



Bacheloroppgave

PET600 Petroleumslogistikk

Vedlikeholdsanalyse RCM hos Shell

Erlend Thingvold Østgård, Martin Vikse og
Simen Alexander Pedersen

Totalt antall sider inkludert forsiden: 61 + 2 vedlegg

Kristiansund, 01.06.2017



Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring

Den enkelte student er selv ansvarlig for å sette seg inn i hva som er lovlige hjelpemidler, retningslinjer for bruk av disse og regler om kildebruk. Erklæringen skal bevisstgjøre studentene på deres ansvar og hvilke konsekvenser fusk kan medføre. Manglende erklæring fritar ikke studentene fra sitt ansvar.

Du/dere fyller ut erklæringen ved å klikke i ruten til høyre for den enkelte del 1-6:		
1.	Jeg/vi erklærer herved at min/vår besvarelse er mitt/vårt eget arbeid, og at jeg/vi ikke har brukt andre kilder eller har mottatt annen hjelp enn det som er nevnt i besvarelsen.	<input checked="" type="checkbox"/>
2.	Jeg/vi erklærer videre at denne besvarelsen: <ul style="list-style-type: none">• ikke har vært brukt til annen eksamen ved annen avdeling/universitet/høgskole innenlands eller utenlands.• ikke refererer til andres arbeid uten at det er oppgitt.• ikke refererer til eget tidligere arbeid uten at det er oppgitt.• har alle referansene oppgitt i litteraturlisten.• ikke er en kopi, duplikat eller avskrift av andres arbeid eller besvarelse.	<input checked="" type="checkbox"/>
3.	Jeg/vi er kjent med at brudd på ovennevnte er å <u>betrakte som fusk</u> og kan medføre annullering av eksamen og utestengelse fra universiteter og høgskoler i Norge, jf. Universitets- og høgskoleloven §§4-7 og 4-8 og Forskrift om eksamen §§14 og 15.	<input checked="" type="checkbox"/>
4.	Jeg/vi er kjent med at alle innleverte oppgaver kan bli plagiatkontrollert i Ephorus, se Retningslinjer for elektronisk innlevering og publisering av studiepoenggivende studentoppgaver	<input checked="" type="checkbox"/>
5.	Jeg/vi er kjent med at høgskolen vil behandle alle saker hvor det forligger mistanke om fusk etter høgskolens retningslinjer for behandling av saker om fusk	<input checked="" type="checkbox"/>
6.	Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av kilder og referanser på biblioteket sine nettsider	<input checked="" type="checkbox"/>

Publiseringsavtale

Studiepoeng: 15

Hovedveileder: Per Schjølberg

Veileder: Terje Bach

Fullmakt til elektronisk publisering av oppgaven

Forfatter(ne) har opphavsrett til oppgaven. Det betyr blant annet enerett til å gjøre verket tilgjengelig for allmennheten (Åndsverkloven, §2).

Alle oppgaver som fyller kriteriene vil bli registrert og publisert i Brage HiM med forfatter(ne)s godkjenning.

Oppgaver som er unntatt offentlighet eller båndlagt vil ikke bli publisert.

Jeg/vi gir herved Høgskolen i Molde en vederlagsfri rett til å gjøre oppgaven tilgjengelig for elektronisk publisering:

ja nei

Er oppgaven båndlagt (konfidensiell)?

ja nei

(Båndleggingsavtale må fylles ut)

- Hvis ja:

Kan oppgaven publiseres når båndleggingsperioden er over?

ja nei

Er oppgaven unntatt offentlighet?

ja nei

(inneholder taushetsbelagt informasjon. Jfr. Offl. §13/Fvl. §13)

Dato: 01.06.2017

Forord

Denne oppgaven markerer slutten på vår 3-årige bachelor i Petroleumslogistikk ved Høgskolen i Molde, avdeling Kristiansund. Oppgaven er et obligatorisk fag som utgjør 15 av totalt 180 studiepoeng. Oppgaven omhandler temaer vi har tatt for oss i faget PET500 - Vedlikehold og Vedlikeholdsstyring. Vi har tatt for oss et interessant tema innen vedlikehold som vi har hatt i et tidligere semester, RCM, og hvordan Shell håndterer en RCM analyse på vanninjeksjonssystemet på Draugen.

Vi ønsker å takke hovedveileder, Per Schjølberg, som brukte sitt nettverk til å gi oss muligheten til å skrive denne oppgaven. Vi vil også rette en takk til studieleder, Terje Bach, som har bidratt med kunnskap og konstruktive innspill samt gode råd når vi trengte det.

En stor takk rettes også til AS Norske Shell som vi har skrevet oppgaven hos. Vi vil spesielt takke lederen av pålitelighetsteamet og graduaten. Vi vil også takke konsulentene fra MainTech som har hjulpet oss å forstå RCM prosessen og besvart våre spørsmål. Vi vil også takke de ansatte ved Høgskolen i Molde og Høgskolesenteret i Kristiansund for hjelpen vi har fått underveis i oppgaven.

Sammendrag

Vår Bacheloroppgave er innenfor vedlikehold, med fokus på RCM og Industri 4.0. Vår bachelor er skrevet for Norske Shell AS og deres anlegg Draugen. Draugen er et aldrende anlegg som allerede har passert antatt levetid og for å sikre forlenget levetid er vanninjeksjon sentralt for å øke utvinningsgraden.

Oppgaven har en teoretisk gjennomgang av vedlikeholdshistorie, de ulike typene av vedlikehold og utviklingen innen vedlikehold. Vi presenterer også mulighetene innenfor vedlikehold i fremtiden.

Semesteret har blitt brukt til observasjon og bidrag til RCM analysen av fuelsystemet og smøreoljesystemet for vanninjeksjonsystemet på Draugen, gjennomgang av data for å finne forbedringsforslag som Shell kan ta nytte av til sine RCM analyser. I tillegg har vi analysert vedlikeholdshistorikk på de gamle systemene for å finne rotårsaker for feil.

Reliability centred maintenance er mye brukt i vedlikeholdsanalyser for å fastsette et vedlikeholdsprogram. Shell gjorde dette for vanninjeksjon, som vi fikk være med på som observatører og har basert oppgaven vår på dette. Shell har valgt å bruke RCM basert på tidligere erfaringer med gode resultater og spesielt innenfor planlegging og sammensetning av reservedelslager.

Vi skal også skrive om Industri 4.0 og hvordan dette kan være med på å forbedre RCM analysen og øke oppetiden. Industri 4.0 handler om å automatisere fabrikker og utstyr til å "bli smart". Cyber Physical Systems bruker blant annet internet of things, stordataanalyse og skydata. Vi har valgt å ta utgangspunkt i McKinsey sin rapport om Industri 4.0 og dens kompass over muligheter i Industri 4.0. Vi har valgt å fokusere på fremtidens muligheter, og hvordan Shell best kan benytte seg av disse.

Oppgaven presenterer også ulike forslag som Shell kan vurdere til sine fremtidige prosjekt, både fremtidsrettede og dagsaktuelle metoder.

Summary in English

Our Bachelor thesis is based on maintenance, especially within RCM and Industry 4.0. The thesis is written for Norske Shell AS and their offshore plant, Draugen. Draugen is a facility which has already expired its presumed life-span, and to secure a longer and more prosperous life-span it is vital to keep focus of the water-injection system.

The thesis presents a theoretical review of historical maintenance, the different aspects of maintenance and its evolving over time. The thesis also presents different possibilities maintenance might have in the future.

This semester has been used for observation and contribution for the RCM analysis of the fuel and lubrication system for the water injection system at Draugen, a review of previous error data to find proposals for improvements which Shell can use for a future RCM analysis. In addition, we have analysed the history of maintenance for the older system to find a root cause for an error.

RCM is mostly used in different analysis' regarding maintenance to properly set a maintenance program. Shell did this for the water-injection system, which we were allowed to participate in as observers. This has been the ground layer for our thesis. Shell has used RCM previously with positive results, especially regarding a planned composition of spare-parts stock.

We are also going to elaborate about Industry 4.0, and how it can effectively improve the RCM analysis and therefore raise uptime. Industry 4.0 effectively handles automatisations of factories and making its equipment "smart". The Cyber Physical Systems uses among other things Internet of things, big data and cloud data. We have decided to use McKinsey's report about Industry 4.0 as a foundation of this thesis, especially the reports' compass, which describes the opportunities Industry 4.0 presents. The thesis also focuses on the ideas of the future and how Shell can fully exploit them.

The thesis is also going to present different suggestions which Shell can consider for their future projects, suggestions both forward-looking and current ideas.

Forkortelsesliste

RCM - Reliability centered maintenance - Pålitelighetsbasert vedlikehold

PWRI - Produced Water Reinjection

NWIT - Nordlige vanninjeksjons brønnramme

SWIT - Sørilige vanninjeksjons brønnramme

P&ID - Piping and Instrumentation Diagram

PPM - Parts per million - Deler pr. million

LCP - life cycle profit - Profitt i livssyklusen

CMMS - Computerized maintenance management system - Digitalt vedlikeholdsprogram

IOT - Internet of Things - Tingenes Internett

FMEA - Failure mode and effects analysis - Feilårsaksanalyse

VR - Virtual Reality - Utvidet virkelighet

RFID - Radio-frequency identification - Radiofrekvensidentifikasjon

BOHICA - Bend over - here it comes again

RCA - Root Cause Analysis - Rotårsaksanalyse

BOM - Bill of Materials - Stykkelister

SJA - Sikker jobb analyse

Innhold

1.0	Innledning	1
1.1	Forventede funn i forhold til valgt problemstilling	2
1.2	Oppgavens mål	3
1.3	Oppgavens omfang og begrensninger	3
1.4	Metode	4
1.4.1	Observasjon	4
1.4.2	Dokumentundersøkelse	5
2.0	Shell i Norge	5
2.1	Shell i Norge	5
2.2	Shell i Kristiansund	6
2.3	Draugen	6
2.4	Ormen Lange	7
3.0	Moderne vedlikehold	8
3.1	Vedlikehold	8
3.1.1	Ingen og reaktivt (korrektivt) vedlikehold	10
3.1.2	Proaktivt vedlikehold	11
3.1.3	Smart vedlikehold	14
3.1.4	Viktigheten av vedlikehold	14
3.1.5	Organisering og planlegging av vedlikehold	16
3.2	Introduksjon til Industri 4.0	17
3.2.1	Industri 4.0 i Proaktivt vedlikehold	21
3.2.2	Remote Maintenance	22
3.2.3	Premisser for Industri 4.0	22
3.2.4	Ulemper ved Industri 4.0	23
3.2.5	Erfaring med Industri 4.0 fra andre bedrifter	23
3.3	RCM	27
3.3.1	Introduksjon	27
3.3.2	Historien bak RCM	28
3.3.3	Hensikten med RCM	29
3.3.4	Hovedtrinn i RCM-prosessen	29
3.3.5	RCM definisjoner og krav til nytenkning	30
3.3.6	Erfaringer med RCM analyser fra andre organisasjoner	31
4.0	RCM hos Shell	32

4.1	Vanninjeksjon.....	32
4.1.1	Smøreoljesystemet	33
4.1.2	Fuel-systemet	33
4.2	RCM prosessen hos Shell.....	34
4.3	Analyse av vedlikeholds-historikk	36
4.4	Eksempler på notifikasjonsårsaker hentet fra fuel-systemet	37
4.5	Ledetid.....	37
5.0	Drøfting	38
5.1	RCM og Industri 4.0.....	38
5.2	Våre forslag	39
5.2.1	VR/AR	39
5.2.2	Merking av deler for bedre rotårsaksanalyse og bedre data til RCM	40
5.2.3	3D printing	41
5.3	Hvordan forbedre RCM.....	41
5.3.1	Bruk av konsulenter:	43
5.4	LEAN i Shell	44
5.5	Reservedeler:	44
5.5.1	Kannibalisering	45
6.0	Konklusjon.....	46
7.0	Figurliste	48
8.0	Referanseliste.....	49
9.0	Vedlegg 1 – Teknisk beskrivelse
10.0	Vedlegg 2 – Forberedelser til RCM møtene hos Shell

1.0 Innledning

På et så gammelt anlegg som Draugen forventet vi ikke å finne utstrakt bruk av teknologi fra Industri 4.0. Draugen har drevet produksjon siden 1993 (Shell 2017) og ble dermed bygget lenge før Industri 4.0 var aktuelt. Noe bruk av moderne teknologi forventer vi likevel å finne, sett i sammenheng med fornyinger og oppgraderinger i forbindelse med forlenget levetid frem til 2023. (Petroleumstilsynet 2015) Industri 4.0 blir dermed et sentralt tema som vi skal ta for oss. Vi kommer også til å fokusere en del på bruk av konsulenter og hvordan Shell velger å utnytte outsourcete RCM eksperter.



Figur 1 - Oljeplattformen Draugen (Shell, 2017)

Problemstillingen ble derfor tredelt:

1. *Hva slags utfordringer er det til RCM analysen på Shell sitt aldrende anlegg Draugen?*
2. *Hvordan forbedre RCM analysen med bruk av Industri 4.0 og hva kan gjøres for å forbedre reservedelsproblematikken?*
3. *Hvordan bruker Shell konsulenter i sin RCM analyse?*

Produced water re-injection, fra nå kalt PWRI, har som funksjon å pumpe produsert vann ned i reservoarene og på den måten øke trykket i brønnen slik at mer av oljen kan utvinnes. Dette kalles trykkstøtte og brukes for å forlenge haleproduksjonen på Draugen. Sekundær funksjon er at vannet, som inneholder rester av olje og gass ikke blir sluppet ut i sjøen. Shell har som policy at vann som inneholder hydrokarboner ikke skal slippes til sjø. Dette er et produksjonskritisk system og det er et klart økonomisk motiv til å få det til å fungere.

De første årene ble Draugen driftet uten trykkstøtte da trykket i reservoarene ikke gjorde at det var nødvendig. I 2001 begynte vanninjeksjon da med sjøvann som var brukt til nedkjøling, dette fordi varmt vann inneholder mindre oksygen. Fordelen med reinjisering av produsert vann er at det er oksygenfritt.. Hensikten med å ha minst mulig oksygen i vannet er at det fører til mindre korrosjon på anlegget og bakterievekst i reservoaret (Torsvik et al.). På grunn av Shells policy hvor vann med hydrokarboner ikke skal slippes til sjø, har de koblet sammen renseanlegget for produsert vann med vanninjeksjonsystemet, som da blir systemet kalt PWRI.

Dette har frem til nå ikke vært et prioritert system. At systemet har stått så lenge uten å være i bruk, gjøre at mye kunnskap om systemet mangler og at ansvarsområder ikke er klart fordelt.

Direkte miljømessig gevinst er lav siden parts per million av olje i produsert vann er lavere enn både internt krav, på 15ppm og myndighetskrav 30 ppm. (OSPAR 2001) Effekten handler derfor mest om omdømme, da små utslipp, innenfor grensene, kan se ut som større da oljen legger seg over vann. Dette kan lett observeres fra helikopter eller båter i området og føre til svekket omdømme for Shell.

Det er to brønner det kan pumpes vann inn i, det er antatt at det har størst effekt å pumpe vann inn i den sørlige brønnen (SWIT) da dette gir høyest produksjonsgevinst. SWIT vil derfor bli prioritert og overskuddsvann vil bli sendt til den nordlige brønnen (NWIT). Shell har antatt at 1 uke tapt injeksjon av produsert vann i verdi vil gi en dag tapt produksjon et og et halvt år frem i tid. Det er derfor lønnsomt å bruke store ressurser på å sikre oppetiden på systemet.

1.1 Forventede funn i forhold til valgt problemstilling

Våre forventninger før vi starter prosessen hos Shell er høye. Vi forventer å se godt strukturert SAP data, et godt organisert vedlikeholdsprogram og ikke minst at alle prosesser som spesielt omhandler vedlikehold med tanke på sikkerhet skal bli gjort slik læreboken vår har beskrevet det. Slik har vi også forventet hele RCM prosessen skal foregå.

Vi forventer å lære mye på observasjonsmøtene fremover, samt å kunne bidra på de punktene vi kan. Måten Shell bruker rapporteringen i sin RCM analyse mener vi kommer til å bli sentral til vår oppgave.

1.2 Oppgavens mål

Vi ønsker ved denne oppgaven å komme med forbedringsforslag til vedlikehold ved hjelp av Industri 4.0. I tillegg skal vi se på og komme med forbedringsforslag til selve RCM prosessen. Vi ønsker med denne oppgaven å se på og analysere vedlikeholds-historikken til en eller flere delsystemer. Oppgavens mål er bygd opp av tre punkter vi fikk fra Shell:

1. Analysere vedlikeholds-historikk
2. Deltakelse på RCM
3. Forbedring

Basert på disse punktene og ønsker fra veileder har målet for oppgaven blitt å kartlegge RCM analysen på Draugen og hvilke utfordringer de har til sin RCM analyse. RCM prosessen omfatter Industri 4.0 og bruk av konsulenter.

1.3 Oppgavens omfang og begrensninger

Bacheloroppgaven utgjør 15 av 180 studiepoeng på vår bachelor i Petroleumslogistikk. Ett studiepoeng tilsvarer rundt 25 timers arbeid. Siden vi er tre studenter blir det da 1125 arbeidstimer totalt, som vil si 50 arbeidsdager per person á 7,5 time.

Oppgaven er begrenset i forhold til skolens krav til bacheloroppgaver, i henhold til studieplanen står det beskrevet at:

“Tema for oppgaven skal være logistikkrelatert, og skal godkjennes av studieleder før detaljarbeidet iverksettes. De fleste studentene skriver oppgaven i samarbeid med en ekstern oppdragsgiver. Oppgaven skal inneholde teori knyttet til de fagområdene som inngår i grunnstudiet eller anvendelser av denne.” Utenom dette er det få retningslinjer til en bacheloroppgave i Petroleumslogistikk.

En annen begrensning ved oppgaven er vår tekniske innsikt, grunnet at vi ikke har faget PET400 Olje- og gassteknologi som ble fjernet våren 2017. Dette har ført til at vi ikke har den innsikten i tekniske tegninger og kan delta på den måten vi ønsker i RCM møtene. Omfanget blir også begrenset da vi ikke rakk å delta på alle RCM møtene Shell gjennomførte for dette prosjektet. Vi hadde kun mulighet til å delta på RCM møtene for smøreoljesystemet og fuelsystemet.

1.4 Metode

Metode regnes som et en måte både til å løse problemer på, samt å kartlegge hendelser og studere fenomener. Det regnes som to hovedmåter å bedrive en metodetilnærming ifølge samfunnsvitenskapelig metode, kvalitativ og kvantitativ. I vår hovedoppgave kommer vi til å fokusere på den kvalitative metoden, som innebærer en mer åpen spørsmålstilnærming, med relativt få enheter involvert. Dette er på grunn av vår innsamling av empirisk materiale samt vårt ønske om å kunne være fleksible med arbeidet vårt. Vi har valgt å ta for oss to metoder innen kvalitativt åpent data; *Observasjon* og *Dokumentundersøkelse*. (Jacobsen, 2015.:145)

1.4.1 Observasjon

Observasjon er en måte å samle inn informasjon ved å ha én eller flere undersøkere som ser på hva mennesker gjør i ulike situasjoner. Undersøkeren(e) noterer ned hva som foregår i bestemte situasjoner eller krysser av i et skjema. Observasjon følger det kvalitative undersøkelsesopplegget, som omhandler få enheter, men samler til seg større og mer detaljert data da det er flere variabler i det begrensede gyldighetsområdet. Vi blir mer interessert i å høre hva enkeltindividene har å si over et kvantitativt opplegg.

Det er forskjell mellom deltakende og ikke deltakende observasjon. Deltakende observasjon skjer når undersøkeren er like mye med å delta som de man undersøker. Ikke-deltakende observasjon innebærer at man trekker seg mer unna dem man observerer, noe en undersøker gjør for å inspisere blant annet fysiske arbeidsforhold. (Jacobsen, 2016, 165) I vårt tilfelle når vi var på besøk hos Shell på Råket var vi for det meste observatører med ikke-deltakende observasjon. Det hendte likevel at vi ble spurt underveis om informasjonen om feilkilder som ble funnet i vanninjeksjonsystemet gjennom de siste årene var riktige. Vi var dermed delvis deltakende i denne observasjonen.

Vi var til stede under flere av RCM møtene Shell holdt i løpet av våren og fikk nyttig informasjon om systemet.

1.4.2 Dokumentundersøkelse

Litteraturstudie kalles ofte for dokumentundersøkelse. Dette innebærer at det brukes offentlige dokumenter, godkjente lærebøker, årsrapporter og nettsteder fra bedrifter og skoler. Poenget her er at det skal hentes inn informasjon som allerede er samlet inn av noen andre og settes inn i den aktuelle konteksten. En annen beskrivelse kan være en samling av studier om en bestemt problemstilling. (Kunnskapsbasert praksis 2012)

I sammenheng med vår oppgave er det blitt brukt diverse litteraturstudier fra tidligere fag og et større antall nettsider. Vi har brukt forskjellige nettsider for å finne eksempler på hvordan godt vedlikehold blir gjort, samt at vi har funnet eksempler på ledende teknologier innenfor industri 4.0.

2.0 Shell i Norge

2.1 Shell i Norge

Shell er et multinasjonalt oljeselskap som ble grunnlagt i 1890 og er en av de fire største oljeselskapene i verden. Kjerneaktivitetene til Shell er leting etter og produksjon av olje og gass. Shell har vært aktiv i Norge i over 100 år med oppstart i 1912. Shell er det internasjonale olje- og gasselskapet på norsk sokkel med størst produksjon.

