



Universitetet
i Stavanger

DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

MASTEROPPGAVE

Studieprogram/spesialisering: Industriell Økonomi/ Prosjektledelse, Risikostyring, Investering og finans	Vårsemesteret, 2018 Åpen
Forfatter: Hege-Eline Rike Hansen	<i>Hege-Eline R. Hansen</i> (signatur forfatter)
Fagansvarlig: Veileder: Tone Bruvoll (Universitetet i Stavanger)	
Tittel på masteroppgaven: <i>Flyttbare boreinnretninger - Alternative metoder for klassefornyelse</i> Engelsk tittel: <i>Mobile Offshore Drilling Units - Alternative methods for class renewal</i>	
Studiepoeng: 30	
Emneord: Klassifisering Kontinuerlig klassifisering Flyttbare boreinnretninger Vedlikeholdsstrategi Kontrakt Asset Integrity Management Økonomiske analyser	Sidetall: 82 + vedlegg/annet: 0 Stavanger, 15.06.2018.

FORORD

Masteroppgaven markerer avslutningen på min mastergrad i Industriell økonomi ved Universitetet i Stavanger, Institutt for industriell økonomi, risikostyring og planlegging. Oppgaven utgjør 30 studiepoeng og ble utarbeidet våsemesteret 2018. Før jeg startet på oppgaven hadde jeg ingen forkunnskap hverken om emnet klassifisering, eller utstyr og systemer på en boreinnretning, men en stor interesse og engasjement for effektivisering og kostnadsbesparelser i olje- og gassindustrien medførte at temaet fanget min nysgjerrighet. Etter mye hardt arbeid, har det vært et spennende tema å utforske, og gjennom arbeidet har jeg tilegnet meg verdifull kunnskap. Jeg ønsker å uttrykke min takknemlighet til de som har bidratt og hjulpet meg på veien for å gjøre denne oppgaven til en realitet. Takk til alle personer som har tatt seg tid fra jobben sin for å diskutere temaet og dele sine meninger og erfaringer med meg. Dette har vært grunnleggende for at jeg har kunnet fullføre oppgaven. Jeg ønsker også å uttrykke stor takknemlighet til min veileder Tone Bruvoll, for god veiledning og konstruktive tilbakemeldinger gjennom prosessen. Tilslutt vil jeg takke Professor Dr. Ing. Tore Markeset som har kommet med verdifulle innspill, og ikke minst alle som har lest oppgaven og gitt kommentarer og tilbakemeldinger på innholdet.

SAMMENDRAG

Det er krav til at boreinnretninger skal være klasset for å sikre at de er konstruert og vedlikeholdt i samsvar med regelverk og standarder for å sikre liv, eiendeler og miljø, ved at innretningen er driftssikker og tåler belastningene den utsettes for. Hvert femte år må klassesertifikatene fornyes og dette har medført store ulemper for riggeiere. I tillegg til tapte inntekter har en klassefornyelse ved verft ofte tatt lengre tid enn planlagt, og det har vært store kostnadsoverskridelser. Årsakene til dette er en kombinasjon av mangelfullt vedlikeholdsarbeid i drift og konservative krav og tidkrevende prosesser i forbindelse med klassefornyelsene. Som et resultat av nedgangstider de siste fire årene har regelverket nylig blitt revidert. Det er åpnet for alternative metoder å gjennomføre klassingen. Klassefornyelse kan utføres kontinuerlig mens innretningene fortsatt er i drift.

Kontinuerlig klassifisering har blitt hevdet å gi store fordeler uten at dette har vært konkretisert. For å belyse noen av effektene blir det i denne oppgaven undersøkt hva alternative metoder for klassefornyelsen er, hvilke fordeler det er med kontinuerlig klassifisering i forhold til tradisjonell klassifisering, hvilke begrensinger det er for implementering av alternative metoder, og hva som er mulige kostnadsbesparelser. Hvordan kontinuerlig klassing har innvirkning på lisensinnehaver/operatør som leier innretningen til boreprosjekter blir også studert. Med utgangspunkt i mangelfull offentlig informasjon om temaet er resultatene basert på primærdata innhentet fra samtaler med nøkkelpersoner fra både riggselskaper, operatørselskap og klasseselskap. Det teoretiske grunnlaget er hentet fra omfattende litteraturstudier, og mange av faktorene som har blitt studert kan forankres i teorien. Studien belyser effektene på generelt nivå, og overflateberegninger og eksempler gitt av riggselskaper tas utgangspunkt i når innretningene er på kontrakt. Videre er studiet avgrenset til norsk sokkel og DNV GL sitt regelverk.

Nytt regelverk har åpnet for bruk av ny teknologi for inspeksjon og testing, og innsamling av sensordata og bruk av dataanalyse for å verifisere tilstanden til utstyr og systemer. Ved å innføre et optimalt og godkjent vedlikeholdsprogram, utviklet med risikobaserte metoder og bruk av tilstandsovervåking, kan en bedre bestemme tilstand på utstyr og systemer. Det vil kontinuerlig utføres inspeksjoner i henhold til tilstand og bruk istedenfor omfattende inspeksjoner og overhalinger hvert femte år.

Klassifisering i operasjon gir bedre utnyttelse av riggen og unngåelse av tapte inntekter. Istedenfor en totalundersøkelse av innretningen hvert femte år vil riggeier få bedre oversikt over statusen til utstyr og systemer, og både driften og kostnadene vil bli mer forutsigbar.

Når det gjelder kontinuerlig klassifisering kommer det nødvendigvis ikke operatørene til gode. Ekstra arbeid tilknyttet klasseaktiviteter ble hevdet å kunne redusere oppetid i drift, samtidig som enkelte kostnader forskyves over på dem.

Sett bort fra indirekte kostnadsbesparelser fra et optimalt vedlikeholdsprogram, tilsier et reelt eksempel fra industrien at omtrent 40 % kunne spares i løpet av de ti første årene for en ny boreinnretning, der kostnadsbesparelsene hovedsakelig er fra tapte inntekter.

ABSTRACT

There is a requirement that mobile offshore drilling units should be classified to ensure that they are designed and maintained in accordance with rules and standards to ensure safety, assets and environment, by the device being reliable and capable of withstanding the loads it is exposed to. Every five years the class certificates must be renewed and this has caused major disadvantages for rig owners. In addition to lost revenues, a class renewal by shipyard has often taken longer than planned, and there have been significant cost overruns. The causes for this are a combination of inadequate maintenance work in operation and conservative requirements and time-consuming processes in conjunction with class renewals. As a result of the downturns over the past four years, the regulations have recently been revised and alternative methods have been introduced to carry out the classification. Class renewal can be performed continuously while the units are still in operation.

Continuous classification has been claimed to give significant benefits without this being concretized. To elucidate some of the effects, this thesis will explore what alternative methods of class renewal are, what benefits it is with continuous classification in relation to traditional classification, what limitations there are to introduce alternative methods and what are potential cost savings. How continuous classification affects the license holder/operator who leases the units for drilling projects will also be studied. Based on insufficient public information on the subject, the results are based on primary data obtained from interviews with key individuals from both rig companies, operator company and classification society. The theoretical basis is derived from extensive literary studies, and many of the factors that have been studied can be rooted in established theory. The study highlights the effects at the general level and with the use of surface calculations and examples given by rig companies based on when the units are on contract. Furthermore, the study is limited to the Norwegian Continental Shelf and DNV GL's rules and standards.

New regulations allows the use of new technology for inspection and testing and collecting sensor data and using data analysis to verify the condition of equipment and systems. By introducing an optimal and approved maintenance program, developed with risk-based methods and condition monitoring, one can better determine the condition of systems and

equipment. Continuous inspections will be performed according to condition and utilization instead of comprehensive inspections and overhauls every five years.

Classification in operation provides better utilization of the rig and avoidance of lost revenue. Instead of a total survey of the unit every five years, the rig owner with continuous classification will get a better overview of the status of equipment and systems, and both operation and costs will be more predictable.

When it comes to continuous classification, it's not necessarily beneficial to operators. Extra work related to class activities was claimed to be able to reduce uptime in operation, in addition to shifting certain costs to them.

Apart from indirect cost savings from an optimal maintenance program, an example from the industry indicates that about 40 % could be saved in the first ten years of a new drilling unit, where cost savings are mainly from lost revenues.

Innhold

DEL 1

1	Innledning.....	1
1.1	Introduksjon	1
1.2	Formål med oppgaven og problemstilling	3
1.3	Avgrensing.....	4
1.4	Oppgavens struktur og oppbygning.....	4
1.5	Metode.....	5
1.5.1	Kvantitativ og kvalitativ metode.....	5
1.5.2	Litteraturmetode	6
1.5.3	Intervju.....	6
1.5.4	Bearbeiding av data	8
1.5.5	Styrker og begrensinger.....	8

DEL 2

2	Bakgrunnsinformasjon.....	11
2.1	Flyttbar boreinnretning.....	11
2.2	Kontrakt.....	11
2.3	Bakgrunnen til regelverket.....	12
2.3.1	Samsvarsuttalelse	12
2.3.2	Regelverk.....	13
2.4	Klassifiseringssystemet.....	14
2.4.1	Hensikten med klassifisering	14
2.4.2	Interessenter	14
2.4.3	Klassifiseringskrav	15
2.4.4	Innretningens driftsfase.....	16
2.5	Budsjetter.....	17

DEL 3

3	Tradisjonell modell for klassefornyelse.....	20
3.1	Klassefornyelse.....	20
3.1.1	Maskineri og systemer.....	20
3.1.2	Skrog og strukturer	21
3.2	Kostnads- og tidsomfang klassefornyelse.....	21

3.3	Årsaker til høye kostnader og langvarige landligger	23
3.3.1	Stort prosjektomfang	23
3.3.2	Overvedlikehold	24
3.3.3	Tilstandsdata	25
3.3.4	Lite vedlikeholdsressurser i drift	25
3.4	Kostnadsfordeling	26
3.5	Konsekvenser og ulemper	27
3.5.1	Kontrakt	27
3.5.2	Innretningens kvalitet	27
3.5.3	Unødvendige overhalinger	28
3.5.4	Oppetid	29
3.6	Oppsummering tradisjonell klassemodell	30
3.7	Omstilling og nedgangstider	30
4	Vedlikeholdsteori	33
4.1	Vedlikehold	33
4.2	Vedlikeholdsstrategi	33
4.2.1	Valg av vedlikeholdstrategi	34
4.2.2	Periodisk vedlikehold	36
4.2.3	Tilstandsbasert vedlikehold	36
4.2.4	Risikobasert vedlikehold	41

DEL 4

5	Alternative metoder for klassefornyelsen	44
5.1	Innledning	44
5.2	Maskineri og systemer	45
5.2.1	Standard kontinuerlig - undersøkelsesarrangement	45
5.2.2	PMS RCM - undersøkelsesarrangement	46
5.2.3	CBM - undersøkelsesarrangement	47
5.2.4	Undersøkelsesmetoder for maskineri og systemer	49
5.3	Skrog og strukturer	49
5.3.1	Undersøkelsesmetoder	49
5.3.2	Omfang skrog og struktur	50
5.3.3	Dataanalyser	51
5.4	Digitalisering	51

5.5	Oppsummering alternative klassefornyelsesmetoder	52
5.6	OEM.....	54
5.7	Utførelse av klassing offshore	55
6	Effekten av kontinuerlig klassing.....	56
6.1	Asset Integrity Management.....	56
6.2	Ulemper med tradisjonell modell	57
6.3	Fordeler med kontinuerlig klassing.....	58
6.3.1	Driftsregularitet og kvalitet.....	58
6.3.2	Oversikt og kontroll over tilstand	60
6.4	Krav og begrensinger.....	61
6.4.1	Planlegging, ressurser og kapital	61
6.4.2	Investeringskostnader.....	62
6.5	Økonomiske analyser	62
6.5.1	Livssykluskalkyler	62
6.5.2	Potensielle kostnadsbesparelser klassefornyelse	65
6.5.3	Økt inspeksjons- og overhalingsintervall.....	65
6.5.4	Kostnadsbesparelser vedlikeholdsprogram.....	67
6.5.5	Vurdering av ekstrakostnader	67
6.5.6	Høyere kostnader hvert år	68
6.5.7	Kostnadsbesparelse	69
6.6	Operatørselskap	70
DEL 5		
7	Oppsummering og konklusjon.....	72
7.1	Alternative metoder for klassefornyelse	72
7.2	Fordeler med kontinuerlig klassing.....	73
7.3	Begrensinger	74
7.4	Operatør	75
7.5	Kostnadsbesparelser med alternative metoder	76
8	Forslag til videre forskning	77
9	Litteraturliste	78

