som organisasjonen allerede har til å styrke rapporterings- og dokumenteringsarbeidet. Dette styrker grunnlaget for at riktige avgjørelser blir tatt til riktig tid. I tillegg er organisasjonen interessert i å se nytten av å kunne knytte drift og vedlikehold nærmere sammen. Gjennom å utrede hvordan teknisk tilstand til komponenter påvirker prosessparametere og omvendt, kan Statkraft Varme utføre vedlikehold mer prediktivt og lettere estimere fremtidig vedlikeholdsbehov på anleggene sine.

Denne masteroppgaven fokuserer på å se hvordan Statkraft Varme kan benytte seg av sine tilgjengelige ressurser for å kunne bli mer prediktive i sin utførelse av vedlikehold. I tillegg skal fordelene med prediktivt vedlikehold utredes med hensyn til: HMS, økonomi, teknisk tilstand på komponenter og leveringssikkerheten til anlegget.

3 Problemstilling

Problemstillingen er laget av Per Schjølberg i samarbeid med Luis Alberto Morais da Conceicao. Masteroppgaven består i hovedsak av seks arbeidspakker som skal besvares i form av et praktisk prosjektarbeid med en forskningsrapport som sluttresultat. Endelig innleveringsfrist er 10. Juni dersom ingen uforutsette hendelser som hindrer fremgang i prosjektet skulle oppstå.

Arbeidspakkene i prosjektet er som følger:

1. Beskriv vedlikeholdsflyt for FV og KV for Statkraft varme og Lillemoen anlegget
2. Beskriv og analyser vedlikeholds planleggingen og prosess overvåkning for Lillemoen anlegget
3. Analyser bruken av SAP på Lillemo anlegget. Dette skal blant annet omfatte: kravspesifikasjon, behov, løsninger bruk og utfordringer
4. Beskriv teknisk status ved hjelp av SAP for Lillemoen anlegget. Diskuter også bruk av andre systemer for å fremskaffe teknisk status
5. Presenter og diskuter konseptet prediktivt vedlikehold
6. Utvikle et prediktivt vedlikehold konsept for Lillemoen anlegget

4 Aktører knyttet til prosjektet

4.1 NTNU

Dette prosjektet vil utarbeides med veiledning av Per Schjøllberg ved Institutt for Produksjons- og Kvalitetsteknikk (IPK). Instituttet er delt inn i fire hovedområder:

- Produksjonssystemer,
- Produksjonsledelse,
- Prosjekt- og kvalitetsledelse, og
- Risiko, pålitelighet, vedlikehold og sikkerhet (RAMS).

Instituttets samarbeid med SINTEF Teknologi og Samfunn gir muligheter for prosjekter og masteroppgaver knyttet til SINTEFs forskningsprosjekter (NTNU, 2016)

4.2 Statkraft Varme AS

Statkraft Varme AS er fjernvarmevirksomheten i Statkraft. De har drevet med energigjenvinning og fjernvarme siden 1982 og har per dags dato over 130 ansatte i Norge og Sverige. Selskapet har konsesjon for utbygging og drift av fjernvarme i Trondheim og Klæbu, Harstad, Ås, Narvik, Stjørdal, Namsos, Levanger, Moss, Nannestad, Borgerud, Haugerud og Sandefjord i tillegg til 5 forskjellige anlegg i Sverige.

Det største anlegget er lokalisert i Trondheim hvor over 30% av byens oppvarmingsbehov dekkes av fjernvarme levert av Statkraft Varme. Leveransen av fjernvarme dekker behovet til 8000 boliger og 650 bedrifter og offentlige bygg i Trondheim og Klæbu alene. Årlig produksjon for anlegget på Stjørdal og Trondheim er på henholdsvis 16GWh og 575GWh (Statkraft Varme, 2016)

Dette prosjektet utarbeides i samarbeid med Statkraft Varme AS med veiledning fra Luis Alberto Morais da Conceicao, plant manager for Statkraft Varme distrikt Norge og Edgar Markhus, Driftssjef Midt-Norge, Bio Norden.

5 Mål med prosjektet

Prosjektrapporten skal belyse de ulike fordelene med å utvikle vedlikeholdsstrategien til Statkraft Varme til å bli mer prediktiv. Økonomi, HMS, teknisk tilstand til komponenter og leveringssikkerhet til fjernvarmeanlegget er sentrale aspekter av prediktivt vedlikehold. Fordelene i henhold til disse sentrale temaene skal utredes og hvordan det er mulig å benytte seg av allerede eksisterende ressurser innad i organisasjonen til å bli mer prediktiv.

Ett av målene er å introdusere konseptet prediktivt vedlikehold til Statkraft Varme og benytte nøkkelpunktene i denne vedlikeholdsstrategien til å utvikle vedlikeholdsstyringen i organisasjonen ytterligere.

En vesentlig del av prosjektet omfatter bruk av SAP som ERP system på Lillemoen. Fjernvarmeanlegget på Stjørdal benytter seg av SAP, men ikke til vedlikeholdsstyring. Det er vesentlige forskjeller mellom anlegget på Tiller og Lillemoen. Anlegget på Tiller er vesentlig større, og har flere ansatte enn anlegget på Lillemoen. Det er derfor viktig å ta visse forbehold ved overføring av løsninger fra ett fjernvarmeanlegg til et annet.