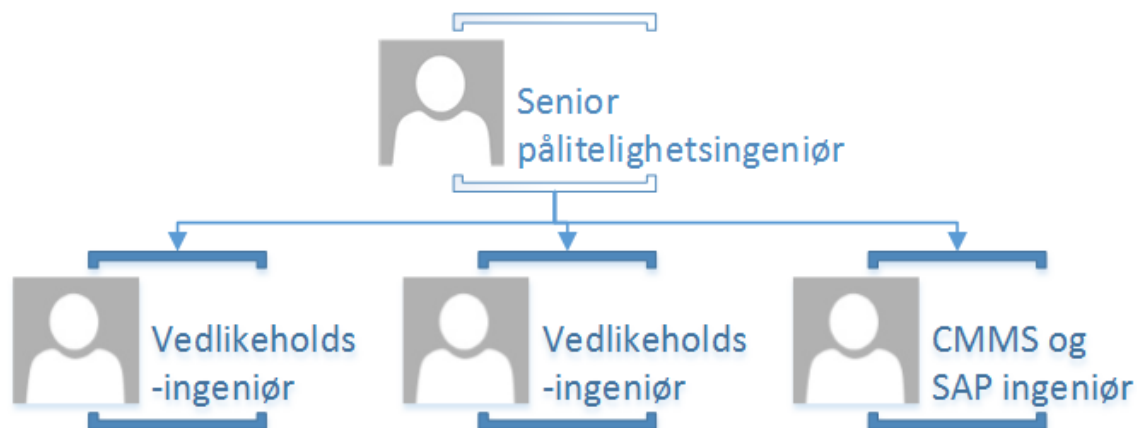
Shell sitt hovedkontor i Norge ligger i Sola utenfor Stavanger. I Kristiansund er Shell etablert med driftskontor for sine operasjoner i Midt-Norge på Råket. Fra Råket driftes oljeplattformen Draugen i Norskehavet, som vi tar for oss i denne oppgaven, og prosesseringsanlegget til gassfeltet Ormen Lange på Nyhamna (Shell 2017).



Figur 2 - Shell sitt driftskontor på Råket i Kristiansund

2.2 Shell i Kristiansund

Shell ble etablert på Råket i Kristiansund i 1992 og er som nevnt driftskontor for Shell sine operasjoner i Midt-Norge. Shell på Råket har et pålitelighetsteam som jobber med tilstandsbasert vedlikehold, masterdata i SAP og rotårsaksanalyser. Dette teamet består av en senior pålitelighetsingeniør som er sjefen i pålitelighetsteamet. Han har tre ansatte under seg igjen, to vedlikeholdsingeniører og en CMMS og SAP ingeniør. I tillegg til dette blir det hentet inn konsulenter fra MainTech til pålitelighetsteamet ved behov.



Figur 3 - Pålitelighetsteamet til Shell i Kristiansund

På RCM møtene til PRWI systemet er det noen faste deltakere, de to faste som jobber med prosjektet er en konsulent fra MainTech og en graduate fra Shell. Det blir også hentet inn minst en vedlikeholdsoperatør som er ekspert på delsystemene enten fra Draugen eller Råket ettersom hvor de er i prosjektet. I tillegg til dette er også sjefen for pålitelighetsteamet og en konsulent til fra MainTech også med på møtene.

2.3 Draugen

150 km nord for Kristiansund finner vi oljefeltet Draugen. Draugen var Shell sitt første opererte felt i Norge og startet produksjonen i 1993. Feltet var det første oljefeltet i drift nord for den 62. breddegrad og er en viktig milepæl i norsk petroleumshistorie. Draugen hadde når det ble startet en forventet levetid på mellom 17 og 20 år, og en estimert utvinningsgrad på under 40%. Draugen har nå vært operativ i 24 år, har en utvinningsgrad på rundt 70% og har produsert mer olje enn det originalt trodde var mulig å få ut av feltet (Shell, 2017).

Det ble i 2015 bekreftet at Draugen fikk forlenget levetiden sin til tidligst 09.03.2023. Representanter fra Shell har også sagt at på grunn av de positive resultatene at Draugen skal ha operasjoner til 2037. I 2013 ble det plassert nytt boligområder som økte kapasiteten på Draugen med 60%. Dette skapte også muligheten for blant annet flere Subsea installasjoner.



Figur 4 - Draugen (Shell, 2015)

2.4 Ormen Lange

Ormen Lange er det nest største gassfeltet i Norge og ligger rundt 120 km fra Kristiansund, og dekker 350 kvadratkilometer. På grunn av mye vind, bølger og havstrømmer i området opereres det under havoverflaten. Til tross for høy aktivitet på havbunnen som ras og minusgrader regnes det som mer sikkert å ha anlegget under overflaten da det er veldig lav sannsynlighet for ras. Gassen som blir hentet herfra blir prosessert i kort tid på Nyhamna hvor den ben blir eksportert 1200 km gjennom verdens nest største rørledning til Easington i Storbritannia (Shell, 2017)



Figur 5 - Nyhamna (Shell, 2015)

3.0 Moderne vedlikehold

3.1 Vedlikehold

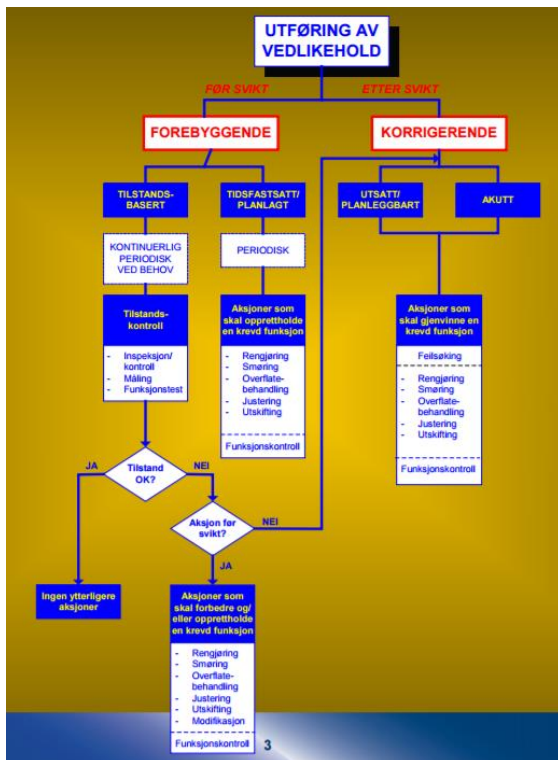
I moderne vedlikehold er flere viktige definisjoner for de ulike aspektene rundt vedlikehold.

Vedlikehold er alle administrative og tekniske aktiviteter, samt tiltak gjort av ledelsen med den hensikt å opprettholde eller gjenvinne krevd tilstand for at en enhet kan utføre sin gitte funksjon. (Andersen, Rolstadås og Schjøberg, 1999) De systematiske tiltak som blir gjort av en bedrift for å sikre at vedlikeholdsstandarden oppfyller de mål og krav som er satt omfattes av vedlikeholdsstyring. (Andersen, Rolstadås og Schjøberg, 1999)

Vedlikeholdsstyring er summen av alle ledelsesaktiviteter som fastsetter vedlikeholdsmålene, strategier og ansvarsfordeling og implementere dem gjennom tiltak som vedlikeholdsplanlegging, vedlikeholdskontroll og tilsyn. Dette inkluderer forbedring av metoder i organisasjonen og tilgjengelige ressurser. (NS-EN 13306, 2010)

Hvor godt en organisasjon klarer å gjennomføre vedlikehold innenfor fastsatte intervaller og tidspunkt for sine anlegg definerer organisasjonens vedlikeholdsevne. (NS-EN 13306, 2010)

Hvor lett det er å vedlikeholde en enhet tilbake til krevd tilstand under de gitte driftsbetingelsene med bruk av prosedyrer og ressurser utgjør enhetens evne til vedlikeholdstilpasning. (Schjøberg, 2005)



Figur 6 - Utføring av vedlikehold (Schjølberg, 2005)

Dette er en vanlig modell for inndeling av vedlikehold etter om vedlikeholdet blir gjort før eller etter svikt har inntruffet. Svikt er en hendelse som fører til at en enhet havner i feilmode hvor den ikke er i stand til å utføre krevd funksjon. (NS-EN 13306, 2010) Eksempel på svikt kan være brudd i en aksling som følge av korrosjon, dette fører til en feilmode, ødelagt aksling.

Vedlikehold utført før svikt kalles forebyggende og utføres etter definert tidsintervaller eller tilstandsbasert etter kriterier. (Schjølberg, 2005) Vedlikehold basert på faste tidsintervaller gjøres for blant annet skifte av pakninger, filter og andre slitedeler. Denne formen for vedlikehold kan føre til større kostnader da hele levetiden ikke blir tatt ut. På barrierer og enheter hvor svikt har stor sikkerhetsmessig eller økonomisk konsekvens er det hensiktsmessig å basere vedlikeholdet på intervall.

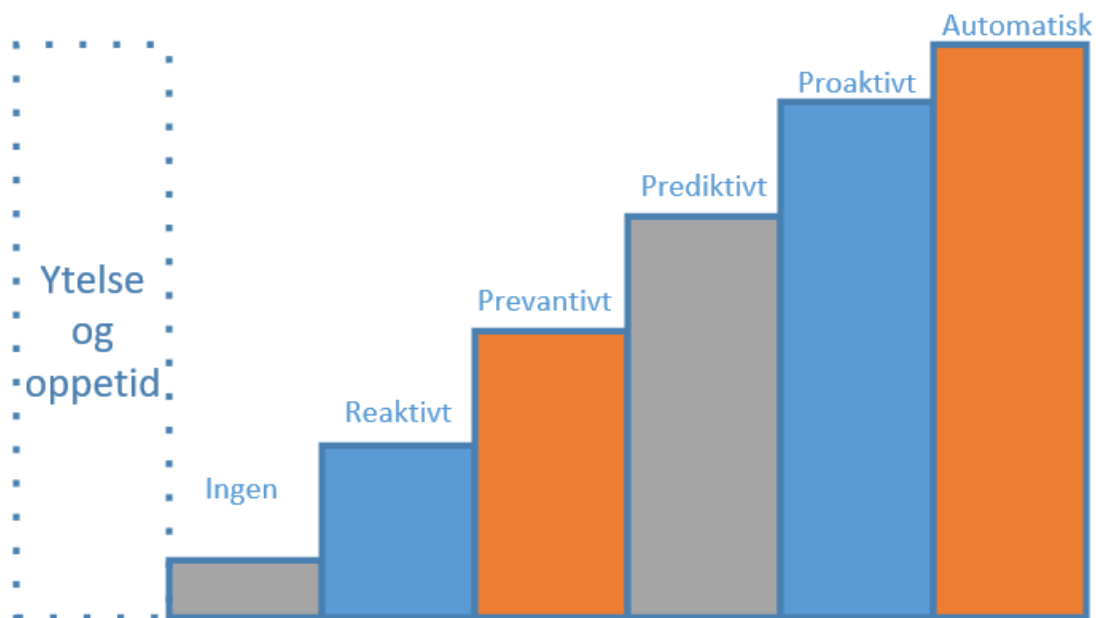
Ved tilstandsbasert vedlikehold overvåkes og måles tilstanden enten kontinuerlig, gjennom blant annet dataanalyse, eller ved jevnlig manuelle målinger. Her kan levetiden tas helt ut, men risikoen for svikt øker.

Korrigerende vedlikehold gjøres etter at svikt har inntruffet med den hensikt å bringe enheten tilbake til en tilstand som gjøre det mulig å utføre krevde funksjon. (Schjølberg, 2005)

Akutt vedlikehold igangsettes straks etter at svikt er oppdaget med den hensikt å raskest mulig få enheten tilbake til krevd funksjon. Dette gjøres for enheter med høy kritikalitet og høy prioritet. (Schjølberg, 2005) For eksempel sikkerhetsbarrierer som branndører og sprinkleranlegg eller produksjonskritiske enheter. Forekommer vanligst når forebyggende vedlikeholdsprogram ikke har fungert tilstrekkelig.

Utsatt eller planleggbart vedlikehold er forebyggende vedlikehold som ikke blir utført med en gang feilmodi er identifisert, men utsettes i henhold til fastsatte kriterier. (Schjølberg, 2005)

I vår inndeling av vedlikehold velger vi å dele inn vedlikehold i seks ulike kategorier basert på teknologisk utvikling. (Hai Qiu og Dr. Jay Lee 2007).



Figur 7 - Ulike former av vedlikehold

3.1.1 Ingen og reaktivt (korrektivt) vedlikehold

De to enkleste måtene å organisere vedlikeholdet på er å ikke ha vedlikehold, eller å alltid handle reaktivt etter svikt. Det er to årsaker til å ikke gjennomføre vedlikehold på utstyr:

1. Umulig å fikse
2. Ikke lønnsomt

Utstyr som er umulig å fikse og heller ikke har en kritisk funksjon kan kjøres til det svikter for så å bli erstattet med en reservedel. Når det ikke er lønnsomt å fikse utstyret betyr det at kostnaden for reparasjon er høyere enn kostnaden til å kjøpe inn en erstatning.

Ved reaktivt vedlikehold repareres utstyret etter at svikt har inntruffet. Dette fungerer for ikke-kritisk utstyr hvor nedetid kan aksepteres uten at det går utover produksjonen. Dette utstyret har muligens også blitt designet kun for et engangsbruk.

Reaktivt vedlikehold kan deles inn i to kategorier:

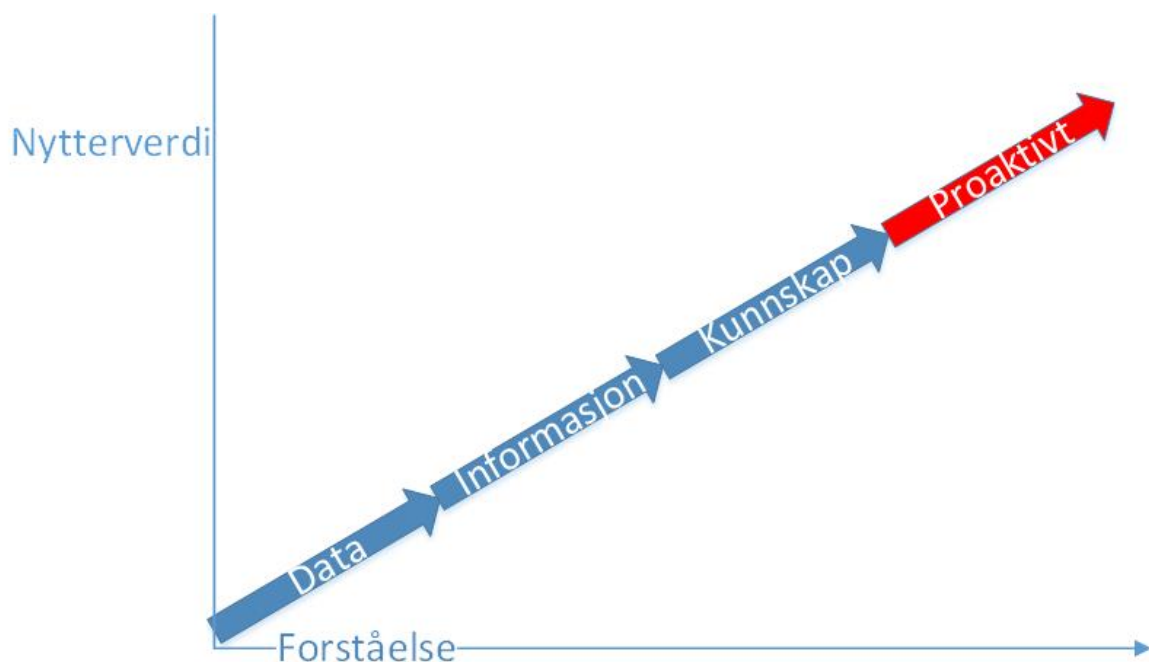
1. Planlagt
2. Ikke planlagt

Ved planlagt reaktivt vedlikehold overvåkes tilstanden på utstyret frem til svikt, hvor svikt ikke blir sett på som kritisk og kan håndteres av vedlikeholdspersonell uten større problemer. Et eksempel på dette er skiftning av en vanlig lyspære, som byttes etter at den har sluttet å fungere.

Ikke planlagt vedlikehold kalles brannslukking, denne typen vedlikehold gjøres for utstyr hvor preventivt eller prediktivt vedlikeholdsprogram ikke lenger fungerer, eller har gått til backlog. Denne typen vedlikehold kan medføre ekstra kostnader da skadeomfanget kan bli større, kan føre til ikke planlagt nedetid og kostnader knyttet til vedlikeholdspersonell.

Et eksempel på hvordan manglende gjennomføring av vedlikeholdsprogram kan føre til reaktivt vedlikehold er skiftning av olje på en motor. Hvis dette ikke gjøres og motoren fortsetter å kjøre kan det føre til motorhavari, med følgende nedetid, kostnader til reparasjon og vedlikeholdspersonell.

3.1.2 Proaktivt vedlikehold



Figur 8 - Utviklingen til proaktivt vedlikehold. (Østgård, 2017)

Proaktivt vedlikehold, også kjent som forebyggende vedlikehold, er vedlikehold som skjer periodisk, gjerne etter et intervall på, for eksempel, driftstimer, uansett hvordan tilstanden er på dette tidspunktet. En annen måte man kan også gjøre det tilstandsbasert, etter gitte kriterier. Forebyggende vedlikehold utføres for å holde utstyr og systemer i god driftsmessig stand.

Proaktivt kan deles opp i to kategorier, mindre og større oppgaver. Mindre oppgaver er basis vedlikehold, som for eksempel smøring, rengjøring, rutinemessige justeringer og lignende som er avgjørende for å sikre fortsatt drift av utstyret. De større oppgavene er de oppgavene som krever mer tid og ressurser, utskiftninger som krever at man må stenge ned maskineriet. Eksempler på dette kan inkludere utskiftninger av kulelager, akslinger, gir og lignende.

3.1.2.1 Trinn i proaktivt vedlikehold

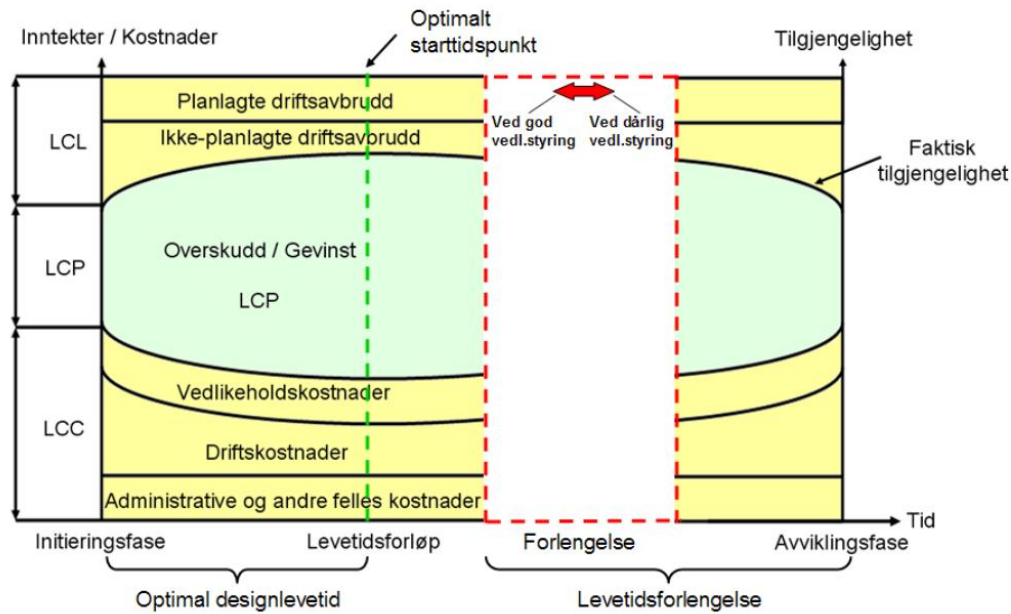
1. Samle all informasjon
2. Analysere informasjon om slitasje og korrosjon
3. Fastsette innholdet av korrektivt vedlikehold
4. Utforme algoritmer
5. Fastsette tidspunkt for korrektivt vedlikehold
6. Korrigering og utbedring basert på ny informasjon og rotårsaksanalyse
7. Være proaktiv

3.1.2.2 Bruk av proaktivt vedlikehold

Det er i hovedsak 3 grunner til å utvikle en proaktiv vedlikeholdsstrategi:

1. Økt produktivitet, ved å minimere nedetid
2. Reduserte totalkostnader, ved å skifte til rett tid
3. Økt kundetilfredshet

LCP figuren (Meland et al.2009) kan brukes til å forklare hvorfor proaktivt vedlikehold er lønnsomt. Ved bruk av reaktivt vedlikehold går mye av levetiden tapt i ikke-planlagte driftsavbrudd, samt at levetiden kan bli kortere som følge av dårlig planlagt vedlikehold. Ved bruk av preventivt vedlikehold tas ikke hele levetiden ut av slidedeler og høy frekvens på planlagte driftsavbrudd fører til tapt oppetid. Denne metoden fører likevel til en lengere levetid på utstyret.



Figur 9 - LCP figur (SINTEF, 2009)

Skal man implementere proaktivt vedlikehold i bedriften sin, er det to ting man må gjøre som fort kan koste bedriften mye penger. Man må investere i sensorer og lignende for tilstandsbasert overvåkning og diagnoseverktøy til både nytt og eksisterende utstyr. Man må også investere i opplæring av de ansatte sånn at de kan ta i bruk det nye utstyret og utføre det proaktive vedlikeholdet på en mest mulig effektiv måte.

Proaktivt vedlikehold vil likevel lønne seg i et LCP perspektiv da kostnadene til vedlikehold blir lavere og oppetiden øker som konsekvens av færre ikke-planlagte driftsavbrudd. Predikering kan også brukes til å fastsette når det ikke lenger er lønnsomt å drive vedlikehold.