Figurliste

Figur 1 Ulike flyttbare boreinnretninger	15
Figur 2 Kostnadsfordeling verftsopphold	26
Figur 3 Kostnadsfordeling for en femårssyklus med tradisjonell klassing.....	28
Figur 4 Illustrasjon av feilratene til en komponent.....	29
Figur 5 Grad av oppetid vs vedlikeholdsomfang for en tradisjonell klassemodell.....	29
Figur 6 Vedlikehold.....	34
Figur 7 Valg av vedlikeholdstrategi.....	36
Figur 8 PF intervallet.....	37
Figur 9 Prosedyre for CBM	39
Figur 10 Risikobasert inspeksjon	42
Figur 11 Undersøkellesarrangementer for maskineri og systemer	45
Figur 12 Undersøkellesarrangementer og tilhørende undersøkelsesmetoder.....	49
Figur 13 Undersøkellesarrangementer	54
Figur 14 Stabil driftsregularitet og mer vedlikehold i drift	60
Figur 15 Kostnadsfordeling for en femårsperiode for tradisjonell og kontinuerlig klassing.....	68

Tabeller

Tabell 1 Klassenotasjoner	16
Tabell 2 Eksempel på tid og kostnader forbundet med en klassefornyelse	22
Tabell 3 Fortjeneste per dag og for en femårsperiode.....	31
Tabell 4 Kostnadseksempel for overhaling 6 thrustere	66
Tabell 5 Kostnader for kontinuerlig klassing vs tradisjonell klassing for 0-10 årsperiode	69

Forklaringer/forkortelser

AIM	Asset Integrity Management
BOP	Utblåsningsventil
CAPEX	Kapitalkostnader
CBM	Tilstandsbasert vedlikehold
CMMS	Computerized Maintenance Management System
CoC	Certificate of Conformance
CoS	Certificate of Service
FMEA	Feilmodi- og effektanalyse
FMECA	Feilmodi-, effekt- og kritikalitetsanalyse
IIP	In-service inspeksjonsprogram
IKT	Informasjons- og kommunikasjonsteknologi

NDT	Ikke-ødeleggende utprøving/testing
NVC	Non-value-added costs
OEM	Original utstyrsleverandør
OPEX	Driftskostnader
PMS	Planlagt vedlikeholdssystem
PMS RCM	Planlagt vedlikehold - Pålitelighetssentret.
RBI	Risikobasert inspeksjon
ROV	Remotely operated vehicle
SSI	Delt strukturell inspeksjon

Undersøkelsesarrangement er en avtale mellom riggeier og klasseselskapet som angir hvordan og når strukturen, utstyret og systemene som er underlagt klasseoppfølging skal undersøkes, inspiseres, vedlikeholdes og testes.

Undersøkelsesmetode er måten undersøkelsene for klassefornyelse blir gjort på, som for eksempel om det foregår visuelt, med testing, med sensor, eller annen måte å verifisere utstyrets stand.

Klassifikasjonsselskap/Klasseselskap – Innehaver av regelverket for klassing

Klasseinspektør - Autorisert personell fra klasseselskapet som utfører inspeksjoner for å avgjøre om regler og standarder overholdes.

DEL 1

1 Innledning

I kapittel 1 vil leseren først få en introduksjon til oppgavens tema, hensikt og problemstilling, før oppgavens struktur oppbygning, avgrensing og metode, presenteres.

1.1 Introduksjon

De siste tre årene har det vært svært krevende tider i olje- og gassektoren. En synkende verdi i oljeprisen har satt ringvirkninger i hele verdikjeden. Når oljeselskapene har gjennomført kraftige kostnadsuttak for å tilpasse seg lavere oljepriser, har dette medført at planlagte prosjekter har blitt avsluttet eller satt på vent, på grunn av dårlig lønnsomhet. For riggselskapene som lever av å levere tjenester til oljeselskapene har dette videre medført at riggene har blitt parkert, eller hatt mindre arbeid enn tidligere. Riggselskapenes inntjening, dagratene, har også vært historisk lave. Som et resultat av oljebremsen falt dagratene fra omtrent 500.000 dollar per dag til 100.000 dollar per dag. Med en reduksjon i inntjening på 80 % og færre prosjekter har det vært svært kritisk for riggselskapene og ulønnsomt å drive rigg.

Etter over tre år med negative nyheter er markedet nå i ferd med å ta seg sakte, men sikkert opp. Oljeselskapene har klart å gjøre flere prosjekter lønnsomme og det danner grunnlaget for å kunne dele ut riggkontrakter igjen. Nå som det ser ut som at olje- og gassmarkedet begynner å ta seg opp igjen, er oljeservicesektoren nødt til å videre transformere seg ved å utvikle strategier slik at de kan lykkes i oppgangstidene, samt å kunne forbli robuste gjennom fremtidige prissykluser.

Det er kjent at riggselskapene har brukt enorme summer på kostnader knyttet til boreinnretningenes klassefornyelse. Hvert femte år har boreinnretningene blitt ført til land flere uker eller måneder for en klassefornyelse. Hensikten med klassifisering er å verifisere at innretningene er utformet, bygget og vedlikeholdt i samsvar med regler og standarder for å sikre liv, eiendeler og miljø, ved at innretningen er driftssikker og designet for å tåle belastningene den utsettes for.

Riggselskapenes inntekter skapes ved oppetid i drift, med andre ord har dette ført til enorme summer i tapte inntekter ved at riggen har stått uten inntjening i perioden klassefornyelsen har funnet sted. I tillegg til tapte inntekter har særlig oppgradering og vedlikehold av rigger i forbindelse med godkjennelse klassefornyelse stått for betydelige deler av kostnadene. En rekke nyhetsartikler har satt bilde på disse store kostnadene.

«Fred Olsen melder at riggen Belford Dolphin skal gjennom femårsklassing som er ventet å koste 130 mill USD og ta cirka 100 dager» (Jensen, 2015).

«Verftsoppholdet for Bredford Dolphin er beregnet til 90 dager. Samlet kostnad for klassing og oppgradering av riggen i samsvar med norske krav er estimert til rundt 85 mill USD» (Hegnar.no, 2006).

Klassefornyelsen skulle ha kostet 90 mill USD men sluttregningen fra verftet ble 105 mill USD. I tillegg var tapte dagrater på 29,5 mill USD i perioden riggen var ute av operasjon. Jobben skulle vært gjort på 65 dager, men fasiten viser at riggen var av dagrate i 124 dager, pluss transport til og fra operasjonsområdet. Årsaken var ifølge Songa ekstra arbeidsomfang som blant annet uventede feil og lengre enn planlagt aksepttesting (Petro.no, 2015).

Nyere rigger har klart å gjennomføre en klassefornyelse helt ned mot 55 millioner dollar, som da Odfjell Drilling klasset Deepsea Atlantic i 2014, mens andre prosjekter har sprukket kraftig og kostet over 250 millioner dollar (Sysla.no, 2016).

Songa Delta skal ha hatt et budsjett på omlag 400 millioner NOK, mens prisen endte på 860 millioner NOK (Økland, 2012).

For Songa Trym var prosjektbudsjettet 900 millioner NOK, men sluttregningen endte på 1,3 milliarder NOK, der årsaken var at det hadde blitt et langt større oppdrag enn ventet. Det måtte byttes flere store komponenter og venting på leveranse av disse (Økland, 2012).

Som følge av et utfordrende marked har riggselskapene søkt mot omstrukturering og effektivitetsforbedring for å kunne forbli konkurransedyktige og lønnsomme i fremtiden.

Riggeiere har uttrykt at 5-årsklassingen i mange tilfeller har vært konservativ, og det har vært ineffektive og kostnadskrevede metoder. Klassereglene har som et resultat av kritiske tider i riggmarkedet nå blitt revidert, og det har åpnet for alternative metoder å gjennomføre klassingen. Alternative metoder gjør at klasseaktivitetene istedenfor for å måtte ta riggen ut av drift og til verft, nå kan gjøres kontinuerlig mens riggen fortsatt er i drift. Konseptet er også blitt hevdet av riggeiere å ha positiv innvirkning på operatør som leier inn boreinnretningen til boreprosjekter, ved at prosjektene kan fortsette uten å bli avbrutt på grunn av et verftsopphold. Det satses mye i bransjen for tiden, og flere riggselskaper driver med pilotprosjekter der nye metoder for å kunne utføre klassing av riggene til havs i stedet for langvarige landligger, tas i bruk, og det forventes at omfanget vil øke i fremtiden. Gevinstene hevdes å være enorme.

1.2 Formål med oppgaven og problemstilling

Riggeierne har fått mulighet til kontinuerlig klassing av flyttbare boreinnretninger, noe som gir mulighet for at klassefornyelsen kan gjøres offshore mens innretningen er i drift. Flere riggeiere har nå valgt å benytte seg av denne muligheten og det forventes at omfanget vil øke fremover.

Bakgrunnen for initiativet med oppgaven er at kontinuerlig klassing antas å gi store fordeler uten at dette er konkretisert. Hvordan dette vil ha innvirkning på operatøren som leier inn riggen vil også undersøkes da riggeiere har hevdet at dette medfører fordeler for operatørene også.

For å belyse noe av effektene med kontinuerlig klassing har jeg valgt å undersøke følgende

- Alternative metoder for klassefornyelse
- Fordeler med kontinuerlig klassifisering i forhold til tradisjonell klassifisering
- Begrensinger for å implementere alternative metoder
- Innvirkningen kontinuerlig klassing har på operatør
- Mulige kostnadsbesparelser

For å besvare disse spørsmålene må tradisjonell modell først studeres for å undersøke kostnadene og hva som har vært ufordelaktig. Deretter må alternative metoder for klasse-

fornyelsen undersøkes. Tilslutt vil fordeler og mulige kostnadsbesparelser med alternative metoder, samt innvirkningen dette har på operatør kunne besvares.

1.3 Avgrensing

Oppgaven avgrenses til norsk sokkel, det vil si både regelverk og metodikk. Videre er oppgaven basert på reglene fra klasseselskapet DNV GL, fordi de fleste flyttbare innretningene på norsk sokkel bruker DNV GL for klassifikasjon.

Klassefornyelse når innretningen er i driftsfasen, og på kontrakt, er det som er fokus i denne oppgaven. Det vil være andre strategier dersom innretningen er i opplag, altså uten kontrakt.

Temaet studeres på generelt grunnlag og med bruk av en kombinasjon av overflateberegninger og eksempler gitt av riggselskapene for å belyse effektene.

1.4 Oppgavens struktur og oppbygning

Oppgaven består av 9 kapitler inndelt etter tema i 5 hoveddeler.

DEL 1

Første del består av innledning med introduksjon til temaet, formålet med oppgaven og problemstilling, avgrensinger og metode.

DEL 2

Kapittel 2 tar for seg bakgrunnsteori og bakgrunnsinformasjon om temaet. Først kontraktteori for å ha den nødvendige forståelsen av hvorfor det er viktig for et riggselskap å være konkurransedyktige og ha høy driftseffektivitet. Deretter presenteres bakgrunnen for regelverket, klassifiseringssystemet og klassifiseringskrav. Til slutt forklares ulike budsjetter.

