

**PTIL-DIGITALISERING I VEDLIKEHOLDSSTYRINGEN OG BRUKEN
I ANALYSEARBEIDET - ID992603**

Digitalisering i vedlikeholdsstyringen og bruken i analysearbeidet

Petroleumstilsynet

Rapportnr.: 2018-1250, Rev. 1

Dokumentnr.: 244523

Dato: 2019-04-11



Prosjektnavn: Ptil-Digitalisering i vedlikeholdsstyringen og bruken i analysearbeidet - ID992603 DNV GL AS Region Norway 12624,Region Norway
Rapporttittel: Digitalisering i vedlikeholdsstyringen og bruken i analysearbeidet P.O. Box 300,,
Oppdragsgiver: Petroleumstilsynet, Professor Olav Hanssens vei 10, 4021, STAVANGER, Norway Tel: [+00 000 000 000]
Kontaktperson: Kenneth Skogen CNORDNV11
Dato: 2019-04-11
Prosjektnr.: 10119807
Org. enhet: Asset Risk Management
Rapportnr.: 2018-1250, Rev. 1
Dokumentnr.: 244523

Levering av denne rapporten er underlagt bestemmelsene i relevant(e) kontrakt(er):

Oppdragsbeskrivelse:

Oppgaven evaluerer hvordan de ulike digitale løsningene påvirker oppfølgingen av teknisk tilstand og vedlikeholdsstyring og hvordan digitaliseringen påvirker tilsynet som Petroleumstilsynet (Ptil) utfører mot selskap innenfor styring av vedlikehold.

Utført av:



Hans Petter Ellingsen
Principal Consultant

Verifisert av:



Sture Olav Angelsen
Head of Section

Godkjent av:



Geir Egil Eie
Head of Department

Joar Håland
Principal Engineer

[Name]
[title]

Jørgen Christian Kadal
Director

[Name]
[title]

Beskyttet etter lov om opphavsrett til åndsverk m.v. (åndsverkloven) © DNV GL 2019. Alle rettigheter forbeholdes DNV GL. Med mindre annet er skriftlig avtalt, gjelder følgende: (i) Det er ikke tillatt å kopiere, gjengi eller videreformidle hele eller deler av dokumentet på noen måte, hverken digitalt, elektronisk eller på annet vis; (ii) Innholdet av dokumentet er fortrolig og skal holdes konfidensielt av kunden, (iii) Dokumentet er ikke ment som en garanti overfor tredjeparter, og disse kan ikke bygge en rett basert på dokumentets innhold; og (iv) DNV GL påtar seg ingen aktsomhetsplikt overfor tredjeparter. Det er ikke tillatt å referere fra dokumentet på en slik måte at det kan føre til feiltolkning. DNV GL og Horizon Graphic er varemerker som eies av DNV GL AS.


DNV GL distribusjon:

- ÅPEN. Fri distribusjon, intent og eksternt.
 INTERN. Fri distribusjon internt i DNV GL.
 KONFIDENSIELL. Distribusjon som angitt i distribusjonsliste. Distribution within DNV GL according to applicable contract.*
 HEMMELIG. Kun autorisert tilgang.

*Distribusjonsliste:

Nøkkelord:

Digitalisering, Vedlikehold



Rev.nr.	Dato	Årsak for utgivelser	Utført av	Verifisert av	Godkjent av
A	2018-12-18	First issue	H.P.Ellingsen	S.Angelsen	G.E.Eie
0	2019-03-06	Updated issue	H.P.Ellingsen	S.Angelsen	G.E.Eie
1	2019-04-11	Updated issue	H.P.Ellingsen	S.Angelsen	G.E.Eie

Innholdsfortegnelse

1	BEGREPSOVERSIKT	1
1.1	Begreper	1
1.2	Forkortelser	3
2	SAMMENDRAG.....	5
2.1	Drivere for digitalisering	5
2.2	Historisk utvikling innen vedlikehold og digitalisering	5
2.3	Nye fremvoksende digitale løsninger og effekt personellsikkerhet og storulykkerisiko	6
2.4	Relevante videre studier	7
3	INTRODUKSJON TIL FORSTUDIEN.....	9
3.1	Bakgrunn og målsetting	9
3.2	Tilnærming for datainnsamling og gjennomføring av oppgaven	9
3.3	Definisjon av viktige vedlikeholdsbegreper	12
3.4	Metodiske tilnærminger til prediktivt vedlikehold	12
4	MAKRODRIVERE OG ENDRINGSUTFORDRINGER	14
4.1	Faktorer som muliggjør forbedring	14
4.2	Hindringer som begrenser implementeringen av ny digital teknologi	15
5	STATUSBESKRIVELSE OG EVALUERING AV DIGITALE LØSNINGER FOR VEDLIKEHOLD	21
5.1	Erfaringstilbakemelding fra operatørene	21
5.2	Digitale løsninger for tilstandsovervåking, inspeksjon og prediktivt vedlikehold	23
5.3	Digitale løsninger for forbedring av arbeidsprosesser	30
6	DISKUSJON AV RESULTATER GJENNOM DE NYE DIGITALE LØSNINGENE	34
6.1	Drøfting av effekt på HMS	38
6.2	Effektiviseringsgevinster	40
6.3	Digitale løsninger og hvordan disse påvirker tilsynsaktivitetene	41
7	ANBEFALING FOR VIDERE STUDIER SOM ET RESULTAT AV STUDIEN	45
8	REFERANSER	46
	VEDLEGG I- ENDRINGSBARRIERER MED MULIGE TILTAK.....	49

1 BEGREPSOVERSIKT

1.1 Begreper

Big data	«Big data» karakteriseres gjennom 1) store mengder data, 2) rask generering av nye data, 3) variasjon i data fra strukturert til ustrukturert og 4) datakvalitet og -usikkerhet.
Datakvalitet /1//2/	Data egnet for tiltenkt bruk. Data fit for intended use”(ISO 8000) “The degree to which a set of characteristics of data fulfils requirements” (ISO 9000:2015)
Datasikkerhet (Cyber Security /3/)	Datasikkerhetsmetoder, verktøy og konsepter som beskytter operasjonell teknologi mot utilsiktede konsekvenser som følge av et dataangrep styringssystemer med tilhørende informasjon fra skade, uautorisert bruk, modifikasjon eller utnyttelse mot utenforstående inngrep under kommunikasjon på internett cyber security practices, tools and concepts that protect: the operational technology (OT) against the unintended consequences of a cyber incident; information and communications systems and the information contained therein from damage, unauthorised use or modification, or exploitation; and/or against interception of information when communicating and using the internet
Datastyring	Begrepet datastyring brukes for å samle alle elementer som er med på å styre innsamling, analyse og bruk av data i organisasjonen. Elementer som inngår i datastyring inkluderer: <ul style="list-style-type: none">• Datakvalitet• Datasikkerhet• Nettverk/IT
Deskriptor	Data avledet fra rådata eller prosesserte/manipulerte parameter eller eksterne observasjoner
Digitalisering	Brukes i denne rapporten og oppgaven som et begrep for å beskrive løsninger som bruker data og datatekniske metoder for å erstatte, effektivisere eller automatisere manuelle og fysiske oppgaver samt for å kunne ta raskere og bedre beslutninger i styringen av vedlikeholdet og den tekniske tilstanden.
Fritekstanalyser (Natural language processing)	Søker opp relevant kunnskap til en bruker gjennom prosessering av store mengder informasjon i form av fritekst og bruk av kunstig intelligens. Natural language processing is a subfield of computer science, information engineering, and artificial intelligence concerned with the interactions between computers and human languages, in particular how to program computers to process and analyze large amounts of natural language data.
Industry 4.0	Begrepet industri 4.0 beskriver den fjerde industrielle revolusjonen, en utvikling der internett smelter sammen med produksjon og produkter. Industry 4.0 is a name given to the current trend of automation and data exchange in manufacturing technologies. It includes cyber-physical systems, the Internet of things, cloud computing and cognitive computing. Industry 4.0 is commonly referred to as the fourth industrial revolution.
Kunstig intelligens (AI)	Kunstig intelligens er et begrep som beskriver datasystemer som kan lære av egne erfaringer og løse komplekse problemstillinger i ulike situasjoner – egenskaper vi tidligere har tenkt er unike for mennesker (Datatilsynet, 2018).

Maskinlæring:	Maskinlæring er et delområde av kunstig intelligens som identifiserer hvordan regler som ligner kan brukes på en automatisert m�te for å lære fra data. Regler modelleres på nytt, vedlikeholdes og oppdateres på nytt etter hvert som nye data blir tilgjengeliggjort.
Modeller for tilstandsovervåkning /4/	Kunnskapsbasert: Basert på erfaring og god kjennskap til et system eller utstyr kan en slik modell fange forventet karakteristikk. Krever input fra spesialister. Utvidet FMECA med symptomer kan benyttes (FMSA) Fysikkbasert: Basert på design og styrt av fysiske lover, første prinsipp modeller som overvåker degradering med utvalgte ligninger f.eks. vibrasjon, slitasje, levetid, utnyttelse, FEM. Data-drevet: Re-presenterer observert atferd uten spesiell kunnskap om fysiske betingelser. Bruker mønster og ser etter sammenhenger som representer feilutvikling. Modellene er normalt automatiserte og trenger opplæring (statistikk, nevrale nettverk, classification trees, random forest, logistic regresjon, support vector machines).
Prediktivt vedlikehold (Predictive maintenance)	vedlikehold som utføres på et tidspunkt som er basert på en analyse av data med tilhørende prediksjon av fremtidig tilstand og tid til feil maintenance based on the prediction of the future condition of an item estimated or calculated from a defined set of historic data and known future operational parameters ISO 14224:2016, 3.77) /5/ condition-based maintenance carried out following a forecast derived from repeated analysis or known characteristics and evaluation of the significant parameters of the degradation of the item NS-EN 13306:2017 /6/).
Skyen	Nettskyen eller bare skyen (fra engelsk cloud computing) er en betegnelse for alt fra dataprosessering og datalagring til programvare på tjenerne («servere») i eksterne tjenerparker tilknyttet internett, også kjent som skytjenester.
Tilstandsbasert vedlikehold (Condition-based maintenance)	Forebyggende vedlikehold som inkluderer en evaluering av teknisk tilstand Preventive maintenance which include assessment of physical conditions, analysis and the possible ensuing maintenance actions NS-EN 13306:2017 /6/. Preventive maintenance based on the assessment of physical condition. ISO 14224:2016, 3.7 /5/.
Tilstandsoverv�kning (Condition monitoring)	Automatisk eller manuell innhenting av informasjon knyttet til tilstand. Obtaining information about physical state or operational parameters (IEC 60050-192:2015, 192-06-28) /7/ Continuous or periodic tests, inspections, measurements or trending of the performance or physical characteristics of structures, systems, and components to indicate current or future performance and the potential for failure (IO center definition 2012). Activity performed either manually or automatically, intended to measure at predetermined intervals the characteristics and parameters of the physical actual state of an item (NS-EN 13306:2017 /6/).
3D printing	Data og programvareassistert hurtig fremstilling av fysiske tredimensjonale objekter. 3D printing is any of various processes in which material is joined or solidified under computer control to create a three-dimensional object, with material being added together. 3D printing is used in both rapid prototyping and additive manufacturing.
Utvidet virkelighet (engelsk: augmented reality)	Utvidet virkelighet er en teknologi som kombinerer data fra den fysiske verden med virtuell data, for eksempel ved bruk av grafikk og lyd. Man får et ekstra lag av informasjon. Den ekstra informasjonen vil typisk ikke erstatte virkeligheten, men utvide den på en eller flere m�ter.

1.2 Forkortelser

AI	Artificial Intelligence
ASME	The American Society of Mechanical Engineers
AR	Augmented Reality
CMMS	Computerized Maintenance Management System
3D	Three dimensional
EN	European Committee for Standardization
ERP	Enterprise Resource Planning
Ex	Explosion
FLNG	Floating Liquified Natural Gas
FPSO	Floating Production Storage Offloading
GE	General Electric
HSEQ	Health Safety Environment Quality
ID	Identification
IEC	International Electrotechnical Commission
ISO	International Organization for Standardization
IT	Informasjonsteknologi
ML	Machine Learning
MTTF	Mean Time To Failure
MTTR	Mean Time To Repair
NDT	Non Destructive Testing
NLP	Natural Language Processing
NORSOK	NORsk SOKkels Konkurransesposisjon
OEM	Original Equipment Manufacturer
OERDA	Offshore Equipment Reliability Database
Ptil	Petroleumstilsynet
RBI	Risk Based Inspection
RNNP	Risikonivå i norsk petroleumsvirksomhet



ROV	Remote Operating Vehicle
SJA	Sikker Jobb Analyse
TRL	Technology Readiness Level
Wifi	Wireless

2 SAMMENDRAG

I denne rapporten oppsummeres resultatene fra en studie gjennomført på oppdrag fra Petroleumstilsynet (Ptil) i perioden august til november 2018 som vurderte hvilken effekt digitalisering innen olje og gass bransjen kan ha på vedlikehold, integritet og derigjennom effekt på sikkerhet for drift av anleggene.

Ptil har formulert 2 mål med studien som følger;

- a) Bedre forståelse av hvordan aktørene bruker eller legger til rette for fremtidig bruk av digitaliserte løsninger og data i sitt arbeid med å bedre styringen av vedlikeholdet og den tekniske tilstanden av funksjoner og utstyr som er viktige for sikkerheten, og hvordan de sikrer at disse/dette holdes ved like slik at de/det kan utføre sine krevde funksjoner i alle faser av levetiden.
- b) Etablere et grunnlag for å vurdere hvordan dette vil påvirke Ptil's metoder for tilsyn og oppfølging av næringen.

Studien er basert på innsamling av informasjon rundt temaet digitalisering og vedlikehold gjennom intervjuer, kartlegging av kilder fra seminarer og konferanser samt et organisert møte med utvalgte operatører på norsk sokkel.

2.1 Drivere for digitalisering

Tilbakemeldingen fra operatørene indikerer at effektivisering er styrende for utviklingen av digitale løsninger for vedlikehold og at sikkerhet ligger i bunn som en forutsetning for implementeringen. Økt produksjon står også sentralt selv om dette teknisk sett går inn i et annet fagfelt og kompetanseområde eksempelvis knyttet til produksjonsoptimalisering. Redusert karbonfottrykk ble også nevnt som et viktig element, og gitt det grønne skiftet som er nødvendig for å møte fremtidige utfordringer med global oppvarming så er det grunn til å tro at dette i økende grad også vil være styrende i den fremtidige digitaliseringen på tvers av alle industrier og næringer.

2.2 Historisk utvikling innen vedlikehold og digitalisering

Flere aktører på norsk sokkel har i løpet av de siste 10-20 årene lagt ned en betydelig innsats i etablering av datavarehusløsninger og grensesnitt for presentasjon av data som har muliggjort bedre forståelse av feil og svekkelser på sikkerhetsbarrierer som har gitt en positiv effekt på sikkerhet. Innspill fra operatørene indikerer at synliggjøring av informasjon om tilstand på barrierer som deles mellom hav og land gjør det lettere å fange opp manglende kvalitet på innrapportert data. Samtidig har en del aktører på norsk sokkel lagt ned en betydelig innsats for å tilrettelegge for bedre samhandling mellom hav, land og ulike disipliner. Etablering av ulike operasjonssentre på land med økt kapasitet til å dele data har stått sentralt i denne utviklingen. Det er imidlertid stor variasjon mellom de ulike selskapene på hvor langt de har kommet når det gjelder effektive løsninger for deling av informasjon og samhandling.

Bedre forståelse av teknisk tilstand og data har i de seneste årene vært drevet av bedre presentasjon og grensesnitt for deling av data enn utvikling av analysemodeller og prediktivt vedlikehold. En del utstyr som roterende utstyr og ventiler har stor grad av innebygd teknologi for tilstandsovervåking som gir bedre grunnlag for beslutninger for å forutsi vedlikeholdsbehov. DNV GL's erfaring er imidlertid at vedlikeholdet på norsk sokkel i stor grad styres i henhold til relativt faste kalenderbaserte vedlikeholdsintervaller og at analyseprosessen relativt sett blir lite brukt med hensyn til vedlikeholdsoptimalisering.

2.3 Nye fremvoksende digitale løsninger og effekt personellsikkerhet og storulykkerisiko

Studien har identifisert vellykkede og lovende prøveprosjekter på norsk sokkel som har tatt i bruk kjente men relativt nye fremvoksende teknologier som inkluderer


- fritekstanalyse eksempelvis for bedre bruk og tilgang til tidligere erfaringer og kunnskap
- bruk av 3D printing
- bruk av utvidet virkelighet (augmented reality) eksempelvis for å visualisere vedlikeholdsobjekter med historikk
- bruk av roboter / droner / mini ROV eksempelvis for tilkomst og inspeksjon i vanskelig tilgjengelige områder
- bruk av bildegjenkjenningsteknologi for identifisering av skademekanismer (korrosjon, sprekker) på struktur og statisk utstyr
- bruk av håndholdte mobile IT verktøy for vedlikeholdsrapportering
- bruk av tilstandskontroll og datadrevne modeller utviklet for et prediktivt vedlikehold

Disse teknologiene vil med stor sannsynlighet ytterligere bli tilpasset olje og gass markedet og bli implementert i stor skala både på norsk sokkel og forøvrig i andre relaterte industrier i et 5 til 10 års perspektiv. Selv om disse teknologiene blir drevet av insentiver for kostnadsreduksjon og effektivisering så vil noen av disse teknologiene også kunne gi en positiv effekt på redusert storulykkerisiko og personellrisiko. Noen digitale løsninger kan gi god kvalitet på brukergrensesnitt, data og modeller kunne fremme økt læring og situasjonsforståelse som vil kunne bidra til redusert storulykkerisiko mens andre løsninger som er knyttet til automatisering vil kunne bidra til redusert personellrisiko på grunn av redusert eksponering av personell i risikofylte områder og aktiviteter.

Digitaliseringen introduserer samtidig nye sårbarheter knyttet til informasjonssikring, sabotasje og datamanipulering som medfører behov for nye krav til arbeidsprosesser og kompetanse. Implementering av ny teknologi og digitale løsninger vil også være sterkt avhengig av kvaliteten på brukergrensesnitt og innholdet i form av data, informasjon og modeller i de digitale løsningene. Hvis denne kvaliteten ikke er tilstrekkelig ivaretatt så vil sikkerhetsgevinsten bli redusert eller i verste fall kunne føre til økt personellrisiko eksempelvis som følge av at personell stoler for mye på informasjon presentert i digitale systemer og verktøy uten kritisk å evaluere riktigheten av informasjon og data som brukes som grunnlag for sikkerhetskritiske beslutninger.

Datakvalitet, datasikring og data- og nettverksinfrastruktur står sentralt i forhold til tilstandskontroll og prediktivt vedlikehold og blir viktigere etter hvert som datadrevne modeller i økende grad vil kunne bli brukt for å forutse vedlikeholdsbehov. For å kunne ha tillitt til at datadrevne modeller gir en korrekt anbefaling for vedlikehold så vil det være viktig å etablere gode prosesser og rutiner for verifikasjon av algoritmene som ligger til grunn for de datadrevne modellene.

Opgaven har identifisert at noen operatører jobber aktivt med større grad av prediktivt vedlikehold blant annet gjennom støtte fra ekspertsentre fra land og online innhenting og analyse av data. Fysiske modeller for å forutsi vedlikeholdsbehov brukes innen flere områder i dag som for strukturell integritet og roterende utstyr. Det foreligger imidlertid også noen eksempler på at operatørene på norsk sokkel i samarbeid med spesialistfirma og utstyrsleverandører tester ut datadrevne modeller basert på



maskinlæring og kunstig intelligens. Dette gjelder spesielt for roterende utstyr hvor store datamengder gjøres tilgjengelig gjennom innhenting av driftsparametre og tilstandsrelaterte data.

Noen operatører påpeker at datamengden fra feilhistorikk er for liten til at en effektivt kan kunne dra nytte av datadrevne modeller for mer prediktivt vedlikehold. Økt tilgang til data gjennom billigere og bedre sensorteknologi samt full Wifi dekning på nye installasjoner kan imidlertid sette fart på utviklingen innen prediktivt vedlikehold og datadrevne modeller, men utviklingen på dette området vil være avhengig kost nytte og godheten av modeller.