Proaktivt vedlikehold omfatter generelt sett noen oppgaver som brukes til å forutse eller forhindre utstyrsfeil. Det finnes to forskjellige måter å oppnå det på. Den første er vedlikeholdsfritt design. Dette får man til ved at data fra drift og vedlikehold, i tillegg til forbedringsforslag fra vedlikeholdsarbeiderne sendes tilbake til design og driftsavdelingen. De bruker denne informasjonen videre til å lage neste generasjons utstyr der feilene er forhindret proaktivt. Den andre måten å jobbe proaktivt på er å gå etter rotårsaken, ikke bare symptomene. Her skal man forebygge eller fikse feilene fra kilden etter å ha identifisert rotårsaken, deretter gå inn med tiltak som gjør at det ikke utvikles et behov for vedlikehold.

3.1.3 Smart vedlikehold

Self-maintenance, oversatt til smart vedlikehold er en ny type design og system metodikk. En maskin som har smart vedlikehold kan overvåke og diagnostisere seg selv, og hvis det da skjer en feil eller en forringelse kan den fremdeles opprettholde sin funksjon en stund. For å holde den smarte vedlikeholdsevnen kan man gi maskinen en self-service trigger funksjon. Maskinen vil da overvåke, diagnostisere og selv sende ut en serviceforespørsel med en detaljert og klar liste over hva som er vedlikeholdsbehovet til vedlikeholdsoperatøren.

3.1.4 Viktigheten av vedlikehold

Vedlikeholds betydning for industrien har økt de siste årene og dette fremheves i Stortingsmelding 27 hvor vedlikehold er nevnt 15 ganger. (St. 27 2016 –2017) Vedlikehold trekkes frem blant annet i kapittel 5.2 hvor mulighetene til å forbedre vedlikehold ved bruk av Industri 4.0. God vedlikeholdsstyring trekkes frem av regjeringen som et av områdene norsk industri kan bygge sitt konkurransefortrinn.

I henhold til §4 i styringsforskriften (Styringsforskriften 2016) for norsk petroleumsvirksomhet skal det til enhver tid gjøres tekniske, operasjonelle og organisatoriske løsninger som reduserer sannsynligheten for at det oppstår skade, feil og fare- og ulykkessituasjoner”. (Styringsforskriften 2016)

Vedlikehold omfattes i denne sammenheng av §5 om barrierestyling. Paragrafens andre ledd sier at “Operatøren eller den som står for driften av en innretning eller et landanlegg, skal fastsette de strategiene og prinsippene som skal legges til grunn for utforming, bruk og vedlikehold av barrierer, slik at barrierenes funksjon blir ivaretatt gjennom hele innretningens eller landanleggets levetid.”

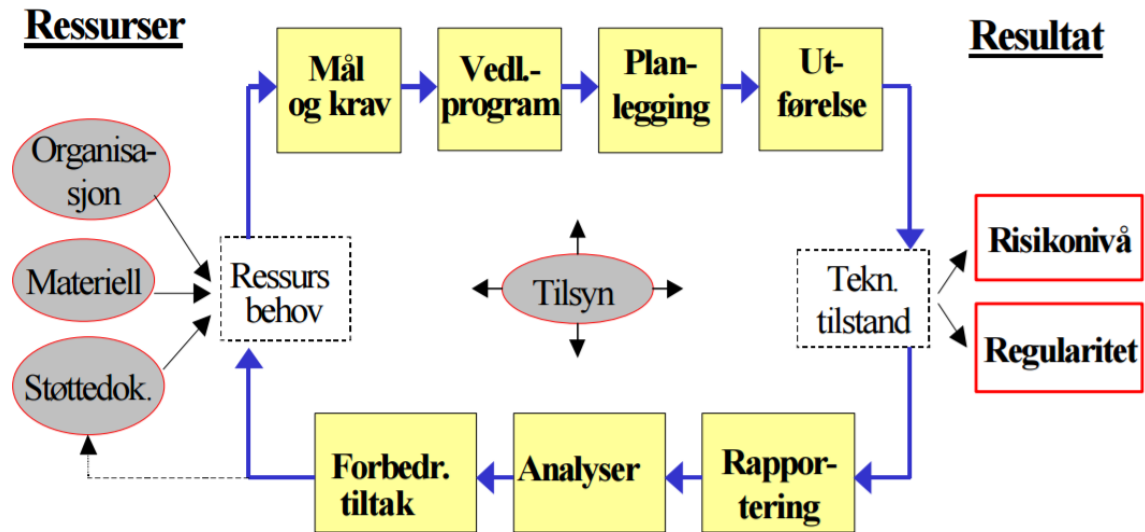
Det blir derfor naturlig å bruke en risikomatrix (DNV-RP-G101) til å illustrere hvordan risikonivået er. Her kategoriseres hendelser etter konsekvens (Y akse) på en skala fra nærmest ubetydelig til veldig alvorlig. Dette for å illustrere skadeomfanget hendelsen kan gi i fysisk skade på miljø, utstyr og personell, samt økonomisk skadeomfang for bedriften. X akse fremstiller sannsynligheten for at hendelsen vil inntreffe, med en skala fra veldig lav til veldig høy.

Et eksempel på dette kan være å sammenligne et fat med bensin med for eksempel et fat med ferskvann. Det vil være mye høyere konsekvens dersom det skulle lekke fra bensintønnen i forhold til vanntønnen. Selv om sannsynligheten er lik, er konsekvensen høyere, som gjør at den vil komme høyere opp på Y akse.

PoF Ranking	PoF Description	A	B	C	D	E
5	(1) In a small population, one or more failures can be expected annually. (2) Failure has occurred several times a year in the location.	YELLOW	RED	RED	RED	RED
4	(1) In a large population, one or more failures can be expected annually. (2) Failure has occurred several times a year in operating company.	YELLOW	YELLOW	RED	RED	RED
3	(1) Several failures may occur during the life of the installation for a system comprising a small number of components. (2) Failure has occurred in the operating company.	GREEN	YELLOW	YELLOW	RED	RED
2	(1) Several failures may occur during the life of the installation for a system comprising a large number of components. (2) Failure has occurred in industry.	GREEN	GREEN	YELLOW	YELLOW	RED
1	(1) Several failures may occur during the life of the installation for a system comprising a large number of components. (2) Failure has occurred in industry.	GREEN	GREEN	GREEN	YELLOW	YELLOW
CoF Types	Safety	No Injury	Minor Injury Absence < 2 days	Major Injury Absence > 2 days	Single Fatality	Multiple Fatalities
	Environment	No pollution	Minor local effect. Can be cleaned up easily.	Significant local effect. Will take more than 1 man week to remove.	Pollution has significant effect upon the surrounding ecosystem (e.g. population of birds or fish).	Pollution that can cause massive and irreparable damage to ecosystem.
	Business	No downtime or asset damage	< € 10.000 damage or downtime < one shift	< € 100.000 damage or downtime < 4 shifts	< € 1.000.000 damage or downtime < one month	< € 10.000.000 damage or downtime one year
CoF Ranking		A	B	C	D	E

Figur 10 - Risikomatrixe (Det norske veritas, 2010)

3.1.5 Organisering og planlegging av vedlikehold



Figur 11 - Vedlikeholdssløyfen (Oljedirektoratet, 2002)

Vedlikeholdssløyfen (Oljedirektoratet 2002) kommer fra basisstudiet om vedlikehold og er utgangspunktet for det meste vedlikeholdsarbeid som blir gjort. Mål og krav blir satt i henhold til myndighetskrav og interne retningslinjer. Dette omhandler blant annet grense for etterslep, tilgjengelighet og gjennomføring av vedlikehold. Vedlikeholdsprogram brukes til å fastsette plan for inspeksjon, tilstandsmåling og testing, dette kan for eksempel være basert på en RCM analyse. Dette gjøres tverrfaglig for å skape en helhetlig forståelse av hvordan vedlikeholdsprogrammet vil fungere i henhold til mål og krav.

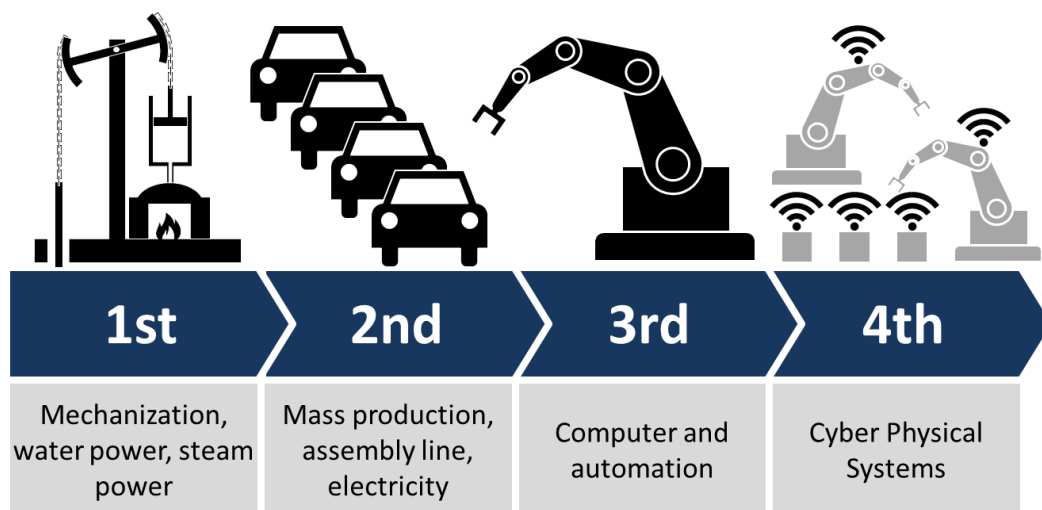
Planleggingsfasen er todelt, langsiktig (2-5 år) og kortsiktig (måneders og uker). Den praktiske planleggingen gjøres og arbeidsoppgaver fordeles og koordineres dette for å sikre et akseptabelt risikonivå i alle faser av levetiden. I selve utføringen av vedlikehold er det viktigste verktøyet for å sikre god og trygg gjennomføring en sikker jobb analyse (SJA). For at SJA skal fungere må de som utfører den være kompetente og ha god kunnskap om arbeidsprosessen og omfang.

Det viktigste som kommer fra utføringen er gode data om problemer med arbeidsprosessen, om intervallet passer og hvordan tilgjengeligheten på utstyret har vært. Disse dataene danner grunnlaget for rapportering, analyse og forbedringstiltak. Den tekniske tilstanden kommer som følge av de foregående trinnene. Hvis kvaliteten og gjennomføringen er god vil risikonivået være innenfor akseptable rammer og regulariteten, oppetiden, være i henhold til mål og krav. Rapportene utarbeides på grunnlag av data fra vedlikeholdspersonell og produksjonsdata. Hva som rapporteres henger sammen med

hvilke mål og krav som er definert i første trinn. Hvis rapportene viser store avvik går man videre til analyse av hva som ikke har fungert og eventuelt forbedringsforslag. Et eksempel på analyseverktøy som kan brukes er rotårsaksanalyse for å komme frem til den grunnleggende årsaken til problemet og kunne løse dette på en god måte.

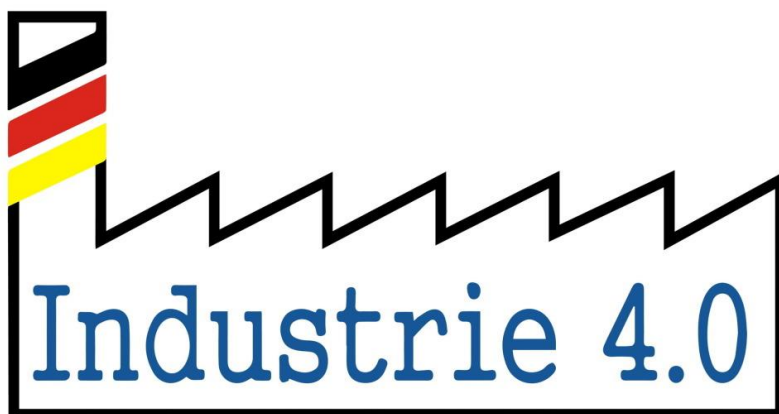
Forbedringstiltakene som kommer som følge av analysen implementeres i bedriften. Disse forbedringstiltakene fører kanskje til endret ressursbehov. De forskjellige typene av ressurser som tilføres vedlikehold er organisasjon, materiell og støttedokumenter. Typer organisatoriske forhold som kan endres er design av arbeidsprosesser, bemanning, kompetanse, opplæring, prekvalifisering og bruk av entreprenører. Forhold som omfattes av materiell er innkjøp, mottak, lagring, utsendelse, kontroll av reservedeler og materiell. At disse styres på en god måte har mye å si for blant annet ledetiden på reservedeler og kvaliteten på reservedeler som lagres over lengre tid. Støttedokumenter er teknisk og administrativ støttedokumentasjon, dette kan være utstyrsregister med vedlikeholdshistorikk, tegninger og vedlikeholdsprosedyrer. Sammen utgjør dette grunnlaget for god vedlikeholdsstyring.

3.2 Introduksjon til Industri 4.0



Figur 12 - De industrielle revolusjonene (Wikipedia, 2015)

Den fjerde industrielle revolusjonen ble lansert av den Tyske regjeringen i 2012 for å styrke tysk industris konkurransekraft fram mot 2020. Målet er at Tyskland skal være ledende innen teknologiutvikling og for å nå dette målet har de samlet forskning, industri og stat.



Figur 13 - Industri 4.0 (Hackernoon, 2016)

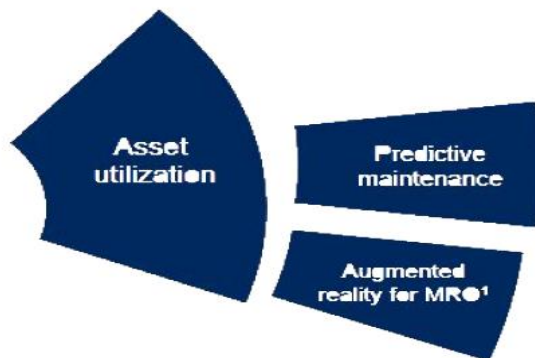
Å kunne forutse når forskjellige komponenter trenger vedlikehold, men med de nye systemene er det blitt enklere, da maskinene klarer å tenke selv, og si bedre fra når de trenger vedlikehold.

Eksempler på dette er maskiner som kan predikere vedlikeholdsbehov og enten rapportere til operatører som kan utføre, eller potensielt utføre selv. Det er også kommet avansert logistikk som endrer seg i forhold til hvordan etterspørselen endrer seg. Minimering av nedetid kan gi som resultat å forme den økonomiske fremtiden for en bedrift. Med flere og flere bedrifter som velger å gå i denne retningen, vil det være viktig for bedrifter å følge utviklingen.



Figur 14 - Industri 4.0 kompass (Mckenzie, 2015)

Oppgaven tar utgangspunkt i det digitale kompasset fra McKinsey & companys artikkel “How to navigate digitization of the manufacturing sector” og vi vil presentere teori og eksempler om de meste aktuelle “Value driver” (Verdidriver).



Figur 15 - Utklipp av Asset Utilization (Mckenzie, 2015)

Vi har valgt å fokusere på “**Asset utilization**” som er å forbedre utnyttelsen av tilgjengelig utstyr, samtidig som tilgjengeligheten økes. Dette gjøres ved å minimere unødvendig nedetid som følge av vedlikehold og tapt produksjonstid på grunn av venting. Denne retningen består av flere muligheter og vi skal gå nærmere innpå noen av dem.



Figur 16 - Utklipp av Service/aftersales (Mckenzie, 2015)

I tillegg har vi valgt å fokusere på “**Service/Aftersales**” som er å kunne tilby preventivt vedlikehold, samt service etter at leveringen av varen er gjort. Denne type service kan inkludere kalibrering, modifisering eller direkte reparasjon på stedet. Det er også mulighet for å utføre fullstendig reparasjon/vedlikehold av utstyret igjen, dersom reparasjonen ikke kan bli gjort på stedet. I tillegg kan det innebære distribusjon av reservedeler. Aftersales er spesielt relevant i komplekst maskineri som krever jevnlig vedlikehold.

Virtuell hjelp til å både få et bilde på hvordan en vedlikeholdsprosess skal gjennomføres, men kan også brukes for å få et tredimensjonalt bilde over blåkopier, illustrasjoner av for eksempel hvordan et maskineri skal bygges opp. Dette kan brukes gjennom både smartbriller, eller sees rett på smartboard. En av de store fordelene med dette er for å kunne best mulig forberede operatøren til å utføre tryggest og mest mulig effektivt vedlikehold.

“**Augmented reality**” (utvidet virkelighet) er å blande virkelighet og datamodeller i sann tid via for eksempel håndholdte enheter, nettbrett og mobiler, eller virtuelle briller. Den mest kjente bruken av “Augmented reality” er Pokemon Go, hvor det blandes virkelighet med elementer fra spillverden, ved å bruke mobilkamera og legge til data animerte figurer, som skaper hybrideffekt.

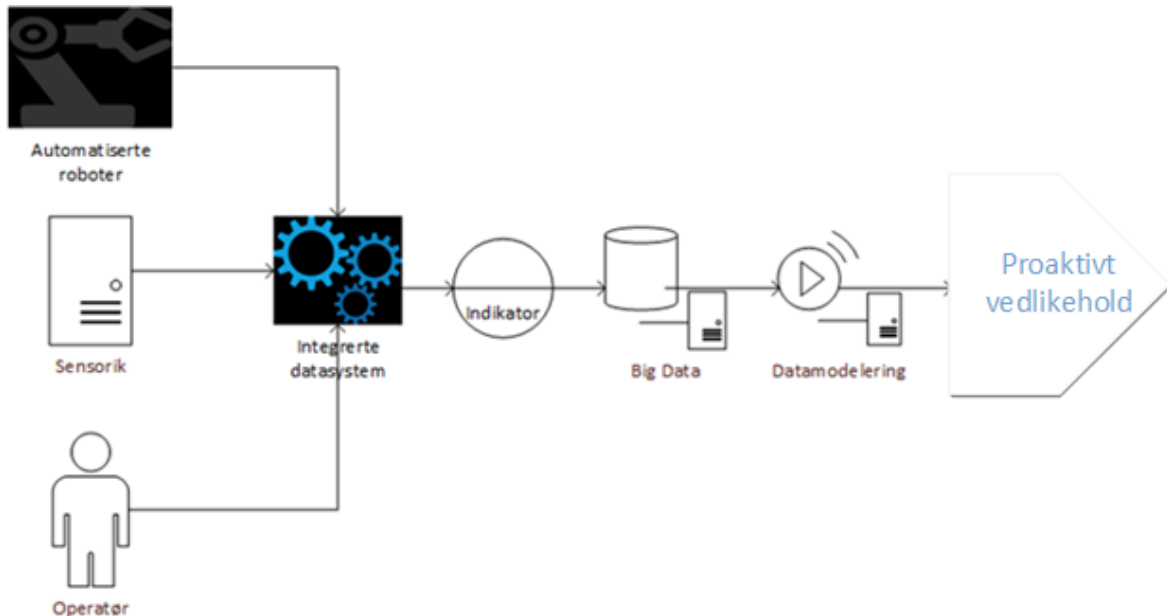
Ved bruk av virtuell virkelighet kan vedlikeholdsoperatørene i felt få veiledning gjennom hele prosessen, uten å måtte stoppe for å se gjennom permer eller dataprogram, bruker operatøren briller er hendene fri til å holde verktøy. Brillene er koblet til internett gjennom hele prosessen som gjør at assistansen kan komme både fra medarbeidere og fra dataprogram. Via dataprogram i brillene, som for eksempel SAP, kan rotårsaksanalyse fylles ut underveis og komme med forslag til løsning basert på FMEA, feiltre eller lignende. Denne måten å fylle ut skjema på gjør at dataene blir bedre enn om det skulle blitt fylt ut i ettertid og kombinert med data fra sensorikk danner det godt grunnlag for sammensetning av indikatorer.

Tett oppunder augmented reality ligger **virtual reality**, hvor utstyr og forhold gjenskapes i 3D. Omgivelsene gjengis og livsløpet kan simuleres for å predikere når vedlikehold må utføres for å optimalisere levetid og kostnader.

En annen måte å bruke VR på er å bruke det til trening av operatørene før de drar og gjennomfører vedlikehold. Her kan operatørene øve på ulike scenarier i kontrollerte omgivelser til en lav kostnad og risiko.

3.2.1 Industri 4.0 i Proaktivt vedlikehold

Proaktivt vedlikehold er å bruke data til å forutse når vedlikeholdet skal gjøres, altså i rommet mellom preventivt og korrektivt vedlikehold (NS-EN 13306, 2010). Ved bruk av proaktivt vedlikehold kan kostnadene til vedlikehold minimeres da livsløpet til slitedeler er på topp samt at skader som kommer som følge av svikt (korrektivt) unngås



Figur 17 - Proaktivt vedlikehold (Østgård, 2017)

Data brukt til proaktivt vedlikehold kalles indikatorer og kan være både historiske data og data samlet inn i sanntid. Vanlige typer data som utgjør indikatorer kommer primært fra 3 hovedkilder:

- Rapporter fra bruker (operatør)
- Automatiserte roboter
- Sensorik

Innholdet i rapporter fra bruker er hovedsakelig rapporter fra utført vedlikehold, som omhandler data om ut utføringen av vedlikehold, tilstand på delene som skiftes og delene rundt. Dette kan være eventuelle mangler i FMEA, som for eksempel deler som slites i en annen takt enn antatt eller uventet slitasje.

Rapporter fylles ut direkte inn i et integrert datasystem, som for eksempel SAP, dette gjør at alle rapporter er likt format og kan dermed brukes i stordataanalyse. Denne typen data fra bruker blir ofte registrert i ettertid og kan derfor ikke predikeres i sanntid.

På denne måten kan rapporter kan fylles ut direkte via enhetene til *utvidet virkelighet* som allerede er koblet til det integrerte datasystemet.