DEL 3

Del 3 er en innledning til alternativ klassifiseringsmodell. I kapittel 3 blir tradisjonell modell beskrevet med tilhørende kostnader og tidsomfang, årsaker og konsekvenser. Videre er det en fremstilling av hvor kritisk det er for riggselskapene i nedgangstider. Kapittel 4 består av vedlikeholdsteori for å få bakgrunnskunnskap før nye metoder for klassefornyelse beskrives.

DEL 4

I kapittel 5 blir alternative metoder for klassefornyelse beskrevet før effektene med kontinuerlig klassing i forhold til tradisjonell modell blir fremstilt i kapittel 6.

DEL 5

Siste del av oppgaven består av oppsummering/konklusjon, forslag til videre forskning og litteraturliste.

1.5 Metode

I dette kapittelet vil metoden og begrunnelsen for valg av metoden som har blitt brukt til å besvare problemstillingen, beskrives. Metodens styrker og begrensinger blir også belyst.

Metoden, også kalt framgangsmåten for hvordan informasjonen eller datamaterialet innhentes, er viktig, fordi framgangsmåten må egne seg for å belyse det spørsmålet som undersøkes. Det er vanlig å skille mellom kvalitative eller kvantitative metoder (Melvær, 2015).

1.5.1 Kvantitativ og kvalitativ metode

Kvantitative metoder tar utgangspunkt i tall og i det som er målbart (Olsson, 2014), og brukes til å beskrive et fenomen med tall (Dalland, 2000). Kvalitative metoder derimot er i større grad brukt for å innhente data om meninger eller opplevelser som ikke lar seg måle eller tallfeste, det vil si å innhente data som kan karakterisere et fenomen (Dalland, 2000). Kvalitative forskningsmetoder benyttes ifølge De nasjonale forskningsetiske komiteene (2010) på områder der det finnes lite forskningsbasert kunnskap fra før. Hovedfokus i kvalitative metoder ligger ofte på å oppnå en helhetsforståelse (Olsson, 2014).

Kvalitative metoder er basert på muntlig eller tekstlig informasjon, og man konsentrerer seg om få studieobjekter, men søker å samle inn mange og varierte opplysninger om disse (Olsson, 2014). En kombinasjon av kvantitative og kvalitative metoder kan benyttes for å få et nyansert bilde over situasjonen (Dalland, 2000).

Av denne grunn har det i denne oppgaven blitt benyttet en kombinasjon. Kvantitative metoder ble benyttet for å innhente data over hyppighet, tid og kostnader tilknyttet problemstillingen. Kvalitative metoder ble brukt for å innhente data om hvordan fenomenet har, og vil påvirke situasjonen da hverken forfatteren hadde mye forhåndskunnskaper omkring temaet, samt det

er begrenset med forskning på tematikken fra før. Summen av disse har bidratt til en helhetlig og nyansert forståelse av problemstillingen.

Når det gjelder temaet klassifisering av flyttbare innretninger er det snevert med offisiell informasjon. I tillegg er regelverket nytt. For å kunne besvare problemstillingen har innhenting av dataene foregått med en kombinasjon intervjuer med nøkkelpersoner i industrien og omfattende litteraturstudier.

1.5.2 Litteraturmetode

Informasjon om regelverket er basert på DNV GL sitt regelverk og enkelte interne dokumenter fått fra dem. Informasjon om hvordan regelverket fungerer i praksis er i tillegg til intervjuer med nøkkelpersoner, hentet fra interne dokumenter mottatt fra riggselskapene. Til det teoretiske grunnlaget har det blitt benyttet fagbøker, vitenskapelige artikler, kompendier og ISO-standarder, i tillegg til enkelte avisartikler som har omtalt temaet.

Dalland (2002) beskriver kildekritikk som å vurdere og karakterisere litteraturen som er benyttet. Dette gjelder også andre kilder som er benyttet. Materialet er nøye utvalgt og har blitt vurdert i forhold til forfatter, aktualitet, kvalitet, saklighet og referanser.

1.5.3 Intervju

Kvale (2002) beskriver et intervju som en «utveksling av synspunkter» mellom to personer som snakker sammen om et felles tema.

Intervjuets formål

Det er ulike formål et intervju kan brukes til (Harrel and Bradley, 2009). Det kan brukes som en primær datainnsamlingsmetode der opplysninger fra enkeltpersoners egen praksis, tro eller meninger innhentes. Det kan brukes til å innhente informasjon om tidligere eller nåværende erfaringer eller atferd (Harrel and Bradley, 2009). Videre kan intensjonen med intervjuene være å samle bakgrunnsinformasjon eller ekspertviten. En fagekspert kan intervjues om eksempelvis en ny praksis eller metode. Disse intervjuene kan være verdifulle til innsamling av fakta og data, og beskrivelser av prosesser (Harrel and Bradley, 2009). I denne oppgaven ble intervjuene brukt for å innsamle bakgrunnsinformasjon fra en tidligere praksis, og informasjon om en ny praksis, med tilhørende beskrivelser om faktiske forhold, prosesser og talldata.

Valg av informanter

For å få svar på spørsmålene er det viktig å vurdere informantene (Melvær, 2015). Valg av informanter går ut på å vurdere relevans og tilgjengelighet. Med førstnevnte er det viktig å vurdere hvilke kilder som er mest relevante, og hvilke kilder er det mulig på få tak i. Deretter må det fortas en vurdering av autentisitet og troverdighet, det vil si, er kilden ekte og kan man ha tillit til informasjonen som fås (Melvær, 2015). I tillegg er det ofte vanskelig å intervju alle som kan ha en mening omkring temaet, men ved å finne et representativt utvalg betyr dette å finne riktige informanter etter bestemte prinsipper som kan representere uttalelser eller meninger som kan gjelde for alle (Melvær, 2015).

Ved valg av samtalepartnere for denne oppgaven har det vært nøkkelpersoner fra både riggselskaper, operatørselskap og klasseselskap. Det har vært dialog med fem personer fra tre ulike riggselskaper der representantene har mange års erfaring i bransjen. Tre av disse har jobbet mye med strategier innen klassing av boreinnretninger, og de resterende to har stillinger der de har innsikt i dette. Videre har to nøkkelpersoner fra klasseselskapet vært bidragsgivende for spørsmål tilknyttet regelverket, og en person fra operatørsiden har uttalt seg om hvordan dette kan påvirke dem. Valg av informanter er av stor relevans i denne oppgaven, og på mange måter kan det kalles et representativt utvalg.

Intervjumetode

I henhold til Harrel og Bradley (2009) kan intervjuet være ustrukturert, semi-strukturert eller strukturert, alt etter hvilken grad intervjueren ønsker å strukturere og kontrollere intervjuet. Et *ustrukturert* intervju er når intervjueren har en plan for intervjuet, men har lite kontroll for hva respondenten kan besvare (Harrel and Bradley, 2009). Denne metoden karakteriseres med relativt åpne spørsmål, og spørsmålene videre bygger på respondentenes svar. Samtalen kan gå i mange retninger, og vil variere mye av respondenten (Harrel and Bradley, 2009). Når intervjueren utleder en intervjuguide med spørsmål og temaer som skal avdekkes, men også tillater nye spørsmål ut i fra respondentens svar, er dette et *semi-strukturert* intervju. Semi-strukturerte intervjuer brukes ofte når forskeren ønsker å dykke dypt inn i et emne og å forstå grundig svarene som tilbys (Harrel and Bradley, 2009). *Strukturerte* intervjuer gjennomføres når intervjueren har sterk kontroll. Et strukturert intervju er en intervjumetode der

intervjueren har utviklet spørsmål der det ikke tillattes å avvike fra disse (Harrel and Bradley, 2009).

Med bakgrunn i problemstillingen og bakgrunnskunnskapene til forfatteren, ble det bestemt at det skulle benyttes semi-strukturerte intervjuer der spørsmålene var veldig åpne for å få breddeforståelse av temaene. I samtalene tillates det å følge opp saker som fremkommer i intervjuene (Melvær, 2015), og dette er også tilfellet her. Hvert intervju varte mellom en til to timer.

Retningslinjer ved publisering

Når en forsker publiserer funnene sine, skal informasjonen behandles konfidensielt. Som forsker er en også underlagt taushetsplikt etter § 13 i forvaltningsloven og informantene har rett til å framstilles anonymisert. Ofte må også andre mottatte opplysninger, for eksempel om personer, steder eller lignende, anonymiseres slik at ingen gjenkjenner informanten (De nasjonale forskningsetiske komiteene, 2010). Ved publisering har informantene rett til å anonymiseres, og dette blir også informantene og selskapet de presenterer, i denne oppgaven.

1.5.4 Bearbeiding av data

Etter innsamling av data fra alle parter har funnene blitt systematisert etter tema. Videre har besvarelsene fra de ulike respondentene blitt vurdert, og sammenlignet om det er samme erfaringer som deles. Videre har det blitt støttet opp med sekundærdata fra relevant litteratur.

1.5.5 Styrker og begrensinger

Validitet

Olsson (2014) beskriver validitet som i hvilken grad innsamlet data representerer det som er ønskelig å måle. Validiteten er relatert til gyldigheten i studiet og sier noe om hvor godt datamaterialet illustrerer kjernen i de problemstillingene som studien skal belyse. Validitet er et uttrykk om man måler de riktige tingene, og høy validitet innebærer at dataene er relevant for problemstillingen (Olsson, 2014). Dataene innhentet til denne oppgaven er velvalgte for å belyse problemstillingen og kan dermed karakteriseres som valide.

Reliabilitet

Reliabilitet er forbundet med etterprøvbarhet. Hvis den samme målingen gjentas flere ganger under samme forhold med samme resultat, er det god reliabilitet (Olsson, 2014).

Hovedmomentene i denne oppgaven vil være etterprøvbare. I tillegg er regelverket felles for alle riggeierne som er representert denne oppgaven, det betyr at alle har hatt samme begrensing. Men siden oppgaven er basert på reglene fra klasseselskapet DNV GL kan informasjonen gitt i denne oppgaven muligens ikke være konsistent med regler og praksis for flyttbare innretninger som bruker andre klasseselskaper. Det er mye det samme som blir fortalt i intervjuene, men likevel vil besvarelser kunne være avvikende fra funnene i denne oppgaven dersom opplysninger hadde blitt hentet fra andre selskap. Når det gjelder operatørselskap har det i denne oppgaven kun blitt intervjuet ett, og uttalelser i denne oppgaven kan være avvikende fra andre operatørselskapers erfaringer.

Begrensinger

Det foreligger begrensinger i informasjonsmaterialet. Riggindustrien er preget av stor konkurranse og det er utfordrende å få fullstendig og konkret informasjon. I tillegg er tematikken relativ ny, og det er fortsatt på pilotstadiet. Av denne grunn er også informasjonen innhentet om effekten og kostnader basert på overslag og antakelser gitt av respondentene. Studien belyser dermed effektene på overordnet nivå med bruk av overflateberegninger og undersøker tematikken på generelt grunnlag. Selve resultatet vil i sum kunne være varierende fra selskap til selskap, situasjon og metoder. Forfatteren kunne gjerne intervjuet enda flere, men en tidsbegrensing på et halvt år er en begrensende faktor. Likevel er det mange felles syn på norsk sokkel. Med bakgrunn i dette har det blitt analysert mange vitenskapelige artikler som kan støtte opp funnene, og mange av faktorene som har blitt analysert kan forankres i teorien.

Del 2

2 Bakgrunnsinformasjon

I dette kapitlet presenteres bakgrunnsinformasjon om kontrakt, regelverk og budsjetter.

2.1 Flyttbar boreinnretning

En flyttbar boreinnretning, i teksten også omtalt som boreinnretning, innretning eller rigg, leies ut til operatør/lisensinnehaver (eksempelvis Equinor og Aker BP) for ulike oppdrag. Kontrakt og kompensasjonsformatet for innleide flyttbare boreinnretninger beskrives kort i kapittel 2.2.