Innspill fra aktørene indikerer at økt bruk av prediktivt vedlikehold og datadrevne modeller vil kunne endre dagens relativt rigide planleggingsprosesser som styres basert på faste intervaller som genereres fra vedlikeholdssystemet til et mer fleksibelt regime hvor planer for vedlikehold og inspeksjon endres kontinuerlig basert på oppdaterte modellbaserte analyser og sanntidsdata. Dette betyr høyere krav til kompetansen og kunnskapen som brukes for å ta beslutninger relatert til vedlikeholdet og den endrede planleggingshorisonten vil måtte fremtvinge krav til en mer dynamisk og smidig organisering av vedlikeholdet. En mer dynamisk og smidig organisering av vedlikeholdet vil også sette et høyere krav til i forhold til bruk av modeller og algoritmer, kompetansen til ansvarlige ingeniører og beslutningstakere og teknologien som ligger til grunn for styringen av vedlikeholdet.

Basert på evalueringen som er gjennomført i denne studien så er det forventet at utviklingen i forhold til digitalisering av krav vil føre til store endringer i forhold til en mer effektiv håndtering av sikkerhetsrelaterte krav. Digitaliseringen av krav forventes å påvirke alle fasene i olje og gass utviklingsprosjekt fra leting, engineering, bygging og drift inklusive etterlevelse av krav for vedlikehold. Selv om utviklingen på dette området er i sin spede begynnelse så er det grunn til å tro at digitaliseringen av krav vil gjøre at verifikasjon av etterlevelse og oppfylling av krav vil bli gjort mer sporbart og automatisert.

2.4 Relevante videre studier

Både digitalisering av krav og økt bruk av databaserte modeller og metoder for tilstandskontroll og styring bringer med seg nye trusler og risikoer knyttet til blant annet manipulering av data og uautorisert tilgang til data. Aktørene i bransjen vil måtte øke innsatsen for å sikre god datakvalitet og -sikkerhet med robuste løsninger for data og nettverkinfrastruktur. Aktører som har roller innen tilsyn og verifikasjon må tilpasse seg denne utviklingen. DNV GL mener at kompetanse i tilsynsfunksjonen og bransjen for øvrig innen datakvalitet, datasikkerhet og data- og nettverksinfrastruktur vil bli langt viktigere i årene som kommer.

Ptil og bransjen vil gjennom digitaliseringen få nye muligheter for tilgang til informasjon på en felles digital plattform med operatørene. RNNP barrieredata blir samlet inn av Ptil, men DNV GL's erfaring er at data som innrapporteres ikke er lett å sammenligne da definisjonen på ulike begreper varierer mellom selskapene. Dersom definisjoner av begreper innen vedlikehold standardiseres ytterligere og sikring av informasjonen bedres så kan en digital plattform for deling av informasjon bidra til å gi Ptil et bedre bilde på hvordan operatørene ivaretar teknisk tilstand på sikkerhetskritisk utstyr. Tilsyn fra andre bransjer eksempelvis havnemyndigheter og laksenæringen bruker allerede i dag slike løsninger for deling av data på en felles plattform. En felles digital plattform bør inneholde barriererelatert informasjon, men digitaliseringen vil kunne gi muligheter til deling av informasjon på mange andre områder som skulle være relevant for både Ptils tilsyn og bransjens utnyttelse av potensialet i de digitale løsningene.



Basert på vurderingene i studien for hvilke faktorer innen digitalisering og vedlikehold som påvirker tilsynet så vil følgende studier være relevante:

1) **Studie på hvordan datastyring (datakvalitet, datasikkerhet, infrastruktur/nettverk) påvirker Ptils tilsyn**

Studien vil ta utgangspunkt i utviklingen som er beskrevet for digitalisering og vedlikehold blant annet knyttet til digitalisering av krav og bruk av datadrevne modeller for prediktivt vedlikehold. Studien vil også kunne inkludere en vurdering om dagens forskrifter er tilstrekkelig for å møte den fremtidige utviklingen.

2) **Studie for å tilrettelegge for fremtidig kompetansebehov**

Studien vil identifisere gap i forhold til dagens kompetanse relatert til vedlikeholdsfunksjonen (i Ptil og bransjen forøvrig) gitt den fremtidige utviklingen innen digitalisering og vedlikehold i næringen. Studien ville kunne brukes til å etablere retningslinjer for fremtidig kompetansebygging i næringen.

3) **Etablering av en felles digital plattform for vedlikehold og teknisk tilstand**

Den digitale plattformen kan utvikles i samarbeid med operatørene med fokus på sikkerhet og integritet og kan tenkes på som en utvidelse av dagens RNNP rapportering. En slik løsning kan bidra til at Ptil får et bedre bilde på hvordan operatørene ivaretar kravene til vedlikehold og integritet samt til at operatørene kan ta læring ved å dele data.

3 INTRODUKSJON TIL FORSTUDIEN

3.1 Bakgrunn og målsetting

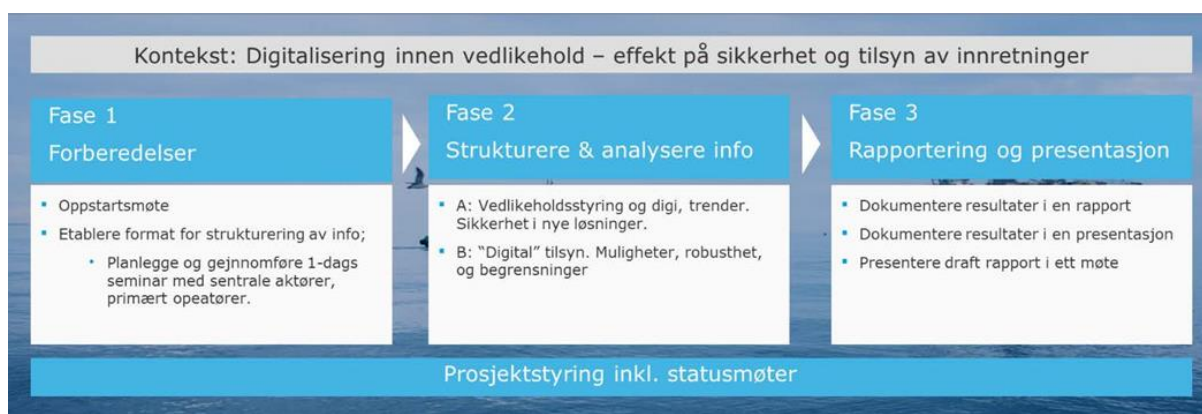
Digitalisering innen olje og gass bransjen har pågått i mange år allerede, og omfatter hele verdikjeden på ulike vis inklusive oppfølging av teknisk tilstand og arbeidsprosessene for vedlikehold. De ulike digitale løsningene vil i ulik grad ha betydning for sikker og effektiv drift. Denne utviklingen bringer opp spørsmål knyttet til hvis og hvordan digitaliseringen påvirker tilsynet som Petroleurstilsynet (Ptil) utfører mot selskap innenfor styring av vedlikehold. Med dette som utgangspunkt har Ptil formulert følgende målsettinger for oppgaven:


- a) Bedre forståelse av hvordan aktørene bruker eller legger til rette for fremtidig bruk av digitaliserte løsninger og data i sitt arbeid med å bedre styringen av vedlikeholdet og den tekniske tilstanden av funksjoner og utstyr som er viktige for sikkerheten, og hvordan de sikrer at disse/dette holdes ved like slik at de/det kan utføre sine krevde funksjoner i alle faser av levetiden.
- b) Etablere et grunnlag for å vurdere hvordan dette vil påvirke Ptil's metoder for tilsyn og oppfølging av næringen.

Opgaven har blitt gjennomført som en forstudie hvor informasjon om aktørenes arbeid med digitalisering innenfor drift- og vedlikeholdsstyring har blitt samlet og vurdert, særlig relatert til de endringene som vil tre i kraft de neste fem årene. Studien har lagt vekt på mulighetene for forbedring av sikkerheten samt de risikoene og usikkerhetene digitaliseringen kan innebære. Studien er avgrenset til aktørene på norsk sokkel (permanent plasserte innretninger).

3.2 Tilnærming for datainnsamling og gjennomføring av oppgaven

DNV GL gjennomførte prosjektet i 3 faser i perioden august til november 2018 som illustrert i figuren under.





Innsamling og identifisering av digitale løsninger for vedlikehold ble kartlagt gjennom drift og vedlikeholdsrelaterte konferanser, eget kildemateriell internt i DNV GL samt gjennom et dagsseminar med utvalgte operatører som presenterte status og planer for egne digitale løsninger for vedlikehold. I invitasjonen til operatørene så ble oppgaven med målsetting kort beskrevet med en rekke spørsmål rundt digitale løsninger som følger:

- Hvor langt er digitaliseringen kommet innenfor de viktigste stegene i arbeidsprosessen (Plan-Do-Check-Act)?
 - Har dere satt spesifikke mål med hensyn til digitalisering på området drift og vedlikehold?
- Hvor langt er digitaliseringen kommet innenfor vedlikehold av de viktigste sikkerhetssystemene?
 - Hvilke vedlikeholdsobjekter er best egnet for bruk av digitale løsninger for overvåking og vedlikehold?
- Hvilke endringer i vedlikeholdsstyring er innført de siste par årene, eller vil bli innført de nærmeste årene?
 - Hva er endret?
 - Hva er effekt totalt, og effekt på sikkerhet generelt? Kan denne effekten måles?
- Har kvaliteten på rapportering av tilstanden til anleggene endret seg med de nye digitale løsningene, og har dette ført til høyere eller lavere robusthet med hensyn til datainnhenting?
- Hvordan brukes digitaliseringen innen korrigerende vedlikehold og feilfinning/rot-årsaksanalyse?
- Bruk av algoritmer:
 - I hvilken grad brukes/planlegges bruk av «algoritmer» eller «kunstig intelligens» i forbindelse med tilstandsdata og vedlikeholdsstyring? Kan slike modeller verifiseres?
 - Hvilken kompetanse kreves for å bruke/nyttiggjøre seg ny teknologi på dette området, og er denne tilgjengelig?
 - Hvilken risiko og usikkerhet er relatert til de nye løsningene?

Noen av spørsmålene ovenfor er vanskelige å besvare, men møtet med operatørene gav allikevel et godt bilde på status og forventet fremtidig utvikling innenfor digitale løsninger for vedlikehold innen olje og gassvirksomheten på norsk sokkel. I Kapittel 5.1 er resultatene fra møtet med operatørene oppsummert.

De identifiserte digitale løsningene har blitt beskrevet og evaluert i henhold til følgende kriterier:

- Teknologisk modenhet basert på anvendelse og grad av ny teknologi
- Identifikasjon og knytning til arbeidsprosess i vedlikeholdsstyringsløyfen og barriere (ref. NORSOK S-001 /8/)
- Vurdering av effekt på sikker og effektiv drift
- Kostnader, innsats og kompleksitet
- Vurdering av usikkerhet knyttet til teknologi og datakvalitet
- Vurdering av betydning for tilsyn

Kriterier fra DNV GL RP A203 /9/ som vist i tabell 1 ble brukt i vurderingen av teknologisk modenhet.

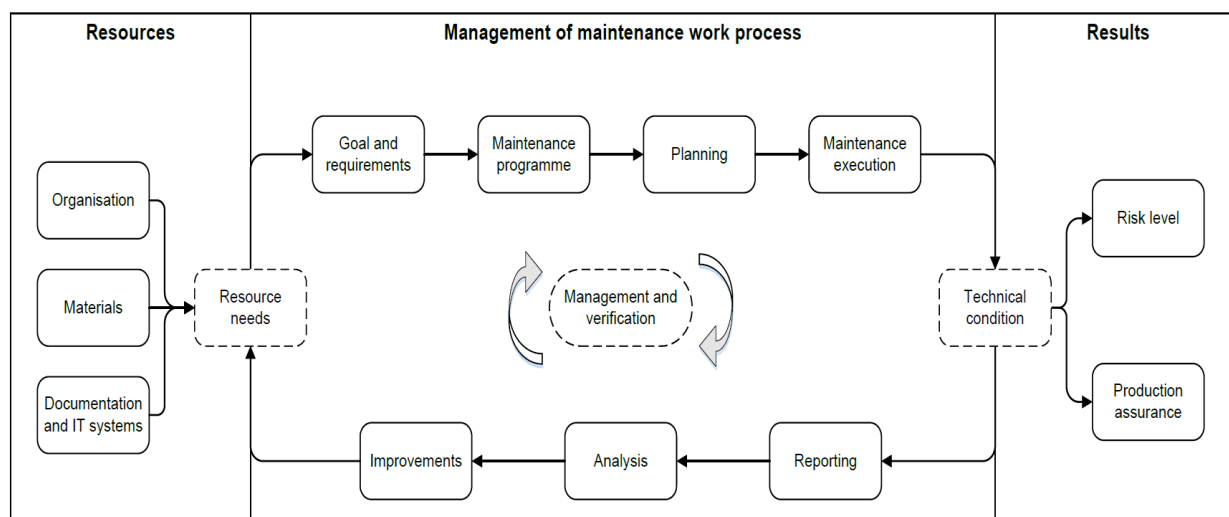
Tabell 1 Kategorier for vurdering av teknologisk modenhet i henhold til DNV GL RP A203 /9/

Application area	Degree of novelty of technology		
	Proven	Limited field history	New or unproven
Known	1	2	3
Limited knowledge	2	3	4
New	3	4	4

This categorization indicates the following:

- 1) No new technical uncertainties (proven technology).
- 2) New technical uncertainties.
- 3) New technical challenges.
- 4) Demanding new technical challenges.

Enkelte arbeidsprosesser vil påvirkes av de fremvoksende digitale løsningene for vedlikehold i vedlikeholdsstyringsløyfen. I denne rapporten brukes arbeidsprosessene som beskrevet i NORSOK Z-008 /10/ og illustrert i Figur 1 for å illustrere hvilke arbeidsprosesser som påvirkes av de digitale løsningene.



Figur 1 Vedlikeholdsstyringsløyfen i henhold til NORSOK Z-008 /10/

DNV GL har strukturert datainnsamlingen i følgende hovedområder

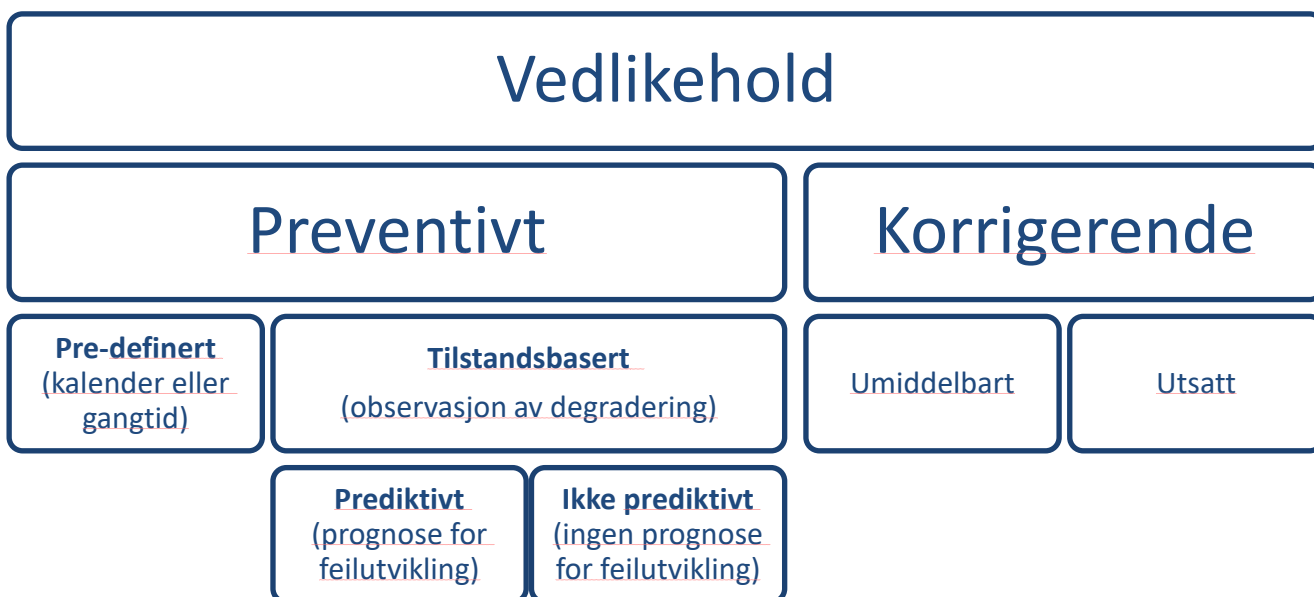
- 1) Digitale løsninger for tilstandsovervåking, -kontroll og prediktivt vedlikehold
- 2) Andre digitale løsninger knyttet til effektivisering av arbeidsprosessene i vedlikeholdsstyringsløyfen /10/.
- 3) Faktorer som muliggjør digitalisering og effektivisering
- 4) Endringsbarrierer

Datainnsamlingen for tilstandsovervåking har igjen blitt kartlagt mot sikkerhetsbarrierene i NORSOK S- 001 /8/. Sensorbasert overvåking av utstyr er mest utviklet og moden innenfor tungt roterende utstyr som kompressorer, turbiner, generatorer og pumper. Status og utvikling på dette

området har også blitt kartlagt selv om dette ikke nødvendigvis har en sterk knytning til sikkerhetsbarrierene på en gitt installasjon.

3.3 Definisjon av viktige vedlikeholdsbegreper

I dette dokumentet søker man å bruke termer knyttet til vedlikehold slik som definert i EN 13306 /6/. Skissen nedenfor viser sammenheng mellom de viktigste typene vedlikehold slik nevnte standard definerer disse (ISO 13306, fig A-1). Merk at denne standarden deler tilstandsbasert vedlikehold i to typer; prediktivt og ikke prediktivt. I forbindelse med digitalisering er prediktivt vedlikehold et sentralt begrep, dvs at man kan estimere en feilutvikling eller tid til feil basert på observasjoner og/eller målinger.




3.4 Metodiske tilnæringer til prediktivt vedlikehold

Kartleggingen av digitale løsninger for tilstandsovervåkning, inspeksjon og prediktivt vedlikehold inkluderer alle teknologier og dataanalytiske metoder og modeller for å kunne forutsi fremtidig vedlikeholdsbehov.

Tilstandsbasert vedlikehold og prediktivt vedlikehold kan utføres under forskjellige regimer og tilnæringer. For å kunne kontrollere gitte feilmodi eller feilmekanismer knyttet til en funksjon brukes begrepet modell. Modeller vil under en gitt sannsynlighet kunne estimere levetid, slitasje eller annen degradering som vil føre til en gitt feiltilstand. ISO 13381-1 /4/ definerer tre (3) slike metodiske tilnæringer som følger:

- a) Kunnskapsbasert (Knowledge based)
- b) Fysikk baserte (Physics based)
- c) Datadrevet (Data driven)

En kunnskapsbasert tilnærming (a) innebærer at domeneeksperter bruker egen erfaring og ekspertise til å tolke degraderinger og symptomer på disse for å kunne forutse vedlikeholdsbehov. Fysikk baserte modeller (b) bruker kjente formler og fysiske modeller til å kunne forutse vedlikeholdsbehov. En fysisk basert modell kan også kategoriseres som en kunnskapsmodell /11/ /12/. Datadrevne modeller i siste



trinn (c) er modeller som bruker teknikker som trending, neurale nettverk, maskin-læring/mønster-analyse (pattern matching recognition) statistikk og andre numeriske analyse teknikker. En datadrevet modell tar normalt utgangspunkt i kjente operasjonelle tilstander vurdert opp mot observert og målte parametere. Slike modeller prosesserer og tar læring av store mengder med data for å kunne forutse vedlikeholdsbehov.

I praksis så vil det være vanskelig å sette et klart skille mellom disse tre tilnærmingene og tilnærmingene vil ofte bli brukt i kombinasjon. Digitale løsninger for prediktivt vedlikehold innebærer typisk automatisering av datainnhenting og analytiske modeller som gir raskere og bedre beslutninger for å forutsi vedlikeholdsbehov. Automatiseringselementet er imidlertid ikke avgjørende og data innhentet manuelt vil også kunne brukes inn i datadrevne modeller og vurderes som en digital løsning gitt at det bidrar til raskere og bedre beslutninger for å forutse vedlikeholdsbehov /11/, /12/, /26/.