I automatiserte roboter går dataen direkte inn i det integrerte datasystemet via IoT, i disse robotene er sensorene innebygd. På denne måten blir dataene mest mulig nøyaktig og kommer kontinuerlig uten innblanding fra operatører. Dette kan være informasjon om bruk, slitasje og andre forhold som påvirker levetiden. Basert på denne informasjonen kan levetiden anslås i sanntid og levetidsforlengende tiltak iverksettes. Et integrert datasystem kan selv planlegge når vedlikeholdet bør utføres og varsle operatøren.

Sensorikk brukes når eldre utstyr skal “gjøres smart”, her ettermonteres sensorer for å koble utstyret til IoT. Dette gjør at utstyret kan dele og få informasjon via IoT, men kan være mer ustabil enn utstyr som har det innebygd.

3.2.2 Remote Maintenance

Fjernstyrt vedlikehold handler om overvåkning av komponenter fra en annen lokasjon enn den aktuelle enheten, informasjonen deles via IoT. Hovedpoenget med denne type vedlikehold er å forbedre påliteligheten til kritiske komponenter og dens installasjoner, ved å redusere vedlikeholdskostnadene, ved å unngå ikke planlagt vedlikehold (Bidgoli, 2010)

Fem prosesser i fjernstyrt overvåkning/vedlikehold:

1. Fjernstyrt overvåkning av utvalgte kritiske komponenter.
2. Analyser data for å finne trender.
3. Sammenligne data med forventet “oppførsel” fra tidligere scenario.
4. Etter oppdaget endring i atferd, eller senking av produktivitet (performance degradation), beregne/kalkuler/forutsi tidspunktet svikt er forventet via “Extrapolasjon (norsk, avgjøre verdien til en funksjon der fremtidige funksjonsverdier er ukjent)”.
5. Bestille deler, planlegge vedlikehold, til å bli gjort når det er “virkelig nødvendig”, men i tide for å forhindre svikt eller stopp.

3.2.3 Premisser for Industri 4.0

For at Industri 4.0 skal kunne fungere optimalt må en viss standard være satt. Grunnlaget for metoden går på en fungerende IoT tilkobling, med stabil flyt og minst mulig nedetid. I tillegg må det være kompetanse for bruk av IoT, så et minimumskrav om en viss kompetanse av nettbruk må være til stede.

Det er en ulempe hvis datasystemene ikke er integrert sammen, forskjellige standarder for tilkobling, input og output på informasjon kan føre til et rotete og uorganisert system. Intelligente systemer som ikke snakker sammen fører til tapt fortjeneste og økte kostnader. Det er også viktig å ha et teknologisk fleksibelt system, for nye og forbedrede oppdateringer. I en verden som endrer seg raskt teknologisk kommer det ofte nye oppdateringer og nye modeller, og systemet må være mottakelig for dette, og man kan bli låst til et utdatert system (Geissbauer, 2016).

3.2.4 Ulemper ved Industri 4.0

Som nevnt i avsnittet over er det en stadig endrende verden vi opererer i. Skulle industri 4.0 bli implementert for tidlig eller for lite fleksibelt, kan det bli vanskelig å bytte til annen teknologi. Fullstendig implementering kan også være problematisk, og kan gi økte kostnader uten fordeler dersom ikke gjort riktig.

Et annet potensielt problem med 4.0 er at det kan skape motstand fra arbeidere den erstatter. Automatisering og forbedrede teknikker har gjort at arbeidere har blitt erstattet tidligere, og nye sensorer og ekstern automatisering kan føre til det samme i denne revolusjonen.

3.2.5 Erfaring med Industri 4.0 fra andre bedrifter

Eksempler ved bruk av industri 4.0 i store og små bedrifter viser i praksis hvordan det fungerer med en slik type teknologi.

3.2.5.1 Bosch

Selskapet Bosch regnes som en pionér innen industri 4.0 som totalleverandør, for å redusere nedetid ved å bruke algoritmer som robotene kan "lese", og å bruke data som gir et tydelig innblikk på når det er mest optimalt å begynne vedlikehold. Som en aktiv deltaker i både mobilindustrien, med innebygde sensorer, og innen bilindustrien hvor som utgjør 60% av total omsetning (Bosch Annual report 2010). Bosch regnes som den eneste bedriften som er tilstede i alle tre plan av IoT (Bosch at CES 2017). Hovedmålet deres er å utdype et skybasert program som kan hjelpe bilbrukere med å sammenkoble bilen sin med hjemmet sitt, parkeringsplasser i bykjerner, og andre energibesparende ideer til trafikk, industri og hjem.

Bosch jobber også med vedlikeholdsprosessene sine, ved å bruke sensorer og å følge trender. Indikatorer brukes til å se trender på sine sveisemaskiner, hvor de tidligere hadde faste intervaller på planlagt vedlikehold, er det nå algoritmer som fanger opp tegn til potensiell svikt.

3.2.5.2 KLM

KLM, et flyselskap som trenger et høyt nivå med vedlikehold, med en sammensetning av kompliserte komponenter, som gjør at å holde et tilfredsstillende nivå av vedlikehold kan være problematisk. Optech4D, et selskap som fokuserer på augmented reality innen vedlikehold viser til et eksempel hvor man bruker nettbrett for å enkelt vise til de riktige delene man skal komme frem til. Dette gjøres via et augmented reality program på et nettbrett som alle teknikerne får utdelt, dette programmet har flere funksjoner som hjelper teknikerne. I flybransjen må man lese igjennom manualer for all vedlikeholdsaktivitet. Via dette nettbrettet vil man kunne skrive inn hva man skal gjøre, man blir guidet steg for steg gjennom en check-liste av punkter man skal igjennom, der de aktuelle komponentene som skal byttes ut lyser opp på skjermen til nettbrettet.

Andre fordeler med dette programmet er at man lett kan få kontakt med spesialister som er tilgjengelig døgnet rundt, spesialistene ser hva teknikerne gjør via kameraet på nettbrettet. Skulle man trenge hjelp vil man via nettbrettet kunne bestille hjelp fra tilgjengelige teknikere i nærheten som vil bli varslet via sitt eget nettbrett. Vil man trenge eventuelle deler bestiller man disse gjennom appen og de ligger klare på lageret når de er klare.

(Youtube 2015)



Figur 18 - KLM eksempel på bruk av Industri 4.0 (Youtube, 2015)

3.2.5.3 NASA

Virtual reality ligger som kjent tett opptil **augmented reality** og brukes også i praksis. NASA bruker VR til opplæring av sine astronauter før de skal ut i rommet for å utføre kritiske oppgaver (NASA 2015). De trenes i realistiske omgivelser på datamodeller av det faktiske utstyret som er i bruk. Forskjellige scenarier kan også gjenskapes for å gi ekstra trening på potensielle utfordringer.



Figur 19 - Industri 4.0 i NASA (NASA, ukjent)

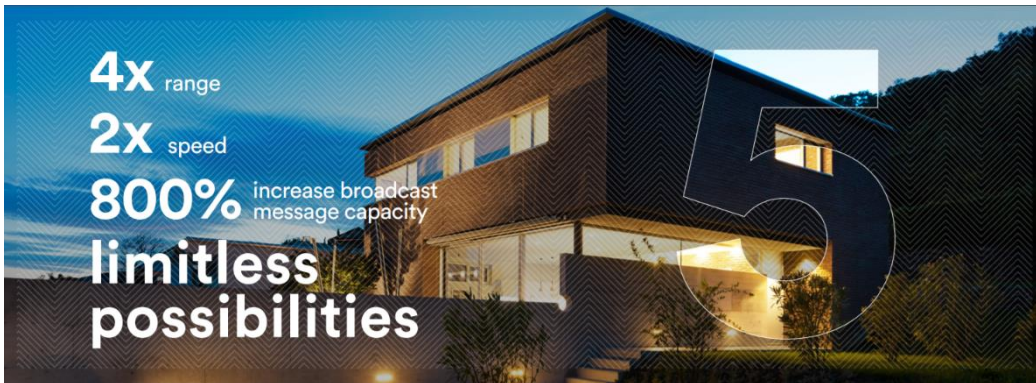
3.2.5.4 4Subsea

4Subsea er et norsk service- og teknologifirma, fra Asker og Bærum som leverer tjenester til olje- og vindkraftindustrien. De har ved hjelp av industri 4.0 utviklet en Portable Annulus Tester også kjent som PAT, dette er en koffert med computer og software som automatiserer testing av produksjonsstigerør på en slik måte at ingeniører slipper å dra offshore. Enkelt forklart ser denne kofferten på strømmen av hydrokarboner for å kunne si noe om statusen på stigerøret. Med denne løsningen spare store kostnader for operatørene og sikre oppetiden på installasjonene offshore (Teknisk ukeblad 2016).



Figur 20 - Eksempel på industri 4.0 i 4Subsea (Teknisk ukeblad, 2016)

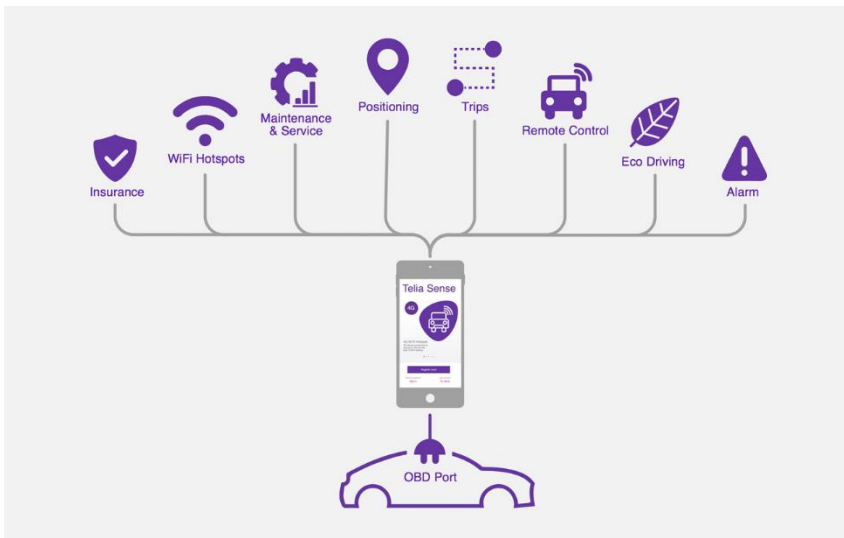
3.2.5.5 Bluetooth



Figur 21 - Bluetooth 5 (Bluetooth, 2016)

En organisasjon som jobber som tilrettelegger for Industri 4.0 er Bluetooth Core Specification Working Group hvor 47 representanter fra 22 forskjellige bedrifter samarbeider om en felles standard. Denne organisasjonen har nå lansert 5 generasjon bluetooth teknologi med bredere og raskere mulighet for overføring av data. Dette er relativt billig kommunikasjonsteknologi som muliggjør rask, hurtig og ofte, uten store håndteringskostnader (Bluetooth SIG).

3.2.5.6 OBD2



Figur 22 - Industri 4.0 i din bil (Telia, 2015)

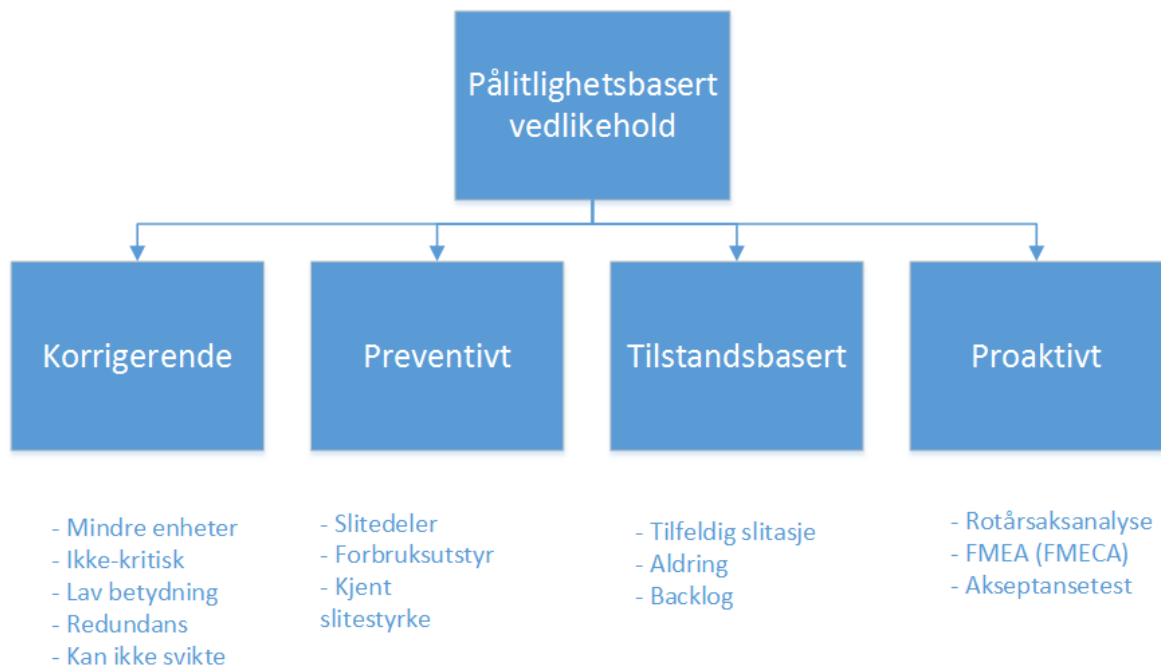
Eksempel på teknologi som gjør gamle biler smarte er OBD2 kobling til bilens kjørecomputer som lar brukeren styre og overvåke bilen via en app på samme måte som nyere kjøretøy. (Teknisk ukeblad 2012) Det er flere som tilbyr slike løsninger blant annet Telenor og Telia, dette er et godt eksempel på hvordan eldre utstyr kan gjøres smarte og klare for fremtiden.

3.3 RCM

3.3.1 Introduksjon

Reliability centered maintenance, også kjent som pålitelighetsbasert vedlikehold, er en grundig og strukturert metode som benyttes ved utarbeidelse av et vedlikeholdsprogram. (Mourbay 1998)

Vedlikeholdsprogrammet som blir utarbeidet vil være balansert med hensyn til sikkerhet, tilgjengelighet og kostnader. RCM er da altså prosessen med å bestemme den mest effektive vedlikeholdstilnærmingen. RCM filosofien benytter korrigerende-, preventive-, tilstandsbaserte- og proaktive vedlikeholdstekniker (se figur 18) i en integrert måte for å øke sannsynligheten for at en maskin eller komponent vil fungere på ønsket måte i hele dens levetid syklus med et minimum av vedlikehold. (WBDG, 2016)



Figur 23 - Pålitlighetsbasert vedlikehold (WBDG, 2016)

3.3.2 Historien bak RCM

Fremgangsmåten ved RCM ble etablert i flyindustrien på 60-tallet, på bakgrunn av at kostnaden til vedlikeholdsaktivitetene i flyindustrien hadde blitt store nok til å rettferdiggjøre en spesiell gransking av effektiviteten til vedlikeholdsaktivitetene. Dette førte til Boeing 747 Maintenance Steering Group (MSG) sitt dokument MSG-1. MSG-1 ble brukt til å utvikle vedlikeholdsprogrammet til Boeing 747, dette vedlikeholdsprogrammet var det første til å anvende RCM konseptet. (Cadick, 2004) På 70-tallet ble United Airlines bedt om å skrive en rapport om prosessene som ble brukt i sivil luftfartsindustri for å utvikle vedlikeholdsprogrammer for fly av de amerikanske myndighetene. Rapporten ble skrevet av Stan Nowlan og Howard Heap og fikk tittelen Reliability Centered Maintenance. Dette har blitt rapporten som alt påfølgende pålitlighetsbasert vedlikehold tilnærminger har blitt basert på. Nowlan og Heap fant ut at det var mange typer feil som ikke kunne forebygges uansett hvor intensiv vedlikeholdsaktiviteten var. (Nowlan, Heap, 1978) I tillegg til dette fant de ut at for flere deler, økte ikke sannsynligheten for feil med alderen, derfor ville et vedlikeholdsprogram basert på alder ha liten eller ingen effekt på feilraten.

3.3.3 Hensikten med RCM

En RCM analyse må gjennomføres for å kunne avgjøre hvilken type vedlikehold som skal gjøres på det aktuelle utstyret. Dette er for å ha lavest mulig driftskostnader ved å på forhånd finne ut hvilke komponenter som er regnet som kritisk innen helse, miljø og sikkerhet, samt økonomisk, for så å sette opp vedlikehold ut fra dette.

En grundig RCM analyse har blitt brukt mye av luftfart-, romfart-, forsvars- og atomkraft industrien der funksjonsfeil kan ha potensialet til å resultere i store tap av liv, nasjonal sikkerhet og/eller ekstreme miljøbelastninger. Analysen er basert på en detaljert FMEA (Feilmode og effektanalyse) og inkluderer beregninger på sannsynligheten for feil og systempålitelighet. Analysen brukes til å bestemme passende vedlikeholdsoppgaver for å løse hver av de identifiserte feilmoder og deres konsekvenser.

3.3.4 Hovedtrinn i RCM-prosessen

1. Forberedelse
 1. Avklare formålet med RCM
 2. Etablere prosjektplan (mål, tidsplan, økonomi)
 3. Etablere arbeidsgruppe
 4. Utarbeide prosedyrer (metoder, instruksjoner, fordeling av ansvar)
 5. Innsamling og systematisering av informasjon
2. Velge ut og beskrive/avgrense "kritisk utstyr" for RCM analyse
3. Funksjonell Feil Analyse(FFA)
4. Valg av kritiske delsystemer/komponenter
5. Innsamling og analyse av data
6. Feilmodi - effektanalyse (FMECA)
7. Valg av type vedlikeholdsaktivitet basert på RCM-beslutningslogikk
8. Intervallestimering
9. Implementering
10. Kontinuerlig oppdatering basert på datainnsamling og analyse (RCM prosessen)

3.3.5 RCM definisjoner og krav til nytenkning

Under kommer definisjonen på hvordan RCM setter krav på de som utgjør det, samt en definisjon på hvordan det er mulig å tenke nytt angående RCM. Denne type definisjon blir vurdert ut fra 7 hovedpunkter (Wattum, 2015);

- 1) Hva er utstyrets funksjoner og hvor godt skal det fungere i sin operasjonelle kontekst?
 - a) Operasjonell kontekst skal kunne defineres.
 - b) Samtlige funksjoner skal identifiseres og beskrives både i detalj og forventede prestasjoner.
 - c) Eier av utstyret skal kunne definere hvilke prestasjoner som kan gjøres for den operasjonelle konteksten
- 2) Hvordan kan utstyret svikte i å utføre sine funksjoner?
 - a) Alle typer og måter av funksjonssvikt som kan oppleves skal kunne identifiseres.
- 3) Hva er årsakene til hver enkelt funksjonssvikt?
 - a) Potensielle og sannsynlige sviktårsaker skal kunne identifiseres. Utstyrseier skal kunne definere hva som er sannsynlig.
 - b) Sviktårsaker er i vår sammenheng enhver hendelse eller prosess som kan forårsake funksjonssvikt.
 - c) Sviktårsaker skal undersøkes nok til at vedlikeholdstiltak knyttet til den spesifikke hendelsen kan identifiseres.
 - d) Følgende skal tas høyde for:
 - i) Har det inntruffet tidligere?
 - ii) Kan det forebygges med dagens vedlikeholdsprogram?
 - iii) Selv om det ikke har inntruffet før, er det sannsynlig at det kan skje snart? Kan det forebygges snarest?
- 4) Hva skjer når svikt inntreffer?
 - a) All informasjon som støttet konsekvensevaluering. For eksempel, hvordan ble svikten oppdaget?
 - b) Hvordan utarter svikten seg? Hva må gjøres for å gjenopprette funksjonen?
- 5) Hva er konsekvensen?
 - a) Evaluering av konsekvenser må skille mellom synlige og skjulte sviktårsaker, samt hendelser som har konsekvenser for miljø og sikkerhet, eller følger som kun påvirkes økonomisk.

- b) Evalueringen av konsekvenser skal fungere som om det for øyeblikket ikke gjøres noe for å imøtekomme, forhindre eller oppdage svikt.
- 6) Hva bør gjøres for å forutsi eller forhindre hvert enkelt tilfelle av svikt?
- a) Når man skal definere vedlikeholdsarbeid må det tas til grunne for at ikke noe blir videre gjort for å imøtekomme, forhindre eller oppdage svikten. Det må også tas til tanke at noen sviktårsaker har høyere sannsynlighet for å bli trigget desto lengre tid som går, hvor andre holder lik sannsynlighet, og noen vil bli lavere sannsynlighet.
 - b) Alle planlagte vedlikeholdsaktiviteter skal være verdt å gjennomføre og være teknisk gjennomførbare.
 - c) Skillet mellom det er konsekvenser for HMS eller ikke, skal vedlikeholdet ha som mål å redusere sannsynlighet for svikt. Skulle det derimot ikke ha konsekvens utover dette (heller kun økonomiske konsekvenser), skal vedlikeholdet ha lavere kostnader enn det som svikten medfører.
- 7) Hva burde gjøres dersom det ikke finnes et egnet proaktivt vedlikehold?
- a) Da bør det feilsøkes, hvor blant annet vedlikeholdsaktiviteten skal bekrefte at komponenten fungerer og at det skal være mulig å utføre vedlikehold i løpet av et gitt intervall.
 - b) Det bør også tas til grunne for om det er mulighet for at selve vedlikeholdet kan gjøre at den skjulte funksjonen blir satt i en feiltilstand
 - c) Man kan velge mellom to alternativer; redesign eller run to failure.
 - i) Redesign handler om å redusere sannsynligheten for svikt til et nivå som er akseptabelt for eieren av utstyret. Her skal det være som mål å ikke være noen konsekvenser innen HMS. Er det ikke det, skal prioritet fokuseres på kostnadseffektivisering.
 - ii) Run to failure skal ikke ha noen HMS relaterte konsekvenser forbundet med sviktårsak.