2.2 Kontrakt

Vanlig på norsk sokkel i dag er dagratekontrakter. Kontrakten inneholder klare retningslinjer for fordelingen av ansvar. Kompensasjonsformatet for innleide rigger består generelt av dagrater, differensiert etter driftsstatus, som eksempelvis borerater, stand-by rater og mobiliseringsrater (Osmundsen et al., 2008). Dagraten er den daglige prisen for å leie en rigg og inkluderer bruk av rigg og bemanning. Dagraten er syklisk og avhenger av markedssituasjon. Osmundsen (2015) sin studie viser at gjennomsnittlig dagrate for flyttbare innretninger på norsk sokkel var 28.418 USD per dag i 1990 med en økning til 505.867 USD i 2013. Som et resultat av oljekrisen kunne riggselskapene fortelle at dagraten stupte til omtrent 100.000 USD men at den per dags dato er steget til rundt 200.000 USD til 300.000 USD. Riggselskapene sin inntekt skapes av oppetid. Oppetid er tiden innretningen er operativ i drift. Nedetid er tiden innretningen ikke er operativ i drift. Krav til oppetid i drift kan være for eksempel 97 %. Prosentvis oppetid (Hastings, 2010):

$$\% \text{ Oppetid} = \frac{\text{Oppetid}}{\text{Oppetid} + \text{Nedetid}} * 100$$

I drift kan nedetid oppstå av flere grunner, det kan være uforutsett svikt i, eller planlagt vedlikehold av utstyr som hindrer boring, eller logistikk som hindrer drift av innretningen og lignende. Når innretningen må ut av drift på grunn av klasseaktiviteter er det i de fleste tilfeller

nullrate som er gjeldende. Dette betyr at riggeierens tap vil være 300.000 USD per dag for eksempel. Nedetid utgjør en stor risiko for riggeieres portefølje, og det er derfor sterke insentiver knyttet til oppetid (Osmundsen, 2015).

Evalueringskriterier

Når lisensinneholder skal leie en rigg for ulike oppdrag er det forskjellige kriterier som legges til grunn i utvelgelsen av tilbydere. Osmundsen et al. (2008) presenterer følgende som vanlige evalueringskriterier for valg av rigg, i tilfeldig rekkefølge:

- Overholdelse av forskrifter på norsk sokkel
- Driftseffektivitet og prestasjoner
- HMS og kultur
- Dagrater
- Ekspertise og erfaring
- Finansiell styrke
- Evne til å fullføre på tid

Informasjon som må leveres av tilbudsgivere inkluderer eksempelvis prosentvis nedetid og boreeffektivitet for de siste seks brønnene. Med andre ord er tilfredsstillende driftseffektivitet nødvendig for å være konkurransedyktig på sikt (Osmundsen et al., 2008).

Med bakgrunn i disse kriteriene er det tydelig at dersom innretningene må avbryte boringen for at innretningen skal gjennom en klassefornyelse så er det enorme summer i tapt inntekt for riggselskapene. Hvorfor det er krav til å klasse en innretning og hva en klassifisering er, forklares i henholdsvis kapittel 2.3 og 2.4.

2.3 Bakgrunnen til regelverket

2.3.1 Samsvarsuttalelse

For å kunne delta i petroleumsvirksomhet på norsk sokkel må alle flyttbare innretninger, spesielt boreinnretninger som er registrert i et nasjonalt skipsregister, ha en samsvarsuttalelse (SUT) fra Petroleumstilsynet (Ptil). Operatører/lisensinneholder leier inn boreinnretninger til bestemte oppdrag, og har overordnet ansvar for all virksomhet som foregår innenfor sitt ansvarsområde, og vil være forsikret at boreinnretningen tilfredsstiller gjeldende krav. Når Ptil

gir SUT skal alle kjente sikkerhetskritiske avvik være rettet opp, og innretningen skal ha fått godkjente maritime sertifikater fra respektiv flaggstat (Petroleumstilsynet, u.å). Flaggstat er staten som innretningen er registrert i, eller som innretningen fører flagget til (Henriksen, 2017). Hva maritime sertifikater er, beskrives i kapittel 2.3.2. Det er riggeiers ansvar å sørge for at innretningens tekniske tilstand til enhver tid er i henhold til regelverket. Når riggeier kan vise til SUT for sin boreinnretning, fungerer SUT-vedtaket som et bevis for at innretningen er i samsvar med gjeldende regler (Petroleumstilsynet, u.å).

2.3.2 Regelverk

Grunnen til at flyttbare innretninger følger maritimt regelverk er fordi flyttbare innretninger er, som det fremgår av begrepet, mobile. Dette betyr at de har egenskaper som også vanlige skip har. Flyttbare innretninger forflyttes mellom posisjoner, enten ved bistand fra andre fartøy eller med eget fremdriftsmaskineri. Andre maritime egenskaper er ved forankring av innretningen, forhold ved innretningens stabilitet og ballastering (Askjer og Universitetet i Oslo Det juridiske fakultet, 2006).

Grunnlaget for maritime reguleringer er fra International Maritime Organization (IMO) eller på norsk «Den internasjonale sjøfartsorganisasjonen» sine konvensjoner som er ratifisert av medlemsstatene/flaggstatene (IMO, 2013). IMO ble opprettet i 1948 og er FN's sikkerhetsorganisasjon. I dag har IMO omtrent 165 medlemsstater inkludert Norge. Bakgrunnen til at de ble opprettet var fordi skipsfart er internasjonal, og det var viktig med internasjonale avtaler og konvensjoner for å sikre at reguleringer til sjøs er den samme for all skipsfart. IMO sin målsetting er å ivareta sikkerhet til sjøs og forhindre forurensing. De utarbeider derfor både bindende konvensjoner og mer retningsgivende resolusjoner og koder som gjelder for internasjonal sjøfartsnæring (IMO, 2013). IMO har utviklet en egen kode som gjelder sikkerhetsmessige hensyn til flyttbare innretninger, «MODU Code» (MODU står for Mobile Offshore Drilling Unit) (Norsk olje og gass og Norges Rederiforbund, 2015). Nasjonale flaggstatsmyndigheter kan selv spesifisere krav som overskrider minimumskravene i denne koden (Norsk olje og gass og Norges Rederiforbund, 2015). I Norge er det Sjøfartsdirektoratet (Sdir) som fungerer som forvaltningsorgan og har ansvar for fartøy med norsk flagg og utenlandske fartøy i norske farvann. Sdir har ikke ratifisert MODU-koden, men har utviklet et bestemt regelverk, også kalt «Rødboka» for flyttbare enheter (Norsk olje og gass og Norges

Rederiforbund, 2015), som gjelder innretningens skrog og maritime systemer som verifiseres med maritime sertifikater.

Alle funksjonelle systemer som er direkte relatert til petroleumsaktivitet som bore- og brønnkontrollutstyr, reguleres i Norge av Ptil etter krav i Innretningsforskriften, og må være sertifisert for å kunne benyttes på norsk sokkel. Sdir og Ptil tillater anerkjente klassifikasjons-selskaper til å påse at lover, regler og krav overholdes (Norsk olje og gass og Norges Rederiforbund, 2015). Et klassifiseringsselskap, forkortelse klasseselskap, er uavhengige, private kontrollorganer for fartøyer. Oppgaven er å godkjenne konstruksjoner og holde tilsyn med bygging og drift og gjøre inspeksjoner og sertifiseringer (Norges Rederiforbund, u.å.). For flyttbare innretninger i flaggstaten Norge er det DNV GL, American Bureau of Shipping (ABS) og Lloyds Register of Shipping (LRS) som er godkjent for undersøkelse- og sertifiseringer av flyttbare boreinnretninger (Sjøfartsdirektoratet, 2015).

2.4 Klassifiseringssystemet

2.4.1 Hensikten med klassifisering

Målet med klassifisering er å verifisere at innretningen er utformet, bygget og vedlikeholdt i samsvar med regler og standarder for å bevare sikkerhet for liv, eiendeler og miljø, med hensyn til innretningens driftsspesifikke detaljer. Dette betyr å etablere rimelig sikkerhet for at innretningens skrog, maskiner, utstyr og systemer er i tilfredsstillende stand og i samsvar med gjeldende regelverk og standarder for å tillate fortsatt drift (DNV GL, 2018a). Undersøkelses- og sertifiseringstjenester omfatter vurdering av innretningene og fastslå at gjeldene krav overholdes.

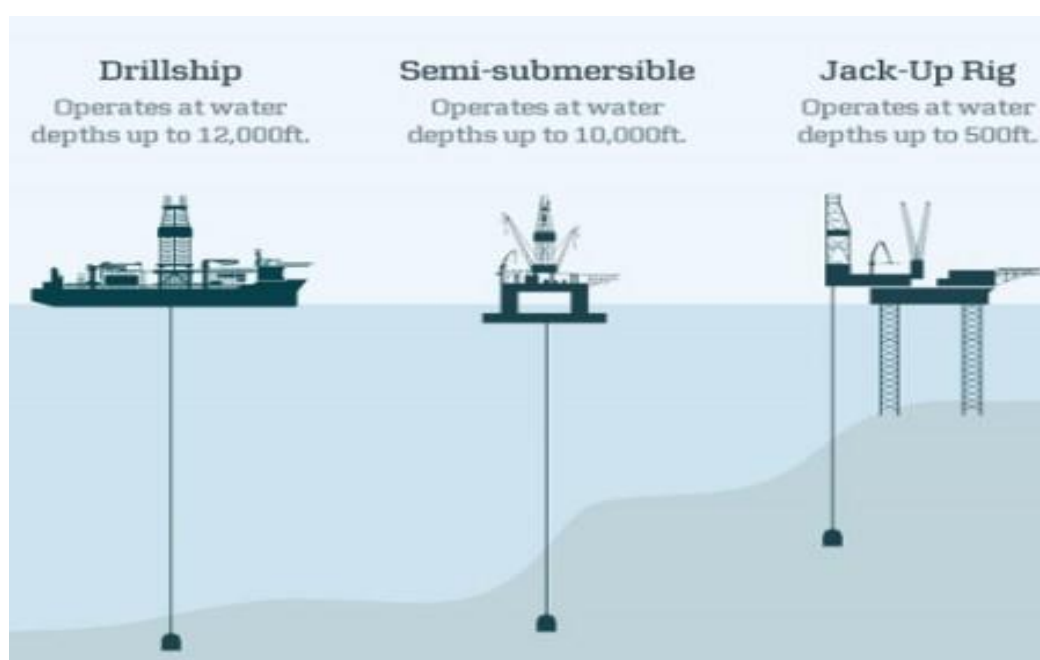
2.4.2 Interessenter

Klassifisering brukes også som et verifiseringssystem, som nevnt i SUT kapittelet. Interessenter i innretningens kvalitet og sikkerhet er blant annet de nasjonale myndighetene som vil forsikre seg om at innretningen er trygg og ikke forårsaker fare for omgivelsene. Forsikringsgarantistenes regler er at innretningene må klassifiseres for å få forsikring. Videre er klassegodkjenning viktig for riggeier ved inngåelse av kontrakter, og fungerer som dokumentasjon på riggstanden når det gjelder forsikring eller finansiering. De som leier riggen trenger bekreftelse

på innretningens standard før inngåelse av kontrakt, og finansinstitusjoner bruker klassen som en indikator på skipets verdi (DNV GL, 2018b)

2.4.3 Klassifiseringskrav

Det finnes flere typer flyttbare boreinnretninger, og Figur 1 viser ulike flyttbare innretninger, boreskip (Drillship), halvt nedsenkbar rigg (Semi-submersible) og oppjekkbar (Jack-up) innretning. Hver av disse har egenskaper som gjør at de i tillegg til å ha mange like krav, også har hver sine spesielle egenskaper som gjør at det er ulike krav og utstyr, og det er derfor individuelt hva som må klasseres. Klassenotasjoner brukes for å beskrive hvilken type og hvilke systemer en innretning har.