4 MAKRODRIVERE OG ENDRINGSUTFORDRINGER

4.1 Faktorer som muliggjør forbedring


Det er mange faktorer og teknologier som er i ferd med å komme til et modenhetsnivå som vil kunne muliggjøre store effektivitetsgevinster i alle industrier i årene fremover. Dette inkluderer utvikling av sensorer, sensorsystemer, inspeksjons- og datainnsamlingsmetoder, metoder og systemer for transport og kobling av data mellom systemer og mellom offshore installasjoner og landbaserte kontrollsentre. Teknologiene blir bedre og billigere, det er enkel tilgang til rimelig og fleksibel IT infrastruktur i skyen og det er mulig å sette ut komplekse og kompetansekrevene oppgaver som at utstyrsleverandører selger funksjon og ikke komponenter. Dette er noe en ser eksempler på i industrien hvor spesielt de større aktørene forandrer den tidligere forretningsmodellen som i stor utstrekning er basert på å selge mest mulig utstyr, til å fokusere på mer fleksibilitet og utnyttelse av eksisterende utstyr. Dette medfører tjenester i etter markedet som bla. omhandler prediktivt vedlikehold og overvåkning av struktur for å bestemme utmattingslevetider etc. Disse teknologiene vil også kunne bidra til forbedret sikkerhet som er diskutert i kapittel 6.1.

Det er her snakk om en tjeneste som benytter informasjon som allerede finnes i eksisterende kontrollsystemer, sammen med data innhentet fra sensorer som blir etter installert. Formålet er å komme bort fra det eksisterende planlagte vedlikeholdet som i mange tilfeller ikke tar høyde for den faktiske bruken av utstyret og erstatte dette med tilstandskontroll og vedlikehold som er basert på faktisk bruk. Metodikken som benyttes vil i stor grad analysere det aktuelle utstyret ved å kartlegge feilmønstre og knytte dette til feilmekanismer og i noen tilfeller symptomer. Hver feilmekanisme blir deretter vurdert opp mot mulige modeller og teknikker som kan overvåke og kontrollere tilstanden med en gitt grad av tillitt (konfidensgrad). Modellene som benyttes er for det meste kunnskapsbaserte og fysikk-baserte, gjerne i kombinasjon og sammen med planlagt vedlikehold.

Datadrevet modellering vil utfylle og i noen tilfeller erstatte kunnskapsbaserte og fysikkbaserte modeller gjennom tilgang til store mengder data kombinert med økt prosesseringskraft og nye modelleringsteknikker. Dette vil gjøre det mulig å utlede modeller fra mønstre og signaler i dataene, i motsetning til å være begrenset til å gjøre antakelser om hvordan ting fungerer i den virkelige verden. De viktigste resultatene vil være muligheten til å automatisere en rekke prosesser, for å oppdage uregelmessigheter på et langt tidligere stadium, simulere virkningen av operasjonelle scenarier og forutsi fremtidige tilstander og hendelser. Dette vil kunne bidra betydelig til å gjøre industrien mer effektiv, mye tryggere og redusere miljøpåvirkningen./13/

Det er allerede flere suksesshistorier hvor datadrevet modellering har bidratt til betydelige effektivitetsgevinster, men for applikasjoner der konsekvensene av feil beslutninger er store, er det få industrielle datavitenskaps- eller maskinlæringsprosjekt som lever opp til forventningene. Jeff Immelt, tidligere administrerende direktør i GE, spådde i 2015 en ytelsesøkning på 20% over alle bransjer som følge av smartere vedlikehold basert på innsikt fra datadrevne modeller. Det har vært gjort betydelige investeringer for å nå dette målet av store industriaktører, OEM'er og oppstart selskaper, men suksesshistoriene er fortsatt få.

Industrielle data genereres i dag som regel som et bi-produkt av en kontroll, overvåkings eller operasjonell prosess. Verdien av dataene er først og fremst knyttet til rollen de spiller for funksjonen av systemet eller prosessen de oppstår i. Det som er nytt nå er at eksisterende data i større grad kan løftes ut av dagens softwaresiloer og tas i bruk på nye måter på tvers av komponenter, systemer, installasjoner/enheter og til og med på tvers av industrier for å gi økt innsikt om nåværende og fremtidig tilstand. Dette kan for eksempel være data fra kontroll og overvåkningssystemer, CMMS og ERP



systemer, HSEQ systemer, operasjonssystemer, trackingsystemer, tilsynsrapportering etc. De kan nå genereres, transporteres, lagres og prosesseres tilnærmet i sanntid på tvers av slike siloer og kan prosesseres med nyere metoder med ny teknologi som gjør det mulig å se mønstre og identifisere avvik og predikere fremtidig tilstand på en helt annen måte enn før /13/ /48/.

Data kan også nå i økende grad gjøres tilgjengelig på tvers av konkurransebarrierer, markeder og industrier, slik at man kan berike egne data og analyser, etablere nøkkeltall for sammenligning, generere kunnskap fra større datasett etc. I olje og gass sektoren er OREDA databasen /14/ et tidlig eksempel på verdien av å samarbeide om å samle data på tvers av konkurransebarrierer.

Det er stadig flere initiativer i gang for å etablere standarder for data og domenemodeller slik at man kan lettere utføre analyser på tvers av komponenter, systemer, anlegg og geografier /15/. Samtidig gjør teknologier som semantisk teknologi og ontologier det mulig å langt på vei kompensere for mangel på standarder ved automatisk å kunne kjenne igjen data elementer og plassere dem i riktig kontekst gjennom å ha blitt trent på store mengder eksisterende klassifiseringer. For vedlikehold så betyr dette at reservedeler med kritiske krav og spesifikasjoner vil kunne identifiseres mye enklere uavhengig av et utall forskjellige ulike systemer for kategorisering av utstyr fra forskjellige leverandører /16/.

Tilgjengelighet på data og evne til å prosessere disse i nær sanntid på tvers av systemer som er koblet sammen i nettverk der de kan kommunisere med hverandre vil også muliggjøre stadig økende grad av autonomi, med autonome skip som et godt eksempel som får mye oppmerksomhet i dag /17/.

Det er også initiativer i gang for å digitalisere krav /18/. Dette sammen med trendene beskrevet ovenfor kan muliggjøre bruk av data og analysebasert dokumentasjon for å automatisk demonstrere oppfyllelse krav. Dette vil i sin tur kunne gjøre det mulig å endre måten aktører og myndighetsorganer utfører tilsynsaktiviteter på, som diskutert i kapittel 6.3.

4.2 Hindringer som begrenser implementeringen av ny digital teknologi

4.2.1 Generelt

Motivert av de enorme endringene og verdiskapingen som har blitt drevet frem av en datadreven tilnærming i kjøpermarkedet, så satses det enorme summer fra alle etablerte aktører og en hel del nye aktører for å kunne ta ut en tilsvarende eller kanskje potensielt mye større verdiskaping i alle industrier. Det er imidlertid fortsatt betydelige utfordringer og hindringer som skal overvinnes for å realisere det fulle potensialet i datadrevne applikasjoner, men som kan overvinnes dersom alle parter i industrien, som operatører, OEM'er, myndigheter, tredjeparter; finans, forsikring, etablerte kompetansemiljøer, oppstartsselskap og akademia bidrar og jobber sammen mot et felles mål om å effektivisere eksisterende eller etablere nye måter å jobbe på. Industrien kan dermed lede teknologiutviklingen innenfor digitalisering og effektivisering heller enn å følge etter andre. For å oppnå dette må noen av de hindre og utfordringer som eksisterer i industrien i dag løses.

4.2.2 Anvendelse av data

Ofte så vil tilgjengelig data ganske enkelt ikke være egnet for et ønsket formål. Data genereres generelt som et biprodukt av styringssystemer, overvåkingssystemer og transaksjonsprosesser og samles ikke nødvendigvis inn for det formålet som er ønsket, eksempelvis i forhold til å kunne forutse vedlikeholdsbehov på en gitt type utstyr /13/. Kravene til hvilke data som skal brukes i tilstandsbasert- og predikativt vedlikehold må defineres tidlig i prosjekteringsfasen slik at leverandørene av utstyret kan tilpasse og konfigurere overvåkingssystemer i henhold til definerte krav og formål. Hvis dette ikke blir gjort, så er det stor sannsynlighet for at standard tilstandsbaserte overvåkningsfunksjoner og


applikasjoner som leveres med utstyr ikke blir brukt. I tillegg så er rammene for å stole på utgangene til modeller og algoritmer ikke på plass i stor skala. Risikoene som er forbundet med bruken av modeller og algoritmer kan føre til feil beslutning om å utsette vedlikehold og resultere i fatale konsekvenser.

Datadrevne modeller krever et betydelig antall hendelser for å identifisere og tolke signaler i dataene som fører opp til hendelsene /13/. I industrien er det generelt store sikkerhetsmarginer og relativt få hendelser og feil. Spesielt på nyere installasjoner og utstyr så foreligger det for få hendelser og feil til å kunne gi meningsfulle resultater til å oppdage uregelmessigheter og forutsi fremtidige hendelser gjennom datadrevne modeller. Selv store selskap vil ikke nødvendigvis kunne innhente nok signifikant historikk på en gitt type utstyr til de datadrevne modellene. Med mindre operatøren har et stort volum av likt utstyr, så vil det derfor være mer hensiktsmessig å overlate tilstandsovervåking og prediktivt vedlikehold på definert kritisk utstyr til OEM eller andre spesialist selskaper som har resursene og volumet som kreves til trekke ut data på likt utstyr fra et stort antall kunder som bruker de samme eller lignende utstyrsmodeller. Den tekniske kompetansebyggingen for denne type tjeneste og i noen tilfeller mot et spesifikt utstyr være en stor investering som ikke nødvendigvis vil være lønnsom hvis volumet er begrenset og ettersom den teknologiske utviklingen på utstyr og komponenter er i kontinuerlig endring. Dette kan være en mulig forklaring på hvorfor bruken av datadrevne modeller, tilstandsdata og prediktivt vedlikehold på norsk sokkel er relativt begrenset sammenlignet med en del andre bransjer som har kommet lengre på dette området. Overvåking av vindmøleturbiner vil eksempelvis være langt enklere ettersom en vindmøllepark vil være bygget med over 100 like turbiner med relativt like driftsbetingelser noe som muliggjør en rask oppbygning av relevant og signifikant driftshistorikk.

Petoro-sjef Grethe Moen i artikkel i Sysla /19/, mener «*oljeindustrien har «delingsangst» og at det er betydelig forskjell på hvor mye informasjon selskapene vil gi fra seg*». Deling av data for å få tilgang til andres data er et viktig element i en digitalisering av en industri. Like viktig er delingen av data mellom systemer og plattformer for å skape det nødvendige data grunnlaget for å etablere modeller og ta beslutninger. Data fra et system og/eller en aktør vil i mange tilfeller ikke være tilstrekkelig for å oppnå ønsket eller påkrevet konfidensgrad for en modell. Det vil da være nødvendig å ha tilgang på et større data underlag og informasjon. Flere aktører har etablert slike plattformer i dag og industrien har erkjent nytteverdien i etableringen av slike plattformer. Deling av data og ulike forretningsmodeller for bedre å lykkes med digitalisering er diskutert mer detalj i Roadmap for digitalization in the MMO industry /15//20/.

Datadrevet modellering, representert spesielt ved maskinlæring (ML) og kunstig intelligens (AI), ligger øverst i Gartner-hype-syklusen /21/. Mange ønsker å være en del av denne utviklingen, og det er lett å undervurdere de ferdigheter og omsorg som kreves for å kunne utvikle og distribuere datadrevne løsninger. Det er viktig å sikre relevant kompetanse og en organisasjon som supporterer nye arbeidsprosesser for å ta i bruk de digitale løsningene. En slik omlegging krever full støtte fra toppen i et selskap og bør ikke drives av vedlikeholdsfunksjonen i selskapet.

En trussel med å ta i bruk applikasjoner basert på algoritmer og kunstig intelligens er at grunnlaget for modellene er basert på historikk og ikke fremtid. Cathy O'Neil beskriver disse problemstillingene i boken "Weapons of Math Destruction: How Big Data Increases Inequality and Threatens Democracy" /22/. Hun beskriver hvordan algoritmer som i utgangspunktet skal være fordomsfrie og objektive, i realiteten gjør akkurat det motsatte. Kunstig intelligens har sine begrensninger spesielt i forhold til hendelser som skjer svært sjeldent (også kalles Black Swan hendelser). Et typisk risikoreducerende tiltak for å sikre en objektiv vurdering er å supplere kunstig intelligens med tradisjonell uavhengig verifikasjon gjennom en kompetent tredjepart. En begynner nå eksempelvis å se eksempler på at fabrikasjon av komponenter gjennom 3D printing bruker sertifisering av en uavhengig tredje part for å dokumentere materialkvaliteter på utstyr og komponenter /15//23//24/. Materialelegenskapene definert av standarder



som ASME og Norsok tar utgangspunkt i tradisjonelle fabrikkprosesser som smiing og støping. De spesifiserte materialkvalitetene i disse standardene vil derfor avvike fra de materialkvalitetene som oppnås ved 3D printing. Eksisterende og anerkjente standarder vil dermed kunne henge etter den teknologiske utviklingen som 3D printing representerer.

Basert på DNV GL's erfaring innen rådgivning mot olje & gass virksomheten på norsk sokkel så foregår det relativt begrenset analyse av vedlikeholdshistorikk for å kunne optimalisere vedlikeholdsprogram og i større utstrekning forutse vedlikeholdsbehov. I noen tilfeller så kan eksempelvis brannslukking og problemløsning får større oppmerksomhet fra både ledelse og teknisk personell sammenlignet med f.eks. analytisk arbeid for å forutse vedlikeholdsbehov. DNV GL observerer i enkelte tilfeller at det mangler en detaljert beskrivelse på hvordan en analyse av vedlikeholdshistorikk skal gjennomføres og hvilke beslutningskriterier som skal ligge til grunn for endring av vedlikeholdsstrategi. I mange tilfeller så støtter ikke dataverktøyene opp på en enkel måte for å hente ut relevante data for å gjennomføre analysen av vedlikeholdshistorikk. Digitaliseringstrenden burde kunne automatisere den fremtidige prosessen med å hente ut relevante feildata som Mean Time To Failure (MTTF) og Mean Time to Repair (MTTR). Med dagens systemer så krever det betydelig innsats å generere denne type data. En viktig forutsetning for å lykkes med vedlikeholdsanalyseprosessen vil være å spesifisere krav til leverandørene av styringssystemer, kontrollsystemer og virksomhetssystemer slik at denne type data kan bli automatisk generert og hentet inn i en analyseapplikasjon.

En annen viktig forutsetning for å kunne benytte datastyrt modeller er være bevist på hvilke begrensninger som gjelder for hver enkelt modell. Dette omfatter en vurdering av modellens nøyaktighet og modellens konfidens grad som bestemmer hvor mye en kan stole på resultatene den produserer /13/. Det er dermed et antatt behov for å etablere et rammeverk for hvordan en kan gjennomføre en slik vurdering. Dette rammeverket må kunne foreslå prosesser for å hvordan modeller skal utvikles for å ivareta kvaliteten, hvordan de skal testes og verifiseres og hvordan de skal forvaltes når de er implementert i et system. DNV GL mener at det er viktig at industrien samarbeider og klarer å enes om et felles rammeverk, anbefalt praksis og regelverk og mekanismer for å tilgjengeliggjøre data og analyseresultat med tillit til riktig tid, sted og situasjon. Noen eksempler på mer detaljer fra DNV GL sitt rammeverk på barrierer og hva som kan gjøres som tiltak er gitt i tabellen i vedlegg I.

4.2.3 Organisasjon og styring

Begrepet digitalisering brukes innen så å si alle bransjer for tiden og de fleste har igangsatt interne endringer og initiativ for å utnytte mulighetene som ligger i digitalisering. Mange har en utfordring med hva de skal gjøre og hva det i grunnen vil si å digitalisere. DNV GL ser også flere tilfeller spesielt hos de mindre aktørene hvor styringssystematikk og prosesser blir etablert og tilpasset for og av vedlikeholdsorganisasjonen, som i mange tilfeller ikke samsvarer med strategi og målsetting som gjelder generelt for selskapet. En grunn til dette kan enten være at selskapet mangler en overordnet målsetning og strategi eller at selskapet drives basert på siloer og ikke som en mer sammensatt organisasjon som jobber på tvers med en overordnet kapitalforvaltning (asset management). Digitaliseringen i et selskap bør forankres i det overordnede målet og den overordnede strategien og omfatte de nødvendige elementer og tiltak som kreves for at selskapet skal nå sine mål, både kortsiktig og langsiktig. Denne strategien vil gjelde for samtlige deler av selskapet og vedlikeholdsorganisasjonen må som alle de andre delene etablere sin egen strategi og plan for å nå disse målene /25/.

4.2.4 Verifikasjon av modeller

Det er viktig at modeller som brukes leverer resultater iht til forventningene/betingelser satt. For å kunne få en bekreftelse på dette kan en verifisere utviklingen og stille krav til dokumentasjon som kan demonstrere modellen. For noen tilfeller vil en modell være basert på standardiserte måleteknikker som

er etablerte og godt dokumenterte, men i andre tilfeller er det behov for å gjøre mer detaljerte vurderinger. Uavhengig av type modell så bør følgende dokumenteres /26/:

- Nøyaktighet /27/
- Model oppbygging (Beskrivelse av teknikk, feilhypotese eller utredning av aktuelle formler brukt)
- Operasjonsbegrensninger/betingelser modellen gjelder for
- Overvåkningsintervall og frekvens
- Deskriptorer brukt
- Baselinemålinger og alarmgrenser

For datadrevne modeller er det viktig at det kan dokumenteres at opplæringsdata er representative for de operasjonelle tilstander og betingelser hvor modellen skal brukes og at de er uavhengig fra test data. Det som er viktig er å unngå at modellen produserer resultater tilpasset de opplæringsdataene som er brukt som resulterer i testresultater som er bedre enn virkeligheten. Det er også essensielt å kunne bestemme en modells evne til å produsere korrekt resultat. Dette gjøres ved å beregne den kumulative effekten av alle kjente feilkilder og dermed kvantifisere konfidensgraden til modellen. Formålet er å skape en bevissthet om hvilke resultater en kan forvente fra modellen og hvilke begrensninger som vil gjelde. Ved å vurdere kritikaliteten på aktuell feilmekanisme modellen er tiltenk å overvåke opp mot konfidensgraden til modellen kan en bestemme om dette er tilstrekkelig innenfor påkrevd sikkerhetsnivå eller om det evt. er behov for supplerende modeller for å øke konfidensgraden for å oppnå påkrevd risikonivå /11/, /12/, /26/, /48/.

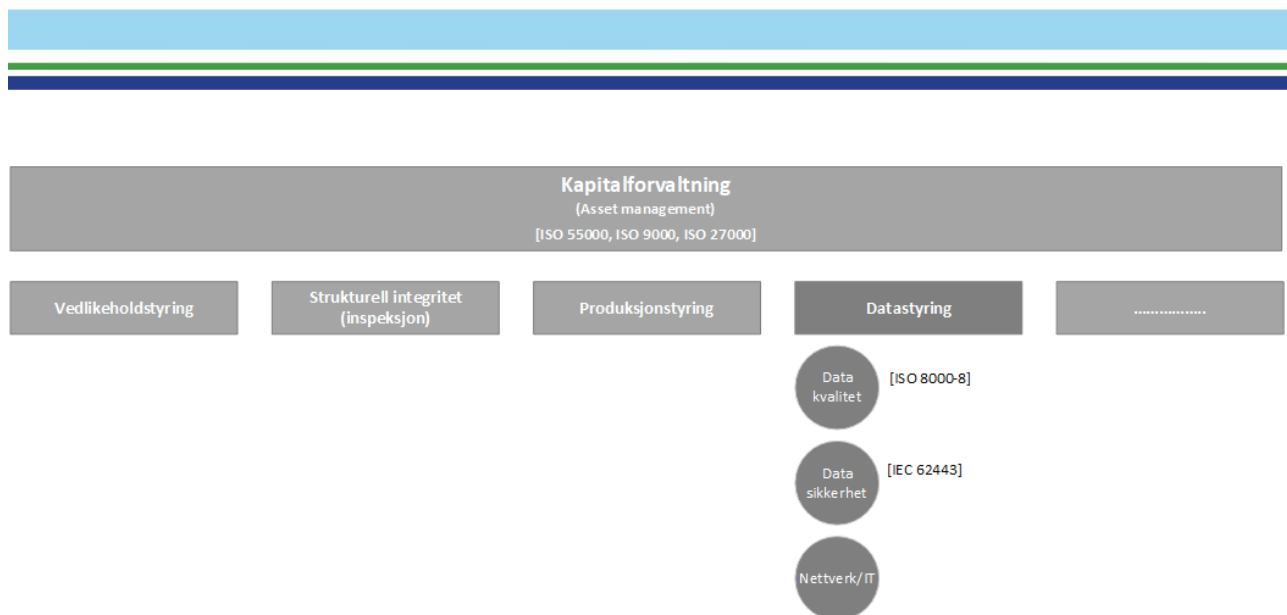
4.2.5 Datastyring

Begrepet datastyring brukes for å samle alle elementer som er med på å styre innsamling, analyse og bruk av data i organisasjonen.