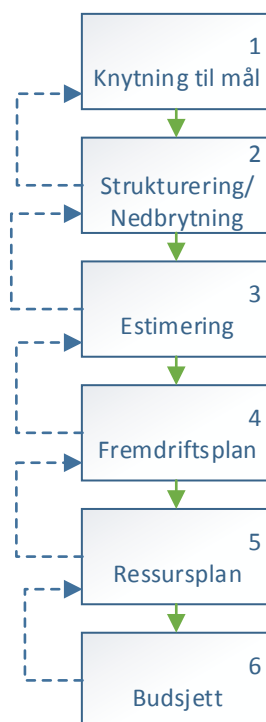
Vedlikeholds –konsepter, -styringsmodeller, -filosofier, -teorier og –standarder skal studeres og vurderes med det formål å optimalisere drift og vedlikeholdsstyringen i Statkraft Varme til et mer prediktivt nivå. Alle tekniske løsninger skal vurderes med hensyn til person- og driftssikkerhet i henhold til ALARP -prinsippet⁷. Dette for å ivareta person- og driftssikkerheten på best mulig måte, men også ut fra et kost-nytte perspektiv.

⁷ As Low As Reasonably Practicable. Risiko knyttet til en teknisk løsning skal ikke reduseres ytterligere uten forsvarlige kostnader.

6 Prosjektstyring

I følge (Westhagen, 2012) er styring å sette mål, planlegge hvordan målene skal nås, og å følge opp utførelsen. God prosjektstyring er helt avgjørende for å kunne realisere de fastsatte målene med prosjektet. Hovedoppgaven ved planlegging er å samordne aktiviteter og ressurser over tid, slik at de oppsatte målene kan oppnås med mest mulig ressursforbruk (Westhagen, 2012).

I styringen av planleggingsprosessen vil jeg følge hovedtråden i planleggingsprosessen presentert i Westhagen 2012, vist i figur 40.



Figur 40 Hovedtråden i planleggingsprosessen (Westhagen, 2012)

Disse trinnene er i min besvarelse:

1. Project Overview Statement (POS) i Vedlegg A
2. WBS i Vedlegg B
3. KTR skjema i Vedlegg C
4. Gantt –skjema med milepælplan i Vedlegg D.
5. Ressursplan er vist i KTR skjema i Vedlegg C
6. Budsjett er utredet i KTR-skjemaene

Vurderingsteknikk (Lichtenberg, 1990) er en metode brukt til å estimere ressursbruk i prosjekt. I dette tilfellet vil jeg bruke samme tilnærming for å prediktere hvor mye arbeidstid i semesteret som egentlig vil brukes til prosjektet.

$$\text{Middelverdi} = \frac{\text{min} + 3 \cdot \text{sannsynlig} + \text{maks}}{5}$$

Der «min» er pessimistisk skjønn for tidsforbruket, «maks» er optimistisk skjønn for tidsforbruket og «sannsynlig» er mest sannsynlig skjønn for tidsforbruket.

$$\text{Middelverdi} = \frac{720 + (3 \cdot 850) + 960}{5} = 846 \text{ timer}$$

En kan ut i fra denne teorien, forvente at prosjektet vil få avvik i antall timer nedlagt for å få det ferdig. I all hovedsak fordi det kan oppstå situasjoner som forsinker prosjektet. Dette kan være sykdom, familiesituasjoner eller andre uforutsette hendelser.

For å prøve å få bukt med dette, vil jeg sette opp en hierarkisk nedbryting av alle deloppgaver for å få en oversikt over hva som skal gjøres for å ferdigstille prosjektet. I tillegg skal jeg utarbeide et Gantt –skjema for å kunne disponere tiden jevnt mellom arbeidspakkene og sette tidsfrister for å driver prosjektet fremover. Gantt –skjemaet er mer et prestasjonsverktøy og gjør det lettere å se fremgangen i prosjektet. I tillegg vil jeg sette opp en milepælplan inn i Gantt -skjemaet.

Milepælplanen fokuserer på begivenheter eller resultater som forekommer ved ulike tidspunkt under utførelsesfasen av prosjektet. Det er viktig at milepælene er utarbeidet slik at det ikke gir noe rom for tolkning om hvorvidt målet er oppnådd (Westhagen, 2012).

7 Prosjektplan og statusrapport

En Work Breakdown Structure, hvor alle arbeidspakker er brutt ned i deloppgaver ref. vedlegg B, er utarbeidet for å kunne holde oversikten over hvilke oppgaver som skal utføres i løpet av prosjektet.

Et Gantt-skjema er laget for å kunne distribuere tiden mellom hver enkelt arbeidspakke jevnt, og illustrerer tidsfrister gjennom arbeidet med prosjektet.

Det er utarbeidet Kost Tid og Ressurs-skjema for hver arbeidspakke for å kunne estimere på et tidlig stadium om noen av oppgavene krever særskilte tilrettelegginger for å kunne gjennomføres. Dette for å sikre god forvarslingstid for aktører knyttet til hver enkelt arbeidspakke. I tillegg skal det føres faktisk tid- og ressursforbruk for hver enkelt arbeidspakke i prosjektet.