Figur 1 Ulike flyttbare boreinnretninger (Vallier, 2016)

En enhet må ha klassegodkjennelse på sine notasjoner som omfatter hovedklassenotasjon og tilhørende individuelle design, service og eventuelle andre tilleggsnotasjoner (DNV GL, 2018a). Designnotasjon er det samme som en beskrivelse av innretningen og servicenotasjon brukes for å beskrive hovedfunksjonen eller formålet til innretningen. Andre tilleggsnotasjoner brukes for å beskrive hvilke spesialutstyr eller fasiliteter innretningen har. Et representativt utvalg av ulike notasjoner hentet fra DNV GL (2018b) er listet opp i Tabell 1.

Tabell 1 Klassenotasjoner

Hovedklasse	Merknad 1A tildeles flyttbare innretninger med skrog, maskineri, systemer og utstyr som samsvarer med regelverket
Strukturdesign	<ul style="list-style-type: none"> · Halvt nedsenkbar - Column-Stabilized · Boreskip – Ship Shaped · Oppjekkbar - Self-Elevating
Servicenotasjon	<ul style="list-style-type: none"> · Boring · Brønnintervensjoner
Spesialutstyr og systemer	<p>Det finnes flere spesialutstyr og systemer en innretning kan ha. Noen av de vanligste er:</p> <ul style="list-style-type: none"> · DRILL – Enheten har borefasiliteter · DYNPOS – Dynamisk posisjoneringssystem som vil si at enheten kun bruker thrustere (propeller) til posisjonering · POSMOOR - Enheten holdes i posisjon med fortøyning og thrustere · Crane-offshore – Enheten har en eller flere kraner ombord

Før en innretning kan bygges er klasseselskapet til stede for å sikre at den bygges i henhold til regelverket. Dette sikres gjennom en teknisk vurdering av design, plantegninger og andre relevante dokumenter. Alle nøkkelkomponenter blir verifisert av klasseselskapet. Hovedklassen består av skrog og hovedstruktur, marin- og maskininstallasjoner og utstyr. For skrog og hovedstruktur stilles det krav til styrke, materialer, korrosjonsbeskyttelse, brannvern, vær- og vanntett integritet, stabilitet, flytedyktighet og tankarrangement. For marin- og maskininstallasjoner stilles krav til kraftgenerering, posisjonering, fremdrift, styring, brann- og gass deteksjon, drenering/lensesystemer, ballast og nødstengningssystemer (DNV GL, 2018b). I tillegg er det individuelle krav som varierer etter hvilket strukturelt design og hvilke spesial- eller serviceutstyr innretningen er utstyrt med. Felles for alle systemer og utstyr som skal brukes er at de skal være sikre og være egnet for det formålet som er tenkt. Dersom innretningen og dens utstyr og komponenter tilfredsstillere regelverket, tildeles et klasesertifikat.

2.4.4 Innretningens driftsfase

Innretningene designes vanligvis for 20 år og vil undersøkes regelmessig i løpet av hele driftsperioden fram til den skrapes. Klassen varer kun i fem år av gangen og innretningens klasse-

notasjoner må derfor kontrolleres og inspiseres før utløpsdatoen av eksisterende sertifikater for å vurdere om vilkårene for gjeldende klasse fortsatt opprettholdes, eller om reparasjon eller forbedringer må gjennomføres, før classeselskapet kan utstede en fornyelse av classesertifikatet. Undersøkelsene for classefornyelse er omfattende, og omfanget av en undersøkelse avhenger av hvilken type enhet, enhetens tilstand, alder og tilhørende classenotasjoner. Undersøkelsene må være tilfredsstillende før et nytt classesertifikat kan erstatte det eksisterende (DNV GL, 2018b).

Eksempler på maskineri og systemer som må classes er fremdriftssystemer, elektriske systemer, dieselmotorer og dampkjeler, elektriske og hydrauliske motorer, pumper og ventiler. Drillnotasjonen innebærer blant annet løftesystemer, rotasjonssystemer, brønnkontrollsystemer og systemer for boreslam og strømningskontroll. Skrog og strukturer inkluderer alle tanker og rom i hele enheten både internt og eksternt, og omfatter alle strukturer og rørsystemer, som platekledning, ventiler, koblinger, sjøkister, anoder og så videre, i tillegg til undervannskrog.

Metode for classefornyelse

Hvordan classefornyelsen foretas vil variere etter hvilket undersøkelsesarrangement og undersøkelsesmetoder som benyttes. Et *undersøkelsesarrangement* er en avtale mellom riggeier og classeselskapet som angir hvordan og når strukturen, utstyret og systemene som er underlagt classoppfølging skal undersøkes, inspiseres, vedlikeholdes og testes. *Undersøkelsesmetode* er måten undersøkelsene for classefornyelse blir utført, eksempelvis om det foregår visuelt, med testing, med sensor, eller annen måte å verifisere standen.

Det finnes flere ulike arrangementer og metoder, og det har nylig åpnet opp for nye. Tradisjonell classefornyelse blir beskrevet i kapittel 3, og alternative metoder beskrives i kapittel 5. Definisjon av ulike kostnader et riggselskap har, beskrives i kapittel 2.5.

2.5 Budsjetter

Det er to typer budsjetter (Hastings, 2010):

- Kapitalbudsjettet (CAPEX)
- Drift- og vedlikeholdsbudsjettet (OPEX), også bare kalt driftskostnader

ISO (2000) definerer CAPEX som *“money used to purchase, install and commission a capital asset”*. CAPEX brukes blant annet til å investere i en ny innretning, utføre oppgraderinger og investeringer i kostbare hovedkomponenter (Capital spares). ISO (2000) definerer OPEX som *«money used for operation and maintenance, including associated costs such as logistics and spares”*. Driftsbudsjettet brukes til å drive virksomheten, og til å dekke utgifter som kreves for umiddelbare aktiviteter som vedlikehold, mannskap, logistikk og reservedeler.

DEL 3

3 Tradisjonell modell for klassefornyelse

Før effekten av de alternative metodene kan vurderes, har den tradisjonelle modellen først blitt studert. Etter samtale med ulike riggeiere presenteres modellen med tilhørende tidsomfang, kostnader, årsaker, ulemper og konsekvenser.

3.1 Klassefornyelse

Med tradisjonelle metoder har inspektører fra klasseselskapet full gjennomgang av innretningen. Klassenotasjonene kan deles inn i kategorier; maskineri og systemer, skrog og strukturer, og tilleggsnotasjoner. Tilleggsnotasjonene følger som oftest en av kategoriene ovenfor, alt etter om det er statisk eller dynamisk utstyr.

3.1.1 Maskineri og systemer

Generelt skal maskinsystemene og maskinkomponentene enten inspiseres og overhales før de kan godkjennes. Overhaling beskrives i DNV GL (2017) som en prosess brukt for å gjenopprette og vedlikeholde utstyr, maskiner eller systemer.

Overhaling involverer generelt:

1. Delvis eller fullstendig demontering,
2. Inspeksjon for å oppdage skadede, defekte eller slitte deler,
3. Reparasjon eller utskifting av slike deler, og
4. Montering og testing før gjenstanden kan returnere til drift

Dersom aktuelt, kan det også foretas visuelle undersøkelser uten demontering, men en ytelsestest skal utføres. For elektriske systemer vil inspektøren foreta funksjonstesting.

For å redusere mengden arbeid ved fornyelsesundersøkelsen i forhold til standard undersøkelse der alt må inspiseres av klasseselskapet, kan et *planlagt vedlikeholdssystem – undersøkelsesarrangement* (PMS) implementeres for å klasse systemer og utstyr. I PMS bestemmes vedlikeholdsoppgaver og intervaller av original utstyrsleverandør (OEM). Oppgavene legges inn i et vedlikeholdssystem, CMMS (Computerized Maintenance Management System), som er et system som inneholder informasjon og planer for vedlikeholdet til innretningen. Alle

klasserelevante komponentundersøkelser skal legges inn i dette systemet. Personellet ombord følger vedlikeholdsplanene utstedt fra OEM, og teknisk sjef kan på vegne av klasseselskapet godkjenne klassing for deler av disse enhetene. Klasseinspektøren vil i motsetning til å selv utføre undersøkelsene av utstyret, foreta årlig tilsyn med dokumentasjon og sjekke vedlikehold, tester og inspeksjonshistorie i CMMS. For å få godkjent klasserelaterte vedlikeholdsgaver må det dokumenteres og rapporteres ordentlig og med god kvalitet.

3.1.2 Skrog og strukturer

Omfanget av en klassefornyelsesundersøkelse for skrog og strukturer beskrives av innretningens in-service inspeksjonsprogram (IIP). Der er det planer for hva, når og hvordan det skal inspiseres, og resultater fra tidligere undersøkelser. Klasseselskapet utvikler et inspeksjonsprogram som inneholder de strukturelle elementene som må undersøkes for å tilfredsstille minimumskravene til bevarelse av hovedklassen og de obligatoriske kravene knyttet til tilleggsnotasjoner. Det finnes en basisliste for hver innretning som utgjør grunnlaget for undersøkelsesomfanget før klasseselskapet kan godkjenne bevaring av klassen.

Enhetenes strukturelle integritet opprettholdes ved en kombinasjon av visuelle inspeksjoner, målinger og NDT-testing (Ikke-ødeleggende utprøving/testing) for å kunne oppdage korrosjon, erosjon, sprekker, lekkasjer og andre forringelser som trøtthetsskader på skrog og utstyr, eller for å bekrefte at enheten tilfredsstiller krav og er i stand. NDT-testing er eksempelvis bruk av ultralyd eller radiografi (beskrives nærmere i kap. 4.3.2).

3.2 Kostnads- og tidsomfang klassefornyelse

Tradisjonelt har innretningene blitt tatt ut av operasjon og inn til grunt vann eller til et verft for klassefornyelse. Tiden det tar for innretningen å forflyttes til verft kan ta flere dager avhengig av hvor lang avstanden er til verftet. Videre er det klargjøring for selve undersøkelsen, og etter at undersøkelsen er ferdig er det mye papirarbeid, dokumentasjon og lignende før innretningen kan forflyttes tilbake til felt, rigges og klargjøres for boring igjen. Ved klassing er riggene ofte av rate, noe som betyr tapte inntekter for riggselskapet (ref. kap. 2.2 Kontrakter og dagrate).

Riggselskapene kunne fortelle at en klassefornyelse tok omtrent 30-45 dager. Men selv om det ofte ble planlagt at landligget skulle være 30-45 dager, var det ikke uvanlig at det faktiske

tidsomfanget ble doblet, tredoblet eller mer der uforutsette problemer oppstod underveis. Årsakene til overskridelsene beskrives videre i Kapittel 3.2 *Årsaker til høye kostnader og langvarige landopphold*. Dagraterne i gode tider var rundt 500.000 USD, og ved å gange opp med antall dager av rate, 45 dager, er tapte inntekter 22,5 M (millioner) USD. For et landligge med dobbelt antall dager er det hele 45 M USD tapt. Selve kostnaden for klassejobben kommer i tillegg, noe som varierer veldig, og intervjuobjektene kunne fortelle at det var på mellom 25 M- 185 M USD, avhengig av hvor mange dager, omfang og innretningens alder. En nyere innretning kan klare det i nedre del av skalaen mens for eldre rigger mot slutten av levetiden kan kostnadene være i det øvre sjiktet.

Det er viktig å bemerke at selve kostnaden for en klassefornyelse ved et verft ofte også inkluderer andre kostnader, og beskrives i kapittel 3.4 *Kostnadsfordeling*. I dag er det ikke like høye dagrater, men med en dagrate på 200.000 USD er 45 dager og 90 dager henholdsvis 9 M USD og 18 M USD i tapte inntekter. Et landligge medfører også store «non-value added costs» (NVC), altså kostnader som ikke gir noe verdi i seg selv. Dette inkluderer kostnader som går med til leie av kai, overnatting og transport for mannskap som skal utføre klassingen, vedlikeholdet eller reparasjonene og lignende. Det ble sagt at ved å få ned landliggets varighet med 20 dager, så kan 15 M USD spares kun i NVC. Per dag er dette 0,75 M USD. Et selskap med 5 innretninger i flåten sløser bort 15 M USD i året kun til dette, dersom de heller kunne kortet ned landligget med 20 dager.