3.3.6 Erfaringer med RCM analyser fra andre organisasjoner

Hvordan andre organisasjoner velger å gå frem på RCM analyser kan gi grunnlag for en mal på hva som kan fungere og hva som ikke fungerer. Følgende eksempler er hentet fra andre organisasjoner, begge to kraftselskap med flere anlegg.

Selskapet Lyse er et energiselskap som opererer i Rogaland. De tilbyr både energiløsninger og elektrotjenester som alarm, strøm, tv og internett. Lyse har RCM erfaringer med

positive resultater, de har integrert et felles system som har full dokumentasjon på deres anlegg samt en god oversikt over alle vedlikeholdsbehov som trengs i fremtiden. I systemet deres har de i tillegg til en mal på hvordan man skal føre inn feil som blir funnet med mulighet til å legge inn detaljer i form av bilder, for å gi et klart innblikk av problemet. Deres visjon innen vedlikehold går på at likt utstyr skal behandles likt, dersom det opereres under like forhold og har lignende feilmekanismer. (Aasheim, 2008)

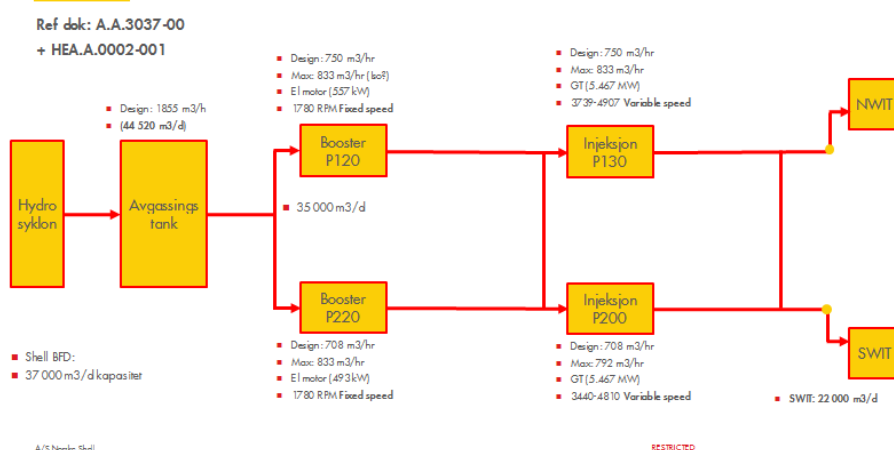
BKK er et kraftselskap som er eid av Statkraft som for det meste opererer på vestlandet, med fokus på å gi vannkraft, fibernett og fjernvarme til kunder. BKK ønsker i lik grad som flere bedrifter å ha en systematisk prosess i forhold til vedlikeholdsprosesser på sitt utstyr. Målet er å være like effektiv som det er fremtidsrettet, med sporbart utstyr, automatiserte prosesser og halvering av rutineprosesser. Dette gir grunnlag for en RCM innføring. BKK valgte å teste RCM prosessen på et av anleggene på Fossmark kraftverk. Grunnet tidsbegrensning gikk de gjennom analysen i løpet av én dag. Resultatmessig fant de ut i ettertid at riktig mengde kompetanse er kritisk for å få rett resultat og drive prosessen fremover. (Loen, 2014)

4.0 RCM hos Shell

4.1 Vanninjeksjon

Vanninjeksjonssystemet også kjent som Produced Water Re-Injection, forkortet PWRI, er et system som nevnt i innledningen brukes til å opprettholde reservoartrykket slik at mest mulig olje kan produseres fra feltet. Dette for å øke utvinningsgraden.

Vanninjeksjonssystemet som vist på figur 24, er bygd opp av flere systemer med sine funksjoner. Hydrosyklonen er et apparat som brukes til utskilling av partikler fra væsker, dette er tatt i bruk for å skille gass, olje, saltvann og eventuelt sand i brønnstrømmen. Avgassingstanken har som funksjon å skille olje fra vannet, gasser av gasser og sende gasser som føde til fakkell for så å sende vannet videre. Booster som er en el-motor øker trykket som har som funksjon å øke trykket på vannet fra litt over null bar til rundt 18 bar. Før injeksjon som er en gassturbin øker trykket fra 18 til rundt 184 bar og sender det til nordlige vanninjeksjons brønnramme (NWIT) og sørlige vanninjeksjons brønnramme (SWIT).



Figur 24- PWRI systemet (Shell, 2017)

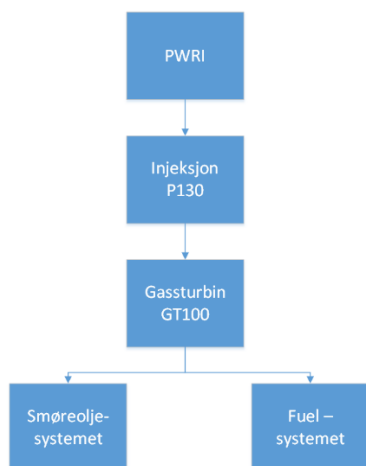
Injeksjonssystemet P130 som er vårt hovedfokus i denne oppgaven består av en Tornado gassturbin (GT100). På GT100 gikk vi igjennom to delsystemer, det første var smøreoljesystemet og det andre var fuelsystemet. For en mer teknisk beskrivelse, se vedlegg 1 - teknisk beskrivelse.

4.1.1 Smøreoljesystemet

Det mineraloljebaserte smøreoljesystemet er konstruert for å levere olje ved kontrollert trykk og temperatur for å smøre og avkjøle turbin- og thrust lagrene og auxiliary girkasse lagrene.

4.1.2 Fuel-systemet

Fuel-systemet består av gass- og flytende brenselssystemer som er utformet for å levere brennstoff til forbrenningssystemet ved riktig trykk og flyt som kreves for det gjeldende effektbehovet.



Figur 25 - BOM struktur over PWRI systemet (Østgård, 2017)

4.2 RCM prosessen hos Shell

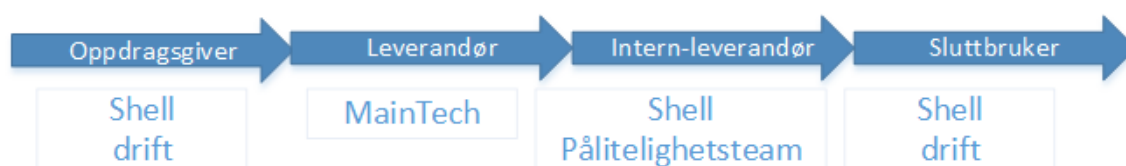
Etter flere møter med Shell har vi funnet ut at en RCM prosessen er mer kompleks enn først antatt. Vi fant ut at det er *mennesker* som jobber i bedriften, og når det skjer en feil i systemet er det en omfattende prosess som må gjøres for å håndtere det. I forhold til hva vi forventet å finne var det mindre struktur i SAP, da det var dårlig BOM-struktur og dårlig inn-data i systemet.

For at grunndata skal ha en nytteverdi for RCM prosessen, må det være både systemmessig data og tilhørig kompetanse hos personellet være av tilstrekkelig kvalitet. Manglende bruk av mal for hvordan man skal legge data inn i SAP gjorde at dataen som ble registrert ikke er nyttig i forhold til RCM analysen. Mangelen av dette gjør at SAP dataen ikke har verdi for RCM analysen.

Vi tenker dermed at det ikke er kursing for hvordan registrering av utført arbeid skal gjøres i SAP. Grunnen til at det ikke er nyttig med den dataen som er kommet inn er at problemløsningen som regel er sett på som kortsiktige og korrektive. Det er også verdt å nevne at siloeffekten kan være påvirkende faktor til dette, da man ser et problem som omhandler flere avdelinger og ingen av partene tar grep i forhold til å registrere det. (Magal, Word, 2009)

Shell ønsker å øke mengden vann som blir injisert over hva utstyret er designet for, samt ha en oppetid på ca. 80%, i dag ligger systemets oppetid på ca. 60%. For å øke tilgjengeligheten på systemet vil Shell gjennomføre en RCM analyse som blir ledet av Maintech.

RCM prosessen starter med at behovet for en forbedring av vedlikeholdsprogrammet til PWRI blir identifisert og anerkjent. Shell har fra tidligere gode resultater fra andre RCM analyser, blant annet knyttet til løsninger til reservedeler.



Figur 26 - Verdikjede for RCM Prosessen (Østgård, 2017)

Det er Shell drift som initierer prosessen ved å forespørre MainTech om en RCM analyse. MainTech leder gjennomføringen av RCM analysen med støtte fra pålitelighetsteamet i Shell.

På PWRI systemet er det flere årsaker til at en RCM analyse må gjennomføres og de fleste skyldes ulike typer aldring, som deles inn i tre kategorier, fysiske forhold, utdatering og organisatoriske forhold.

Av fysiske forhold rundt systemet som har endret seg er det i hovedsak vedlikeholds praksis som ikke har fungert bra nok til å opprettholde høy nok oppetid på systemet. Utdatering er den mest sentrale årsaken til at systemet trenger en gjennomgang og forbedring av vedlikeholdsprogrammet. Det er kommet nye krav knyttet til oppetid, mengde vann som skal injiseres har økt og tilgangen på reservedeler har blitt mer komplisert.

Til dette systemet er endrede det krav til oppetid og mengde vann som er injisert som utløser gjennomgangen og åpningen av vedlikeholdssløyfen. I utarbeidelsen av vedlikeholdsprogram har Shell valgt å bruke RCM analyse for å fastsette vedlikeholdsprogram.

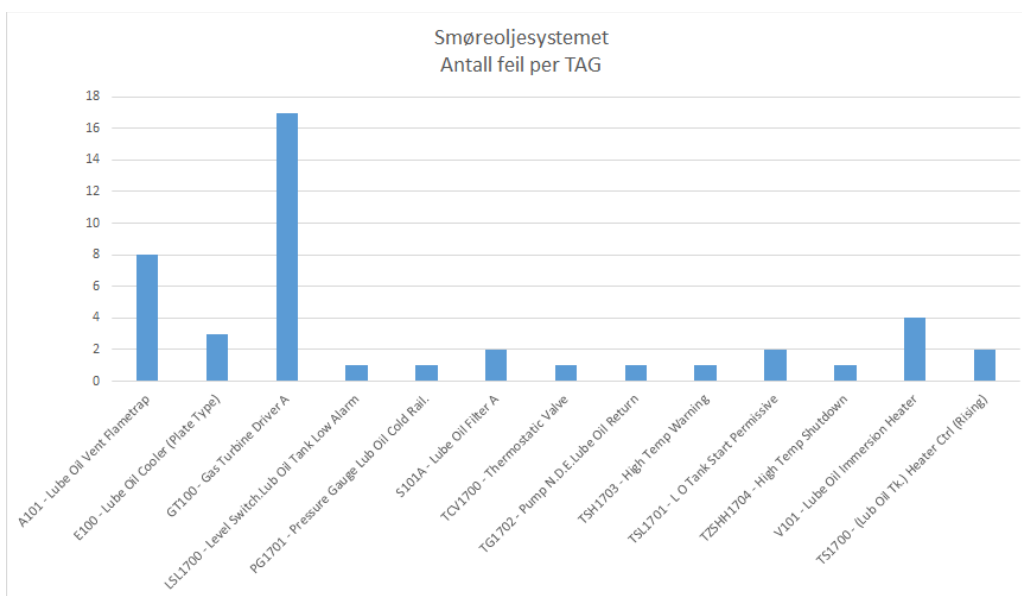
Vår oppgave i RCM er å se på hvordan man kan forbedre selve RCM analysen, hvordan bedre tilgangen på reservedeler og bruk av Industri 4.0.

Oljedirektoratet skriver i sitt basisstudium om vedlikehold at det er mange bedrifter som velger å forenkle RCM analysen, da det er både tidkrevende og kostbart. Det presiseres dermed av Oljedirektoratet at disse bedriftene ikke skal forenkle sine RCM metoder når det kommer til sikkerhetsmessige kritiske komponenter, samt i hvert fall ikke satse på såkalte “RCM - light” metoder. (Oljedirektoratet 2002)

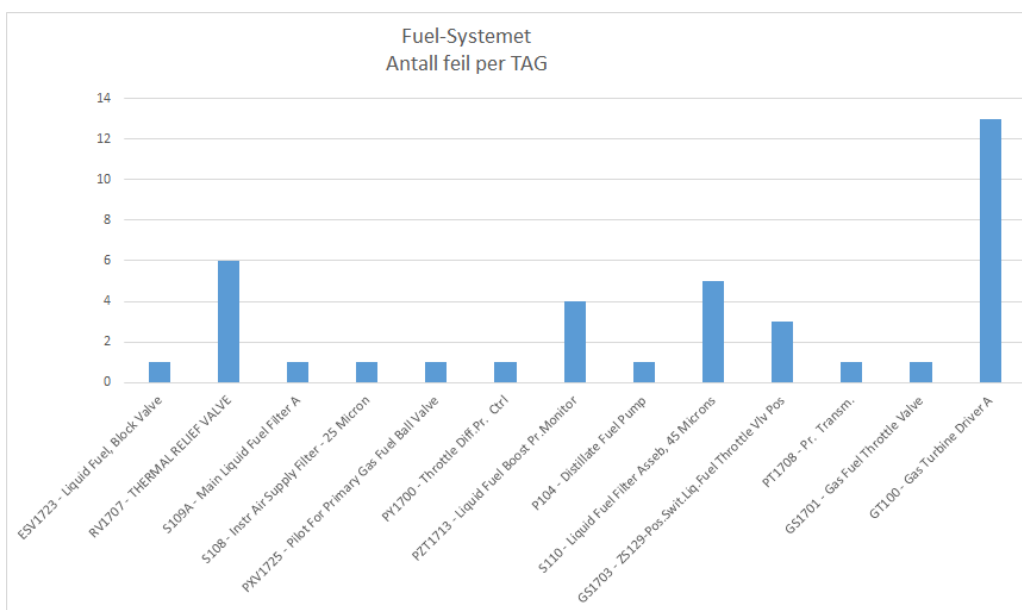
PWRI systemet er satt sammen av flere delsystemer, i tillegg til å bestå av to tilnærmet like systemer som går parallelt, som gir systemet redundans som betyr at begge linjene ikke må fungere samtidig. Da for eksempel begge pumper kan injisere på SWIT.

4.3 Analyse av vedlikeholds-historikk

Når vi analyserte datafangsten fra SAP i Excel, fikk vi oversikt over hvilke komponenter som det var registrert mest feil på i hvilket system. For å komme frem til dette måtte vi først filtrere ut og sortere vedlikeholds-historikk fra SAP i Excel, beskrevet i vedlegg 2.



Figur 27 - Statistikk over antall feil pr TAG i smøreoljesystemet



Figur 28 - Statistikk over antall feil pr TAG i Fuel-Systemet

Det første vi ser er at de fleste feilene som er registrert er på GT100 gassturbinen. Som er over delsystemene i BOM strukturen vist på figur 22. Mange av feilene som forekommer på GT100 skulle vært registrert på et annet Functional Location nummer.

4.4 Eksempler på notifikasjonsårsaker hentet fra fuel-systemet

For at de historiske data skal ha en verdi i RCM analysen må de kunne forstås av utenforstående uten den innarbeide eksplisitte kunnskapen mange vedlikeholdsoperatører og driftspersonell har. Her kommer noen eksempler på meldinger vi har funnet i Shells SAP database for Draugen.

ABB. hyppig gjentagende alarm, må kveles

“I forbindelse med utførelse av flm på pims skal vi søke etter gjentagende alarmer. Denne havner som regel på 10 på topp listen. Denne er rett og slett en terrorist. Vi Har ikke behov for at alarmen kun er aktiv når turbinen går på diesel. Så hvis alarmen knyttes opp sammen med ikke aktivt signal er det mulighet å bli kvitt denne.”

Ventil åpner ikke

“Ventilen står stengt, selv om soelnoid er resatt. Det er luft inn på en "klump" som henger på endebryter boksen, men ikke ut, og inn på aktuator.”

Spon i dieselfilter. Dieselpumpe bør byt

“Metallpartikler i Dieselfilter. Dieselpumpe og Clutch bør byttes. Pumpen var stuck med knekt kile. Tømte systemet for diesel så mye som mulig. Systemet er ikke luftet.”

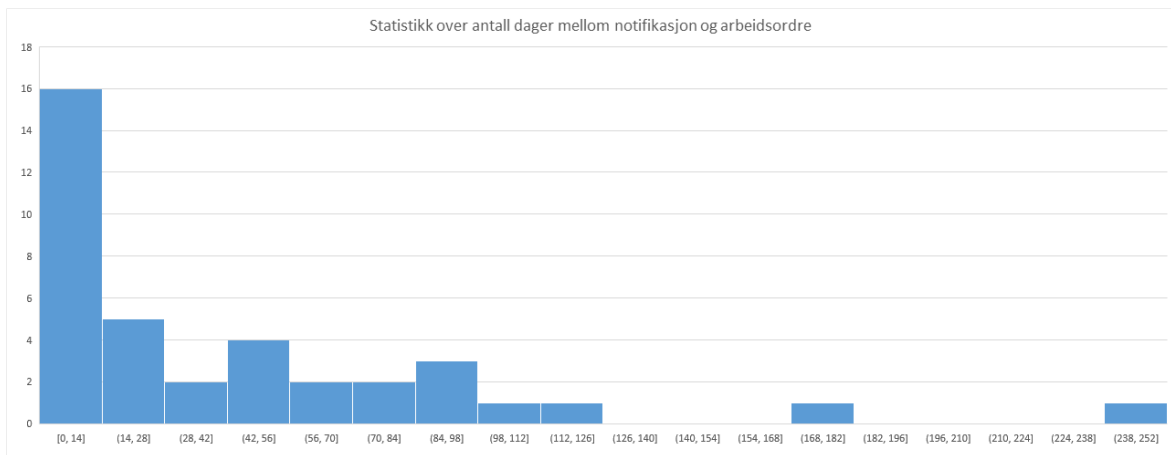
Beskrivelsene er korte og mangler mye informasjon om hva som er blitt gjort eller hva som bør gjøres. Dette fører til at mye av kommunikasjonen antas å bli gjort ved bruk av mail eller telefon og ikke ført inn i SAP. Vi har også observert en del referanser til mail utvekslet mellom ansatte, uten at det er gjort tiltak for å sikre at denne korrespondansen er tilgjengelig for andre. Denne informasjonen blir vanskelig å bruke i en RCM analyse.

4.5 Ledetid

I tillegg har vi ved å analysere vedlikeholds-historikk til smøreolje- og fuelsystemet, funnet ut hvor lang tid det tar fra det blir lagt inn en notifikasjon i SAP til det blir utsendt en arbeidsordre på notifikasjonen. Vi har valgt å definere ledetid fra notifikasjonen, bestillingpunkt, blir opprettet til arbeidsordren, levering, er laget i SAP. Dette har vi valgt å gjøre fordi det gir et mer oversiktlig bilde av sammensetningen av ledetiden.

Vi har hentet tall fra 38 tilfeldige arbeidsordre og notifikasjoner for så å sammenligne datoene og finne antall dager mellom notifikasjonsdato og arbeidsordredato.

Notifikasjonene er av forskjellig prioritet, dette fordi mange av komponentene i systemene er redundante, som gjør at de ikke er kritiske. Tallene vi fant er i mellom null og 239 dager, med et snitt på 44 dager. De fleste notifikasjoner blir behandlet på under to uker, og siden systemet er redundant vil ikke alle feil føre til nedetid. Men om det ikke hadde vært redundant og det hadde ført til nedetid, ville tallene vært annerledes på grunn av at systemet er produksjonskritisk.



Figur 29 - Statistikk over antall dager fra det blir lagt inn notifikasjon til det kommer en arbeidsordre.

5.0 Drøfting

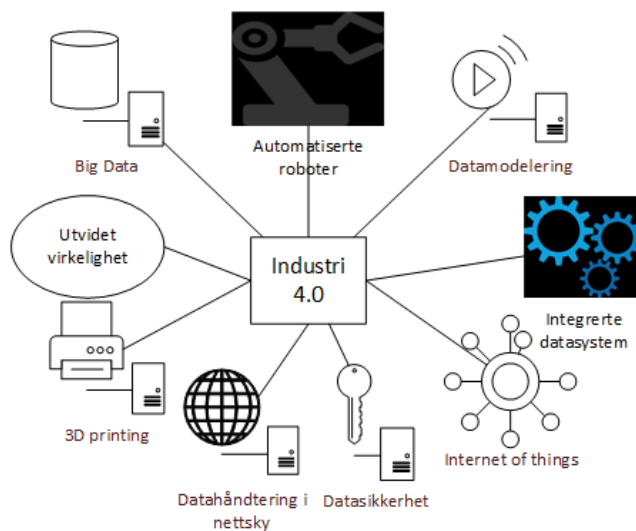
Som en del av oppgaven skal vi komme frem til noen forslag på hvordan Shell kan bruke Industri 4.0. Dette gjøres fordi Industri 4.0 er fremtidens teknologi som, hvis brukt godt, bidrar til effektiv kommunikasjon og vedlikeholdsplanlegging på utstyr. Forslagene våre vil omhandle personell, utstyr og metode.

5.1 RCM og Industri 4.0

Ved å bruke Industri 4.0 effektivt er det mulig å kunne både illustrere og vurdere bruk av RCM på en mer avansert og strukturert måte. Moderniseringen av alt vedlikehold ved bruk av sensorikk og bedre forutsigbarhet gjør at det er mulig å finne kritiske deler så snart det lar seg identifisere.

I utvelgelsen av kritiske systemer og delsystemer kan datamodellering med omgivelser, bruksslitasje og antatt korrosjon brukes til å vise hvor og hvordan systemet vil reagere på slitasje og skader. Dette gjør at man med større sikkerhet kan identifisere hvilke deler som vil være kritiske i systemet.

Til innsamling og analyse av data kan gjøres ved å koble systemene til IoT og samle dataene som blir hentet i et integrert datasystem som kan sende den direkte inn i RCM analysen for kontinuerlig oppdatering og forbedring av RCM.