En arbeidsuke for en sivilingeniørstudent ligger på omtrent 48 timer. Siden jeg ikke har flere fag i tillegg til denne masteroppgaven, kan all denne tid benyttes til å oppfylle arbeidskravet til oppgaven hver uke.

I tillegg skal det skrives statusrapporter under arbeidet med prosjektet.

8 Begrensende faktorer

8.1 Tid

Midlertidig oppgavetekst til masteroppgaven ble delt ut 15. januar, og fristen for å levere inne forprosjektet er 4 uker fra den tid, altså 12. februar. Derfra starter arbeidet med hoveddelen av fordypningsprosjektet, som har innleveringsfrist 10. juni. Med tanke på at det skal brukes 48 timer hver uke, blir dermed maksimal total arbeidstid for hoveddelen begrenset til ca. 960 timer.

8.2 Litteratur

Litteraturen som benyttes i denne masteroppgaven er knyttet til fordypningsprosjektet som ble utført i høsten 2015 for Statkraft Varme. I tillegg vil nye relevante bøker, forskningsartikler og utdelte dokumenter for Statkraft Varme benyttes.

Utfordringen vil ligge i å kunne finne den mest relevante litteraturen innen fagfeltet. I tillegg er de ansatte ved IPK veldig hjelpelige vedrørende spørsmål fra studenter, og derfor veldig gode støttespillere i utforming av oppgaven. Ansatte ved Statkraft er også hjelpelige med å dele informasjon og støttelitteratur relatert til prosjektet. Jeg har også kontaktpersoner i Statkraft som følger opp, dersom noe skulle være uklart i oppgaven.

9 Midlertidig Litteraturliste

9.1 Bøker

Bye, P. I., 2009. *Vedlikehold og Driftssikkerhet*. 1 red. Trondheim: s.n.

Deal, T. E. & Bolman, L. G., 2012. *Nytt perspektiv på organisasjon og ledelse*. 4 red. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS.

Duffuaa, S. O. & Raouf, A., 2015. *Planning and Control of Maintenance -Modelling and Analysis*. 2 red. Switzerland: Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London.

Hawkins, S., 2004. *Lean Maintenance*. 1 red. Oxford: Elsevier Inc..

Holmberg, K. et al., 2010. *E-Maintenance*. 1 red. New York: Springer Dordrecht Heidelberg London New York.

Kjellén, U., 2000. *Prevention of Accidents Through Experience Feedback*. 1 red. London: Taylor & Francis.

Lichtenberg, S., 1990. *Prosjektplanlægning i en foranderlig verden*. 3. red. Lyngby, Danmark: Polyteknisk forlag.

Palmer, R. D., 2013. *Maintenance Planning and Scheduling Handbook*. 3 red. United States of America: McGraw-Hill.

Redding, L. & Roy, R., 2015. *Through-life Engineering Services -Motivation, Theory, and Practice*. 1. red. Switzerland: Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London.

Schjøberg, P., 1987. *Driftssikkerhet*. 1 red. Trondheim: Universitetet i Trondheim Norges Tekniske Høgskole.

Stark, J., 2015. *Product Lifecycle Management*. 3. red. Switzerland: Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London.

Westhagen, H., 2012. *Prosjektarbeid*. 6. red. Oslo: Gyldendal Akademisk.

Wilson, D. A., 2013. *Asset Management*. 2 red. Frome, Somerset, UK: Conference communication.

9.2 Standarder

NS-EN 13306, 2010. *NS-EN 13306: Vedlikehold Vedlikeholdsterminologi*. Brussels: European committee for standardization (CEN).

European Committee for Standardization, 2014. *Vedlikehold Kvalifikasjonskrav for vedlikeholdspersonell*. Brussels: CEN-CENELEC Management Centre: Avenue Marnix 17.

NS-EN 15341, 2007. *Vedlikehold Hovedindikator for ytelse innen vedlikehold*, Brussels: Standard Norge.

9.3 Forskningsartikler

Eide, S. A., Gentillon, C. D., Wierman, T. E. & Rasmuson, D. M., 2005. *Reevaluation of Station Blackout Risk at Nuclear Power Plants*, Idaho Falls: Idaho National Laboratory. Risk, Reliability, and NRC Programs Department.

Lee, E.-C. & Na, J.-H., 2013. Establishment of a maintenance program to prevent loss of offsite power in nuclear power plants. *Nuclear engineering and technology*, 45(6), pp. 791-795.

Márquez, A. C., 2007. *The Maintenance Management Framework -Models and Methods for Complex Systems Maintenance*. 1. red. London: Springer-Verlag London Limited.

Mishra, R. P., 2014. *Structural modelling and analysis of world-class maintenance system: a graph theoretic approach*, Pilani, Rajasthan – 333031, India: Birla Institute of Technology and Science,.

Noroozi, A. et al., 2012. *Determination of human error probabilities in maintenance procedures of a pump*, Published online: Elsevier B.V..