Kostnadseksempel

Kostnader for en tradisjonell klassefornyelse på 90 dager og dagrate 0,20 M USD (1) og 0,50 M USD (2). CAPEX klassefornyelse 90 M USD og 0,75 M USD NVC per dag (Tabell 2).

Tabell 2 Eksempel på tid og kostnader forbundet med en klassefornyelse

Hva	Kostnad (1)	Kostnad (2)
Dagrate	18 M USD	45 M USD
CAPEX klassefornyelse	90 M USD	90 M USD
NVC	67,5 M USD	67,5 M USD
Totale kostnader	175,5 M USD	202,5 M USD

I gode tider med en dagrate på 500.00 USD er tapet større. Inkludert i beregningene kunne også tiden vært brukt til å forflytte innretningen til og fra verft. I tillegg kunne også reduserte kostnader som følge av mindre driftskostnader når innretningen er ute av drift vært trukket fra. Likevel er dette et enkelt overslag for å belyse kostnadsnivået forbundet med en klassefornyelse ved verft. I løpet av innretningens designlevetid på 20 år, er 45-90 dager nedetid hvert 5. år svært mye i løpet av levetiden. Et riggselskap har også vanligvis en flåte med flere innretninger, og ved å multiplisere antall innretninger i flåten med kostnadssummen så er dette dollarkostnader i milliardklassen.

3.3 Årsaker til høye kostnader og langvarige landligger

I introduksjonen til oppgaven ble flere eksempler på kostnader og store overskridelser trukket frem fra nyhetsartikler de siste årene. Årsaker til langvarige landligger og hvorfor de har vært så kostbare belyses i dette delkapittelet.

Planlegging av en klassefornyelse er en omfattende jobb. Når det planlegges for en klassefornyelse planlegges det for hva som skal gjøres, hva det vil koste og tiden det vil ta. I tillegg til klasseaktiviteter utføres også ofte tyngre vedlikeholdsaktiviteter, reparasjoner og oppgraderinger.

3.3.1 Stort prosjektomfang

En tradisjonell klassefornyelse består av at klasseselskapet har krevd undersøkelser for klassefornyelse av maskineri og systemer, skrog og strukturer med et stort omfang. Når mye av utstyret har måttet åpnes opp, inspiseres, testes og så videre, er dette noe som har vært svært tidkrevende. OEM har også hatt en stor rolle i klassefornyelsen, da femårsklassingen i mange tilfeller er laget ut ifra OEM sine anbefalinger. Spesielt klassefornyelse av brønnkontrollutstyr har vært årsakene til selve lengden på oppholdet, og har vært under «critical path» ved et landligge. En BOP (utblåsningsventil) er i henhold til Quadrado (2015) en stor struktur som plasseres på havbunnen under boreoperasjoner og en betydelig barriere innen boring og brønnkontroll. En BOP kan beskrives som en stor, spesialisert ventilmontering av flere stablede utblåsningsventiler av forskjellige typer og funksjoner som brukes til tette rundt (og eventuelt klippe) borestreng/foringsrør og stenge over åpent hull. I tillegg har den ventiler for å sirkulere inn drepeslam, piller og andre brønnvæsker, og ofte sensorer for å

overvåke trykk og stigerørsvinkel og så videre. BOP er en nøkkelbarriere mot å forhindre utblåsning og dermed redusere storulykkesrisiko. Derfor er det et svært kritisk stykke utstyr som kan ha stor innvirkning på personlig sikkerhet og miljøet hvis den ikke fungerer som nødvendig. Risiko assosiert med trykkkontroll offshore er veldig høy og synlig, noe som gjør at alle forhold knyttet til dette utstyret er veldig alvorlig. Det er som beskrevet i kapittel 2.3.2, påkrevd at bore- og brønnkontrollutstyr skal sertifiseres. Det er OEM (eksempelvis NOV/MHWirth) som produserer utstyret og reservedeler, og har tjenestene for å sørge for at utstyret overholder kravene. OEM utsteder CoC (Certificate of Conformance) til dette utstyret, og CoC er et sertifikat som viser at utstyret er godkjent for, og har de påkrevde spesifikasjonene til bruksområdet. Før OEM leverer utstyret gjør de en FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) og definerer alle feilmodiene til utstyret, og effekten av disse. Feilmodiene er typiske saker med utstyret som kan bli feil. De lager så en brukermanual der disse feilmodiene beskrives, og hvordan riggens personell bør håndtere eller behandle disse. Oppgavene legges så inn i riggselskapet sitt vedlikeholdsprogram (PMS). Eksempler kan være å skifte komponent X etter 100 timer, inspeksjon av komponent Y hver 30. dag og så videre. Hvert femte år må utstyret resertifiseres av OEM. Det vil si at det ikke tillates teknisk sjef å utføre dette. For å godkjenne dette utstyret, demonteres utstyret når riggen er ankommet verftet og blir fraktet til OEM sitt verksted hvor det blir rengjort, inspisert, eventuelt reparert og testet, før det monteres igjen og fraktes tilbake til riggen. Dette er svært tidkrevende, og er noe av hovedårsakene til hvorfor det har vært så lange verftsopphold, særlig dersom det oppstår årsaker som kan forlenge tiden ytterligere.

3.3.2 Overvedlikehold

Det er ikke bare tid som har vært problematisk med et tradisjonelt klasseregime. Riggselskapene forklarer også at de forhåndsbestemte overhalingsintervallene hvert femte år normalt ikke er tilpasset utstyrets driftskontekst. Med dette menes at det har vært overhalinger og utskiftinger av komponenter som har vært i ok stand. I praksis har dette medført for mye inngrep, og utskifting av maskiner og utstyr egentlig er velfungerende. Hyppige inngrep har også ofte medført implementering av feil og ødeleggelser av utstyret. Quadrado, 2015 beskriver eksempelvis at tidsbestemt vedlikehold av BOP kan skape kritiske utfordringer, for eksempel å innføre kritiske feil ved unødvendig vedlikehold, da en årsak til

BOP nedetid og redusert pålitelighet er når det foregår hyppig testing og vedlikehold av komponenter. Dette gjelder ikke bare for brønnkontrollutstyr, men også generelt utstyr.

Det er flere studier som nevner dette. Rofle (2015) bemerket at de fleste skipseiere følger anbefalinger fra OEM til planleggingen av vedlikehold. I henhold til Shorten (2012) vil OEM gi all nødvendig vedlikeholdsveiledning, men ikke nødvendigvis fra et betinget perspektiv. Grunnlaget for alle vedlikeholdsplaner fra OEM er suboptimale, fordi de ikke nødvendigvis ser driftskonteksten til det installerte elementet og er ikke klar over kvaliteten på vedlikeholdet som elementet vil bli utsatt for. Derfor er det sannsynlig at handlingene og tidsplanen som er detaljert innenfor den anbefalte vedlikeholdsveiledningen, vil være konservative og i de fleste tilfeller vil overvedlikehold oppstå.

I samtale med intervjuobjektene kunne de fortelle at det også var andre årsaker i tillegg til rigide krav fra klasseselskapet, OEM og Ptil, som var bidragsgivende til at det har vært store overskridelser ved klassefornyelsesprosjektene, som mangel på tilstandsdata (Kap. 3.3.3) og lite vedlikeholdsressurser i drift (Kap. 3.3.4).

3.3.3 Tilstandsdata

Selv med planlegging har prosjektomfanget vist seg å være vanskelig å ha oversikt og kontroll over. Mangel på tilstandsdata og kartlegging av enhetens virkelige tilstand har ført til høye usikkerheter. Ofte har innretningens tilstand i mange tilfeller vært enda verre enn forventet. Forringelser har blitt oppdaget under inspeksjon, og har derfor gått utover prosjektkontrollen og overskridelser har skjedd. En ukjent tilstand er det samme som ukjent varighet og ukjente kostnader.

3.3.4 Lite vedlikeholdsressurser i drift

Årsakene til manglede oversikt over innretningenes status i tillegg til å være lite data over tilstanden, er at det har blitt brukt veldig lite ressurser på ordinært vedlikeholdsarbeid ombord. Noe av vedlikeholdsarbeidet ble planlagt forskjøvet til landligget, men det har også dukket opp flere uventede saker ved verft som må repareres før innretningene kan klasses på ny, eksempelvis korrosjoner eller trøtthetsskader på strukturer og skrog, eller andre mangler. Grunnene til dette var fordi at vedlikeholdet og reparasjoner i driften ikke ble utført med god nok kvalitet. Dette ble gjort for å legge mindre press på driftspersonell, samt gjøre lettvinde

løsninger for å spare tid, og holde oppetid lengst mulig og vente med arbeidet til landligget. Med andre ord, har det vært en dårlig strategi for klassefornyelsen når det har blitt utsatt.

Annet er at det har vært uheldige konstruksjoner som har medført ombygginger av riggen, noe som også har havnet i klassebudsjettet. Selv med et økende omfang var dette nødt til å bli fikset, og det hele har endt med å være et stort pengesluk og det har blitt brukt mer ressurser enn planlagt. Intervjuobjektene kan konstatere at det ofte har gått over styr. Med et tradisjonelt klasseregime vil en full helsesjekk av innretningen kun gjennomføres hvert femte år, og dette er medvirkende på at omfanget i noen tilfeller har blitt større enn planlagt. Summen av alt dette har medført manglende kontroll over situasjonen og tilstanden til utstyr og komponenter og noe som har vært en bidragsgiver til et forlenget opphold ved klassefornyelse.

3.4 Kostnadsfordeling

Det ble nevnt i kapittel 3.2 at CAPEX for klassefornyelse også inkluderer andre kostnader. Kostnadsfordelingen i forbindelse med overskridelser ved en tradisjonell femårsklassing har sett omtrentlig slik ut (Figur 2).

Klasse
20 %
Planlagt vedlikehold
40 %
Reparasjon (uplanlagt)
40%

Figur 2 Kostnadsfordeling verftsopphold

Kostnadene for selve klassefornyelsen har stått for 20 % av kostnadene. Planlagt vedlikehold er vedlikehold som har blitt utsatt til landligget, enten på grunn av å legge mindre press på driftspersonell under operasjon, oppgraderinger eller andre modifikasjonsoppgaver. Reparasjonsbolken, uplanlagt eller uforutsett reparasjon, har stått for hele 40 % av kostnadselementene. Kostnader for overhalinger av velfungerende utstyr er verre å estimere, men med tanke på at det er dyre komponenter er ikke denne summen ubetydelig.

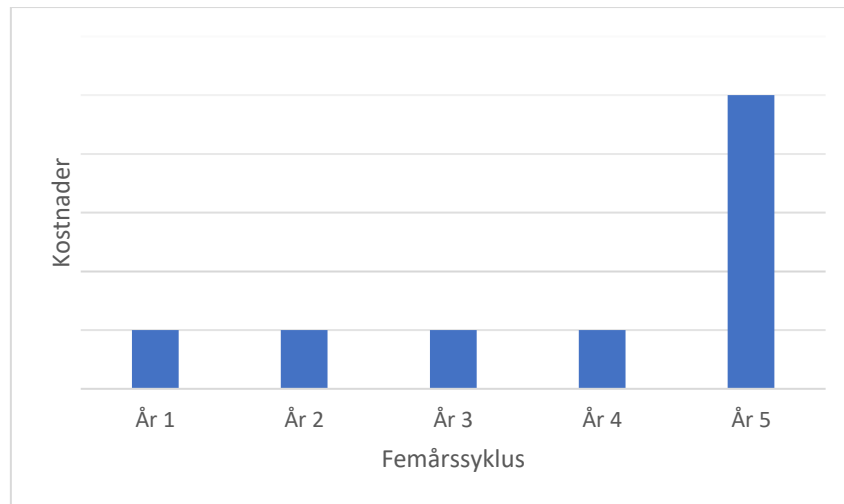
3.5 Konsekvenser og ulemper

3.5.1 Kontrakt

Et langt opphold ved verft betyr at når innretningen er på langtidskontrakt og det foregår en stor borekampanje som har et bestemt tidsperspektiv for ferdigstillelse, er det ikke nødvendigvis populært å måtte ta innretningen ut av drift for flere uker eller måneder, med bakgrunn i evalueringskriteriene til operatørselskapene (ref. Kap 2.2). Kontrakter på over ti år forstyrres med to klassefornyelser.