Figur 30 - Industri 4.0 hjulet (Østgård, 2017)

Figuren viser et tankekart av hvordan Industri 4.0 har påvirkning av forskjellige deler som er høyst aktuelle i dagens teknologi.. Den viser en sammenkobling av muligheter og kombinasjoner til en integrert og moderne struktur. Det er også en konkret illustrasjon av hvilke deler kompasset (Figur 8, McKenzie) omfatter.

5.2 Våre forslag

5.2.1 VR/AR

Et av våre forslag til Shell er å bruke VR i teknisk trening og opplæring.

Med dette kan operatørene få en større mulighet til å være klare når det først er revisjonsstans.

Måten det gjøres på er at anlegget lages som en datamodell, på nyere anlegg er dette ofte gjort allerede. Modellen får de samme tekniske oppdateringen som det fysiske anlegget og det kan også simuleres med værforhold og slitasje på utstyret.

Denne modellen kan brukes til opplæring av operatører som skal jobbe offshore på for eksempel en revisjonsstans med kritiske oppgaver. Dette for å unngå at feil i utføring av arbeidet eller unødvendige forsinkelser.



Figur 31 - Eksempel på VR i teknisk trening. (Rockwell Collins, 2016)

En måte å bruke augmented reality på er at vedlikeholdsoperatørene kan få støtte fra land ved behov. Dette kan gjøres på samme måte som beskrevet i KLM. Vedlikeholdsoperatøren filmer mens han jobber og får veiledning via headset fra en spesialist på land. Denne spesialisten på land kan jobbe direkte i SAP med å legge inn rotårsaksanalysen og finne frem til korrekt tagg. Dette vil heve kvaliteten på data i SAP, som vil gjøre den mer nyttig i en RCM.

Å starte et teknologisk prosjekt som å innføre effektiv VR og AR kan man raskt spare ressurser. Skulle Shell starte opp med dette på en effektiv måte kan problemet løses mye raskere enn hvis man skulle hentet ut en spesialist til Draugen. Spesialisten kan da med andre sitte nærmest hvor som helst i verden og finne løsninger til problemet. Dersom det er god tilgang til internett er det også sikkert mot dårlig vær.

5.2.2 Merking av deler for bedre rotårsaksanalyse og bedre data til RCM

Som et annet forslag til hvordan man skal kunne forbedre datakvaliteten i SAP hos Shell, er organisering på en strukturert måte viktig. Kvaliteten på data blir økt ved å markere på riktig tagg på en effektiv og strukturert måte. Et forslag til dette kan være å feste RFID tagg på de forskjellige delene og komponentene, dette gjør det enklere å feste notifikasjoner i SAP hvor det skal bli nødvendig.

Dette fikk vi se i praksis er nødvendig, da vi på gjennomgang og analyse av feil i systemene så at det var svært mange feilmeldinger som var koblet rett på GT100 som en generell feil i systemet, noe som da blir mer vanskelig å finne rotårsaken til. Ved å markere delene direkte kan det da bli enklere å notere hvilket system som har feil i seg, og enkelt kunne rapportere det i SAP. Dette kan spare mye tid og gir et mye mer organisert overblikk over feil i systemet. Modernisert merking gir altså et grunnlag for effektiv rotårsaksanalyse (RCA), noe som kan hjelpe Shell med å holde seg skjerpet på registrering av feil og hvordan de skal lagres i SAP.

5.2.3 3D printing

Reservedeler som blir hentet til for eksempel Draugen kan ta lang tid, koste mye og være generelt krevende for å få gjort ordentlig. Shell i Nederland har allerede begynt prosessen med å lage reservedeler på stedet, via 3D printing. NASA og Shell bruker blant annet samme modell for å produsere kompliserte metallkomponenter. Reservedeler som må raskt komme til installasjonene offshore kan effektiviseres ved at det finnes en maskin offshore, slik at reservedelen kan komme frem mye raskere. Når designet på en spesifikk komponent var ferdig tok det 60 timer å printe ut den aktuelle delen, hvor ved vanlig konvensjonell metode tok det flere uker å ferdigstille den samme komponenten, samt at transportkostnadene både i form av tid og penger ble høyere. For et lager som holder opp mot tusenvis av reservedeler, vil et 3D printede system nærmest eliminere dette problemet, da å kunne produsere delene “on demand” være mer optimalt.

I vår sammenheng kan en slik type maskin være plassert på for eksempel Vestbase, da det raskt kan bli trangt om plassen på selve Draugen. Lagerkostnadene vil da bli eliminert, samt at transportkostnadene vil bli redusert.

5.3 Hvordan forbedre RCM

Strukturen til Shell som organisasjon kan ha bidratt til at systemet har blitt “glemt” over så lang tid. Rundt PWRI systemet ligger en stor matriseorganisasjon med forskjellige ansvarsområder som strekker seg på tvers av fagdisipliner, lokasjoner (Kristiansund og Stavanger) og avdelinger.



Figur 32 – Shell som matriseorganisasjon (Østgård, 2017)

I vår deltagelse på RCM møtene så vi at denne strukturen påvirket hvordan vedlikeholdsoperatørene har forholdt seg til sine ansvarsområder, noen med en mer “konservativ” holdning enn andre. De med konservativ holdning til hva som er deres ansvarsområde gjør at komponenter i grenseland mellom to fagområder ofte faller “mellom to stoler” uten at noen vil påta seg ansvar for den.

Dette kalles for siloeffekt, dette betyr at ansatte kun ser sine egne arbeidsoppgaver, uten å tenke på helheten i systemet, eller rolle og funksjon i en prosess. (Magal, Word, 2009) At slike siloer oppstår er vanlig i en så stor og kompleks organisasjon (Ensor 1988) som Shell hvor de ansatte har mulighet til å fordype seg i sine egne fagområder.

Som forslag til forbedring av RCM møtene vil vi anbefale å bruke en mal for å legge inn informasjon i SAP. Dette gjør at det er enklere for alle parter involvert å forstå de problemene som skal ordnes opp i. Hvis møtedeltakerne på forhånd vet hvordan feilen er satt opp, kan det bli mindre nødvendig å hente inn vedlikeholdsoperatører fra Draugen noe som er ressurskrevende. Brukes det en mal blir det og et mer strukturert system. Det er heller ikke sikkert at vedlikeholdsoperatøren er sikker på hva som er lagt inn dersom det er ustrukturert system.

5.3.1 Bruk av konsulenter:

Av hva vi har observert av arbeidsmetodikk og samarbeidsmetoder mellom Shell og MainTech i RCM prosessen har vi kommet frem til at det er denne definisjonen som gjelder:

“Det er klienten som har problemet og som fortsetter å ha det gjennom hele hjelpeprosessen. Konsulenten bistår klienten i å håndtere problemet, men overtar aldri. Den ekspertise som her etterspørres, er evnen til å involvere klientene i selvd Diagnose og evnen til å dyktiggjøre klienten til selv å intervensjonere når det gjelder problemet.” (Lyngdal 1992:137)

Konsulentene fra MainTech fungerer som prosessspesialister der deres oppgave i RCM er å lede hele prosessen, samle arbeidsgrupper og setter rammene for fremgang. Ved å bruke konsulenter på denne måten mister ikke Shell eierskap til prosessen og endringene som skal implementeres.

Shell har flere ulike leverandører som leverer modifikasjoner og prosjekter med tilhørende RCM analyser. Få leverandører har intern kompetanse på gjennomføring av RCM analyser, som fører til at underleverandører gjennomfører RCM analysen. Dette skaper avstand mellom Shell og RCM prosessen, hvor Shell mottar flere ulike typer RCM analyser fra de forskjellige leverandørene. Dette gjør at Shell får ulike vedlikeholdsplaner for samme type utstyr, som gjør vedlikeholdsplanleggingen ressurskrevende.

En måte å spare ressurser på hadde vært å insource RCM analysen. Ved å gjøre dette kan Shell ha oversikten over tidligere RCM analyser og vedlikeholdsprogram for samme typer utstyr og på den måten bruke samme vedlikeholdsprogram, uten å gjennomføre en ny RCM analyse.

Shell kunne ha valgt å gjennomføre RCM analysen uten å leie inn konsulenter fra MainTech, da dette kan sees på som en dårlig måte å bruke ressurser på for Shell. Å bruke konsulenter til å gjennomføre analyser på denne måten etterlater lite læring i Shell. På en annen side gir denne måten effektive og raske resultater. MainTech har RCM analyser som del av sin kjernevirksomhet og god kunnskap om best-practice i bransjen og bidrar med spesialister innenfor RCM.

For at Shell skal kunne gjennomføre RCM analyse uten MainTech må de skaffe seg interne ressurser med tilsvarende kompetanse. Det tilbys flere kurstilbud som omhandler bruk av RCM som kan brukes til opplæring, som vil bringe Shell opp på nivå med MainTech. Det kan være vanskelig å holde kunnskapen ved like i organisasjonen, da det ikke er en del av Shells kjernevirksomhet. Gjennomføring av RCM analyser er ikke kontinuerlig arbeid, noe som betyr at personell med dette arbeidsområdet må gis andre arbeidsoppgaver i perioder uten behov for RCM analyser.

Likevel vil det å gjennomføre RCM analysen med egne ansatte skape større forankring og eierskap til beslutningene som blir tatt. Dette kan gjøre det lettere å implementere endringene som kommer som resultat av en slik analyse i organisasjonen.

5.4 LEAN i Shell

Shell har begynt arbeidet med å implementere LEAN som filosofi og arbeidsmetodikk. Dette skal i teorien gjøre at skippertaksmetoden RCM ikke skal være nødvendig. Dette siden det kontinuerlig forbedringsarbeid skal gjøre at systemer ikke faller utenom.

Tanken om at kontinuerlig forbedring i praksis skal eliminere behovet for mer enn en initiell RCM er utenkelig, da det i praksis vil skje endringer utenfor Shells kontroll som vil gjøre RCM nødvendig. Den teknologiske utviklingen sammen med endringer i leverandørmarkedet utgjør disse endringene, i dagens skiftende marked både økonomisk og teknologisk.

5.5 Reservedeler:

Det kan være vanskelig å skaffe reservedeler til et så gammelt system som PWRI. Dette som følge av oppkjøp, fusjoner og konkurser blant leverandører, men i hovedsak på grunn av teknologisk utvikling som gjør at deler ikke lengre er i produksjon.

Leveringstidene på enkelte deler kan derfor være opptil 8 måneder. Det er derfor ønskelig å ha et relativt stort sikkerhetslager på Vestbase for å sikre kortest mulig nedetid på utstyret.

Hvilke deler som skal være på lager blir undersøkt og bestemt som en del av RCM analysen basert på leveringstid og kritikalitet for drift av systemet. Å velge å holde et så stort sikkerhetslager har høye kostnader, både som følge av innkjøpskostnadene og lagerholdskostnadene, men er forsvarlig da kostnadene som følge av tapt oppetid er såpass høye.

Undersøkelser blant leverandører viser at leveringstiden er varierende avhengig av sesong, andre bestillinger og prosjekter eller deler inne til overhaling. Dette gjør det vanskelig å beregne lagernivå for de forskjellige delene, siden “dataene” som er tilgjengelig har for mange variabler.

I et enkelt lagersystem er det mulig å beregne seg til et bestillingspunkt, hvor det blir funnet optimalt sikkerhetslager og strategi for mest mulig oppetid. For systemet vi undersøker derimot blir mye av beregningen vanskelig, da det er mye dårlig data på grunn av uforutsigbare ledetider, uklarhet i hva som er kritisk og varierende levetid.

Et eksempel på hva som kan gjøre beregningen av reservedelslager vanskelig er ulik klassifisering for kritikalitet for samme del. Er det for eksempel fem like ventiler, hvor to av dem er sikkerhetskritisk, mens de tre andre har lavere kritikalitet. Her stilles det spørsmål med om de skal behandles likt, både i vedlikeholdsprogram og reservedelslager. Hvis man regner alle fem ventiler med høyeste kritikalitet blir sikkerhetslageret mye større enn om bare de to med faktisk behov blir brukt i beregningen. Ved bruk av kannibalisering kan de tre ventilene som ikke er sikkerhetskritisk brukes som “lager” for de kritiske ventilene. På denne måten trenger man ikke et sikkerhetslager på samme måte.

5.5.1 Kannibalisering

For å nå målet satt for vanninjeksjons i SWIT trenger man kun drift på 1 av 2 linjer i systemet, men det trengs to linjer for å re-injisere alt vannet for å unngå forurensing. En alternativ måte for å raskt skaffe reservedeler, hvis begge linjene skulle bryte sammen, kan være å kannibalisere på det ene systemet, til fordel for det andre.

Å kannibalisere vil bety at defekte deler fra linje 1 blir erstattet med deler fra linje 2. Fordeler med dette er at man raskt kan få en av linjene til å fungere igjen uten å måtte vente på lang leveringstid.

Forutsetning for at denne metoden skal kunne brukes er solid kunnskap om funksjonene til de ulike komponentene i systemet, plassering og levetiden. Dette må være grunnlaget for å kunne gjøre en rotårsaksanalyse for å finne frem til korrekt komponent som skal byttes. utfordringer med denne metoden er uviss levetid og kvalitet på delen som blir hentet fra en annen linje. Dette kan planlegges for deler med lineært sviktmønster da man kan anta hvor lang tid det vil ta før komponent svikter, og om det er lønnsomt å flytte delen fra en linje til en annen. For komponenter med et tilfeldig sviktmønster vil dette være vanskeligere å anta og det må gjøres en helhetsvurdering basert på tilstand.

6.0 Konklusjon

Vår problemstilling har vært tredelt, hvor vi har valgt å fokusere på RCM og Industri 4.0.

1. *Hva slags utfordringer er det til RCM analysen på Shell sitt aldrende anlegg Draugen?*
2. *Hvordan forbedre RCM analysen med bruk av Industri 4.0 og hva kan gjøres for å forbedre reservedelsproblematikken?*
3. *Hvordan bruker Shell konsulenter i sin RCM analyse?*

Vi forventet å finne et strukturert system, med god SAP struktur og et godt fungerende vedlikeholdsprogram. Vi fant derimot ut at bruken av systemet, uten mal for logging av notifikasjoner og arbeidsordrer, noe som gjorde at dataene har liten verdi i en RCM analyse. Det var mange referanser til mail, uformelt språk og tilstander som følge av siloeffekten som vi mener er hovedårsak til dette. Konklusjonen vår blir da at anbefaler vi derfor at BOM strukturen blir forbedret og at det tas i bruk en mal for logging av notifikasjoner og arbeidsordrer i SAP.

Vi konkluderer med at det er best for Shell om de insourcer RCM analysen. Dette burde gjøres fordi det gir en bedre utnyttelse av ressurser for Shell, fordi kvaliteten på RCM analysen ikke vil bli vesentlig dårligere. Shell kommer ikke til å bli best på RCM, men fremdeles godt nok til at det er lønnsomt på det aldrende anlegget Draugen. ”

Ved bruk av interne ressurser til gjennomføring og oversikt over RCM analysene vil de unngå dobbeltarbeid, de vil slippe å få nye vedlikeholdsprogram til utstyr de allerede har gjort RCM analyser for.

3D printing er i dag ikke avansert nok til å kunne erstatte et reservedelslager, for et så gammelt anlegg, som det ikke finnes tegninger som kan brukes som mal for 3D printing. Delene Shell etterspør er avanserte komponenter med strenge krav til sertifisering, som i dag ikke kan løses lett med bruk av 3D printing.

For andre elementer i Industri 4.0 konkluderer vi med at det er hensiktsmessig å ta i bruk RFID sammen med håndholdte enheter, som for eksempel nettbrett på anlegget. RFID koblet direkte til tagg i SAP vil bidra til å forbedre rotårsaksanalysen og samtidig gi bedre inndata som kan brukes i forbedringen av RCM.

7.0 Figurliste

Figur 1 - Oljeplattformen Draugen (Shell, 2017)	1
Figur 2 - Shell sitt driftskontor på Råket i Kristiansund.....	5
Figur 3 - Pålitelighetsteamet til Shell i Kristiansund.....	6
Figur 4 - Draugen (Shell, 2015).....	7
Figur 5 - Nyhamna (Shell, 2015).....	7
Figur 6 - Utføring av vedlikehold (Schjøberg, 2005)	9
Figur 7 - Ulike former av vedlikehold	10
Figur 8 - Utviklingen til proaktivt vedlikehold. (Østgård, 2017)	11
Figur 9 - LCP figur (SINTEF, 2009).....	13
Figur 10 - Risikomatrise (Det norske veritas, 2010).....	15
Figur 11 - Vedlikeholdssløyfen (Oljedirektoratet, 2002)	16
Figur 12 - De industrielle revolusjonene (Wikipedia, 2015)	17
Figur 13 - Industri 4.0 (Hackernoon, 2016).....	18
Figur 14 - Industri 4.0 kompass (Mckenzie, 2015).....	18
Figur 15 - Utklipp av Asset Utilization (Mckenzie, 2015)	19
Figur 16 - Utklipp av Service/aftersales (Mckenzie, 2015).....	19
Figur 17 - Proaktivt vedlikehold (Østgård, 2017).....	21
Figur 18 - KLM eksempel på bruk av Industri 4.0 (Youtube, 2015).....	24
Figur 19 - Industri 4.0 i NASA (NASA, ukjent)	25
Figur 20 - Eksempel på industri 4.0 i 4Subsea (Teknisk ukeblad, 2016)	26
Figur 21 - Bluetooth 5 (Bluetooth, 2016)	26
Figur 22 - Industri 4.0 i din bil (Telia, 2015).....	27
Figur 23 - Pålitelighetsbasert vedlikehold (WBDG, 2016)	28
Figur 24- PWRI systemet (Shell, 2017).....	33
Figur 25 - BOM struktur over PWRI systemet (Østgård, 2017).....	33
Figur 26 - Verdikjede for RCM Prosessen (Østgård, 2017)	34
Figur 27 - Statistikk over antall feil pr TAG i smøroljesystemet.....	36
Figur 28 - Statistikk over antall feil pr TAG i Fuel-Systemet	36
Figur 29 - Statistikk over antall dager fra det blir lagt inn notifikasjon til det kommer en arbeidsordre.	38
Figur 30 - Industri 4.0 hjulet (Østgård, 2017).....	39
Figur 31 - Eksempel på VR i teknisk trening. (Rockwell Collins, 2016).....	40
Figur 32 – Shell som matriseorganisasjon (Østgård, 2017).....	42

8.0 Referanseliste

Aasheim, Kjartan. 2008. “Veldikeholdsløftet i Lyse konsernet” Lest 19.04.2017
<http://dok.ebl-kompetanse.no/Foredrag/2009/Risikobasert%20vedlikehold/Aasheim.pdf>

Bigdoli, Hossein. 2010. *The Handbook of Technology Management: Volume 2. Supply Chain Management, Marketing and Advertising, and Global Management*: Wiley Publishing, Hoboken NJ

Bluetooth Special Interest Group. 2017. “Bluetooth 5: What it’s all about”. Lest 24/01/2017
<https://www.bluetooth.com/specifications/bluetooth-core-specification/bluetooth5>

Bosch. 2010. “Annual Report 2010”. Lest 28.02.2017
https://assets.bosch.com/media/en/global/bosch_group/our_figures/publication_archive/pdf_1/gb2010.pdf

Bosch. 2017. “Bosch at CES® 2017: Showcase of smart solutions”. Lest 04.04.2017
http://www.bosch.com.vn/en/vn/newsroom_11/news_11/news-detail-page_46720.php

Cadick Corporation. 2004. “What is Reliability Centered Maintenance?” 27.04.2017
http://www.mainsaver.com/pdf/Reliability_Centered_Maintenance_White_Paper.pdf

DNV. 2010. “RISK BASED INSPECTION OF OFFSHORE TOPSIDES STATIC MECHANICAL EQUIPMENT -RP-G101”. Lest 13.04.2017
<https://rules.dnvgl.com/docs/pdf/DNV/codes/docs/2010-10/RP-G101.pdf>

Ensor, Phil S. 1988 “The Functional Silo Syndrome”.
http://www.ame.org/sites/default/files/target_articles/88q1a3.pdf

Geissbauer, Reinhard 2016, *A Strategist’s Guide to Industry 4.0, Strategy Business*. Lest 10.05.2017 <https://www.strategy-business.com/article/A-Strategists-Guide-to-Industry-4.0?gko=7c4cf>

Informasjonsvideo om Draugen, publisert av Shell 07.11.2013, sett 29.05.2017

<https://www.youtube.com/watch?v=b6VkFQ8csKo>

Jacobsen, Dag Ingvar. 2016, *Hvordan gjennomføre undersøkelser?* Cappelen Damm, Oslo

Kunnskapsbasertpraksis 2012 “*Systematisk oversikt*” Lest 02.05.2017

<http://kunnskapsbasertpraksis.no/kritisk-vurdering/systematisk-oversikt/>

Lee, Dr. Jay og Hai Qiu. 2007. *Near-zero downtime: Overview and trends*. The University of Cincinnati, Cincinnati

Loen. 2014. “*Reliability Centered Maintenance for vannkraftprodusenten BKK Produksjon*”. Lest 19.04.2017

<https://daim.idi.ntnu.no/masteroppgaver/011/11769/masteroppgave.pdf>

McKinsey Digital, 2015. *Industry 4.0: How to navigate digitization of the manufacturing sector*, STED: McKinsey & Company

Moubray, John, 1997, *Reliability-Centered Maintenance, Library of Congress Cataloging-in-Publication Data*, Industrial Press INC, New York

NASA. 2015. “*Mars Immersion: NASA Concepts Bring Precision to New Virtual Reality Experience*”. Lest 23.01.2017

<https://www.nasa.gov/feature/nasa-concepts-bring-precision-mars-to-virtual-reality>