Rødseth, H., Strandhagen, J. O. & Schjøberg, P., 2015. *Key Performance Indicators for Integrating Maintenance Management and Manufacturing Planning and Control*, Trondheim, Norway: Department of Production and Quality Engineering, Norwegian University of Science and Technology,.

Trojan, F. & Morais, D. C., 2015. *Maintenance Management Decision Model for Reduction of Losses in Water Distribution Networks*, Published online: Springer Science+Business Media Dordrecht.

Zhu, Q., Peng, H. & van Houtum, G.-J., 2015. *A condition-based maintenance policy for multi-component systems with a high maintenance setup cost*, Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

9.4 Lover og regler

Forskrift om utførelse av arbeid, bruk av arbeidsutstyr og tilhørende tekniske krav.

Lov om produksjon, omforming, overføring, omsetning, fordeling og bruk av energi m.m.
(energiloven) Kap. 5. Fjernvarmeanlegg

Forskrift om forebyggende sikkerhet og beredskap i energiforsyningen
(beredskapsforskriften)

Vedlegg A: Project Overview Statement (POS)

Project Overview Statement (POS)			
Prosjekt:	Prediktivt vedlikehold i Statkraft Varme		
Ansvarlig:	Trond Espset	Dato revidert:	27.01.2016
Problem:			
<p>Statkraft Varme fikk overlevert fjernvarmeanlegget på Lillemoen fra utbygger 12.05.2015. De har arbeidet med å utvikle en forebyggende vedlikeholdsstrategi og lagret informasjon i et program som kalles Dash.</p> <p>Nå er det bestemt at organisasjonen skal innføre SAP for alle avdelinger og anlegg. Dette byr på store utfordringer, både økonomiske og organisatoriske. ' </p> <p>Statkraft Varme benytter allerede SAP ved anlegget på Tiller. Nå skal det innføres på anlegget på Stjørdal. Organisasjonen ønsker å benytte seg av ressurser de allerede har til å bli mer prediktiv i vedlikeholdet sitt. Dette innebærer en suksessrik implementering av SAP.</p>			
Mål:			
<p>Denne oppgaven fokuserer på å se nærmere på fordelene av implementering av SAP på et så lite anlegg som Lillemoen, ut i fra HMS, økonomi, teknisk tilstand til komponenter og leveringssikkerhet.</p> <p>Hovedoppgaven er å finne ut hvordan Statkraft Varme kan ta i bruk midler de allerede har innad i organisasjonen for å kunne utføre mer prediktivt vedlikehold.</p>			
Delmål/milepæler:			
<ul style="list-style-type: none">- Innlevering av forstudierapport: 31. Januar- Innlevering av sluttrapport: 10. Juni- Innlevering av statusrapporter: etter ønske fra veileder underveis- Kartlegge bruken av SAP ved fjernvarmeanlegget på Tiller. (Intervjuer med personell helt ned til operatørnivå)- Beskrive vedlikeholdsflyten ved anlegget på Lillemoen (Intervjuer med driftspersonell og driftssjef)- Utrede konseptet prediktivt vedlikehold			

Kriterier for suksess:

- Prosjektet får høy prioritet og det blir lagt ned mye arbeid
- Innleveringsfrister blir holdt
- Den fastsatte arbeidsplanen blir fulgt og egne tidsfrister for delmål blir holdt
- Statkraft deler ut sine dokumenter i god tid
- Nøkkelpersonell i Statkraft er tilgjengelige for spørsmål og intervjuer