Elementer som inngår i datastyring inkluderer:

- Datakvalitet
- Datasikkerhet
- Infrastruktur/Nettverk

DNV GL mener at det er viktig at selskapene identifiserer datastyring som en støtteprosess som krever dedikerte prosesser og ressurser. Datastyring påvirker de sentrale arbeidsprosessene i styringsløyfen for kapitalforvaltning og vil bli et sentralt element for å lykkes med implementeringen av de digitale løsningene i årene som kommer (se Figur 2)



Figur 2 Illustrasjon av den sentrale rollen til datastyring i kapitalforvaltning

Data og informasjon som innhentes fra utstyr, systemer, enkle sensorer og andre kilder og som kan brukes til digitalisering av vedlikehold, må være kvalitetssikret. En kvalitetssikring av data og informasjon bør gjøres gjennom et eget standardisert styringssystem tilpasset for dette /28/ eller tilpasses i den eksisterende "styringsløyfen".

Et slikt system bør omfatte:

- Kontroll over nettverk og dataflyt
- Ansvarsområder (stillinger) og kompetanse krav
- Arbeidsprosesser for å overvåke, måle, analysere og forbedre data kvalitet
- Støtte på software og hardware


Datakvalitet måles etter bestemte krav som kan defineres i henhold til tre (3) dimensjoner [ISO 8000-8] /1/:

- Syntaktisk
- Semantisk
- Pragmatisk

Data kvalitetskrav vurderes normalt opp mot den faktiske bruken av dataene. Dette gjøres eksempelvis ved å la datakvalitet inngå som variable når en bestemmer konfidensgraden til modellen /13/. Når leverandører og / eller andre eksterne selskap med spisskompetanse på tilstandsbasert vedlikehold er involvert i å innhente informasjon er det viktig at ansvaret for kontroll og kvalitetssikring av data som brukes er avtalt og definert i etablerte prosesser. I noen tilfeller vil eier av utstyr / operatør være ansvarlig for innhenting og vil distribuere data til underleverandører fra sitt system. I andre tilfeller vil leverandør og / eller eksterne selskap selv innhente data fra egne eller andre spesifikke systemer. I begge tilfeller stilles samme krav til kontroll og styring og det er viktig at dette er et avklart tema.

Digitalisering medfører en introduksjon av nye krav til sikkerhet som må håndteres. Data sikkerhet bør kontrolleres gjennom et eget standardisert styringssystem som tilpasses det overordnede styringssystemet.

Styringssystemet må tilpasses iht. graden av informasjonsflyt og det aktuelle risikonivået definert for det aktuelle nettverket. Risikonivå kan bestemmes ved å utføre en evaluering eksempelvis i henhold til



DNVGL-RP-0497 /28/. Når et styringssystem skal etableres er det viktig at det omfatter alle relevante deler av organisasjonen som er innbefattet av datasikkerhet. Et selskap kan for eksempel benytte [ISO 27000 /29/ og / eller IEC 62443-2.1 /3/ for å etablere et system tilpasset styring på organisasjons nivå. Om bord på et skip, rigg eller offshore installasjon vil f.eks IEC 62443-3.3 /3/ benyttes. For leverandører og / eller andre eksterne selskap vil typisk IEC 62443-2.4 /3/ gjelde. Det jobbes også med å ferdigstille en standard som setter krav til kontrollsystemers del av et nettverk IEC 62443-4.2 /3/.

Vikte elementer som generelt bør være dekket i et styringssystem for datasikkerhet er:

- Fullstendig oversikt over nettverk og alle undersystemer (grensesnitt)
- Ansvarsområder (stillinger) og kompetanse krav
- Arbeidsprosesser for å overvåke og identifisere sikkerhets trusler, standardiserte metoder for å eliminere trusler og forbedre sikkerheten
- Malware og Patch management
- Prosess for fjerntilgang
- Tilgangskontroll og brukerstyring

DNV GL mener at operatørene bør ha klare krav til data sikkerhet definert i styringssystemet som setter krav til leverandører og / eller andre eksterne selskap som leverer digitale tjenester og ha mulighet til å kontrollere og følge opp disse /3/.

Når organisasjoner i større grad effektiviserer ved å digitalisere arbeidsprosesser vil dette kreve en ny form for kompetanse og struktur i organisasjonen. Undersøkelser utført generelt i industrien viser at selv om de fleste selskaper har en ambisjon og ønske om effektivisering og digitalisering, mangler de fleste essensiell kompetanse i organisasjonen for å kunne ivareta ambisjonen. Det mangler også konkrete planer for hvordan denne kompetansen skal ivaretas eller sikres /49/.

For å kunne utvikle og gjennomføre en digitalisering av vedlikeholdet hvor et prediktivt vedlikehold er en stor del, trenger organisasjonen analytisk kompetanse til å utvikle og implementere modeller i et system. I tillegg til grunnleggende god forståelse for vedlikeholdsstyring og relevant domene kunnskap kreves da kompetanse innen pålitelighet (pålitelighetsingeniører), data (data/IT ingeniører) og analyse/utvikling (data scientists). Hvis det benyttes standardiserte måleteknikker som del av vedlikeholdet bør kompetansen for disse sikres gjennom f.eks sertifiseringsordninger som ISO 18436 /30/.

Jernbane industrien i deler av Europa er den som kanskje har kommet lengst med prediktivt vedlikehold og kan vise til gode resultater /49/. Hvis en relaterer dette til offshoreindustrien vil mange leverandører, som er blitt tvunget til å etablere nye forretningsmodeller de siste årene, kunne dra nytten av dette konseptet og lettere kunne forsvare investeringen som kreves for å etablere den nødvendige organisasjonen. Dette er også noe som gjenspeiles i interessen for dette konseptet hos mange leverandører og andre spesialist selskaper i dag. Et prediktivt vedlikehold er enklere å innføre på like maskiner eller utstyr da en her kan benytte trender fra en gruppe og skaper normalt et større og bedre data grunnlag. Dette er også en fordel som leverandører drar nytte av og gir dem en god posisjon for å levere slike tjenester på eget utstyr. På en generell basis antas det at mindre selskaper som eier utstyr som skal tilpasses et digitalt vedlikehold vil møte noen utfordringer (økonomisk) for å kunne ha tilstrekkelig kapasitet og kompetanse. Dette taler også for at utstyrsleverandører og andre eksterne selskaper som kan fokusere organisasjonen og kompetansen, samt innhente data fra flere maskiner og utstyr av samme/lignende type, vil kunne ha en fordel.

5 STATUSBESKRIVELSE OG EVALUERING AV DIGITALE LØSNINGER FOR VEDLIKEHOLD

Kapittel 5.1 oppsummerer resultatene fra møtet med operatørene som ble gjennomført som en del av datainnsamlingen for å kartlegge status og utvikling innen digitale løsninger for vedlikehold. I de videre kapitlene 5.2 og 5.3 skilles det mellom digitale løsninger for tilstandsovervåking, inspeksjon og prediktivt vedlikehold beskrevet og digitale løsninger for effektivisering av arbeidsprosesser knyttet til vedlikeholdsstyring.

5.1 Erfaringstilbakemelding fra operatørene

Oppgaven med tilhørende resultater som er beskrevet i denne rapporten er basert på datainnhenting gjennom offentlig tilgjengelig referanser samt et dagsseminar med utvalgte operatører som presenterte status og planer for egne digitale løsninger for vedlikehold. I dette kapitlet beskrives resultatene fra dagsseminaret med operatørene rettet mot de spørsmålene som ble formulert til operatørene som er beskrevet i kapittel 3.2.

Hvor langt er digitaliseringen kommet innenfor de viktigste stegene i arbeidsprosessen?


Alle operatørene som ble invitert til seminaret hadde konkrete initiativ som var igangsatt og fremtidige planer for digitale løsninger knyttet til vedlikehold. Konkrete eksempler og initiativ innen blant annet overvåking og prediktivt vedlikehold, integrerte operasjoner, barrierestyring, bruk av håndholdte rapporteringsenheter, fritekstanalyse og 3D printing ble presentert. De fleste operatørene hadde formulert visjoner og målsettinger innen digitalisering med konkrete programmer og initiativ innen ulike områder ble presentert. Flere uttrykte en filosofi om at nye digitale løsninger skulle testes ut for å demonstrere en reell gevinst før en full skala utrulling gjennomføres. Knytningen mellom de digitale løsningene og arbeidsprosessene i vedlikeholdsstyringssløyfen ble ikke spesielt fremhevet på møtet. Flere av deltagerne er i en tidlig fase i ferd med å teste ut datadrevne og analytiske modeller for prediktivt vedlikehold gjennom pilotprosjekter blant annet på roterende utstyr. Flere av løsningene som ble presentert var rettet mot planlegging og utførelse av vedlikehold inklusive visualisering av informasjon knyttet til teknisk tilstand og arbeidstillatelser.

Hvor langt er digitaliseringen kommet innenfor vedlikehold av de viktigste sikkerhetssystemene?

Tilstandsovervåking og trender på noen kritiske parametere blir fulgt opp på noen sikkerhetssystemer som ESD og telecom, men operatørene hadde relativt få eksempler på bruk av prediktivt vedlikeholdet mot sikkerhetssystemene. Flere operatører har imidlertid lagt ned en betydelig innsats i systematisering og visualisering av informasjon knyttet til barrieresvekkelser inn i barrierepanel som satt i en kontekst kan bidra til bedre risikoforståelse, innsikt og beslutninger. Kapittel 5.2 beskriver mer i detalj status og muligheter knyttet til digitale løsninger for tilstandsovervåking, inspeksjon og prediktivt vedlikehold.

Hvilke endringer i vedlikeholdsstyring er innført de siste par årene, eller vil bli innført de nærmeste årene?

Basert på innspill fra operatørene så er store endringer innført de siste par årene med at en har etablert sentraliserte støttesentre for vedlikehold med ekspertstøtte fra land. I kombinasjon med utvikling av bedre verktøy for planlegging, prioritering, barrierepanel som visualiserer barrieresvekkelser og relevant informasjon på sikkerhetskritiske systemer så har dette medført en styrking av planleggingsfunksjonen, forbedret risikoforståelsen og styringen av vedlikeholdet.



Full Wifi dekning på nye installasjoner vil gi langt større muligheter i årene som kommer til å utnytte muligheter som ligger i digitaliseringen som eksempelvis gjennom bruk av håndholdte rapporteringsenheter og trådløs innhenting av tilstandsdata. Samtidig så ble det påpekt at i fremtidens vedlikehold så vil utstyret selv gi beskjed når det trenger vedlikehold og at det derfor vil være mindre behov for bærbare digitale løsninger for feltoperatørene. Gitt beskrivelsen rundt hva som er mulig i forhold til tilstandsovervåking mot mulige feilmoder på sikkerhetskritiske systemer i kapittel 5.2 så vil imidlertid fysisk tilstedeværelse for å observere og rapportere feil fortsatt være et sentralt element i vedlikeholdet både på kort og lang sikt.

Noen operatører rapporterte om erfaring med bruk av 3D printing for produksjon av reservedeler. Denne teknologien forventes i økende grad å bli kommersialisert og utviklet med et betydelig potensial for kostnadsbesparelser i tillegg til at reservedeler vil kunne anskaffes hurtigere som vil kunne gi redusert nedetid på både sikkerhetskritiske og produksjonskritiske systemer.

Tilbakemeldingen fra operatørene indikerer at effektivisering er styrende for utviklingen av digitale løsninger for vedlikehold og at sikkerhet ligger i bunn som en forutsetning for implementeringen. Økt produksjon står også sentralt selv om dette teknisk sett går inn i et annet fagfelt og kompetanseområde eksempelvis knyttet til produksjonsoptimalisering. Redusert karbonfottrykk ble også nevnt som et viktig element, og gitt det grønne skiftet som er nødvendig for å møte fremtidige utfordringer knyttet til global oppvarming så er det grunn til å tro at dette i økende grad også vil være styrende i den fremtidige digitaliseringen på tvers av alle industrier og næringer /31/.

Har kvaliteten på rapportering av tilstanden til anleggene endret seg med de nye digitale løsningene, og har dette ført til høyere eller lavere robusthet med hensyn til datainnhenting?

Møtet med operatørene indikerte at utviklingen innen kommunikasjon og samhandling inklusive verktøy og løsninger for deling av informasjon har ført til bedre datakvalitet gjennom at en lettere oppdager manglende og utilstrekkelig data og således øker bevisstheten knyttet til god datakvalitet. Andre elementer som eksempelvis bedre sensortechnologi og nye løsninger for tilstandsovervåking ble ikke spesielt trukket frem av operatørene i forhold til datakvalitet.

Hvordan brukes digitaliseringen innen korrigerende vedlikehold og feilfinning/rotårsaksanalyse?

Operatørene presenterte konkrete initiativ som inkluderte økt fokus på tilstandsovervåking og sentraliserte ekspertsentre på land. Flere operatører jobber med innføring av håndholdte rapporteringsenheter som integreres eller kombineres med støtte fra spesialister gjennom video eksempelvis til feilsøking. Eksempler ble presentert hvor en jobber målrettet og bevist for å gå fra et statisk og kalender- og timebasert vedlikeholdsregime til et mer dynamisk prediktivt vedlikeholdsregime hvor en eksempelvis unngår å stenge ned utstyr for vedlikehold.

I hvilken grad brukes/planlegges bruk av «algoritmer» eller «kunstig intelligens» i forbindelse med tilstandsdata og vedlikeholdsstyring? Kan slike modeller verifiseres? Hvilken kompetanse kreves for å bruke/nyttiggjøre seg ny teknologi på dette området, og er denne tilgjengelig? Hvilken risiko og usikkerhet er relatert til de nye løsningene?

Basert på operatørens tilbakemelding så er bruken av «algoritmer» eller «kunstig intelligens» i forbindelse med tilstandsdata og vedlikeholdsstyring i dag begrenset til noen få piloter som testes ut på roterende utstyr ofte med bistand fra utstyrsleverandørene. Kapittel 4 beskriver en del av utfordringene knyttet til kompetanse, verifikasjon av modeller samt kravene til datakvalitet, datasikkerhet og datainfrastruktur som bruken av algoritmer og kunstig intelligens bringer med seg.

5.2 Digitale løsninger for tilstandsovervåking, inspeksjon og prediktivt vedlikehold

Det finnes en rekke systemer i bruk for kontinuerlig tilstandsovervåking av flere feilmekanismer på flere systemer og utstyrsenheter som for eksempel pumper, kompressorer, gassturbiner, varmevekslere, filter og prosesssystemer, lukke- og reguleringsventiler, rør, telekom systemer og kraner. DNV GL har observert at det implementeres løsninger for tilstandsovervåking og prediktivt vedlikehold i samarbeid med leverandører og / eller andre eksterne selskap med spisskompetanse på tilstandsbasert vedlikehold mot spesifikt utstyr. Basert på DNV GL's erfaring så er det imidlertid også mange eksempler på at teknologi for kontinuerlig tilstandskontroll som blir levert med utstyr og systemer av forskjellige grunner ikke blir tatt i bruk. Kapittel 4.2 peker på noen mulige årsakssammenhenger til at digitale løsninger for vedlikehold ikke blir tatt i bruk.

Datadrevne modeller basert på algoritmer og kunstig intelligens som prosesserer og tar læring av store mengder med data for å kunne forutse vedlikeholdsbehov er i startfasen til å tas i bruk på tungt roterende utstyr som for eksempel på kompressorer og gassturbiner. I de følgende kapitlene diskuteres status og utviklingspotensialet for prediktivt vedlikehold mot ulike grupperinger av utstyr.

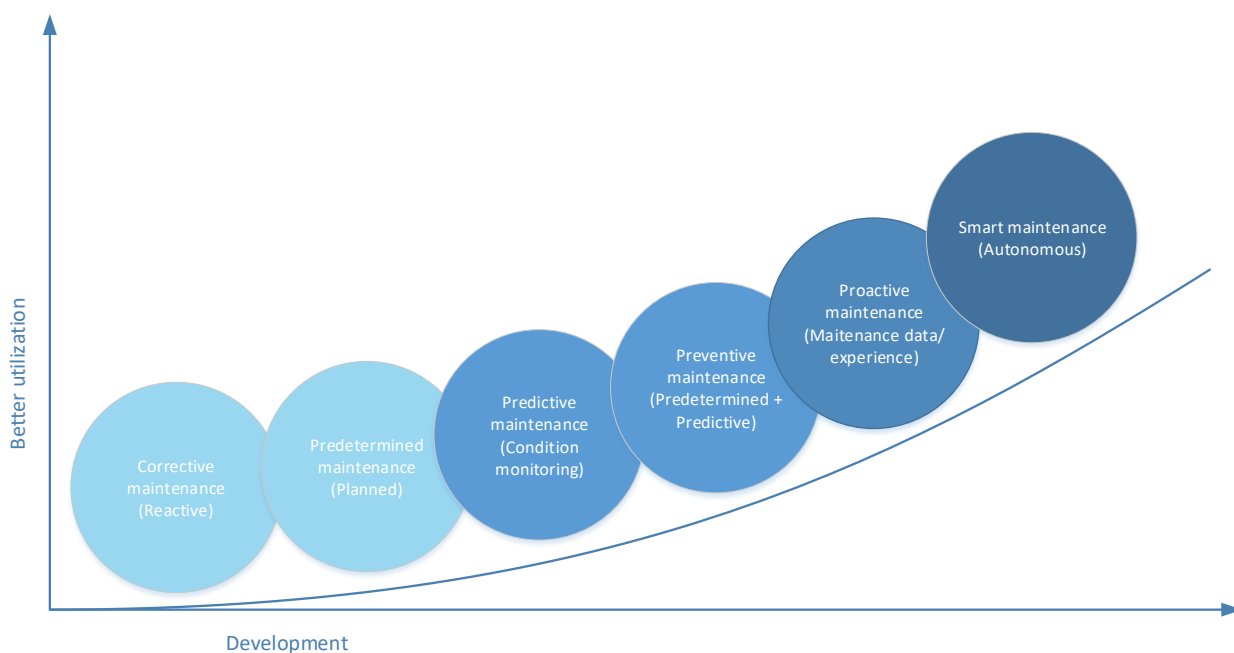
En modell bruker en eller flere deskriptorer som input. En deskriptor kan være en enkelt parameter eller komme fra en måleteknikk som f.eks vibrasjons måling/analyse (det er da å anse som en bearbeidet parameter). En modell kan også få input fra inspeksjon eller test resultater /26/. Normalt vil en modell overvåke et begrenset antall feilmekanismer, det er dermed viktig å kontrollere at alle relevante feilmekanismer knyttet til funksjonen er vurdert og ivaretatt av vedlikeholdsprogrammet for funksjonen.

I standarden ISO 18436 /30/defineres følgende standardiserte måleteknikker:

- Vibrasjon
- Oljeanalyse
- Akustikk
- Termografi
- Ultralyd

Når en betrakter utviklingen av vedlikehold over tid kan dette sees på som en trend som representerer utvikling målt opp mot grad av tilgjengelighet på utstyret. Det kan være vanskelig å konkretisere hvor begrepet «digitalisert vedlikehold» befinner seg på denne skalaen da det vil være en grad av digitalisering i mange av nivåene. Hvis fokuset er å optimalisere vedlikeholdet for å oppnå best mulig

tilgjengelighet på utstyret og til minst mulig kostnad, bør type vedlikehold som benyttes være tilpasset kritikalitet på funksjon og feilmode. En fullstendig digitalisering oppnår en først når en klarer å kombinere tilgjengelig informasjon med data som gjennom analyse og modeller bestemmer grad av oppfølging. Graden av digitalisering vil øke sammen med graden av interaksjon mellom systemer, automatisering av prosesser og utviklingen autonome systemer som selv stiller diagnoser og prognoser på egen tilstand og planlegger vedlikeholdet.