Norsok. 2001. “*Criticality analysis for maintenance purposes*”. Lest 20.03.2017

<http://www.standard.no/pagefiles/961/z-008.pdf>

Nowlan, F. Stanley, Howard F. Heap. *Reliability-Centered Maintenance AD-A066579*. 1978; United States Department of Defense, San Fransisco

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

Oljedirektoratet. 1998. “*Basisstudiet vedlikeholdsstyring*”. Lest 25.01.2017

<http://www.ptil.no/getfile.php/131817/z%20Konvertert/Helse%2C%20milj%C3%B8%20og%20sikkerhet/Sikkerhet%20og%20arbeidsmilj%C3%B8/Dokumenter/basisvedlikehold.pdf>

OSPAR Recommendation 2001/1 for the Management of Produced Water from Offshore Installations 2001, Valencia 25-29 juni

Petroleumstilsynet 2015, *Samtykke gis til bruk av innretningene på Draugen utover opprinnelig designlevetid* 11.05.2015

Petroleumstilsynet 2016 “*Styringsforskriften*” Lest 15.02.2017

<http://www.ptil.no/styringsforskriften/category382.html>

Plantservices, Brown, Michael V, 1999. “*Applying the Predictive Approach*”.

http://www.plantservices.com/assets/knowledge_centers/ansi/assets/Applying_the_Predictive_Approach.pdf

Regjeringen. 2016. “*St. 27 2016 –2017*” Lest 04.05.2017

<https://www.regjeringen.no/contentassets/9edc18a1114d4ed18813f5e515e31b15/no/pdfs/stm201620170027000dddpdfs.pdf>

Roser, Christoph ,2015, *A Critical Look at Industry 4.0, All about lean* 29/12-2015

<http://www.allaboutlean.com/industry-4-0/>

Schjøelberg, Andersen, Rolstadås, Asbjørn. 1999 “*Produksjons- og driftsteknikk*”; Tapir forlag, Trondheim

Shell 2017, *Draugen*, Shell Norge, Lest 26.05.17

<http://www.shell.no/about-us/projects-and-sites/draugen.html>

Shell 2017, *Ormen Lange*, Shell Norge. Lest 29.05.2017

<http://www.shell.no/about-us/projects-and-sites/ormen-lange.html>

Simha R. Magal, Jeffrey Word, 2009, *Essentials of Business Processes and Information Systems*: Wiley Publishing, New York

Sintef, Meland, Ole, Schjøberg, Per, Vatn, Jørn og Rødseth, Harald. 2009. “*Forskning og utvikling innen vedlikehold med relevans for petroleumsvirksomheten*”.

https://www.sintef.no/globalassets/upload/teknologi_og_samfunn/sikkerhet-og-palitelighet/rapporter/sintef-a12213-forskning-og-utvikling-innen-vedlikehold-med-relevans-for-petroleumsvirksomheten.pdf

Taraldsen, Lars. 2016. “*Denne trillekofferten erstatter to ingeniører på oljeplattformer*”, Teknisk Ukeblad Lest 10.01.2017

<https://www.tu.no/artikler/denne-trillekofferten-erstatter-to-ingeniorer-pa-oljeplattformer/365912>

Teknisk ukeblad, 2012. “*Ta full kontroll på bilen*” Lest 09.01.2017

<https://www.tu.no/artikler/ta-full-kontroll-pa-bilen/227982>

Wattum, Sverre, 2015, *RCM, Krav og Nytenking*, MainTech. Lest 15.03.2017

<https://prezi.com/dlyctaiyyjbi/rcm-krav-og-nytenking/>

WBDG. 2016. “*Reliability-Centered Maintenance*”. Lest 10.01.2017

<http://www.wbdg.org/resources/reliability-centered-maintenance-rcm>

Youtube, 2015, “*MRO.AIR - Artificial Intelligent Reality*”. Lest: 07.02.2017

<https://www.youtube.com/watch?v=MYddQcSEXbQ>

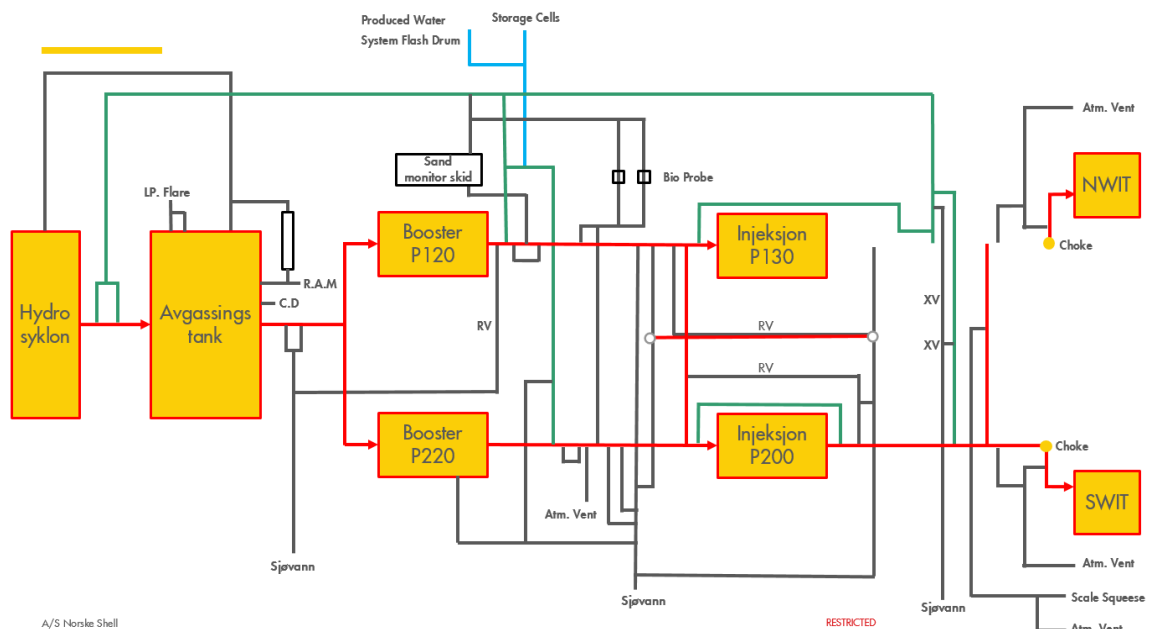
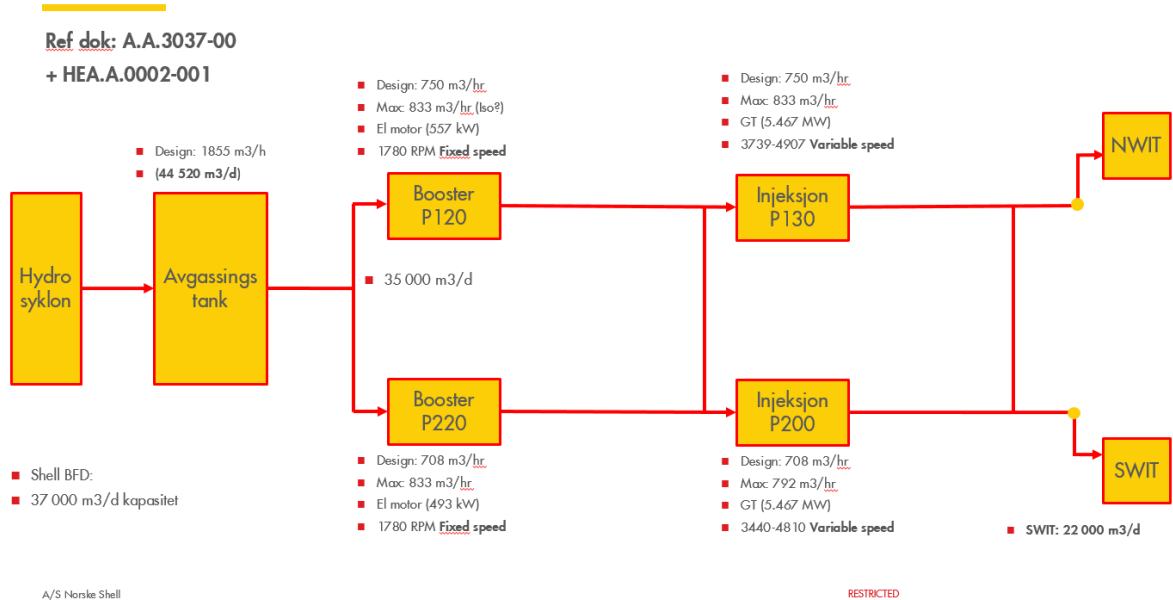
Øien og Schjøberg, 2009, “*Kartlegging av konsekvensene for vedlikeholdsstyring av aldring og levetidsforlengelse*”. 16.01.2017

<https://evalueringsportalen.no/evaluering/kartlegging-av-konsekvensene-for-vedlikeholdsstyring-ved-aldring-og-levetidsforlengelse/Kartlegging%20av%20konsekvensene%20for%20vedlikeholdsstyring%20av%20aldring%20og%20levetidsforlengelse%20-%20SINTEF%20rapport%20A12843.pdf/@@inline>

9.0 Vedlegg 1 – Teknisk beskrivelse

Systembeskrivelse

Det første delsystemet vi fikk i oppgave å analysere vedlikeholdsdata på var Injeksjon P130, der gassturbin GT100 med tilhørende smørelje- og fuel-system.



Gassturbinen

Introduksjon

Gassturbinen av merket Tornado er en enkel, åpen syklus, ikke-regenerativ gassturbin designet for mekaniske drivapplikasjoner.

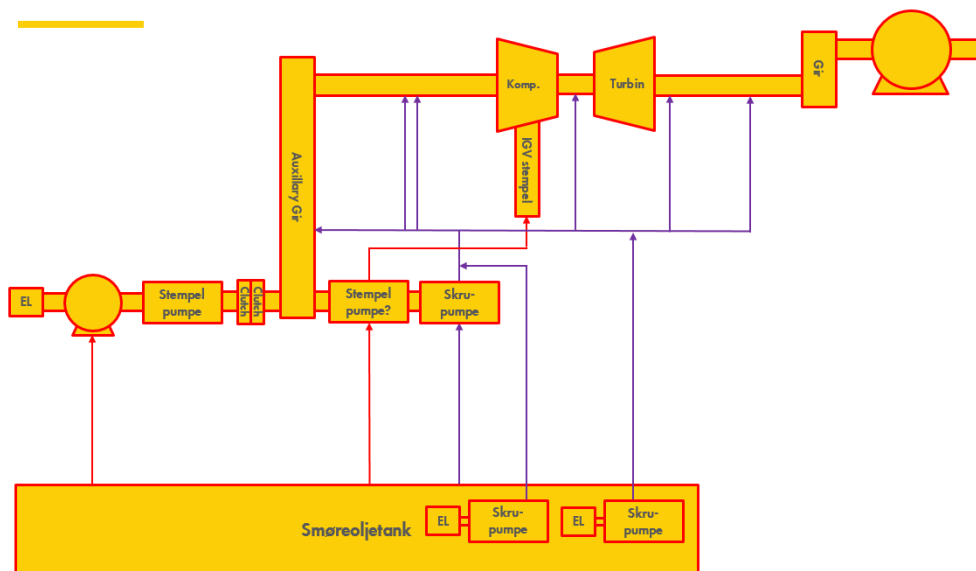
Generell beskrivelse

Turbinen består av et radiaalt innløpsrør der luft kommer inn til en femten-trinns aksialkompressor der luften komprimeres mens den strømmer gjennom kompressoren og videre inn i forbrenningssystemet. Forbrenningssystemet benytter "reverse flow" forbrenningskammerer for å blande inn brennstoff, brenne og utvide luftbrennstoffblandingen for å drive to trinns-turbinenheten og gassen går ut gjennom eksosdiffusoren.

Smøreoljesystemet

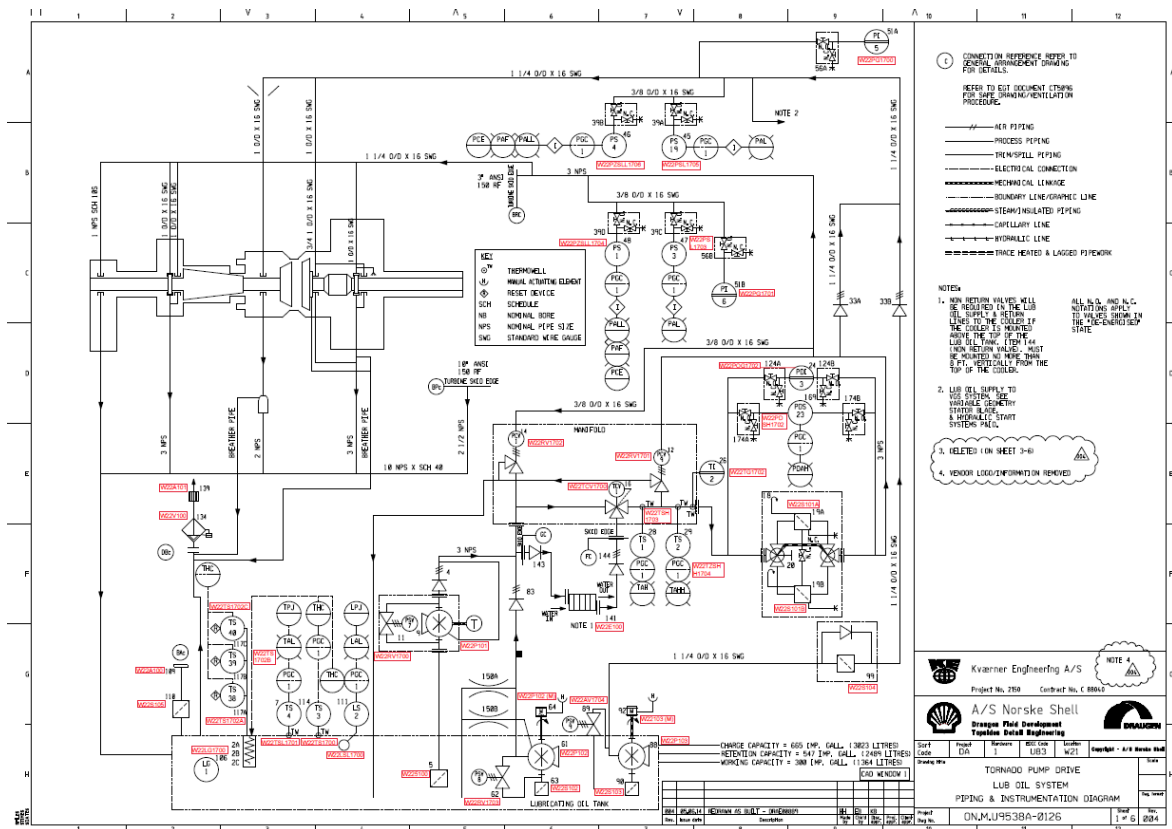
Introduksjon

Det mineraloljebaserte smøreoljesystemet er konstruert for å levere olje ved kontrollert trykk og temperatur for å smøre og avkjøle turbin- og thrust lagrene og auxiliary girkasse lagrene.



Generell beskrivelse

Systemet består av en smøreoljetank, som er plassert under auxiliary girkassen. Oljen blir pumpet fra smøreoljetanken gjennom et leveringsystem til innløpsforbindelsene på turbinen og auxiliary girkassen. I leverings-systemet er det innlemmet en temperaturreguleringsventil, to trykkreguleringsventiler, filter, instrumentering og tilhørende rør for å gi de riktige leveringsbetingelsene. Oljen som blir brukt blir returnert til tanken av tyngdekraften for å skape et kontinuerlig sirkulerende system. Varme fjernes fra oljen med en oljekjølerkrets som er kontrollert av temperaturreguleringsventilen. Et ventilasjonssystem for smøreoljetanken er gitt for utluftning av oljedamp, som blir generert mens turbinen går, til atmosfæren.



Fuel-systemet

Introduksjon

Fuel-systemet består av gass- og flytende brenselssystemer som er utformet for å levere brennstoff til forbrenningssystemet ved riktig trykk og flyt som kreves for det gjeldende effektbehovet.

Generell beskrivelse

Gass fuel systemet består av to blokkventiler, en gassregulatorventil og en gassventil, samt en stepper motor som er plassert på undersiden av turbinen. Et rørsystem kobler sammen komponentene og gir drivstoff til forbrenningssystemet, som så fordeler det til hver brenner.

Det flytende drivstoff systemet består av et lavtrykks drivstoffilter, en AC drevet bensinpumpe, et høytrykks drivstoffilter, en gassventil og en stepper motor. I tillegg er det en solenoid SOL103 operert styreventil for igangsatt tenning. Alt dette ligger på turbin chassis. En blokkventil og en termisk avlastningsventil kalt PSV13 ligger off-skid i den flytende drivstoffs- forsyningslingen. Et rørsystem kobler sammen komponentene og gir drivstoff til primær- og sekundær manifoldene, som så fordeler det til hver brenner.

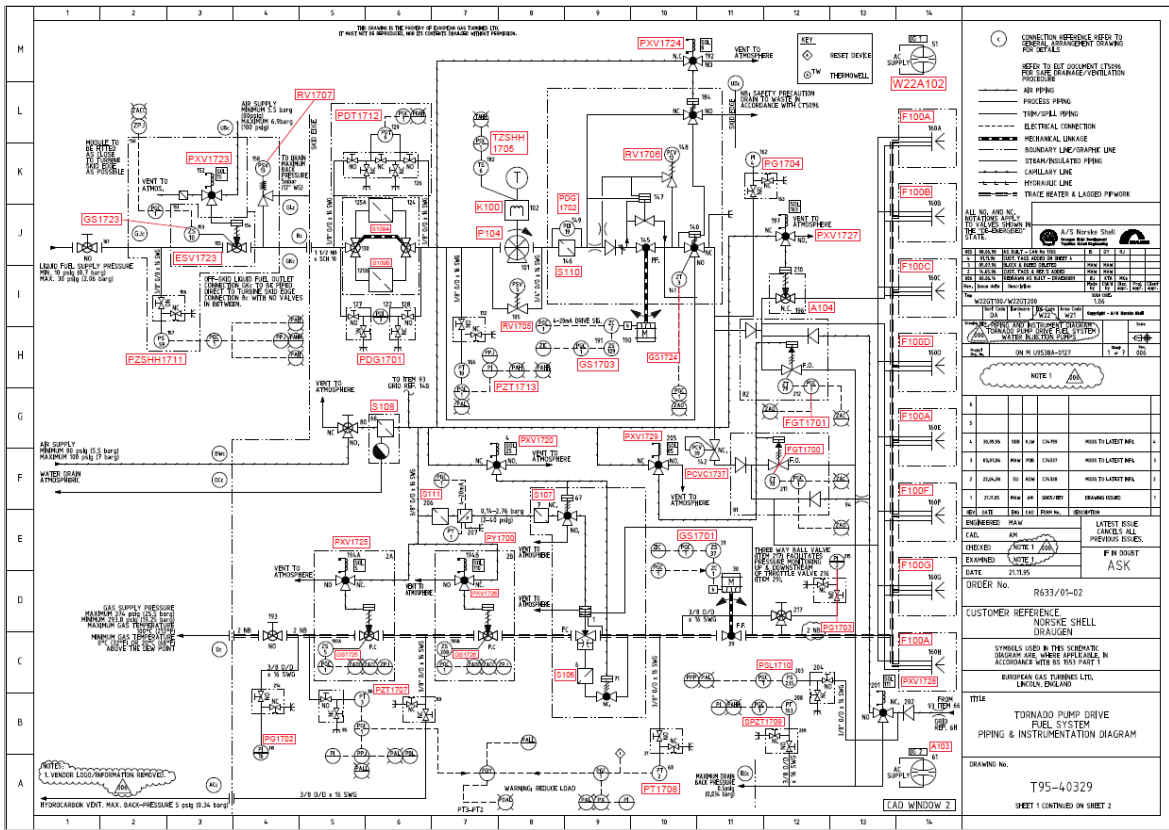
En solenoid, SOL85 og SOL111 er aktiverte reverseringssystemer, som bruker luft fra kompressoren, er koblet til primært og sekundært flytende drivstoff manifold for å drenere brennerne og manifoldene fra drivstoffet ved en avstenging. En fremoverrensing gjort med komprimert luft blir gjort for å fjerne resterende drivstoff. Dette skjer i ettertid av reverseringsrensingen.

Den flytende rensingen er designet for å unngå at drivstoff blir sittende igjen i brennerne og eventuelt blokkerer brennerdysen. Fremoverrensingen kjøler også ned brennerveggene som også bidrar til mindre blokkeringer.

I oppstartsprosessen kommer det drivstoff kun til det sekundære manifoldet og når trykket bygges opp kommer det en mainflow av drivstoff til det primære manifoldet. Et iscenesatt tenningsanlegg blir dekket hvorved det primære drivstoffet i brennere 1, 2 og 3 er blokkert av en solenoid SOL103 styringsventil helt til brennere 4 til 8 er tent, hvor ventilene åpner seg slik at brennere 1 til 3 blir tent.

Et drivstoff eller et annet kan bli satt i gang fra turbinens kontrollmodul.