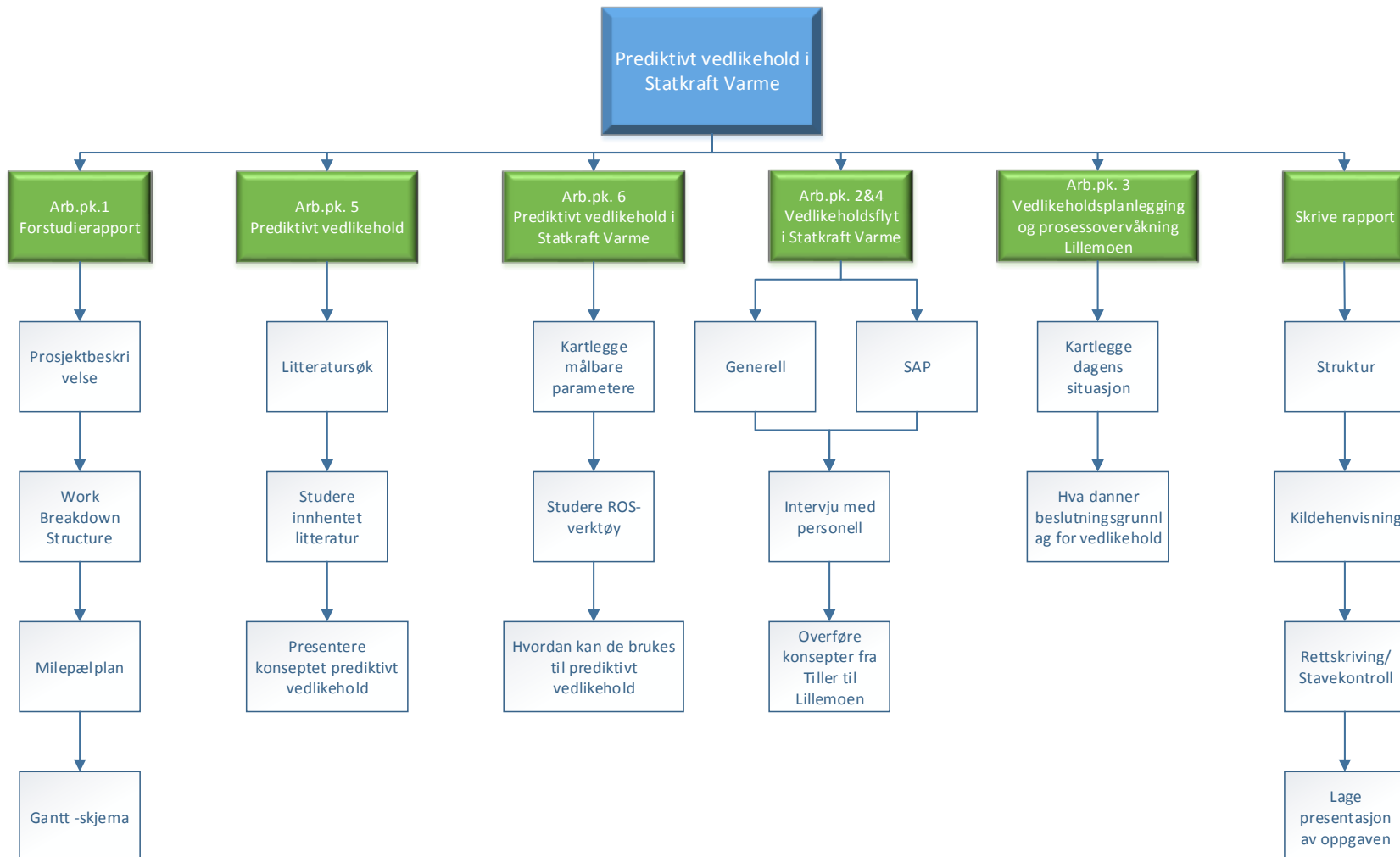
Antakelser med hensyn til risiko og uforutsette problemer:**Antakelser:**

- Kontaktpersonell har tid til å hjelpe når det trengs
- Personell i Statkraft lar seg intervjuer

Risiko og uforutsette problemer:

- Arbeid med jobbsøking tar opp for mye tid
- Estimert arbeidstid er for liten og dermed blir det bevilget for lite tid til de siste arbeidspakkene
- Sykdom, familiekriser eller skader i ulykke

Vedlegg B: Work Breakdown Structure (WBS)



Vedlegg C: Cost, Time and Resources (CTS)

C.1. Arbeidspakke 1: Forstudierapport:

Cost, Time and Resources (CTR)		
Prosjekt		Sist revidert
Prediktivt Vedlikehold i Statkraft Varme		27.01.2016
Arbeidspakke nummer	Arbeidspakke navn	Ansvarlig person
1	Forstudierapport	Trond Espset
Arbeidsoppgaver i pakken		
1) Skrive innledning, beskrive prosjektet og utrede problemstilling 2) Gå inn i dybden av hver arbeidspakke og sett opp en plan for utføring av prosjektet: a. KTR-skjema b. Gantt-skjema c. Work Breakdown Structure (WBS)		
Mål:		
Oppnå oversikt over prosjektet og utarbeide en strukturert plan for å holde orden på tidsbruk ved hver deloppgave Lage et verktøy som støtteapparat for å disponere tiden god mellom de ulike arbeidspakkene.		
Beskrivelse av innhold og arbeidsomfang:		
<ul style="list-style-type: none">- Beskrivelse av prosjekt- Problembeskrivelse- Prosjektplan- Arbeidsomfang og begrensninger		
Litteratur og ressurser:		
<ul style="list-style-type: none">- Prosjektarbeid, Utviklings- og endringskompetanse (Westhagen, 2012)- Nytt perspektiv på organisasjon og ledelse (Deal & Bolman, 2012)		
Arbeidsmetode:		
Gjennomgang av hver enkelt arbeidspakke og utarbeide en plan for hvordan hvert enkelt delmål skal realiseres for hver enkelt arbeidspakke.		

Utfordringer:

- Avgrense hver enkelt arbeidspakke i henhold til tidsbegrensninger
- Forså problemstillingen for hver enkelt arbeidspakke
- Snevre inn besvarelse innenfor fastsatte rammebetingelser og ikke gå utenfor oppgaven
- Innhente tilstrekkelig informasjon til å kunne gjennomføre hver arbeidspakke
- Distribuere tiden mellom arbeidspakkene jevnt i henhold til prioritering

Resultater:

Oversikt over prosjektets deloppgaver som skal utføres, og et styringsdokument i form av:

- Arbeidsbeskrivelser
- Work Breakdown Structure
- Gantt skjema
- Cost Time Resource tabeller for hver arbeidspakke

Estimert forbruk av tid og ressurser

Planlagt start:	Planlagt slutt:	Arbeidstimer:	Arbeidstimer pr. uke:
25.01.2016	05.02.2016	96	48