3.5.2 Innretningens kvalitet

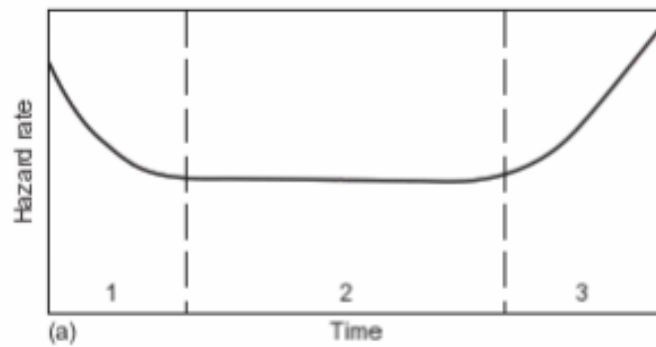
En del av vedlikeholdsarbeidet ombord har blitt forskjøvet til det planlagte landligget, hvilket har betydd at det meste av ressurser og kostnader har blitt brukt mot slutten av femårsperioden før klassefornyelsen skal gjennomføres (Figur 3). Som en konsekvens av dette blir innretningens kvalitet gradvis forverret mot slutten av femårsperioden. For skrog og strukturer vil også kvaliteten forverres i løpet av levetiden. Å reparere og skifte stål er kostbart.



Figur 3 Kostnadsfordeling for en femårssyklus med tradisjonell klassing

3.5.3 Unødvendige overhalinge

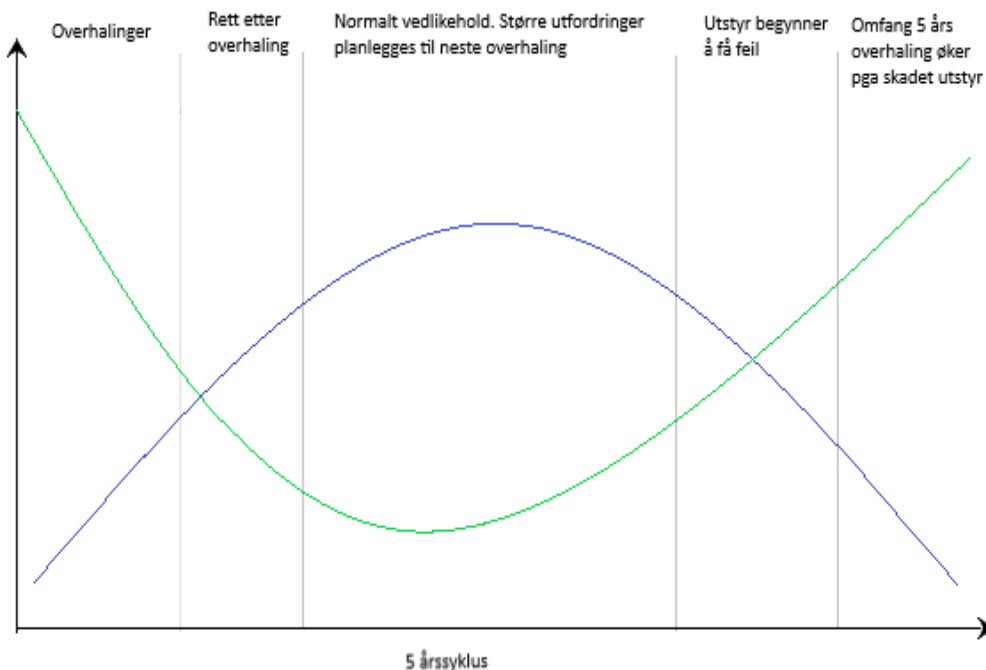
Ved å foreta unødvendige overhalinge av komponenter hvert femte år er det først og fremst kostbart, men det kan også bidra til svingende driftsregularitet. En årsak til varierende driftsregularitet er komponentenes livssyklus. Generelt har feilraten til en komponent tre faser, illustrert med badekarkurven (Figur 4) (Mannan and Lees, 2012). I starten, når komponenten er ny så er feilfrekvensen høy, men vil etterhvert falle og stabiliseres, før feilfrekvensen øker igjen. Tidlig svikt skyldes faktorer som defekter, utstysfeil under installasjon og så videre. Etterhvert vil feilene preges av tilfeldige feil, som ofte skyldes tilfeldige svingninger av belastning som overskrider konstruksjonsstyrken til utstyret. Deretter vil feilfrekvensen øke på grunn av slitasjefeil (Mannan and Lees, 2012). Ved å foreta overhalinge av komponenter hvert femte år, som egentlig ikke har vært nødvendig, kan det innføres feil slik at tilstanden kan bli verre enn før overhalingen ble utført. Dette betyr at det ofte etter en femårsklassing kan være en del feil i starten etter overhalingene er utført.



Figur 4 Illustrasjon av feilratene til en komponent (Mannan and Lees, 2012)

3.5.4 Oppetid

Konsekvensen av utstys varierende kvalitet og regularitet går derfor også ut over oppetid i operasjon, noe som illustreres i Figur 5. Oppetid i drift (blå kurve) er lavest i starten etter en klassefornyelse, høyere og stabil etter hvert, og blir redusert igjen når feil inntreffer mot slutten av femårsperioden. Grønn kurve er mengden vedlikehold utført i femårsperioden. Merk at dette er en forenklet illustrasjon, både aksene og kurven vil være litt annerledes.



Figur 5 Grad av oppetid vs vedlikeholdsomfang for en tradisjonell klassemodell (Bearbeidet etter inspirasjon fra riggselskap presentasjon)

3.6 Oppsummering tradisjonell klassemodell

Det er ulike årsaker til at tradisjonell klassemodell har vært ugunstig. En klassefornyelse hvert femte år har betydd vesentlige summer i tapte inntekter for riggselskapene ved at innretningene har blitt tatt ut av drift. Mens klassefornyelsen pågår er innretningen utilgjengelig, det vil si at ved en langtidskontrakt og borekampanje må boringen settes på vent. I tillegg har ofte verftsoppholdene ført til store kostnadsoverskridelser. Ofte har overskridelsene oppstått på grunn av dårlig planlegging og strategi for oppholdet ved at ordinært vedlikehold ombord har blitt forskjøvet til landoppholdet for å redusere press på driftspersonell. Dette i kombinasjon med manglende tilstandsdata har medført at det har vært dårlig oversikt og kontroll over tilstand og underestimert av både tid og kostnader.

En klassefornyelse hvert femte år har vært gjennomført med stort prosjektomfang og tidkrevende overhalinger etter rigide og konservative krav fra klasseselskap/flaggstat, Ptil/sokkelstat og OEM. I mange tilfeller har forhåndsbestemte overhalingsintervaller medført overhalinger av velfungerende utstyr, med andre ord, det har vært overvedlikehold. Summen av unødvendige overhalinger og dårlig vedlikehold i drift har medført at regulariteten til innretningens utstyr og komponenter har vært svingende, noe som også har påvirket opptid i drift.

3.7 Omstilling og nedgangstider

Som i alle bransjer er det slik at i gode tider sløses det mer enn i knappe tider. Den dårlige tiden de siste årene har vært en pådriver til nytenking. Lavkonjunktoren har bidratt til at hele verdikjeden i olje- og gassnæringen har vært i endring. Når oljeselskapene har utviklet løsninger som gir mer effektive og smartere metoder for å spare penger, påvirker nå dette også riggselskapene.

Det er ikke lengre lønnsomt å drive en rigg. OPEX, kostnadene for å drive en boreinnretning er omtrent 150.000 USD/døgn, og med en dagrate som kunne være så lav som 100.000- 150.000 USD i nedgangstidene de siste årene, i motsetning til dagrater på 500.000- 600.000 USD i de gode tidene før dette, har det vært krevende å drive lønnsomt.

Med en dagrate som i dag ser ut som å holde seg på et lavere nivå som følge av besparelser i bransjen generelt, samt overforsyning av boreinnretninger i markedet, gjelder det for

riggselskapene å være konkurransedyktig for å overleve. En mer reell dagrate i dagens marked er omtrent 200.000- 300.000 USD.

Før en riggeier velger å kjøpe en ny boreinnretning er det som med alt annet som investeres i, ønskelig at investeringen skal gi en avkastning. For at det skal være en fornuftig investering, er avkastningen nødt til å være større enn avkastningen riggeier kunne hatt ved å heller sette pengene i fond. Når riggselskapene kjøper en boreinnretning består CAPEX for en ny boreinnretning av en byggekostnad i tillegg til en kostnad for å få innretningen i gang.

Netto inntekter for en femårsperiode er en fortjeneste som skal være med å dekke CAPEX for ny innretning (avskrives over 20 år) + CAPEX for hver femårssyklus og gi en avkastning til investorene.

Eksempel:

Fortjeneste per dag og for en femårsperiode (i M USD) med dagrate 200.000 USD (1) og 500.000 USD (2) og OPEX på 150.000 USD/dag (Tabell 3).

Tabell 3 Fortjeneste per dag og for en femårsperiode (M USD)

	Dagrate 1	Dagrate 2
Dag	0,05	0,35
5 År	91,25	638,7

CAPEX for klassefornyelsen skal avskrives i løpet av femårsperioden før neste klassefornyelse skal foretas. Sett bort fra finansielle kostnader som renter og lignende, er en klassefornyelseskostnad på 150 M USD dersom «fortjenesten» for en femårsperiode er 91,25 M USD, ikke nok til å dekke dette. I gode tider var ikke dette et problem. Med en dagrate på 500.000 USD og fortjeneste på 638,7 M USD i en femårsperiode er en CAPEX for klassing på 150 M USD ubetydelig i forhold. Riggeiere sitter etter femårsperioden fortsatt igjen med en fortjeneste på 488,7 M USD som kan benyttes til å dekke CAPEX for ny innretning og avkastning på investeringen.

Med bakgrunn i at det er andre tider, er det ikke lenger lønnsomt å drive rigg. Store klassekostnader og andre utfordringer med landligget hvert femte år, gjør at det nå er endring. På grunnlag av ineffektive metoder, utvikler og reviderer DNV GL stadig regelverket for å tillate

nye undersøkelsesarrangementer og metoder for klassefornyelse. Ulike alternative klasseundersøkelsesarrangementer kan benyttes dersom riggselskapene har tilhørende vedlikeholdsstrategier i sitt vedlikeholdsprogram. For å forstå hva som menes med dette vil det i kapittel 4 først være vedlikeholdsteori før de alternative klassifikasjonsmetodene beskrives i kapittel 5.

4 Vedlikeholdsteori

Kapittelet vedlikeholdsteori er ment som forhåndskunnskap før alternative metoder for klassefornyelse i kapittel 5 beskrives. Kapittelet er viktig fordi riggeiers valg av vedlikeholdsstrategi er med å bestemme hvordan klassefornyelsen kan foregå, men også for å belyse hvorfor valg av en optimal og riktig vedlikeholdsstrategi kan redusere risiko og være kostnadsbesparende.

Kapittel 4.1 definerer kort vedlikehold og hva det innebærer. Kapittel 4.2 beskriver ulike vedlikeholdsstrategier med tilhørende underkategorier der valg av vedlikeholdsstrategi, ulike vedlikeholdsprogrammer, samt metoder for utvikling av vedlikeholdsprogrammer, beskrives.