Figur 3 Illustrasjon av nivåer og graden av utnyttelse av data gjennom et digitalisert vedlikehold

Olje og gass industrien har i dag har generelt kommet opp på et nivå hvor de bruker elementært prediktivt vedlikehold (vibrasjon og olje analyse) på utvalgte funksjoner, men DNV GL's erfaring er at det foreligger et forbedringspotensial i systematikken for å koble dette sammen med det planlagte (predetermined) vedlikeholdet og bruke erfaringer til å optimalisere (proaktivt vedlikehold). Noen større aktører og deler av leverandør industrien har kommet lenger og jobber med utvikling og etablering av et mer fullstendig proaktivt vedlikehold med en større grad av digitalisering.

Et nivå hvor en kan si at vedlikeholdet i større grad er digitalisert vil være når en kan koble data på tvers av systemer og dele data med andre aktører og industrier /15/. For å kunne dele data på tvers så vil informasjon måtte standardiseres. Data og informasjon kan brukes i analyse for å bestemme tidspunkt og omfang av vedlikeholdet, samt å kontinuerlig forbedre vedlikeholdet. Det prediktive vedlikeholdet vil benytte alle typer modeller, men data-baserte vil være mer dominerende og utstyr vil integreres med systemer som kan predikere tilstand og bestemme hva og når vedlikehold skal utføres. En viss grad av fjern-vedlikehold vil også være aktuelt på dette nivået /48/.

5.2.1 Roterende utstyr

Roterende utstyr er den utstyrgruppen som kanskje er best tilpasset for prediktivt vedlikehold og tilstandskontroll og hvor effekten normalt er meget merkbar. Den mest vanlige formen for tilstandskontroll på roterende utstyr er vibrasjonsanalyse utført på målinger tatt både manuelt eller automatisk. Manuelle målinger kan gjøres med håndholdte eller semi-automatiske systemer normalt utført i henhold til fastlagt plan. Mange systemer er i større utstrekning gått over til å



være automatiske og vil da måle konstant eller når gitte operasjonelle betingelser inntreffer For eksempel med gitt turtall og/eller belastning etc.

Det er også vanlig å utføre olje analyse på prøver tatt under sirkulasjon etter filteret og som sammen med for eksempel vibrasjonsanalyse fungerer som en støttende tilstandskontroll som styrker konfidensgraden på diagnosen. Det skiller mellom oljeanalyse som ren partikkel telling som kun vurderer mengden av partikler i oljen og dermed indikerer noe om graden av abrasiv slitasje. Partikkeltelling vil kunne gjøres automatisk og data brukes i en digital sammenheng. En oljeanalyse vil også omfatte analyse av alle elementer i oljen og vil dermed kunne tilføre ytterligere informasjon om tilstand. En annen teknikk som er noe benyttet på roterende utstyr er ultralyd. Teknikken som kanskje er mest brukt på lekkasjedeteksjon for trykksatte luft systemer kan også brukes til å overvåke graden av smøreolje i lager.

Ultralyd er også brukt til å detektere tidlig skade i lager på langsomt roterende maskineri og utstyr mellom 5-10 rpm.

Andre former for prediktivt vedlikehold på denne typen utstyr kan være fysikk baserte modeller basert på design betingelser som for eksempel estimerer levetider, slitasje og andre skader. Slike modeller blir i større grad benyttet av utstyrsleverandører på eget utstyr da disse har god kjennskap til design betingelser på utstyret.

Noen eksterne selskap leverer datadrevne modeller i form av grunn målinger (baseline) tatt på utvalgte parametere hvor abnormiteter blir logget og analysert. Analysen bestemmer om abnormiteten eller forandring av parameteren er et symptom på en feiltilstand eller ikke. Denne prosessen lærer opp modellen og utføres gjerne på treningsdata. En slik modell kan også vurdere flere parametere sett i sammenheng og gjerne opp mot operasjonelle forhold for å analysere mønster som kan representere symptomer på en feiltilstand eller utvikling av en feiltilstand.

En ytterligere effektivisering og digitalisering av vedlikeholdet vil være å sette flere modeller sammen for å styrke konfidensnivået i diagnosen. Det vil også være mulig å automatisere de tradisjonelle måleteknikkene /36/ som sammen med overvåking av andre tilgjengelige parametere vil kunne detektere symptomer på feil som ikke kan detekteres med tradisjonelle teknikker og utstyr.


Oppsummert så jobber O&G industrien aktivt med kunnskapsbaserte og fysikkbaserte modeller for prediktivt vedlikehold på tungt roterende utstyr i dag, mens datadrevne modeller er i en tidlig uttestingsfase. Basert på DNV GL's erfaring så er en generelt sett risikoavers på endring av faste rutiner på tungt roterende utstyr ettersom den risikoen for havari oppleves som for høy. Operatøren velger derfor å stenge ned utstyret i en revisjonsstans basert på faste intervaller eller driftstimer for å utføre planlagt preventivt vedlikehold.

5.2.2 Ventiler

Ventiler kan overvåkes ved hjelp av kunnskapsbaserte modeller hvor parameter for lukketider, gjennomstrømning (flow), trykk etc. brukes til å stille en feil hypotese. Abnormiteter eller forandringer i gitte parametere, enkeltvis eller i sammenheng vil da kunne indikere symptom på begynnende feiltilstand. En måleteknikk som ultralyd kan også benyttes for å detektere lekkasjer i stengt tilstand. Effekten av ultralyd som måleteknikk kan forsterkes med digitalisering og datadrevne modeller som kan detektere abnormiteter som tradisjonelt måleutstyr ikke finner.

5.2.3 Topside statisk utstyr inklusive struktur, rør og tanker

Topside statisk utstyr omfatter her både struktur og prosess utstyr og er generelt gjenstand for mye kontroll og overvåking hovedsakelig relatert til lekkasjeforebygging og strukturell integritet.



Vanskelig tilkomst til kritiske inspeksjonspunkter på struktur, tanker og rør kan være en stor utfordring ved montering, vedlikehold og betjening av sensorer til integritetsovervåking. I tillegg krever det meste av sensorteknologi kalibrering og god kontakt mellom sensor og måleobjektet. Det kan også gå lang tid før feil og avvik i sensorer som blir manuelt avlest oppdages. Evaluering av datagrunnlaget blir dermed gjort lenge etter at feil og avvik blir fanget opp av en sensor.

Sensorer / prober brukes typisk til å måle vibrasjoner, akselerasjoner, partikler, sand erosjon, korrosjon, sprekkvekst og fuktighet under isolasjon. Sensorer gjerne fiksert til permanente lokasjoner og egner seg ofte best til å overvåke allerede identifiserte skader hvor man ønsker å måle skade utvikling. Det er imidlertid også mulig å bruke et nettverk av sensordata i globale struktur analyse systemer.

Mange sensorer og prober som er i bruk i dag må ofte kables mellom målepunkt og en sentral for å sikre signal og energi forsyning. Dette er en kostbar og resurs krevende aktivitet som gjør at terskelen for implementering av slike systemer gjerne er noe høy. Det finnes også sensorer som ikke trenger kabling men som benytter batterier som energikilde og trådløs eller periodisk lokal datanedlasting. Viktige begrensninger er da batterilevetid, signalstyrker og WiFi tilgjengelighet samt eventuell kostnad med teknikker i felt for å laste ned data. Ofte har man behov for mange målepunkter i et effektivt overvåkingssystem, dermed vil installasjons- vedlikeholds- og utstyrs-kostnaden ofte bli høye.

I den senere tid har enklere og mer strømsvake sensorer kommet på markedet. Disse er gjerne rimeligere, enklere å installere og har lang batterilevetid eller benytter alternative lokale strømkilder som varme, bevegelse eller sollys. I kombinasjon med økende tilgjengelighet av trådløsteknologi vil kostnadene for slike systemer synke dramatisk.

Bruk av sensorteknologi offshore for overvåking av integritet er fortsatt bare i startfasen og har et stort potensial. Nøkkelen til utnyttelse av det fulle potensialet ligger i trådløsnettverkets tilgjengelighet, strøm effektive sensorer, nye sensor typer samt nye og optimaliserte energi kilder. Tilgang til trådløst nettverk i prosessanlegget har vært en utfordring generelt i bransjen, men er i ferd med å bedre seg. I fremtiden vil det bli full dekning og alle sensorer kan da kobles opp trådløst.

Droneteknologi er også et område som vil få stor betydning for tilstandsovervåking av statisk utstyr i fremtiden. Autonome løsninger og nye inspeksjonsverktøyer montert på droner vil bli mer tilgjengelig fremover. Deler av inspeksjonsprogrammet vil kunne automatiseres med slike droner og erstatte tradisjonelle inspeksjonsaktiviteter. Med økt tilgjengelighet vil også innkjøp og driftskostnader forbundet med droneteknologi bli lavere. Det er for øvrig viktig at enhver teknologi eller inspeksjonsteknikk kvalifiseres i henhold til gitte krav om prestasjon og nøyaktighet og at det fremkommer helt klar hva som er forutsetningene for at teknikken skal kunne brukes og de begrensninger som gjelder.

Et annet område som vil få stor betydning for overvåkingssystemer er bruk av maskinlæring til å analysere data fra et nettverk av sensorer sammen med operasjonell data fra drift. Dette vil gjøre det mulig å se nye relevante sammenhenger og gi bedre informasjons- og beslutningsgrunnlag til integritets styring og daglig drift.

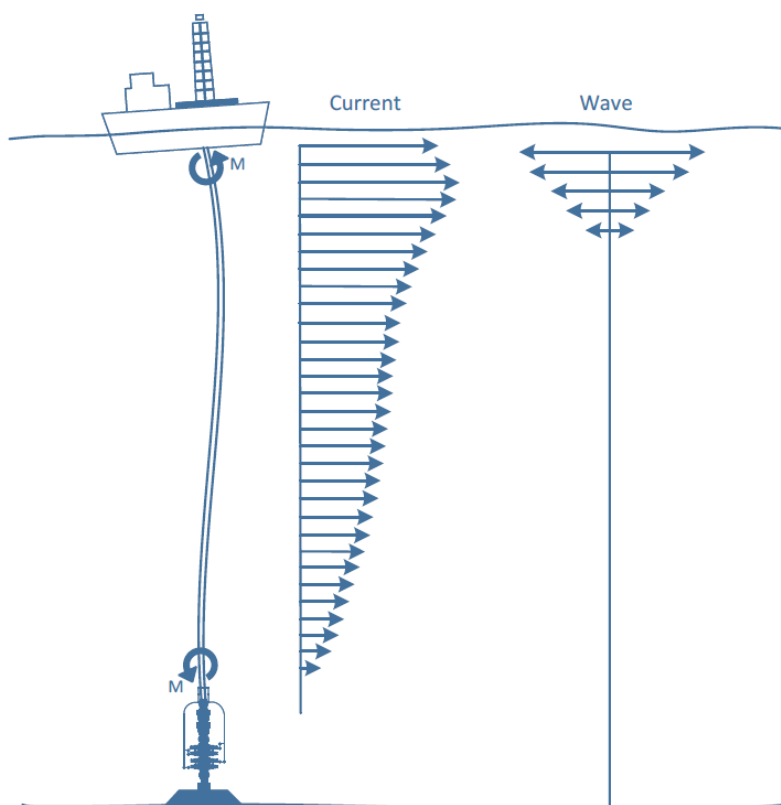
5.2.4 Struktur

Tilstandsovervåking av struktur kan gjøres gjennom en "strekkklapp" teknologi hvor en sensor logger bevegelse i aktuelle områder og bruker dette som input i analyser. I noen tilfeller interpoleres eller ekstrapoleres verdiene til gitte knutepunkter og/eller spesielt påkjente/utnyttede områder. Resultatene fra f.eks. forsøk gjort på jacket strukturer har vist bra samsvar mellom resultater fra analyser basert på antatte belastninger (design kriterier) og analysene som var basert på data fra målingene.

Både sensorteknologi, systemer og kostnad har forandret seg over tiden, noe som gjør at løsninger for overvåking av struktur er blitt mer tilgjengelig med flere muligheter. Normalt vil dette dreie seg om

fysikk-baserte modeller som er integrert i en risikobasert inspeksjon (RBI) systematikk. Modellene her tar utgangspunkt i design betingelser på f.eks. utmatting fra eksisterende analyser. Bevegelsesdata fra utførte målinger gir det faktiske belastningsnivået og brukes som input til analysene hvor det erstatter design betingelsene/kriteriene. Modellene kan da brukes til å estimere restlevetid i forhold til utmatting. Resultatet her brukes igjen til å bestemme nødvendig oppfølging som f.eks inspeksjon eller NDT.

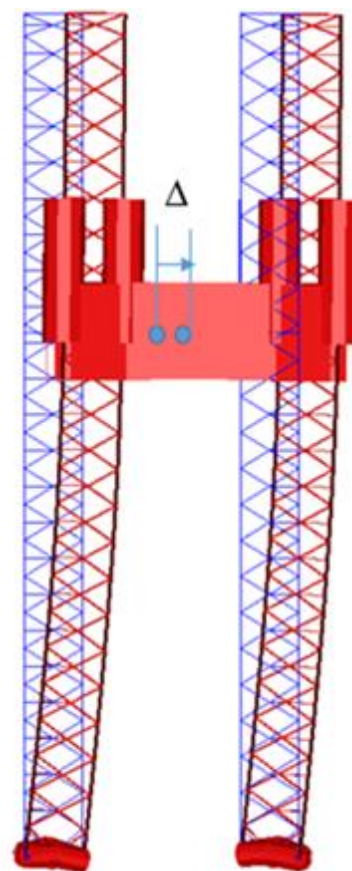
Eksempler på hvordan denne systematikken brukes er å bestemme inspeksjons omfang og intervaller på marine stigerør hvor bevegelse i riserstrengen logges sammen med parametere som vær, strøm og andre belastninger (se Figur 4). Systematikken brukes også på forankringssystemer på faste installasjoner.



Figur 4 Illustrasjon av marine stigerør hvor bevegelse i stigerørstrengen logges sammen med parametere som vær, strøm og andre belastninger

En enkel modell for å bestemme inspeksjonsomfanget på skipsskrog er å benytte posisjonsdata (AIS data) som sammenstilles med vær data. Dette gir en indikasjon på faktisk belastning som strukturen eller skroget har blitt utsatt for. Dette igjen brukes til å bestemme inspeksjonsomfang i et RBI program. En videreutvikling av dette konseptet er å introdusere lokale sensorer på enheten som logger den faktiske bevegelsen (fart, akselerasjon, bevegelse) og bruke dette som dynamisk input i analysen.

Et annet eksempel på hvordan struktur kan overvåkes er å bruke en fysikkbasert modell som måler utmattingsrate i den kritiske forbindelsen mellom cord og spudcan på en jack-up struktur (se Figur 5). Her vil den dynamiske bevegelsen (bevegelse, fart og akselerasjon) i "bargen" kunne "overføres" til legg strukturen og ned i dette punktet. Effekten av å ha bedre kontroll på dette punktet resulterer i bedre planlegging for inspeksjon/NDT. I tillegg vil bevegelse i selve leggen under f.eks transit logges og brukes til å beregne hvor mye utmattingslevetid som er brukt. Normalt blir det gjort en konservativ vurdering av resterende utmattingslevetid.



Figur 5 Illustrasjon av modell som måler utmattingsrate i den kritiske forbindelsen mellom cord og spudcan på en jack-up struktur

5.2.5 Struktur, Subsea riser og rørledning

Kontroll og overvåking av «Subsea» statisk utsyr omfatter alle strukturer, produksjonssystemer, stigerør og rørledninger under vann. Disse systemene er generelt gjenstand for mye kontroll og overvåking hovedsakelig relatert til lekkasjeforebygging og strukturell integritet.

Det finnes en del «subsea» sensor teknologi men mye av overvåkingen og kontrollen foregår fortsatt ved hjelp av ROVer med påmonterte sensorer eller inspeksjonsverktøy. De samme ROVenene benyttes også til å utføre vedlikeholdsaktiviteter for å sikre at operasjonelle funksjoner er intakt og ivaretatt.

Det foregår i dag en rask utvikling i ROV markedet. Både med hensyn på hvordan tjenester blir levert men også på selve ROVen. På enkelte installasjoner har man tatt i bruk små fleksible ROVer til å inspisere deler av undervannsinnspeksjonsprogrammene. Disse kan opereres direkte fra installasjonen eller fra standby fartøyet. Dette fungerer bra for generell visuell inspeksjon og man får også mulighet til mer detaljert inspeksjon av tidligere utilgjengelige områder på strukturen grunnet størrelsen på ROV.

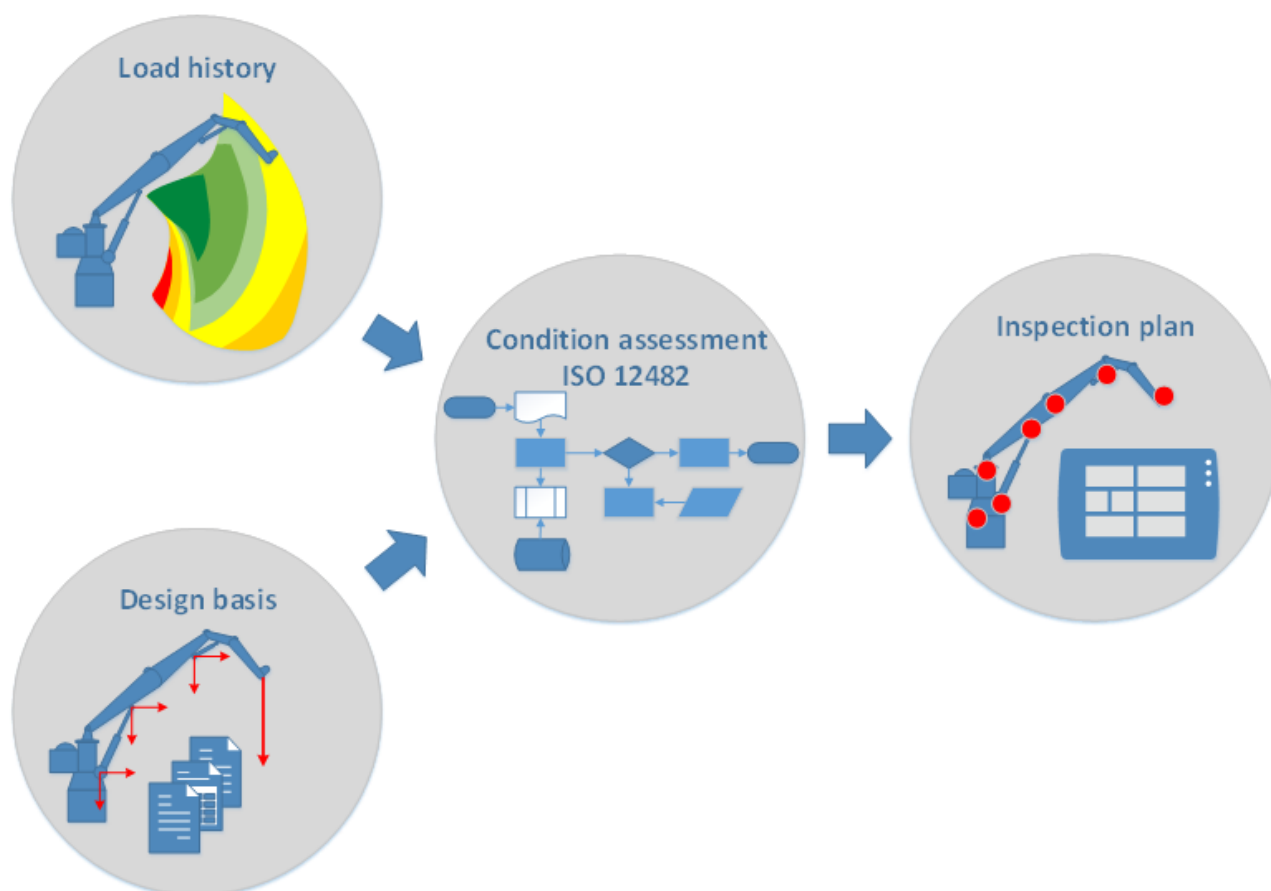
Slike ROVer sjøsettes fra dekk av et lite team på 2-3 mann og kan håndteres uten hiv kompensator. ROVenene har batteridrift, stabiliseres og navigeres med droneteknologi. En enkel fiber kabel forbinder ROV med kontrollsentralen på dekk. Generelt har en slik fremgangsmåte betydelig potensiale til å redusere antall offshore dager for skip innleid til undervannsinnspeksjoner.