C.2. Arbeidspakke 2: Vedlikeholdsflyt i Statkraft Varme

Cost, Time and Resources (CTR)		
Prosjekt		Sist revidert
Prediktivt vedlikehold i Statkraft Varme		27.01.2016
Arbeidspakke nummer	Arbeidspakke navn	Ansvarlig person
2	Vedlikeholdsflyt i Statkraft Varme	Trond Espset
Arbeidsoppgaver i pakken		
<ul style="list-style-type: none">• Intervjue personell ved fjernvarmeanlegget på Tiller og Lillemoen• Finne ut hvordan punktene i vedlikeholdsstyringssløyfa realiseres i praksis		
Mål:		
Kartlegge hvordan Statkraft Varme holder oversikten over teknisk tilstand til sine anlegg ved bruk av SAP.		
Beskrivelse av innhold og arbeidsomfang:		
<ul style="list-style-type: none">• Utarbeide ulike spørreskjema for å hente inn informasjon fra ansatte• Dra til anlegget på Tiller for å intervju ansatte• Dra til anlegget på Lillemoen for å intervju driftsoperatør• Skrive rapporter og sammenlign praksis ved de ulike anleggene		
Litteratur og ressurser:		
<ul style="list-style-type: none">• Vedlikeholdshåndbøker og styrende dokumenter fra Statkraft Varme• Ansatte ved anleggene får fri til å svare på mine spørsmål er en forutsetning		
Arbeidsmetode:		
<ul style="list-style-type: none">• Spørsmålene utarbeides i hovedsak alene, kan høre med veileder om råd• Bruke Lync, som er kommunikasjonsprogrammet i Statkraft, til å kontakte personell ved de ulike anleggene, slik at jeg får avtalt møter• Intervjue ansatte for så å skrive inn i sluttrapporten		
Utfordringer:		
Ansatte får ikke fri til å svare på spørsmål		

Resultater:

- Oversikt over hvordan vedlikeholdet planlegges i praksis. Dette innebærer hele handlingsløpet fra et avvik oppdages til riktig tiltak iverksettes
- Jeg finner ut hvor godt fornøyd vedlikeholdspersonell er med å benytte SAP
- Jeg ser i hvor stor grad Statkraft Varme benytter seg av sine ressurser til å bli prediktive i sitt vedlikehold.

Estimert forbruk av tid og ressurser

Planlagt start:	Planlagt slutt:	Arbeidstimer:	Arbeidstimer pr. uke:
22.02.2016	11.03.2016	144	48

C.3. Arbeidspakke 3: Vedlikeholdsplanlegging og prosessovervåking på Lillemoen

Cost, Time and Resources (CTR)		
Prosjekt		Sist revidert
Prediktivt Vedlikehold i Statkraft Varme		
Arbeidspakke nummer	Arbeidspakke navn	Ansvarlig person
3	Vedlikeholdsplanlegging og prosessovervåking på Lillemoen	Trond Espset
Arbeidsoppgaver i pakken		
<ul style="list-style-type: none"> • Beskrive dagens situasjon på Lillemoen mht. <ul style="list-style-type: none"> ○ Fastsetting av vedlikeholdskrav og måltall ○ Vedlikeholdsplanlegging ○ Rapportering av avvik ○ Rutiner for inspeksjon ○ Dokumentering av funn og forbedringspotensialer ○ Bruk av innsamlet data til å estimere vedlikeholdsbehov ○ Bruk av dokumentasjon i praksis til å støtte utføring av arbeid (Arbeidsprosedyrer, Sikker Jobb Analyser, instruksjonsbøker etc.) 		
Mål:		
<ul style="list-style-type: none"> • Skaffe meg oversikt over dagens vedlikeholdsplanlegging på Lillemoen. • Finne ut om Statkraft Varme benytter seg av prosessparametere til å kartlegge vedlikeholdsbehov. Dersom ikke, er dette mulig? • Sjekk hvordan de driver risikovurdering (ROS-verktøy) i praksis 		
Beskrivelse av innhold og arbeidsomfang:		
<ul style="list-style-type: none"> • Reise til anlegget på Lillemoen og arbeide der • Samtaler med driftsoperatør og driftssjef på Lillemoen 		
Litteratur og ressurser:		
<ul style="list-style-type: none"> • Penger til togreise til Lillemoen. • Forutsetter at ansatte får bevilget fritid til å besvare mine spørsmål 		

Arbeidsmetode:

- Intervjuer med ansatt personell ved Lillemoen
- Gjøre egne observasjoner ved vanlige arbeidsdager på Lillemoen

Utfordringer:

Ansatte får ikke tid til å delta på mine intervjuer (Kan sendes på e-post til ansatte, så de kan svar når de selv får tid til det)

Resultater:

- Jeg danner meg et klart bilde over situasjonen på Lillemoen pr. dags dato.
- Det kommer frem i hvor stor grad vedlikeholdet i praksis avviker fra det teoretisk planlagte vedlikeholdet
- Kartlegging over hvordan Statkraft Varme benytter seg av sine ressurser til å styrke utførte oppgaver