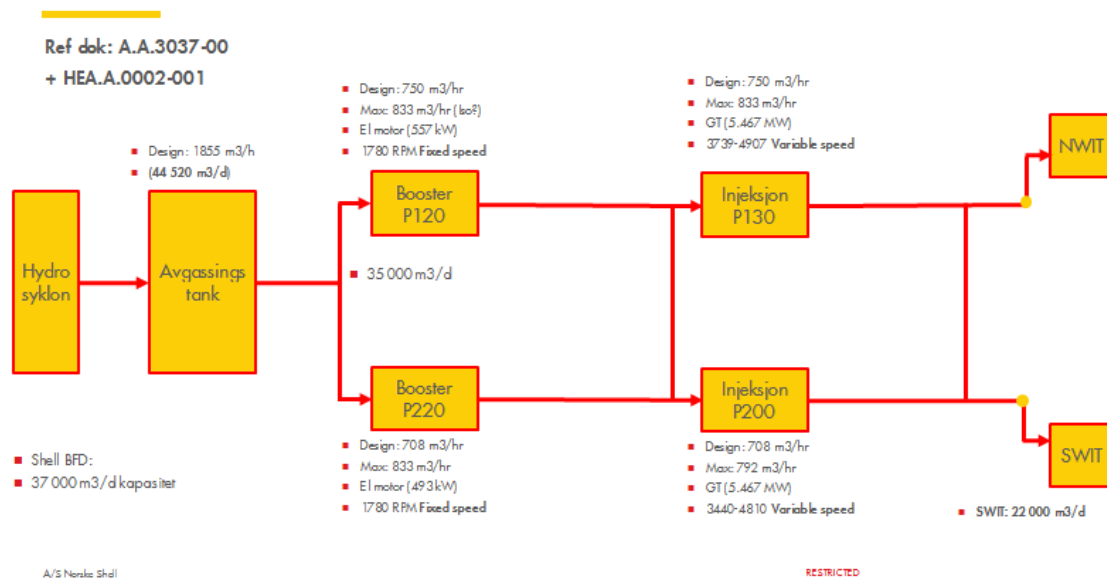
Et skjematisk diagram av hele fuel systemet kan bli funnet i Vedlegg B på denne manualen.



10.0 Vedlegg 2 – Forberedelser til RCM møtene hos Shell

Første trinn

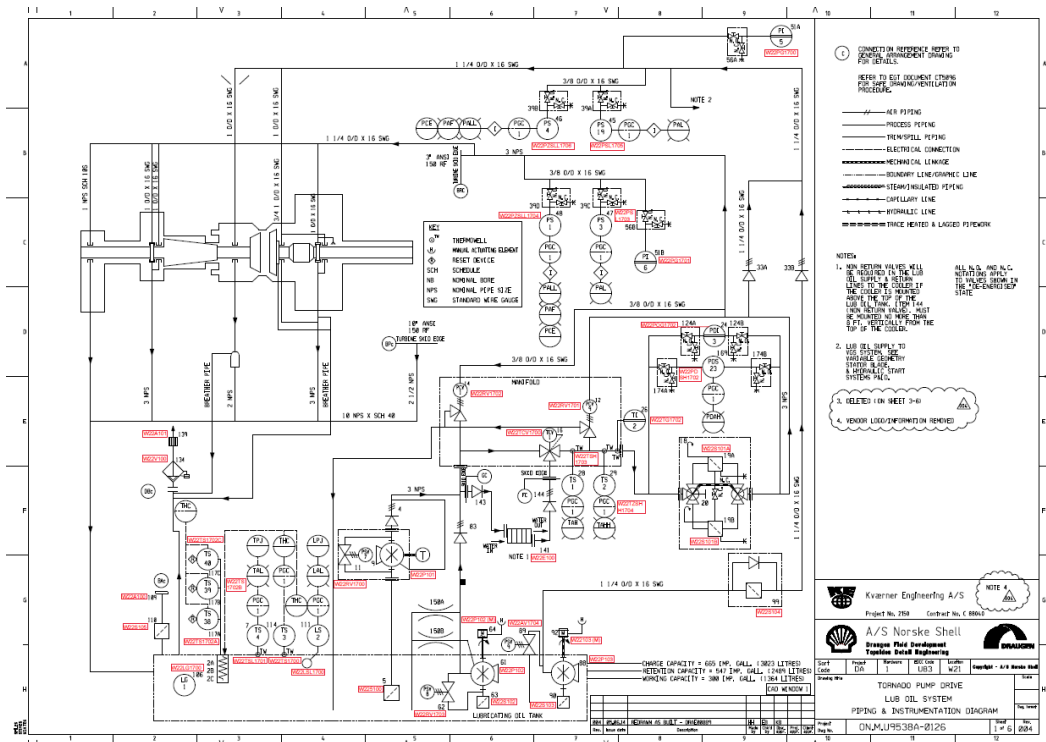
Som en del av bacheloroppgaven vår skulle vi analysere vedlikeholdshistorikk og delta på RCM-møtene. Vi fikk to del-systemer vi skulle analysere vedlikeholdshistorikken til; Smøreoljesystemet og Fuel-systemet til gassturbinene GT100 og GT200 som ligger under Injeksjon P130 og P200 på tegningen under.



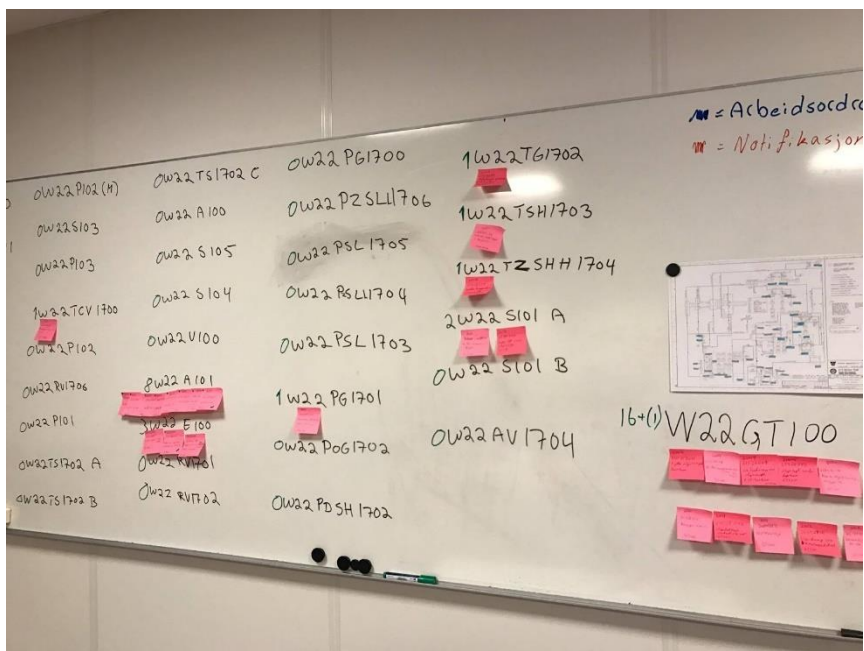
Vi fikk tilsendt alle arbeidsordrer og notifikasjoner for vanninjeksjonsturbinene i Excel, som til sammen var over 3000 linjer i regnearket.

Andre trinn

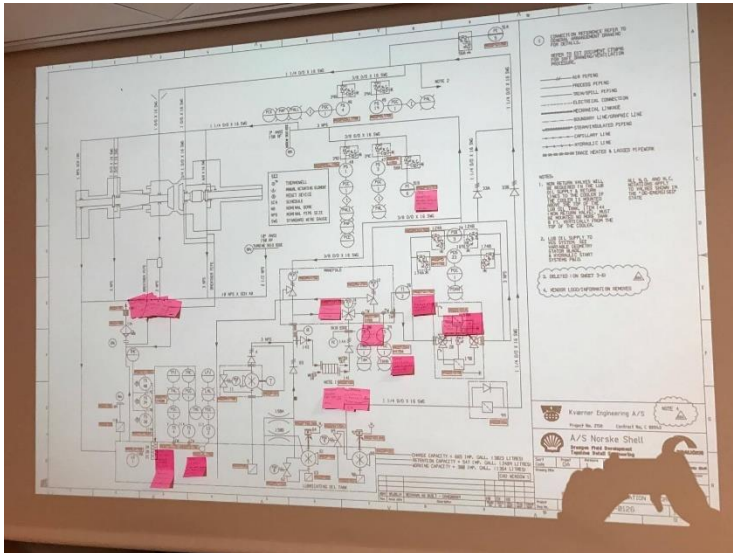
Det første del-systemet vi fikk tilsendt var smøreoljesystemet til GT100. På dette systemet fikk vi tilsendt P&ID som er et teknisk flytskjema som vist på figuren under. Her hadde graduatene hos Shell markert ut alle functional locations, på norsk funksjonell plassering, til tagene i rødt for oss. Dette gjorde det lettere for oss å begynne analyseringen av vedlikeholdsdata.



Vi gikk først til verks med å skrive opp alle de røde numrene på tavlen før vi begynte å søke i ExCel arket vi hadde fått tilsendt. Når vi fant feil skrev vi dem opp på post-it lapper og hengte dem opp med arbeidsordre og dato på tavlen som vist på bildet under.



Etter at vi hadde funnet alle feilene på functional location numrene, fant vi alle feil som lå generelt på gassturbinen som ikke var tagget på riktig functional location. Når vi var ferdig med tok vi P&ID opp på lerretet via prosjektor som vist på bildet under.

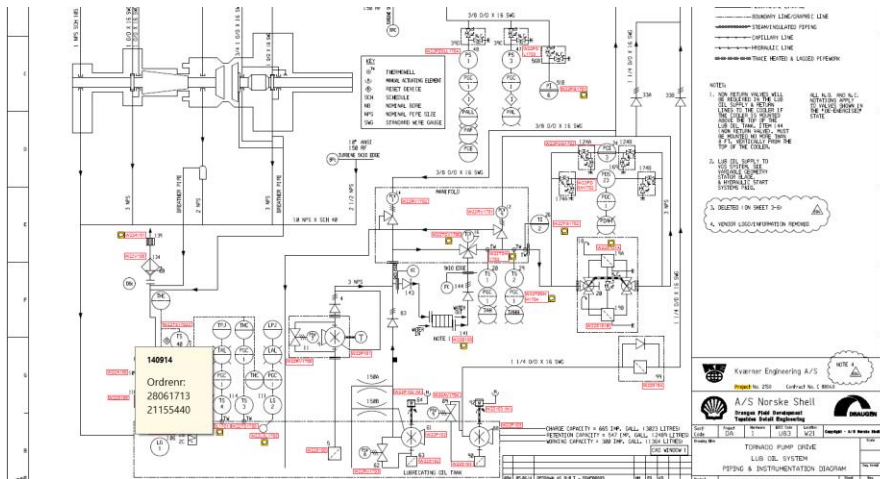


Ettersom vi hadde funnet alle arbeidsordrer jobbet vi med å sortere ut disse i Excel og finne alle Notifikasjoner som hadde samme arbeidsordre, for å finne en beskrivelse på hva som var galt. Som man kan se på bildet under.

GT100	17	Gas Turbine Driver A	Bytte smøreoljefilter og sende inn oljep	CBM høyt partikkel tall i smøreolje		Korrektivt	19.10.2015	27841749
			Spjette oilmist for turbinen	Spjette oilmist for turbinen		Korrektivt	19.05.2014	26599075
			Oljedamp fra koblingsdeksel	Oljedamp fra koblingsdeksel		Korrektivt	07.01.2013	25356935
			Tette smøreolje lekkasje på 100turbin.	Smøreolje lekkasje på 100turbin.		Korrektivt	05.09.2012	25111193
			Oljesal rengjøring, søke/fikse lekkasje	Oljesal rengjøring, søke/fikse lekkasje.		Korrektivt	18.07.2012	25011895
			Rengjøre oilmist	Rengjøre oilmist		Korrektivt	14.11.2011	24468394
			Oljelekkasje deksel og søl.	Oljelekkasje deksel og søl.		Korrektivt	31.10.2011	24535647
			Oljelekkasje	Oljelekkasje		Korrektivt	12.10.2011	24497251
			Høy smøreoljetemperatur	Høy smøreoljetemperatur		Korrektivt	24.09.2008	22624413
			Oljelekkasje i instrumentboks.	Endre LAFD for WO22552220		Korrektivt	25.08.2008	22552220
			Oljelekkasje i instrumentboks.	Oljelekkasje i instrumentboks.		Korrektivt	25.08.2008	22552220
			Bytte oilmistfilter	Bytte oilmistfilter		Korrektivt	28.04.2008	22517497
			Oljesal under dørken.	Oljesal under dørken.		Korrektivt	14.07.2005	21368053
			rep av Oljelekkasje, rengjøring.	rep av Oljelekkasje, rengjøring.		Korrektivt	19.01.2005	21203217
			Utbedring av oljesal I EGT- turbinrom	Utbedring av oljesal I EGT- turbinrom		Korrektivt	02.08.2004	21122609
			Skifte hovedsmørjefilter 100 turbin.	Skifte hovedsmørjefilter 100 turbin.		Korrektivt	26.06.2004	21124478
			Fylle på olje 100 Turbin.	Fylle på olje 100 Turbin.		Korrektivt	30.03.2003	21035704
LSL1700	1	Level Switch.Lub Oil Tank Low Alarm	Viser feil oljenivå på skjerm i C12	Viser feil oljenivå på skjerm i C12		Korrektivt	16.04.2005	21294859
PG1701	1	Pressure Gauge Lub Oil Cold Rail.	Manometer på kalde lager 100turbin	Manometer på kalde lager 100turbin		Korrektivt	07.11.2011	24385165
S101A	2	Lube Oil Filter A	Skifte smørjefilter P200	Skifte smørjefilter P200	Er ikke dette den andre turbinen?	Korrektivt	24.01.2011	24008997
			Høy DP over oljefilter.	Høy DP over oljefilter.		Korrektivt	16.08.2013	25891542
TCV1700	1	Thermostatic Valve	Feilsøk på tempregulering Smøreoljekjøle	Tempregulering virker ikke		Korrektivt	18.11.2013	25814645
TG1702	1	Pump N.D.E.Lube Oil Return	Ødelagt gauge, må byttes	Ødelagt gauge, må byttes	Ødelagt gauge..	Korrektivt	21.08.2004	21118064

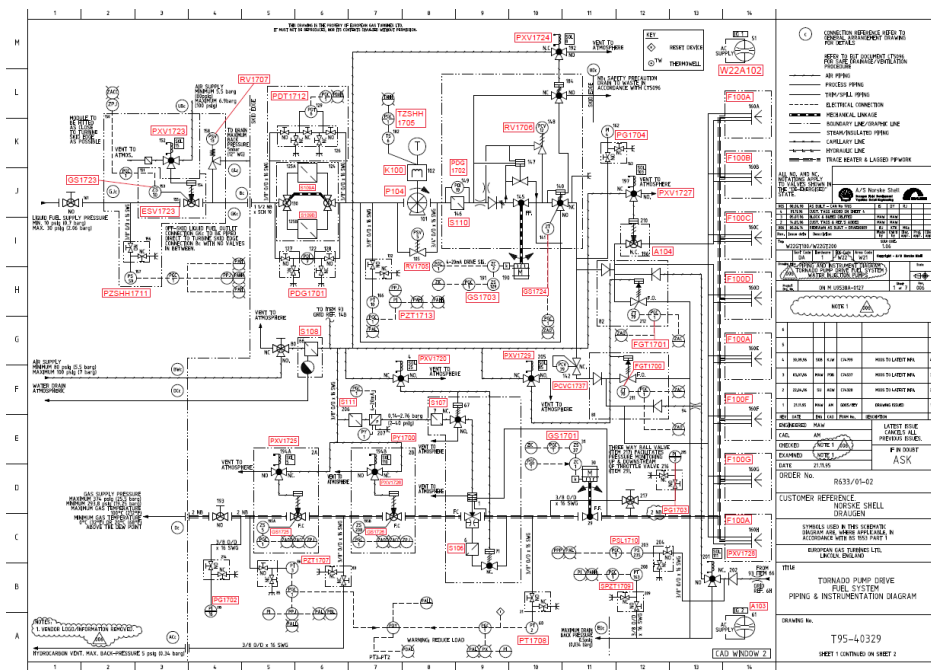
Ettersom vi hadde plassert ut alle post-it lappene på P&ID, satt vi de så inn i P&ID til Shell. Sånn at de kunne bruke den på RCM møtet for å lettere se hvilke feil som var på de forskjellige functional locationene og hvilket arbeidsordrenummer det var.

Dette for å gjøre det lettere for dem å slå det direkte opp i SAP siden vi enda ikke hadde fått tilgang til dette. Dette er vist med små gule firkanter ved siden av den røde teksten på figuren under.



Tredje trinn

Når smøreoljesystemet var overstått, fikk vi et nytt del-system. Det nye systemet var fuel-systemet. Denne gangen ble ting gjort litt annerledes fra vår side, vi tok med oss et par forbedringer fra prosessen når vi jobbet smøreoljesystemet. Denne gangen organiserte vi ExCel-arket før vi startet og gikk systematisk igjennom P&ID, som er vist på figuren under, for å finne feilene.



Vi startet helt til venstre og jobbet oss mot høyre, for å finne hvilke komponenter som hadde feil. Denne gangen gjorde vi det også for system GT200 systemet også som er helt likt. Som vist på figuren under ser regnearket vårt litt annerledes ut.

J	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Sum feil	FunctLoc	Tag	Feil per Tag	Beskrivelse	Beskrivelse - Arbeidsordre	Årsak	Vedlikehold	Dato	Order	System 7	FunctLoc	Tag	Feil per Tag	Beskrivelse
2	0	GS1723	ZS10	0								GS2723	ZS10	0	
3	2	ESV1723		1	Liquid Fuel, Block Valve	Ventil åpner ikke	t er luft inn på en "klump" som henger på e	72FC	06.03.2017	28878825		ESV2723		1	Liquid Fuel, Block Valve
4	0	PZSHH1711	PS59	0								PZSHH2711	PS59	0	
5	1	PKV1723	SOL15	0	Pilot For Block Valve							PKV2723	SOL15	1	Pilot For Block Valve
6	12	RV1707	PSV13	6	PSV13-THERMAL RELIEF VALVE	UTSKIFTNING AV SIKKERHETSVENTIL		72FP	01.09.2006	21092697		RV2707	PSV13	6	PSV13-THERMAL RELIEF VALVE
7						UTSKIFTNING AV SIKKERHETSVENTIL		72FP	01.09.2006	21212594					
8						UTSKIFTNING AV SIKKERHETSVENTIL		72FP	06.09.2010	23444064					
9						Retur av RV. Sendes Oss Nor, lagres vest		72RE	13.06.2011	24231960					
10						Overhaling av NO.DRA.W22RV1707		72RE	22.09.2014	26958109					
11						UTSKIFTNING AV SIKKERHETSVENTIL		72FP	22.09.2014	26292272					
12	1	PDT1712	PDT6	0	Liq.Fuel Filter Diff.Pr.High							PDT2712	PDT6	1	Liq.Fuel Filter Diff.Pr.High
13	2	S109A		1	Main Liquid Fuel Filter A	Skifte av dieselfilter	er i drift. (Mangel på tag-skilt i felt, så der	72FC	08.08.2016	28427280		S209A		1	Main Liquid Fuel Filter A
14	0	S109B		0	Main Liquid Fuel Filter B							S209B		0	Main Liquid Fuel Filter B
15	1	PDG1701		0	Liquid Fuel Filter (Gauge)							PDG2701		1	Liquid Fuel Filter (Gauge)
16	3	S108		1	Instr Air Supply Filter - 25 Micron	WATER INJECTION SYSTEM A - MEKANISK		72FP	05.03.2007	21894502		S208		2	Instr Air Supply Filter - 25 Micron
17															
18	1	PKV1725	SOL5	1	Pilot For Primary Gas Fuel Ball Valve	Får ikke start på WI P130 turbin på gass	turbin på gass. Følgende alarm kom opp:	72FC	03.09.2012	25178074		PKV2725	SOL5	0	Pilot For Primary Gas Fuel Ball Valve
19	0	GS1725		0								GS2725		0	
20	0	PG1702	P116	0								PG2702	P116	0	
21	0	PZ1707	P13	0								PZ2707	P13	0	
22	0	S111	PGC1	0								S211	PGC1	0	
23	0	GS1726	ZA00	0								GS2726	ZA00	0	
24	0	PKV1726	SOL110	0								PKV2726	SOL110	0	
25	1	PV1700	PV1	1	Throttle Diff.Pr. Ctrl	Instrumentluftlekkasje i 100 turbin	for dør på vestsiden. Under mørken. Lekas	72FC	31.07.2009	23100329		PV2700	PV1	0	Throttle Diff.Pr. Ctrl
26	0	PKV1720	SOL25	0								PKV2720	SOL25	0	
27	0	S107		0								S207		0	
28	9	PZ1713	PT10	4	Liquid Fuel Boost Pr-Monitor	ABB: Legge inn auto inhibitering	valt og vandrer mellom 0.4 og 0.9 bar. L1 ala	72FC	24.09.2012	24486267		PZ2713	PT10	5	Liquid Fuel Boost Pr-Monitor
29						WI-turb. 100 tripper w/change diesel-gas	Turbin trippet ved to anledninger ved fuel	72FC	28.01.2013	25417696					
30						ABB: hyppig gjentagende alarm,må kveles	i forbindelse med utførelse av flm på pims	72FC	04.03.2013	25292041					
31						ABB: Under trykke Alarm for W22PZ1713 H	Kopi av tekst fra tidligere. Alarmen ønskes	72FC	30.12.2013	26042605					

Når vi hadde funnet alle feilene dro vi til Shell for å finne årsaken til hvorfor komponenter hadde feilet i SAP, siden vi nå hadde fått tilgang til dette.

Eksempler på årsaker er:

“I forbindelse med utførelse av flm på pims skal vi søke etter gjentagende alarmer. Denne havner som regel på 10 på topp listen. Denne er rett og slett en terrorist. Vi Har ikke behov for at alarmen kun er aktiv når turbinen går på diesel. Så hvis alarmen knyttes opp sammen med ikke aktivt signal er det mulighet å bli kvitt denne.”

“Ventilen står stengt, selv om soelnoide er resatt. Det er luft inn på en "klump" som henger på endebryter boksen, men ikke ut, og inn på aktuator.”

“Metallpartikler i Dieselfilter. Dieselpumpe og Clutch bør byttes. Pumpen var stuck med knekt kile. Tømte systemet for diesel så mye som mulig. Systemet er ikke luftet.”

Når feilene med årsak var funnet, la vi inn arbeidsordrenummeret i P&ID og sendte denne til Shell, sånn at de kunne bruke den på samme måte som med Smøreoljesystemet i RCM analysen sin.