Det finnes også løsninger for fjernopererte ROVer enten fast installert i undervannsgarasje med ladestasjon eller sjøsatt av teknikker fra et topside depot, som kan utføre inspeksjon og vedlikeholds

oppdrag. Det jobbes også med autonome løsninger for fast installerte ROVer som følger forhåndsprogrammerte arbeidsplaner for sensoravlesning, inspeksjon og vedlikeholds aktiviteter.

5.2.6 Kraner

Kraner har mange forskjellige komponenter og funksjoner som skal vedlikeholdes. For å komme bort fra det tidsbaserte inspeksjons og testregimet må den faktiske bruken av kranen brukes til å bestemme inspeksjonsomfang og optimale intervaller. Det er viktig at alle feilmoder er med i denne vurderingen som omhandler både mekaniske komponenter og struktur elementer. I standarden ISO 12482 /32/ beskrives en systematikk som vurderer kranens designbetingelser og kapasiteter opp mot den faktiske bruken som igjen bestemmer inspeksjonsomfang og optimale intervaller.



Figur 6 Modell av monitorering av kran

Digitalisering av dette vedlikeholdet ligger i automatisk logging av løft data, vibrasjonsmålinger, oljeanalyse (partikkeltelling) og andre fysikk baserte modeller som beregner slitasje, levetider og utmatting. Ultralyd kan brukes til å detektere tidlig skade i lager på langsomt roterende maskineri og utstyr og vil mulig kunne benyttes til å overvåke lager i svingkranen.

5.2.7 Tilstandskontroll på annet utstyr

Innenfor telecom så vil en kunne overvåke kretser for brudd, kortslutning og jordfeil på feltutstyr som for eksempel høyttalere, lyssignaler, radio og telefon. Et telecom overvåkningssystem kan gi forskjellige nivå av feilrapportering inn til sentralt kontrollrom.

På HVAC så kan en overvåke kretsene til alle brannspjeld samt tap av overtrykk på mekanisk ventilerte rom. Videre vil man på nye anlegg overvåke tilstand på vifter og motorer, og derved ha mulighet for å gjøre prediktivt vedlikehold.

For brann- og gassdetektorer så kan selvdagnostiserende sensorer gi feilsignaler inn til sentralt kontrollrom. Dette inkluderer overvåkning av krets mot brudd, kortslutning og jordfeil. Nyere brann og gassdetektorer gir selv beskjed når de ikke virker som forutsatt.

Ex kontroll foregår primært gjennom inspeksjon i henhold til sjekklister på Ex feil som er definert i *EN 60079-17 Electrical installations inspection and maintenance /33/*. Termografi kan også brukes til inspeksjon av elektriske koblinger. Tilstandskontroll av Ex beskyttelse kan også gjennomføres ved overvåkning av krets for brudd, kortslutning og jordfeil. Jordfeil på varmekabler kan gjennomføres gjennom automatisk isolasjonsovervåkning av sløyfer for heattracing.

5.3 Digitale løsninger for forbedring av arbeidsprosesser

I dette kapittelet beskrives ulike digitale løsninger som ikke er direkte relatert til teknisk tilstand, men er mer relatert til effektivisering av arbeidsprosesser. Løsningene som er beskrevet har ulik modenhet og implementeringsgrad fra konseptuelle studier til løsninger som har eksistert i mer enn et tiår.

5.3.1 Utvidet virkelighet

Utvidet virkelighet er en metode for å vise relevant informasjon som relaterer seg til det man ser i sann tid, for eksempel ved hjelp av en telefon eller nettbrett eller briller. Objekter man ser identifiseres i en prosess der en kombinasjon av posisjon, retning og videostrøm sammenliknes med objekter i en 3D modell. Når en positiv identifikasjon er gjort blir all informasjon tilgjengelig gjennom tilknyttede databaser.

Det finnes systemer som er tilgjengelig på markedet men de krever ofte en stor konfigureringsjobb og er kostbare i drift. Brukervennlighet er også utfordrende med hensyn på at man må akseptere forstyrrelser i synsfeltet når man benytter hodeskjermer- og brilleløsninger.

Integritetsstyringssystem basert på utvidet virkelighetsteknologi vil kunne vise utstyrs ID, status, design informasjon og historikk etc. I tillegg jobbes det med en mulighet for tilbakerapportering av observert geometrisk avvik slik at tilknyttede 3D modeller oppdateres mer eller mindre automatisk. Muligheter og potensielle gevinster ved bruk av utvidet virkelighet og virtuell virkelighet er diskutert i «Roadmap for digitalization in the MMO industry»/15/.

5.3.2 Ekspertsentre og integrerte operasjoner

Samhandlingssentre muliggjør effektiv kommunikasjon mellom operatører ute og planleggere og disiplin eksperter på land. Leverandører jobber fullt integrert med operatører noe som også inkluderer deling av data for feildiagnose og overvåking av teknisk tilstand. Stor grad av utveksling av informasjon og store datamengder mellom ulike systemer krever gode rutiner og prosesser for sikring av data og datakvalitet. Data sikkerhet står sentralt i integrerte operasjoner ettersom informasjon om teknisk tilstand kan misbrukes og deles med utenforstående. Data knyttet til utstyrets styringssystem kan manipuleres av utenforstående og brukes med vilje til å påføre skade.

Norsk sokkel har gjennom noen operatører sett en rask utvikling på flytting av ekspertise og oppgaver til land gjennom ulike operasjonssentre /34//35//36/. De første aktivitetene som ble dekket via operasjonssentre på land var boring og brønn samt produksjonsoptimalisering. Dette er aktiviteter som

kan støttes med direkte styring fra land og teoretisk sett så er det ikke nødvendig å ha sentrale kontrollrom for boring og produksjon offshore i dag. Alt kan styres fra land og den eneste sårbarheten ligger i et eventuelt brudd på datalinjen som vil utgjøre en stor risiko med mindre en har god redundans og / eller en robust reserveløsning for å ta over kontrollen offshore hvis en skulle miste kontakt og kommunikasjon med land. Et annet nærliggende område for integrerte operasjoner er å gi støtte gjennom spesialistkompetanse på roterende utstyr og tilstandsovervåkning fra land mot flere felt samtidig. Tilstandsovervåkning er en mer langsiktig prosess som ikke nødvendigvis krever fulltids 24/7 bemanning. Samhandlingsrom for vedlikehold og tilstandsovervåkning har derfor ikke i samme grad blitt implementert på bred basis sammenlignet med brønn og boring samt produksjonsoptimalisering.

5.3.3 Barrierepanel og tilgang til risikoinformasjon online

Flere operatører har utviklet en oversikt som kontinuerlig henter informasjon knyttet til tilstand på sikkerhetskritisk utstyr og barrierer automatisk i et panel som eksempelvis kan vise utestående vedlikehold opp mot barrierer, kompenserende tiltak og begrensninger, arbeidstillatelser, overbroinger osv./37/. Forutsatt at det foreligger en god systematikk og struktur for rapportering av vedlikehold, feil og avvik samt at dette systemet brukes aktivt i relevante møter knyttet til vedlikeholdsstyring- og planlegging, så vil slike løsninger bidra til økt sikkerhet/38/ /39/ /40/. Generelt så vil visualisering av rapportert vedlikehold, feil og avvik bidra selvforsterkende til å øke kvaliteten på rapporteringen ettersom utførende vedlikeholdspersonell vil se at rapportert vedlikeholdshistorikk blir aktivt brukt i oppfølgingen av sikkerhetskritiske feil.

5.3.4 Digitalisering av krav

Forvaltning og oppfølging av krav både i prosjektgjennomføring og drift krever store ressurser. Olje og gassindustrien er nå både globalt og på norsk sokkel i ferd med å tilrettelegge for digitalisering av krav slik at forvaltning og oppfølging av krav inklusive aktiviteter som verifikasjon og revisjon for å sjekke etterlevelse kan gjøres enklere og mer effektivt /18/. Krav er i dag til en viss grad allerede digitalisert gjennom kontroll av godkjenning og arbeidsflyt i eksisterende virksomhetssystemer som eksempelvis i SAP. Utførelsen av en Sikker Jobb Analyse (SJA) kan eksempelvis være en forutsetning for at en skal kunne gå videre for å få arbeidstillatelse for å utføre vedlikehold /41/. Således kan krav til vedlikehold i både prosjektgjennomføring og drift teoretisk sett digitaliseres og verifiseres mer automatisert. Utviklingen innenfor dette området er forventet til å gå raskt ettersom det foreligger et stort effektiviseringspotensial gjennom digitalisering av krav. Krav til vedlikehold representerer imidlertid kun et svært begrenset område sammenlignet med totaliteten av krav som vil være aktuelle for digitalisering. Prosjektet «READI – REquirement Asset Digital lifecycle Information» er et eksempel på et prosjekt som igangsettes for å digitalisere krav i standarder og regelverk /18/ med det formål å

- effektivisere verifikasjonsprosessen
- identifisere inkonsistente krav
- fjerne tvetydige krav
- bedre funksjonalitet for å søke etter krav.

Omfanget på standarder og krav som kan digitaliseres er stort og READI prosjektet har blant annet prioritert dokumentasjonskrav og krav til teknisk informasjon i første fase. På sikt så vil imidlertid denne utviklingen kunne gi stor effekt på behov for oppfølging og verifikasjon av krav og etterlevelse også for vedlikehold som i dag utføres konvensjonelt gjennom revisjon og tilsyn.

5.3.5 Håndholdte rapporteringsenheter

Vedlikehold har historisk vært basert på at PC for tilgang til elektronisk informasjon for å utføre vedlikehold ikke tas med ut i felt, men at instruksjoner for forbyggende og korrektivt vedlikehold skrives ut og tas med ut i felt for utførelse. Nye håndholdte rapporteringsenheter er i ferd med å bli testet ut for å forenkle den administrative prosessen med utførelse av vedlikehold /42//43/. Dette vil forenkle utførelsen av vedlikeholdet. Kritisk informasjon og funksjonalitet som identifikasjon av tag og kritikalitet med historikk, definisjon av sikkerhetskritisk feil, automatisk generering av statistikk på feil opp mot antall tester, automatisk varsel når krav til tilgjengelighet ikke møtes samt skriving av notifikasjon vil være tilgjengelig i felt for utførende personell. Dette forventes å ha en positiv effekt på sikkerhet og forbedre kvaliteten på vedlikeholdsrapporteringen ettersom utførende vedlikeholdspersonell vil ha all påkrevd informasjon lett tilgjengelig. Håndholdte rapporteringsenheter kan også integreres eller kombineres med støtte fra spesialister gjennom video eksempelvis til feilsøking og / eller utvidet virkelighet.

5.3.6 Sensorer

Flere og mer avanserte sensorer knyttet til olje og gassanlegg er ikke direkte en digitaliseringsløsning, men må likevel nevnes som et trekk i utviklingen rundt mer avansert styring og vedlikehold. Sensorer er en forutsetning for at man skal kunne overvåke og gjøre avansert diagnose og overvåkning, fjernstyring o.l.

Antatt sensorer på anleggene har økt sterkt fra det man hadde på 80-tallet – primært på grunn av redusert pris og økte krav til overvåkning. Et prosessanlegg i dag har gjerne mellom 10 000 og 20 000 sensorer, mens et sub-sea anlegg (SPS med 4-6 brønner) har mellom 200 til 500 sensorer. Samtidig har teknologier for trådløs overføring ved bruk av batterier og Wi-fi gjort at man kan instrumentere uten å kable noe som resulterer i kosteffektive løsninger, og som kan ettermonteres. Dette gir muligheter for overvåkning av en rekke parameterer på anleggene samt å kombinere disse slik som beskrevet i kapittel 5.2.3.

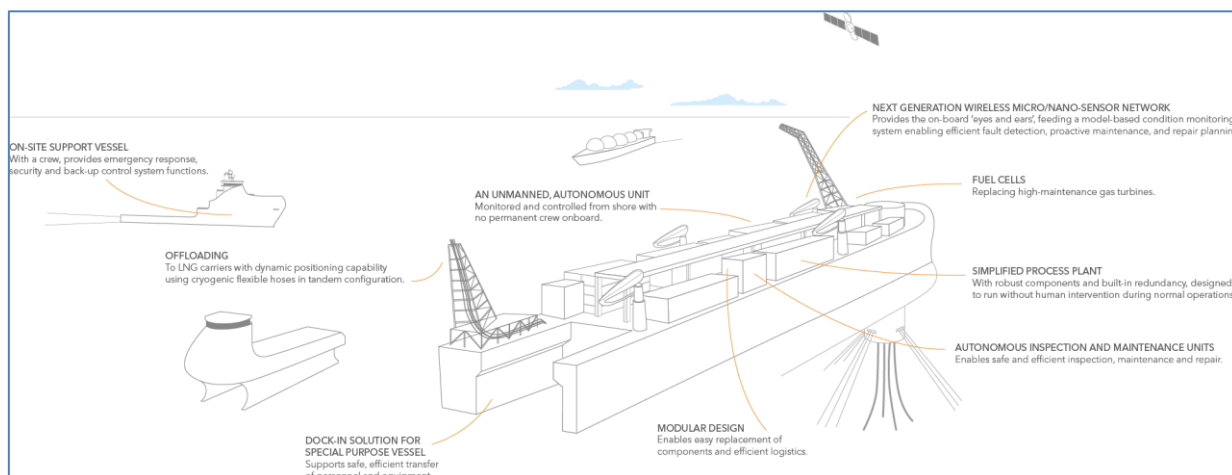
Krav til nøyaktighet på sensorene, både i absoluttverdi og drift over tid, er viktig for kvaliteten på overvåkingen. For eksempel så er det ikke gitt at en prosessmåling som trykk og temperatur kan brukes til å overvåke tilstand på et filter eller en varmeveksler da dette oftest krever dedikerte nøyaktige differansemålere.

Det er derfor grunn til å tro at krav til sensorer (funksjon, nøyaktighet, kalibrering) vil få større oppmerksomhet i forbindelse med den pågående digitaliseringen, og da spesielt med tanke på optimering av vedlikehold.

5.3.7 Automatisering som konsept for nye ubemannede offshore installasjoner

Ubemannede brønnhodeplattformer er i dag i bruk i offshoreindustrien /44//45/, men mer komplekse installasjoner med krav til prosessering er utviklet som permanent bemannede installasjoner. Enkelte teknologiske utviklinger vil imidlertid kunne bidra til mulige fremtidige større ubemannede installasjoner med prosessering. Bedre og billigere sensorteknologi, forbedret tilgang til data, forbedring av programvare og verktøy og økt prosesseringskapasitet vil i kombinasjon med forenklet design, robuste komponenter med redundans kunne brukes til å utvikle store ubemannede offshore installasjoner,

eksempelvis for FPSOer. Strøm fra land eller brenselcelle-teknologi som er i kontinuerlig utvikling vil på sikt kunne erstatte vedlikeholdskrevende gasturbiner. Neste generasjon trådløst micro/nano sensor nettverk vil kunne brukes aktivt i overvåking av utstyr inklusive roterende utstyr, rør, struktur og tanker. Autonome inspeksjons og vedlikeholdsenheter kan brukes til inspeksjon, vedlikehold og reparasjon. Modulbasert design muliggjør enkelt bytte av komponenter og utstyr.



Figur 7 Ubemannet FLNG konsept utviklet gjennom DNV GL mulighetsstudie /46/

5.3.8 Fritekstanalyse

Fritekstanalyse bruker datateknologi og kunstig intelligens til å søke etter relevant kunnskap i store mengder med tekst, data og informasjon. Søkemotorer som Google har vært ledende i utviklingen og bruken av denne teknologien, men etter hvert blir teknologien mer kommersielt tilgjengelig og kan lettere anvendes også med søk og bruk i norsk språk. Et eksempel er identifisert hvor dette er brukt for til å søke etter relevant kunnskap og erfaring i store datasystemer med ustrukturert data i forkant av operasjonelle aktiviteter for å lære av tidligere hendelser og unngå feil som er gjort tidligere /41/, eksempelvis i forbindelse med Sikker Jobb Analyse (SJA).

5.3.9 3D printing

Teknologien for 3D printing, også kalt «Additive Manufacturing» er kjent og har vært brukt og testet ut på bred basis og har i de siste 10 årene i økende grad også blitt brukt til industrielle formål /15/. Operatører på norsk sokkel har begynt å ta teknologien i bruk for produksjon av enkelte reservedeler. 3D printere kan leveres på et lite skid og kan settes opp til raskt å produsere reservedeler som eksempelvis ikke er lett tilgjengelig i markedet eller for forskjellige forbruksdeler. Selv om manglende reservedeler normalt sett ikke skal resultere i økt risiko for storulykke og personellsikkerhet, så vil 3D printing gi raskere tilgang til reservedeler som igjen vil føre til redusert nedetid på både sikkerhetssystemer og produksjonskritiske systemer. Produksjonsprosessen som brukes gjennom 3D printing gir som beskrevet i kapittel 4.2.2 andre materialkvaliteter sammenlignet med tradisjonelle produksjonsprosesser som smiing og støping og det er viktig at operatørene har konkrete krav til kvalifisering av komponenter som bestilles / produseres ved hjelp av 3D printing.

6 DISKUSJON AV RESULTATER GJENNOM DE NYE DIGITALE LØSNINGENE

En sammenstilling av 12 digitale løsninger er identifisert til å ha en sentral rolle i den digitale utviklingen for vedlikehold som vist i Tabell 2 og som beskrevet enkeltvis i kapittel 5. For å forenkle det totale bildet av digitale løsninger for vedlikehold så kan den totale listen med 12 digitale løsninger kategoriseres videre i følgende fire (4) hovedområder relatert til vedlikehold og tilhørende prosesser som vist i Figur 8:

- Digital arbeider og støtte
- Inspeksjon og datainnhenting
- Analyser
- Automatisering




Figur 8 Hovedgrupper av digital teknologi innen vedlikehold

Løsningene er analysert etter et sett med kriterier som følger:

- TRL: Technology Readiness Level, dvs., i hvilken grad er teknologier utprøvd og klar til anvendelse. Skala 1(velprøvd) til 4 (ny):
- Innvirkning på HMS
- Utvikling neste 5 år
- Digitale løsninger og deres effekt på tilsynsaktiviteten. Her er listet behov for kompetanse ut over det som er vanlig kjent; redusert tilsynsbehov på grunn av den nye teknologien, alternative tilsynsmetoder, og til slutt en indeks som viser betydning for tilsyn og sikkerhet.

Indeksen som viser betydning for tilsyn og sikkerhet er en verdi som er basert på en evaluering av betydning for HMS, forventet utvikling, betydning for krav til ny kompetanse, redusert tilsynsbehov, og nye muligheter for tilsyn. Hvis en digital løsning skulle bli evaluert til å ha en stor betydning i forhold til alle disse faktorene så ville den digitale løsningen fått en maksimal total poengsum på 7. Ingen av de digitale løsningene har fått denne indeks summen, men den digitale løsningen som forventes å ha størst



innvirkning på tilsyn og HMS i den neste 5 års perioden er digitalisering av krav som er evaluert og tildelt en indeks på 6.

De identifiserte digitale løsningene vil, gitt at krav til håndtering av datakvalitet, datasikkerhet og datainfrastruktur blir effektivt håndtert, ha som minimum en nøytral og som regel en positiv effekt på HMS, primært i forhold til enten personellrisiko eller storulykkerisiko. Den største nedsiden er relatert til utilstrekkelig data- og nettverksikkerhet, eksempelvis at nettverkene ikke fungerer etter hensikten, eller at utenforstående får uautorisert tilgang til data og styring og gjennom dette utøve tilsiktet sabotasje som beskrevet i kapittel 4. På tvers av disse gruppene ligger basis forutsetninger som (styring av datakvalitet, sikre nettverk, kompetanse og organisasjon) for at de digitale løsningene og teknologiene skal fungere sikkert og effektivt som beskrevet i kapittel 4. Basis for vurderingen for HMS og tilsyn som vist i Tabell 2 for de respektive digitale løsningene drøftes mer i detalj i neste kapittel.

Tabell 2 Sammenstilling av digitale teknologier med anvendelse innen vedlikehold.