Estimert forbruk av tid og ressurser

Planlagt start:	Planlagt slutt:	Arbeidstimer:	Arbeidstimer pr. uke:
14.03.2016	01.04.2016	96	48

C.4. Arbeidspakke 4: SAP på Lillemoen

Cost, Time and Resources (CTR)		
Prosjekt		Sist revidert
Prediktivt Vedlikehold i Statkraft Varme		
Arbeidspakke nummer	Arbeidspakke navn	Ansvarlig person
4	SAP på Lillemoen	Trond Espset
Arbeidsoppgaver i pakken		
<ul style="list-style-type: none">• Siden SAP ikke er innført på Lillemoen, må oppgaven dreie seg om hvordan SAP kan tas i bruk basert på erfaringer fra anlegget på Tiller.• Intervjuer av arbeidspersonell om bruken av SAP<ul style="list-style-type: none">○ Hvordan har overgangen vært til det nye systemet○ Hvem har vært ansvarlige for oppfølging og kursing av ansatte○ Hvor lang tid tok implementeringsfasen○ Hvor enkelt er systemet å bruke i dag osv.		
Mål:		
Kartlegge hvordan SAP benyttes innad i Statkraft Varme i dag og hvordan det med fordel kan benyttes som vedlikeholdsstyringsprogram for anlegget på Lillemoen. Et viktig mål er å kartlegge: Behov, utfordringer, løsninger, bruk, kravspesifikasjon ved bruk av SAP.		
Beskrivelse av innhold og arbeidsomfang:		
Denne arbeidspakken kan integreres i arbeidspakke 2: Vedlikeholdsflyt i Statkraft Varme. SAP vil være en del av intervjuet med ansatte, for å på best mulig måte kunne vurdere nyttheten av innføring av SAP på Lillemoen.		
Litteratur og ressurser:		
<ul style="list-style-type: none">• Tog/buss-billetter for reise til de ulike anleggene		
Arbeidsmetode:		
<ul style="list-style-type: none">• Selvlagde intervjuer, med rådgivning fra veileder.• Sende ut ønsker om intervju i god tid gjennom Statkraft e-post, eller samtaler i Lync		

Utfordringer:

Personell har ikke anledning til å delta på intervjuer (kan sendes på jobbmail slik at de kan svare når de har tid)

Resultater:

- Jeg vil få et bilde over utfordringer og erfaringer ved innføring av SAP som vedlikeholdsstyringsprogram ved fjernvarmeanlegget på Tiller.
- Intervjuene vil vise hvor fornøyd operatører og ledelse er med bruk av SAP i praksis.
 - Hvor mye lettere har hverdagen blitt med SAP?
 - Fungerer systemet så godt i praksis som ledelsen skal ha det til?
 - Hva har gevinstene vært ved innføring av SAP?

Gjennom intervjuer kan jeg finne ut hvor gunstig implementering av SAP vil være for anlegget på Lillemoen.

Estimert forbruk av tid og ressurser

Planlagt start:	Planlagt slutt:	Arbeidstimer:	Arbeidstimer pr. uke:
22.02.2016	11.03.2016	144	48

C.5. Arbeidspakke 5: Prediktivt vedlikehold

Cost, Time and Resources (CTR)		
Prosjekt		Sist revidert
Prediktivt Vedlikehold i Statkraft Varme		
Arbeidspakke nummer	Arbeidspakke navn	Ansvarlig person
5	Prediktivt vedlikehold	Trond Espset
Arbeidsoppgaver i pakken		
Presenter og diskuter konseptet prediktivt vedlikehold		
Mål:		
Bruke fagstoff fra industriens beste praksis innen prediktivt vedlikehold for å finne måter å gjøre vedlikeholdsstrategiene i Statkraft Varme mer prediktive		
Beskrivelse av innhold og arbeidsomfang:		
Litteraturstudier og analyser av hvilke metoder som kan benyttes i Statkraft Varme. Løsninger må vurderes med hensyn til Kost-nytte.		
Litteratur og ressurser:		
Forskningsartikler og publikasjoner innen prediktivt vedlikehold finnes på internett.		
Arbeidsmetode:		
<ul style="list-style-type: none"> • Litteraturstudier innen prediktivt vedlikehold • Gjøre vurderinger over hvilke konsepter som kan implementeres inn i Statkraft Varmes vedlikeholdsstrategier 		

Utfordringer:

Siden konseptet er relativt nytt, kan det hende at tilgjengelig informasjon i form av forskningsartikler er mangelfull eller svært få.

Resultater:

Jeg blir godt innforstått med konseptet prediktivt vedlikehold og presenterer det i oppgaven. Kartlegging av mulige tiltak som kan innføres for at vedlikeholdsstrategien på Lillemoen skal bli mer rettet mot prediktivt vedlikehold.

Estimert forbruk av tid og ressurser

Planlagt start:	Planlagt slutt:	Arbeidstimer:	Arbeidstimer pr. uke:
08.02.2016	19.02.2016	96	48

C.6. Arbeidspakke 6: Prediktivt vedlikehold i Statkraft Varme

Cost, Time and Resources (CTR)		
Prosjekt		Sist revidert
Prediktivt Vedlikehold i Statkraft Varme		
Arbeidspakke nummer	Arbeidspakke navn	Ansvarlig person
6	Prediktivt vedlikehold i Statkraft Varme	Trond Espset
Arbeidsoppgaver i pakken		
Utvikle et prediktivt vedlikeholdskonsept for Anlegget på Lillemoen		
Mål:		
<ul style="list-style-type: none">• Kartlegge hvilke målinger og metoder kan tas i bruk for å kunne forutsi fremtidig teknisk tilstand på komponenter og anlegget generelt• Finne ut hva organisasjonen allerede har som kan benyttes til prediktivitet• Analysere hvordan ROS-verktøyet til Statkraft Varme kan benyttes i sammenheng med prediktivt vedlikehold		
Beskrivelse av innhold og arbeidsomfang:		
<p>Anlegget på Lillemoen har lenge ønsket å utvikle metoder som gir sterkere grunnlag for at riktige avgjørelser blir tatt i god tid. Dagens vedlikeholdsstrategi er veldig erfaringsbasert og det blir dermed vanskelig for personell uten lang erfaring å forstå når komponenter er utenfor akseptable driftsparametere. Gjennom å utvikle metoder for lagring av målte driftsparametere ute i anlegget, kan en lettere trende resultatene og følge feilutviklingen for å kunne bli mer prediktive i vedlikeholdet.</p>		
Litteratur og ressurser:		
<ul style="list-style-type: none">• Dokumentasjon av utført arbeid i Dash.• Reiser opp til Stjørdal med tog		

Arbeidsmetode:

- Samtaler med driftssjef ved anlegget
- Samtaler med driftsoperatør ved anlegget
- Studier av bruksanvisninger til komponenter ved anlegget og kontakt med leverandører for råd til tilstandsovervåking (kost-nytte må alltid vurderes)

Utfordringer:

Driftssjef kan være opptatt med andre arbeidsoppgaver, og det kan dermed ta tid å få svar på spørsmål. Disse kan lett sendes via E-post. Det er også gode muligheter for å ha samtaler med personell innad i organisasjonen gjennom Lync

Resultater:

- Jeg finner Målbare parametere til komponenter som kan måles med faste intervall og dermed gi operatører og ledelse anledning til å trende resultatene. Dermed vil vedlikeholdsstrategien til organisasjonen bli mer prediktiv.
- Ansatte vil også ha større mulighet til å lære hvordan prosessen og teknisk tilstand på komponenter påvirker hverandre gjennom trendanalyser av innsamlet data
- Organisasjonen vil selv se nytten av å logge store mengder data og sortere de med en gang for så å fremstille de grafisk og oversiktlig.
- Gjennom å alltid lett kunne sjekke opp toleransegrenser for driftsparametere, vil enhver ansatt kunne diagnostisere komponenter uten eksperthjelp. Dermed øker kvaliteten på innrapporterte avvik og oppdagelser

Estimert forbruk av tid og ressurser

Planlagt start:	Planlagt slutt:	Arbeidstimer:	Arbeidstimer pr. uke:
04.04.2016	29.04.2016	240	48

C.7. Arbeidspakke 7: Case: SAP på Lillemoen

Cost, Time and Resources (CTR)		
Prosjekt		Sist revidert
Prediktivt Vedlikehold i Statkraft Varme		
Arbeidspakke nummer	Arbeidspakke navn	Ansvarlig person
7	Case: SAP for en liten del av Lillemoen	Trond Espset
Arbeidsoppgaver i pakken		
Gjøre seg kjent med SAP og bruk i praksis		
Utarbeide en case i SAP for en liten del av anlegget		
Mål:		
Få Statkraft Varme til å begynne å ta i bruk SAP som vedlikeholdsstyringsprogram		
Beskrivelse av innhold og arbeidsomfang:		
Lage et tilsvarende vedlikeholdsstyringsystem som på fjernvarmeanlegget på Tiller. Hensikten er å vise ledelsen at SAP vil kunne gjøre store forbedringer i vedlikeholdsplanleggingen ved små anlegg, så vel som store.		
Litteratur og ressurser:		
<ul style="list-style-type: none"> • Instruksjonsmanual for SAP • Møter med Superbrukere i SAP, ved spørsmål 		
Arbeidsmetode:		
<ul style="list-style-type: none"> • Skaffe tillatelser til bruk av SAP i Statkraft Varme • Besøk til fjernvarmeanlegget på Tiller • Sitte hjemme og øve meg på bruk av SAP 		
Utfordringer:		
<ul style="list-style-type: none"> • Statkraft Varme greier ikke å gjenopprette min bruker innen rimelig tid, slit at jeg ikke får startet med egentrening i SAP 		

Resultater:

Jeg får utarbeidet en case hvor jeg lager en fullstendig vedlikeholdsoversikt i SAP over en liten del av fjernvarmeanlegget. Forslag til at innskubbersystemet kan være casen, eller en annen del av anlegget.

Estimert forbruk av tid og ressurser

Planlagt start:	Planlagt slutt:	Arbeidstimer:	Arbeidstimer pr. uke:
02.05.2016	Får se hvor god tid	-	-

Vedlegg D: Gantt -skjema