Digital løsning	TRL – (offshore olje & gass norsk sokkel)			Sikkerhet og Utvikling neste 5 år		Digital løsning og effekt på tilsynsaktiviteter			
	Anvendelse 1) Kjent 2) Begrenset 3) Ny	Novelty 1) Utprøvd 2) Begrenset 3) Ny / Uprøvd	TRL Skala	Positiv effekt på HMS Stor(S) Medium(M) Lav (L)	Utvikling neste 5 år: Stor (S) Medium (M) Liten (L)	Betydning for krav til ny kompetanse i tilsynsfunksjon (Ja / Nei)	Redusert tilsynsbehov? (Ja / Nei)	Vil digital løsning gi nye muligheter for å utføre tilsyn på en annen måte? (Ja / Nei)	Index: Betydning for tilsyn og sikkerhet
Digital arbeider:									
1. Augmented Reality	Ny	2: Begrenset	4	S	M	J	N	J	5
2. Håndholdte rapporteringsenheter	Begrenset	1: Utprøvd	2	S	S	J	N	N	5
3. Ekspertsentre og integrerte operasjoner	Kjent	1: Utprøvd	1	S	M	N	N	J	4
Inspeksjon og data innhenting:									
4. Mini ROV	Begrenset	1: Utprøvd	2	M	S	N	N	N	3
5. Droner	Ny	1: Utprøvd	3	M	S	N	N	N	3
6. Sensorering	Kjent	1: Utprøvd	1	M	M	N	N	J	3
Analyser									
7. Barrierepanel og tilgang til risikoinformasjon online	Kjent	1: Utprøvd	1	S	M	N	J	J	4
8. Bildegenkjenningsteknologi	Ny	2: Begrenset	4	M	M	J	N	N	3
9. Datadrevet prediktivt vedlikehold	Begrenset	2: Begrenset	4	S	S	J	N	J	5
Automatisering:									
10. Ubemannede offshore anlegg	Begrenset	2: Begrenset	3	S	M	J	J	N	5
11. Digitalisering av krav	Ny	3: Ny	4	M	S	J	J	J	6
12. 3D printing	Ny	1: Utprøvd	3	M	S	J	N	N	4

6.1 Drøfting av effekt på HMS

6.1.1 Digital arbeider og støttefunksjoner

Utvidet virkelighet eller digital arbeider er et relativt nytt konsept som er lite utprøvd innen olje og gass bransjen. Liknende konsepter finnes i andre bransjer blant annet innen medisin/34/ /47/ og bygg- og anleggsbransjen. En viktig forutsetning for å lykkes med utvidet virkelighet er å ta i bruk 3D modellen som utvikles i prosjektgjennomføringen. Operatører på norsk sokkel har begynt å sette krav til EPC selskaperes leveranse av 3D modellen slik at denne kan brukes til å bistå en digital arbeider med relevant informasjon for inspeksjon og vedlikehold. Fremtidens systemer for utvidet virkelighet vil således kunne hente opp relevant informasjon opp mot spesifikt utstyr som eksempelvis tagnummer, kritikalitet, vedlikeholdshistorikk, design informasjon, osv. Håndholdte enheter for rapportering vil ha en begrenset funksjonalitet gjennom såkalte apper i forhold til full programvare som vil være tilgjengelig på en datamaskin. For øvrig så vil det kunne være en menneskelig terskel for venne seg til å ta i bruk ny teknologi, eksempelvis briller som projiserer data og informasjon over det en ser i virkeligheten eller videokonferanseutstyr som brukes i felt. En vil derfor måtte forvente at de ulike konseptene og teknologiene som tilrettelegges for den digitale arbeideren vil måtte modnes, testes og kvalifiseres før en kan ta ut den fulle effekten og nytteverdien av disse teknologiene. IRIS rapport digitaliserign i petroleumsnæringen /36/ peker på at når man utvider funksjonalitet og knytter sammen IKT på nye og stadig mer komplekse måter, så kan det bli vanskeligere for folk å holde oversikt over de underliggende forutsetningene og antagelsene som er gjort. Personene som skal ta kritiske beslutninger får dermed begrenset systemforståelse og blir fremmedgjorte, og har ikke lenger fullgod oversikt over sårbarhetsbildet.

En fellesnevner for teknologier og løsninger som utvidet virkelighet, håndholdte rapporteringsenheter og eksperterentre med integrerte operasjoner er at disse bidrar til en *bedre situasjonsforståelse* av en gitt situasjon enten det gjelder å identifisere rett utstyr, planlegging av en jobb, sjekke at dokumentasjon stemmer overens med faktisk utstyrsarrangement, problemløsning og feilsøk på utstyr. Kommunikasjonsteknologien brukes aktivt til å få tilgang til rett informasjon til rett tid. Rett virkelighetsoppfatning og god kommunikasjon mellom kontrollrom og vedlikeholdspersonell er kritisk eksempelvis i forhold å holde oversikt over utstyr som er satt ut av drift for vedlikehold. Pipe Alpha ulykken er et eksempel på hvordan manglende kommunikasjon og oversikt på utstyr som er satt ut av drift er kritisk for å unngå en storulykke. Det er derfor grunn til å tro at disse teknologiene vil bidra til å redusere storulykkerisikoen gitt at det bedrer informasjonsflyten, kommunikasjonen og tilgangen til spisskompetanse.

Ekspertentre med integrerte operasjoner samt håndholdte rapporteringsenheter er utprøvd i mange bransjer også innen olje og gassbransjen. Trådløs teknologi er en forutsetning for god utnyttelse av disse løsningene og det fulle potensialet kan derfor kun tas ut for nye installasjoner hvor en har full wifi dekning.

6.1.2 Inspeksjon og datainnhenting

Jobben med å gjøre vedlikehold og inspeksjon kan utgjøre en risiko for personell i felt. Droner og mini-ROV vil bidra til å fjerne eller redusere risiko for hendelser i forbindelse med vedlikehold og inspeksjon i områder med vanskelig tilgjengelighet (eksempelvis på struktur) eller farefylte områder (eksempelvis innvendig inspeksjon av tanker) /15/. En kan også oppdage skader og feil i vanskelig tilgjengelige områder som ellers ikke ville vært tilgjengelig for inspeksjon. Mini ROV kan bidra til at lekkasjer fra rør og utstyr under vann kan identifiseres og lokaliseres raskere enn med konvensjonell ROV teknologi og dermed bidra til å redusere risiko knyttet til redusert utslipp, storulykke og personellrisiko. Droner og

bildegjenkjenningsteknologi tas i dag aktivt i bruk blant annet i inspeksjon av vindmølleparker og strømforsyningsnettet /36/.

6.1.3 Analyser


Generelt så vil digitale analytiske løsninger gi en bedre forståelse for teknisk tilstand og fremtidig vedlikeholdsbehov som kan forbedre planlegging og gi et bedre beslutningsunderlag og risikoforståelse og dermed ha positiv effekt på storulykkerisiko.

Barrierepaneler kan bygges til å gi helhetlig risikobilde eksempelvis relatert til status for teknisk tilstand på sikkerhetssystemer, systemer ute av drift og arbeidstillatelser. De fleste operatørene har denne informasjonen spredt mellom flere ulike programmer/systemer. Gitt at slike paneler/portaler blir brukt aktivt i de daglige i relevante arbeidsmøter knyttet til planlegging og arbeidsforberedelse slik at barrieresvekkelser med tilhørende risiko er kjent og håndtert så vil dette resultere storulykkerisiko gjennom bedre beslutninger og prioriteringer. God datakvalitet i barrierepanelet er kritisk for å ta gode og riktige beslutninger og det er DNV GL's erfaring at dette vil utgjøre den største utfordringen i hvordan barrierepanelene kan brukes som en forbedring for sikker og effektiv drift. Operatørene må ha rett kompetanse til å vurdere hva som utgjør barrieresvekkelse og brudd slik at denne informasjonen som blir etablert som basis for innrapportering fremkommer riktig. Det er DNV GL's erfaring at kompetansen og kjennskapen til kravene til sikkerhetssystemene ikke alltid er kjent slik at feil og svekkelser på sikkerhetsutstyr ikke nødvendigvis vil bli rapportert som sikkerhetskritisk og fremkomme i et barrierepanel.

Prediktivt vedlikehold brukt til å forutse sikkerhetskritiske feil vil også være en positiv bidragsyter til å redusere storulykkerisiko. Effekten på sikkerhet vil imidlertid være svært avhengig av om en organisasjon kan dra nytte av relevant spisskompetanse mot det spesifikke utstyret og at eventuelle datadrevne modeller er av god kvalitet. Med referanse til diskusjon i kapittel 4 så er verifikasjon av datadrevne modeller og algoritmer kritisk i og med at modeller utelukkende er basert på historisk informasjon og kvaliteten på modellene kan variere. En kan dermed ha for stor tillit til modellene som kan resultere i økt storulykkerisiko. Skulle en eksempelvis brukt algoritmer og kunstig intelligens til å bestemme om en gitt nedstengningsventil vil stenge for å hindre eskalering av en brann i et brannscenario og bruke dette som argument for ikke å stenge ned for å teste ventilen så vil en slik beslutning stå og falle på godheten av datamodellen. Datadrevne modeller er dermed et tveegget sverd som både kan gi stor verdi hvis de brukes rett men også misbrukes.

6.1.4 Automatisering

Denne gruppen teknologier er en sammenstilling av flere digitale løsninger som kjennetegnes gjennom automatisering som på sikt kan resultere i økt grad av fjernstyring og ubemannede anlegg. Mindre eksponering av personell vil generelt ha en positiv effekt på personellrisiko i og med at en fjerner mennesket fra farefylte områder og samtidig redusere sannsynligheten for at menneskelige feilhandlinger introduserer farefylte situasjoner. Sysla artikkelen «Fjernstyring fungerer bedre enn noen hadde trodd» /45/ beskriver at Valemon ikke har hatt nedetid i en periode på ett år hvor plattformen har vært i drift. Samtidig beskriver artikkelen at feilsøking tar noe mer tid som følge av fjernstyring. Analyser utført av DNV GL på direkte årsaker til produksjonstap på bemannede installasjoner så viser dette en fordeling på ca. 60% av hendelsene som er teknisk initiert uten involvering av personell, mens ca. 40% av hendelsene inkluderer mennesket som en direkte årsak til et produksjonstap. Gitt tilstrekkelig informasjon rundt rapporterte tap, så er det grunn til å tro at en analyse av bakenforliggende årsaker vil gi et mer nyansert bilde på de faktiske rotårsakene til driftsforstyrrelser. Valemon eksempelet illustrerer imidlertid at en plattform kan driftes sikkert og effektivt selv om den er



fjernstyrt uten fast bemanning. På grunn av økt responstid på fjernstyrte plattformer så vil en kunne forvente en noe høyere risiko knyttet til utslipp og storulykke. Mer overvåkning eksempelvis gjennom sensorer, bruk av kamera og videoovervåkning samt en effektiv beredskapsstrategi som inkluderer standbybåter og støtte fra nærliggende felt vil kunne redusere denne risikoen betraktelig.

Digitalisering av krav er et relativt nytt område og effekten på risiko for personellsikkerhet, storulykke og utslipp er vanskelig å vurdere. Gitt at digitaliseringen av krav gjør det enklere å verifisere at en møter krav så kan det tenkes at det også vil føre til større grad av etterlevelse av sikkerhetsrelaterte krav og at utviklingen knyttet til digitaliseringen av krav vil føre til redusert risiko for personellsikkerhet, storulykke og utslipp.

Bruken av 3D printing ble diskutert i kapittel 5.3.9 i forhold til effekt på sikkerhet. Gitt at komponentene som produseres med 3D printing kvalifiseres til tiltenkt bruk gitt operasjonelle og sikkerhetsrelaterte krav så vil 3D printing føre til raskere levering for reservedeler som ellers vil ha lang leveringstid og dermed kan denne teknologien bidra til bedre tilgjengelighet på kritisk utstyr.

6.2 Effektiviseringsgevinster

Drivere for digitalisering i dag er i stor grad en målsetting om økt inntjening og effektivitet. Leverandørbransjen og samfunnet for øvrig er i stor grad pådrivere for nye løsninger. Blant dagens operatører ser vi tydelig skille i filosofi mellom operatørene; noen har en tydelig plan om å utnytte de digitale mulighetene raskt, andre har en vente-og-se holdning.

De løsningen som er vist i Tabell 2 vil gi operasjonelle gevinster i form av reduserte driftskostnader og for noen få løsninger som eksempelvis for prediktivt vedlikehold så kan en forvente økt produksjon gjennom tidlig deteksjon og færre alvorlige feil og hendelser. Investeringene til det enkelte selskapet for utvikling og implementering er dog ikke analysert her. Modernisering av vedlikeholdsstyring via mer prediktivt vedlikehold vil kreve en stor endring i forhold til dagens arbeidsmetoder og det er ikke gitt at operatørene vil lykkes med denne omstillingen. Et oppsett av robuste modeller for tilstand basert på en kombinasjon av designinformasjon, sensor målinger, tidligere vedlikehold og inspeksjoner osv, vil imidlertid kunne bidra til bedre prediksjon av behov for vedlikehold, og derved redusert total kostnad. Basert på DNV GLs erfaring så vil forretningsmodeller der leverandørene av utstyr tar et større funksjonsansvar på sitt utstyr fremme økt anvendelse og teknologiutvikling innenfor prediktivt vedlikehold.

Det bør kunne forventes at integrerte operasjoner og håndholdte rapporteringsenheter vil kunne effektivisere og rasjonalisere prosessen for planlegging og utførelse av vedlikehold samt for feilsøking og problemløsning på utstyr. At eksperter gjøres mer tilgjengelig i et sentralisert støttesenter gjør at en kan utnytte tilgjengelig spisskompetanse mot flere felt som vil redusere behov for transport av personell ut i felt. Generelt så kan digitaliseringen i industrien generelt ses på som et sentralt virkemiddel for å fjerne behov for en fysisk forsendelse i og med at informasjon blir presentert og diskutert i sanntid og beslutningsprosessen blir tatt raskere. Aktivitetsforskriften paragraf 29 setter krav til at planlegging av aktiviteter tar hensyn til og kontrollerer alle viktige bidragsyttere til risiko, både enkeltvis og samlet. Hvis tidshorisonten på planleggingen rundt vedlikeholdet forkortes og gjøres mer fleksibelt så vil utfordringen kunne være å holde fokus på det samlede risikobildet. Det er derfor viktig at operatørene holder oppe fokus på den samlede oversikten på barrieresvekkelser og disse fortsatt bli behandlet i relevante møter knyttet til planlegging og arbeidstillatelse.

Gitt at næringen ivaretar datasikkerhet og krav til ny kompetanse knyttet til innføring av nye digitale løsninger for vedlikehold så vil det være mulig å innføre å oppnå både effektiviserings- og HMS gevinster.

Implementeringen av nye verktøy og digitale løsninger for vedlikehold vil i likhet med andre endringsprosjekt kreve god systematikk for endringsledelse som inkluderer identifikasjon og analyse av farer og risiko med implementering av risikoreduserende tiltak.

6.3 Digitale løsninger og hvordan disse påvirker tilsynsaktivitetene

6.3.1 Erfaringer fra andre bransjer

Digitalisering av tilsyn er et tema i flere industrisektorer. DNV GL som delegert myndighet i maritim sektor (Delegert av flaggstater) har en lang rekke prosjekter og tiltak for å effektivisere sin rolle overfor skipsoperatører. I den senere tid er DNV GL i dialog med andre aktører som havnestater, lasteiere, forsikringsselskaper og finansinstitusjoner. Alle har det samme behovet for å vurdere sin risiko i forhold til skipets helsestatus og operasjonens kvalitet, men aktørene jobber i stor grad i parallell, noe som blant annet fører til at mange sjekker de samme tingene hver gang skipet er i havn. Et konkret eksempel fra en av våre besiktigelsesmenn var en livbåttest som ble utført tre ganger på sammen dag etter pålegg fra tre forskjellige aktører. Det ligger derfor en potensiell gevinst av digitalisering av tilsyn i maritim sektor gjennom at det etableres felles mål på tilstand og kvalitet og at informasjonen om tilstand blir delt og at en dermed reduserer dobbeltarbeid. Det neste nivå av effektivisering ligger i å gradvis legge informasjon og data fra operatørene og skipene til grunn for vurdering av tilstand og kvalitet. Da vil man i tillegg trenge felles mål og mekanismer for å etablere tillit til denne informasjonen. Et eksempel på en aktivitet som belyser disse elementene er et prosjekt DNV GL har mot US Coast Guard og Singapore havnestat. Her utforsker DNV GL mekanismer for at data fra skipet gjøres tilgjengelig av operatøren til den respektive havnestat når skipet ankommer. Innholdet i denne informasjonen er avtalt mellom havnestat og operatør og er kvalitetssikret av DNV GL og formidlet gjennom en nøytral portal som gir operatøren full kontroll over hvilken informasjon han viser til hvem og når. US Coast Guard og Singapore havnestat vil da bruke informasjonen som underlag for å beslutte om de trenger å gå ombord på skipet eller ikke.


6.3.2 Ptils rolle i petroleumsvirksomheten i Norge

PTIL' rolle er hjemlet i petroleumsloven og Ptil's myndighet er beskrevet i rammeforskriften §67-72. Ptil utfører denne rollen blant annet via tilsyn ved nybygg og modifikasjoner, og tilsyn av anlegg i drift. Fokus for Ptil er helse, miljø og sikkerhet.

Ansvar for å følge forskriftene for helse, miljø og sikkerhet ligger hos operatøren og andre som deltar i virksomheten. Den ansvarlige skal sikre at krav som er gitt i helse-, miljø- og sikkerhetslovgivningen, blir etterlevd. Ptil sammen med andre myndigheter gjør tilsyn med at lover og forskriftene følges. Forskriftene er bygget opp med funksjonelle krav med referanse til beste praksis og standarder som kan brukes for å tilfredsstille kravene i forskriftene. Ptil har ingen rolle knyttet til godkjenning / sertifisering av arbeidsprosesser, systemer og utstyr eller lignende. Ansvar for å følge forskriftene ligger i sin helhet hos operatøren og andre som deltar i virksomheten.

Ptil gjennomfører tilsyn knyttet til vedlikehold både i prosjektgjennomføringsfasen og i drift. Forskrifter i styringsforskriften knyttet til risikoreduksjon og barrierer samt aktivitetsforskriften knyttet til planlegging og vedlikehold står sentralt i tilsynet.

Ptil fokuserer i tilsynet mot drift blant annet på hvordan operatøren ivaretar kontroll og god styring av vedlikeholdet basert på den tekniske tilstanden av sikkerhetskritisk utstyr. Operatørens arbeidsprosesser for å sikre denne kontrollen sjekkes også basert på gjennomgang av vedlikeholdshistorikk og utestående vedlikehold mot sikkerhetskritisk utstyr. Under slike tilsyn gjøres stikkprøver både i felt og i data-



grunnlaget som en verifikasjon på at det er samsvar mellom vedlikeholdet av og tilstanden på det fysiske anlegget og dokumentasjon og beslutninger knyttet til risiko og vedlikehold. Ptil vil i tilsynet forespørre og gjennomgå informasjon og data fra driften på anlegget som foreligger i operatørens datasytemer som for eksempel i SAP og SCADA. Videre så etterspør Ptil informasjon om større hendelser, strukturelle feil (AF§50-51), og statistikk for vedlikeholdsstyring og barrierer via RNNP programmet.

I prosjektgjennomføringsfasen så vil tilsynet være mer fokusert mot forberedelse og tilrettelegging for vedlikehold som inkluderer identifisering av barrierer, klassifisering av utstyr samt aktiviteter og program for å forebygge feilmodi som utgjør en risiko for HMS.

Tilsynet utføres gjennom intervjuer med relevant personell samt gjennomgang av relevant dokumentasjon og data for vedlikehold. I drift inkluderer tilsynet intervjuer og gjennomganger både land- og offshore organisasjonene.

6.3.3 Oppgavens analyse av betydning for tilsynet

Tabell 2 viser en vurdering av hvilke digitale løsninger har betydning for tilsynet relatert til tilsynsbehov, tilsynsmetode og krav til kompetanse. Gitt at de nye digitale teknologiene i økende grad vil bli aktivt brukt til å utarbeide beslutningsunderlag eksempelvis for reparasjon eller videre drift uten reparasjon så vil det være viktig for Ptil å forstå mekanismene bak de digitale løsningene samt eventuelle begrensninger for bruk. Som nevnt i kapittel 6.1.3 så kan datadrevne modeller både være av stor verdi for å treffe gode beslutninger, men modellene kan også gi misledende beslutningsunderlag. Ptil må ha kunnskap til å forstå og utfordre godheten av disse modellene.

Digitaliseringen av krav er den løsningen som er vurdert til å ha den største betydningen for tilsynet ettersom den kan påvirke både tilsynsbehov, metode og krav til kompetanse. Utviklingen representerer en mulighet for Ptil til å forenkle tilsynet, men samtidig så vil Ptil måtte opparbeide seg kompetanse til å sette seg inn i prosessen for digitaliseringen av krav slik at en kan ha tillitt den automatiserte verifikasjonen av kravene som ligger til grunn.

Deling av data har blitt fremhevet som en kritisk suksessfaktor for å lykkes med digitalisering /15/19/. Ptils tar i dag aktiv rolle i forhold til deling av data ettersom både rapporter fra tilsyn og RNNP er offentlig tilgjengelig. Mange operatører har deler av RNNP data tilgjengelig i CMMS, men oftest kreves mye manuell jobb for at det skal vise de nødvendige parameterne direkte. Eksempelvis viser det seg at generering av data til RNNP krever mye manuell vasking av CMMS data for at denne informasjonen skal kunne sendes til Ptil. Årsaken er dels mangelfull rapportering på arbeidsordrene knyttet til barriere-svekkelse, dels at grunndata ikke er satt opp slik at man kan søke opp den enkelte barrieren med tilknyttet informasjon. Videre er planlegging av offshorearbeidet av en slik art at endringer skjer løpende, uten at dette logges i plansystemene.

Oppgaven har derfor identifisert 2 (to) sentrale områder som kan få betydning for tilsynet som følger

- 1) Datastyring som inkluderer datakvalitet og datasikring
- 2) Innhenting av tilsynsrelatert informasjon på en felles digital plattform

Disse 2 faktorene diskuteres kort som følger.

Datastyring

Med den stadig økende flyten av data som benyttes til både vedlikehold og ytelsesoptimalisering på utstyr og systemer og fjernoperasjon, vil både kvaliteten på disse dataene, nettverket som transporterer

og knytter data og informasjon sammen og sikkerheten forbundet med dette, være et meget viktig element som må kontrolleres av operatørene for å ivareta sikkerheten på norsk sokkel nå og i fremtiden.

Datakvalitet bli mer viktig ettersom dette har en stor betydning for om en faktisk kan stole på data og informasjon som ligger til grunn for den automatiserte prosessen for å oppfylle krav. Hvis sensordata og informasjon brukes til å bestemme tilstand på maskiner, utstyr og struktur som representerer en barriere, vil dårlige data kunne føre til feil avgjørelse og ha potensiale for storulykke.

Data infrastruktur som består av i hovedsak nettverket og komponenter (noder) er viktige for å kunne vurdere datasikkerheten. Med en økt grad av digitalisering så blir også data infrastrukturen mer kompleks og den integrerer flere systemer. Alle disse systemene og forbindelsene representerer mulige sikkerhetsbrister som for personer eller organisasjoner med ondsinnede hensikter, kan bruke til å få kontroll over systemer som potensielt kan forårsake hendelser inkludert storulykker.

For en operatør betyr dette at de må ha styringssystemer som ivaretar datasikkerhet og har tilgjengelig den nødvendige kompetansen som skal til for å drifte og vurdere krav og tiltak når det gjøres endringer eller legges til nye systemer. Potensielt vil alle OEM 'er og mange serviceselskaper om bord ha tilgang til sitt system og kreve en tilkobling i en eller annen form. I tillegg blir det mer vanlig at operatør har egen infrastruktur for å samle data fra samtlige systemer.


For Ptil så betyr dette at kompetanse i tilsynsfunksjonen i forhold til datastyring vil bli langt viktigere i årene som kommer og det er også grunn til å stille spørsmål om dagens forskrifter tilstrekkelig dekker datastyring. Det bør etableres klare krav for styring som bla. bør omfatte:

- nettverk og data flyt
- ressurser og kompetanse
- overvåking (data kvalitet, sikkerhets trusler)
- analysere og forbedring

Datastyring står sentralt i forhold til tilstandskontroll og prediktivt vedlikehold og blir viktigere etter hvert som datadrevne modeller i økende grad vil bli brukt for å forutse vedlikeholdsbehov /48/. Verifikasjon av algoritmer som ligger til grunn for datadrevne modeller vil få en økt betydning. Oppgaven har identifisert en relativt begrenset utvikling av et dynamisk prediktivt vedlikehold i norsk olje- og gass-industri. Vedlikeholdet styres fortsatt i henhold til relativt faste kalenderbaserte vedlikeholdsintervaller og analyseprosessen blir lite brukt til optimering. Økt tilgang til data gjennom billigere og bedre sensortechnologi samt full Wifi dekning på nye installasjoner, kan imidlertid sette fart på utviklingen innen prediktivt vedlikehold og datadrevne modeller. Områdene som vil ha størst betydning for tilsyn vil være statisk utstyr som er viktig for å unngå hydrokarbonlekkasjer som rør, tanker og ventiler. Utviklingen innen prediktivt vedlikehold vil også kunne endres tilsvarende for struktur. Det er grunn til å tro at bruken av datadrevne modeller vil fortsette for roterende utstyr, men betydningen for tilsynet er mer begrenset ettersom dette utstyret er mer kritisk for produksjon enn det er for sikkerhet.

Felles digital plattform

Muligheten som ligger i digitalisering er en automatisert prosessering av data. Gitt at industrien blir enig om hva som skal deles, når det skal deles og hva som kan trekkes ut av den delte informasjonen så ligger det et stort potensial i å videreutvikle RNNP til en digital plattform som er tilpasset de aktuelle digitale løsningene for vedlikehold. Operatørene har ulike konfigurasjoner av SAP som vil måtte adresseres hvis en effektivt skal kunne dele data, men ved hjelp av standardisering og løsninger som legger til rette for at data ikke blir manipulert og endret så kan næringen dra nytte av en felles digital



plattform som primært er fokusert mot Ptils tilsyn innen vedlikehold og som legger til rette for å bruke datasynergier som muliggjør læring mellom de enkelte operatørene.

Ptil vil gjennom digitaliseringen få nye muligheter til å få tilgang til informasjon på en felles digital plattform med operatørene. Flere aktører er positive til og ser store fordeler med deling av HMS relatert informasjon via en digital plattform /15/. Operatørene har ulike konfigurasjoner av SAP som vil måtte adresseres hvis en effektivt skal kunne dele data. Hvis definisjoner av begreper innen vedlikehold standardiseres, sikring av informasjonen bedres, prosesser for endring av informasjon, etc. etableres så kan en digital plattform for deling av informasjon bidra til å gi Ptil et bedre bilde på hvordan operatørene ivaretar teknisk tilstand på sikkerhetskritisk utstyr. Andre tilsyn fra andre bransjer eksempelvis havnemyndigheter og laksenæringen bruker allerede i dag slike løsninger for deling av data på en felles plattform. En felles digital plattform bør inneholde barriererelatert informasjon, men digitaliseringen vil kunne gi muligheter til deling av informasjon på mange andre områder som skulle være relevant for Ptils tilsyn.

7 ANBEFALING FOR VIDERE STUDIER SOM ET RESULTAT AV STUDIEN

Basert på vurderingene i studien for hvilke faktorer innen digitalisering og vedlikehold som påvirker tilsynet så vil følgende studier være relevante:

1) **Studie på hvordan datastyring (datakvalitet, datasikkerhet, infrastruktur/nettverk) påvirker Ptils tilsyn**

Studien vil ta utgangspunkt i utviklingen som er beskrevet for digitalisering og vedlikehold blant annet knyttet til digitalisering av krav og bruk av datadrevne modeller for prediktivt vedlikehold. Studien vil også kunne inkludere en vurdering om dagens forskrifter er tilstrekkelig for å møte den fremtidige utviklingen.

2) **Studie for å tilrettelegge for fremtidig kompetansebehov**

Studien vil identifisere gap i forhold til dagens kompetanse relatert til vedlikeholdsfunksjonen (i Ptil og bransjen forøvrig) gitt den fremtidige utviklingen innen digitalisering og vedlikehold i næringen. Studien ville kunne brukes til å etablere retningslinjer for fremtidig kompetansebygging i næringen.


3) **Etablering av en felles digital plattform for vedlikehold og teknisk tilstand**

Den digitale plattformen kan utvikles i samarbeid med operatørene med fokus på sikkerhet og integritet og kan tenkes på som en utvidelse av dagens RNNP rapportering. En slik løsning kan bidra til at Ptil får et bedre bilde på hvordan operatørene ivaretar kravene til vedlikehold og integritet samt til at operatørene kan ta læring ved å dele data.

8 REFERANSER

- /1/ Data quality — Part 2: Vocabulary, ISO 8000-2:2018
- /2/ Quality management systems – Fundamentals and vocabulary (ISO 9000:2015), NS-EN ISO 9000:2015
- /3/ Industrial communication networks - Network and system security, NEK IEC TS 62443, Part 1-1, 2-1, 2-3, 2-4, 3-1, 3-3, 4-1,
- /4/ Condition monitoring and diagnostics of machines — Prognostics — Part 1: General guidelines, ISO 13381-1:2015
- /5/ Petroleum, petrochemical and natural gas industries – Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment (ISO 14224:2016, Corrected version 2016-10-01)
- /6/ Vedlikehold – Vedlikeholdsterminologi, NS-EN 13306:2017
- /7/ International electrotechnical vocabulary – Part 192: Dependability, NEK IEC 60050-192:2015
- /8/ Teknisk sikkerhet, NORSOK S-001, 2018
- /9/ Technology qualification, DNVGL-RP-A203
- /10/ Risk based maintenance and consequence classification, NORSOK Z-008:2017
- /11/ Condition monitoring and diagnostics of machines — Data interpretation and diagnostics techniques — Part 1: General guidelines, ISO 13379-1:2012
- /12/ Condition monitoring and diagnostics of machines — Data interpretation and diagnostics techniques — Part 2: Data-driven applications, ISO 13379-2:2015
- /13/ Data science and machine learning in an industrial context, DNV GL, 2018
- /14/ OREDA, Offshore and Onshore Reliability Data, 6th Edition, Volume 1 – Topside Equipment, Volume 2 – Subsea Equipment
- /15/ Roadmap for digitalization in the MMO industry, Brede Lærum Bjarte Haugland Linn-Cecilie Moholt Thomas Skjæveland Oliver Halvorsrød Truls Lien Nils-Endre Hatlevik Karoline Neumann, ABB, Statoil, Aker Solutions, Aibel, Wood, Kvaerner, Worley Parsons, Apply Sørco, Karsten Moholt, Modifikasjonskonferansen, Stavanger, 2018
- /16/ Semantic Material Master Data Management at Aibel, Martin G. Skjæveland, Anders Gjerver, Christian M. Hansen, Johan W. Klüwer, Morten R. Strand, Arild Waaler, and Per Øyvind Øverli, Department of Informatics, University of Oslo, Aibel, Acando, DNV GL
- /17/ Remote-controlled and autonomous ships, DNV GL Group Technology & Research , Position paper 2018
- /18/ READI – Requirement Asset Digital lifecycle Information, Erik Østby, DNV GL, EG-lederkonferansen 2018, Stavanger
- /19/ Oljebransjen har deleangst, 12.12.2018, Sysla
- /20/ Standardization as an enabler of digitalization, DNV GL, Position Paper 2017

- /21/ Top Trends in the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, Kasey Panetta, August 15, 2017
- /22/ "Weapons of math destruction: How big data increases inequality and threatens democracy." Broadway Books, 2017.
- /23/ 3D printing – transforming standards, John Bolto, General Manager, AdditiveNow, STANDARDS SHOWCASE, Perth, Australia, 2018
- /24/ Additive manufacturing - qualification and certification process for materials and components, DNVGL-CG-0197, Edition November 2017
- /25/ Forvaltning av anlegg og verdier - Oversikt, prinsipper og terminologi, NS-ISO 55000:2014
- /26/ Condition monitoring and diagnostics of machines – General guidelines, ISO 17359:2018
- /27/ Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results – Part 1: General principles and definitions, ISO 5725-1:1994/Cor 1:1998
- /28/ Data quality assessment framework - DNVGL-RP-0497
- /29/ Information technology - Security techniques - Information security management systems - Overview and vocabulary (ISO/IEC 27000:2016)
- /30/ Condition monitoring and diagnostics of machines – Requirements for qualification and assessment of personnel – Part 2: Vibration condition monitoring and diagnostics, ISO 18436-2:2014
- /31/ Statoil's digitale veikart, Petroleumstilsynet, 1. februar 2018
- /32/ Cranes – Monitoring for crane design working period, ISO 12482:2014
- /33/ Explosive atmospheres -- Part 17: Electrical installations inspection and maintenance, NEK EN 60079-17:2014
- /34/ Equinor's new Integrated Operation Centre, Drift, Vedlikehold og Modifikasjon, 6. og 7. November 2018 i Bergen
- /35/ Handbook for monitoring of barrier status and associated risk in the operational phase, Nathaniel Edwin, Stein Hauge, Eivind.H.Okstad, Nicola Paltrinieri, Jørn Vatn, Lars Bodsberg, BP, DNV GL, ConocoPhillips, 26/06/2015
- /36/ Digitalisering i petroleumsnæringen, Leif Jarle Gressgård, Kjersti Melberg, Martin Risdal, Jon Tømmerås Selvik og Ruth Østgaard Skotnes, IRIS, 2018
- /37/ Vedlikeholdsstyring i et digitalt perspektiv, Eli Sivertsen, Statoil, Maintech konferansen 2018
- /38/ How IO leaders can use technology to enhance risk perception and communication, Claire Taylor, Sizarta Sarshar, Sjur Larsen, IFE, 02/10/2014
- /39/ Decision Support Tool for Dynamic Barrier Management for Erosion Integrity, Bill Nelson, DNV GL, 22/12/2014

- 
- /40/ Improving proactive major accident prevention by new technology and work processes, Tor Olav Grøtan, Stein Haugen, Eirik Albrechtsen, NTNU, SINTEF, 01/10/2013
 - /41/ UPN strategiske forbedringsområder vedlikeholdsstyring med digital agenda, Equinor, 2018
 - /42/ Industri 4.0 & digitalt vedlikehold, Geir Thomas Knutheim, Senior Manager, Accenture, FREMTIDENS VEDLIKEHOLD – konsepter og metoder med fokus på Industri 4.0, 2017
 - /43/ Satsninger innen Industri 4.0 i Hydro Aluminium Primær Metall, Arnt Johnsen, Prosess Leder, Hydro Aluminium AS, Primær Metall, FREMTIDENS VEDLIKEHOLD – konsepter og metoder med fokus på Industri 4.0, 2017
 - /44/ Unmanned concept on the NCS (Hvordan kan dette gjennomføres og hva kreves for å lykkes), Terje Masdal and Odd Tore Isaksen, Modifikasjonskonferansen, Stavanger, March 2018
 - /45/ Fjernstyring fungerer bedre enn noen hadde trodd, 30.11.2018, Sysla
 - /46/ Extraordinary innovation project, Going Remote, Rethinking Offshore Operations, DNV GL 2014
 - /47/ Keep your coats on: augmented reality and sensework in surgery and surgical telemedicine, Torgeir Haavik, NTNU, 05/10/2015
 - /48/ Deep digital maintenance, Harald Rødseth, Per Schjølberg, Andreas Marhaug, NTNU, Published online: 1 December 2017
 - /49/ Predictive Maintenance 4.0, Beyond the hype: PdM 4.0 delivers results, pwc mainnovation, September 2018

VEDLEGG I- ENDRINGSBARRIERER MED MULIGE TILTAK

Tema	Hva	Barriere	Eksempler på tiltak
Data kvalitet	Sensor kvalitet	Sensorer har varierende kvalitet, og dagens bruk og back up systemer stiller ikke strenge nok krav for morgendagens bruk	Nye og bedre sensorer
	Nettverkskvallitet	Dagens nettverk er ofte ikke satt opp for å håndtere sanntids integrasjon og har heller ikke tilstrekkelig overvåking og forankring i en driftsorganisasjon	Bedre organisasjon, roller og prosesser for å overvåke og forvalte kvalitet på nettverk
	Kvalitet på loggessytemer	Dagens loggessytemer er ofte ikke satt opp for å håndtere sanntids integrasjon og har heller ikke tilstrekkelig overvåking og forankring i en driftsorganisasjon	Bedre organisasjon, roller og prosesser for å overvåke og forvalte kvalitet på loggesystemer
	Kvalitet på satellitt overføringer og fiber kabler	Dagens satellitt link er ofte ikke satt opp for å håndtere sanntids integrasjon med tilstrekkelig oppløsning og har heller ikke tilstrekkelig overvåking og forankring i en driftsorganisasjon	Bedre organisasjon, roller og prosesser for å overvåke og forvalte kvalitet på satellittoverføringer og fiber kabler
	Kvalitet på lagringssystemer og metoder	Dagens lagringssystemer er ofte ikke satt opp for å støtte de nye applikasjonene, både i forhold til teknologi, metoder/prinsipper etc. og har heller ikke tilstrekkelig overvåking og forankring i en driftsorganisasjon	Bedre organisasjon, roller og prosesser for å overvåke og forvalte kvalitet på Lagringssystemer
	Kvalitet på eksisterende informasjon og data	Sporbarhet og dokumentasjon på eksisterende informasjon og data som henetes ut fra eksisterende systemer/kilder	QA prosess, standardisering, krav
Data sikkerhet	Nettverkssikkerhet	Dagens nettverk er ofte ikke satt opp med tilstrekkelig beskyttelse mot hacker angrep	Nye og bedre nettverk med god praksis for Cyber security
	Sikkerhet på satellitt links og fiber kabler	Dagens satellitt links og fiber kabler er ofte ikke satt opp med tilstrekkelig beskyttelse mot hacker angrep	Nye og bedre satellitt links (mer kapasitet) med god praksis for Cyber security

Tema	Hva	Barriere	Eksempler på tiltak
	Sikkerhet på Lagringssystemer og metoder	Dagens lagringssystemer er ofte ikke satt opp med tilstrekkelig beskyttelse mot hacker angrep	Nye og bedre lagringssystemer (på asset, og på Landbaserte operasjonssentraler) med god praksis for Cyber security
	Sikkerhet på skybaserte databaser og prosesseringssystemer	Dagens skyløsninger er ofte ikke satt opp med tilstrekkelig beskyttelse mot hacker angrep	Forbedring av praksis for cyber security
Data eierskap	Uenighet rundt dataeierskap	Uenighet rundt dataeierskap (for eksempel mellom utstyrsleverandør og riggeier, kan hindre tilgjengeliggjøring av nøkkeldata for å utnytte de nye mulighetene	Anonymisering, konsent mekanismer, win-win applikasjoner, etablering av bilaterale og multilaterale avtaler.
Data riktighet (Veracity)	Feil i data verdikjeder og modeller eller bevisst juks og manipulasjon	Vanskelig å dokumentere gyldighet av informasjonen (ref. VolksWagen, Wartsilla, MAN som alle bevisst har jukset med data om utslipp)	Mekanismer for å verifisere riktighet og forvalte over tid (e.g. Ved hjelp av blockchain),
Mangel på tillit til modellene	Data drevne modeller som 'sorte bokser'.	Det er for eksempel ikke mulig å tolke resultatet i forhold til årsak.	Best practice og regelverk for utvikling og drift av algoritmer, mekanismer for å tilgjengeliggjøre data og analyseresultat med tillit til riktig tid, sted og situasjon.
Personvern		Hensynet til personvern kan gjøre det umulig å tilgjengeliggjøre nøkkeldata for å utnytte de nye mulighetene	Anonymisering, konsent mekanismer, win-win applikasjoner, god praksis for håndtering av lovverk slik som GDPR



Om DNV GL

DNV GL er et internasjonalt selskap innen kvalitetssikring og risikohåndtering. Siden 1864 har vårt formål vært å sikre liv, verdier og miljøet. Vi bistår våre kunder med å forbedre deres virksomhet på en sikker og bærekraftig måte.

Vi leverer klassifisering, sertifisering, teknisk risiko- og pålitelighetsanalyse sammen med programvare, datahåndtering og uavhengig ekspertrådgivning til maritim sektor, til olje- og gass-sektoren, og til energibedrifter. Med 80,000 bedriftskunder på tvers av alle industrisektorer er vi også verdensledende innen sertifisering av ledelsessystemer.

Med høyt utdannede ansatte i 100 land, jobber vi sammen med våre kunder om å gjøre verden sikrere, smartere og grønnere.