4.1 Vedlikehold

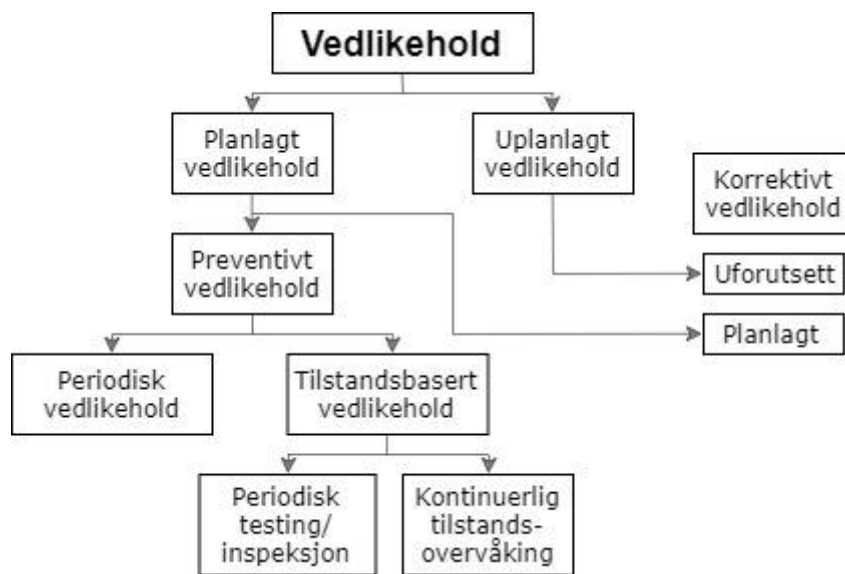
Generelt er vedlikehold definert som *«alle tekniske og administrative tiltak i løpet av bruksperioden for å opprettholde eller gjenopprette den nødvendige funksjonaliteten til et produkt eller en eiendel»* (Shin and Jun, 2015). Vedlikehold påvirker alle aspekter av virksomhetens effektivitet og risiko, inkludert sikkerhet, miljø, kvalitet og kundeservice (Idhammar et al., 1999). Særlig i olje- og gassindustrien er det strenge helse, miljø og sikkerhet (HMS)-reguleringer og ambisjonen er å sikre null ulykker, null personskader og ingen miljøskader (Panesar et al., 2008).

4.2 Vedlikeholdsstrategi

I henhold til Fiskaa (1991) kan vedlikehold inndeles i tre kategorier, enten planlagt preventivt (forebyggende) vedlikehold, planlagt korrektivt (forefallende) vedlikehold eller uplanlagt korrektivt (uforutsett) vedlikehold. Planlagt preventivt vedlikehold er en vedlikeholdsstrategi med hensikt å utføre vedlikehold eller overhaling før komponenten svikter. Planlagt korrektivt vedlikehold er når komponenten bevisst er i drift inntil den svikter. Når en enhet uforutsett svikter og må repareres er det uplanlagt korrektivt vedlikehold. Dette er også gjeldende dersom enheter svikter selv om det gjennomføres planlagt vedlikehold, og dette er sterkt uønsket og alvorlig i industrien. Ikke bare kan det være fare for HMS, men det kan være

tidkrevende dersom reservedeler ikke er tilgjengelig, og svært kostbart dersom dette bidrar til nedetid.

Planlagt preventivt vedlikehold kan enten være at vedlikehold skal utføres med periodisk bestemte intervaller eller i henhold til tilstand (Figur 6) (Fiskaa, 1991). Før en utredning av periodisk vedlikehold og tilstandsbasert vedlikehold i henholdsvis Kapittel 4.2.2 og 4.2.3, vil først valg av vedlikeholdstrategi presenteres i Kapittel 4.2.1.



Figur 6 Vedlikehold (Bearbeidet fra Fiskaa (1991)).

4.2.1 Valg av vedlikeholdstrategi

For bedrifter i olje- og gassindustrien bør vedlikeholdsstrategien i henhold til Panesar et al. (2008) sin studie bidra til å sikre høyest mulig HMS-nivå, regularitet og kostnadseffektivitet. Med høyest mulig HMS-nivåer menes at fasilitetene driftes og vedlikeholdes på en måte der risiko for HMS elimineres og/eller reduseres til et akseptabelt nivå. Oppnåelse av høyest mulig driftsregularitet kan oppnås ved optimal kapasitetsutnyttelse, minimere uplanlagt nedetid, minimere vedlikeholdsintervensjoner og uplanlagt vedlikehold.

En oppnåelse av kostnadseffektivitet betyr at ressurser utnyttes på best mulig måte, og utstyrssvikt som kan føre til produksjonstap eller som kan føre til høye reparerings- eller utskiftningskostnader må unngås, eller reduseres til et akseptabelt nivå. Før en vedlikeholdsstrategi skal utformes må tydelige akseptkriterier og mål bestemmes med hensyn

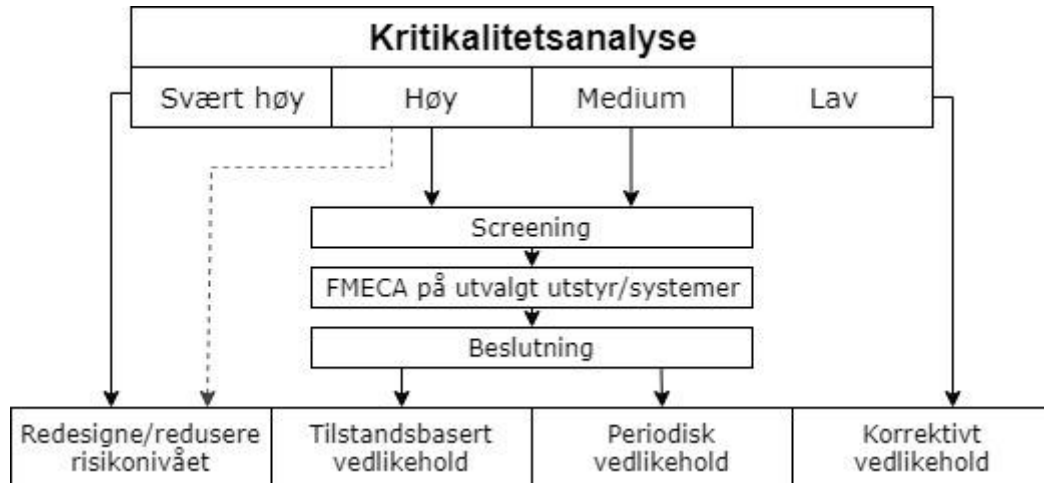
til disse tre hovedfaktorene. Veldefinerte vedlikeholdsmål er startpunktet for utvikling av vedlikeholdsstrategien.

Videre, for å utvikle vedlikeholdsprogrammet, må en kritikalitetsanalyse gjennomføres. Komponentenes kritikalitet kartlegges ved en analyse av konsekvensen dersom en enhet svikter. Komponentene sorteres i ulike kategorier basert på graden av konsekvenser, ofte kategorisert som svært høy, høy, medium, lav for de tre hovedfaktorene, HMS, driftsregularitet og kostnader. I tillegg må komponentenes grad av redundans også analyseres. Graden av redundans betyr hvilken påvirkning komponenten tilfører systemet dersom den svikter. Dersom ingen enheter kan svikte uten å påvirke funksjonen til systemet er redundansgraden høy. Dersom en enhet kan svikte uten å påvirke funksjonen er graden av redundans medium, mens dersom flere enheter kan svikte uten å forstyrre funksjonen er redundansen lav. Hensikten med kritikalitetsanalysen og graden av redundans er å etablere prioritering av vedlikeholdsoppgaver til vedlikeholdsprogrammet (Panesar et al., 2008).

Alle komponenter av svært høy risiko tillates ikke i driften, og må redesignes eller modifiseres til et akseptabelt risikonivå. Komponenter kategorisert med høy kritikalitet anbefales å ha en nøye utvalgt vedlikeholdsstrategi eller redesignes/modifiseres for å redusere risiko. For utstyr med medium risiko er det vanligvis anbefalt normale vedlikeholdsaktiviteter som planlagt preventivt (forebyggende) vedlikehold, mens utstyr kategorisert med lav kritikalitet ofte kan ha planlagt korrektivt vedlikehold, illustrert i Figur 7 (Panesar et al., 2008). I følge Shorten (2012) er det ingen fordel å opprettholde et nivå av pålitelighet som ikke er nødvendig eller tilfører kostnader for virksomheten.

Videre, for å bestemme preventivt vedlikeholdsprogram for kategoriene høy og medium, foretas en screening av komponentene eller utstyret, og en feilmodi-, effekt- og kritikalitetsanalyse (FMECA) utføres dersom nødvendig (Panesar et al., 2008). FMECA er en måte å evaluere potensielle feilmoduser og tilhørende effekter og kritikalitet på en systematisk og strukturert måte. Feilmoduser betyr måter noe kan mislykkes på. Effektanalyse refererer til å studere konsekvensene av disse feilene, og deretter estimere risikoen knyttet til forekomsten av disse feilene med en kritikalitetsanalyse (Yssaad et al., 2014). Det betyr å ta en vurdering av hvilken vedlikeholdsplan som vil være egnet, basert på den underliggende risikoen som en eventuell svikt representerer. Vedlikeholdsprogrammene bestemmes enten ved beste praksis

eller anbefalinger fra leverandører, myndigheter og bedrifter eller lignende (Panesar et al., 2008).



Figur 7 Valg av vedlikeholdstrategi (Bearbeidet fra Panesar et al., (2008))

I kapittel 4.2.4 presenteres to ulike metoder for å utvikle et vedlikeholdsprogram. Disse er inkludert fordi i kapittel 5 har disse har en stor rolle når det diskuteres ulike vedlikeholdsprogrammer riggselskapene kan ha i forbindelse med klassefornyelsen.

4.2.2 Periodisk vedlikehold

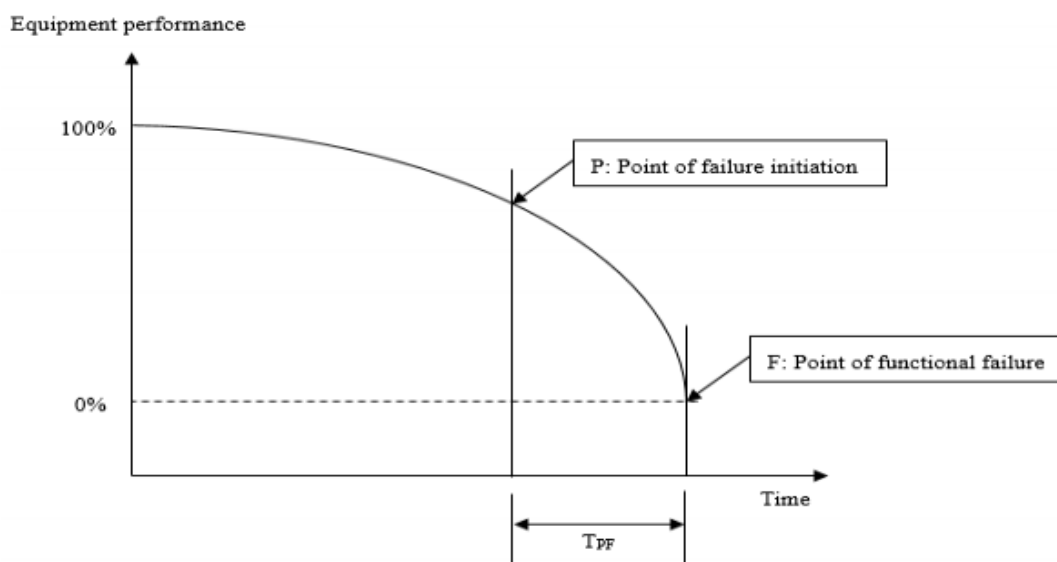
Periodisk vedlikehold er vedlikehold som utføres enten etter faste tider som dager eller måneder, eller etter antall driftstimer enheten har vært i bruk. Felles er at vedlikeholdsintervallene er forhåndsbestemt, og fastsettes slik at intervallet ikke skal være for kort, men heller ikke for sent, det vil si etter en skadeutvikling har kommet langt, eller at svikt inntreffer. Til fastsetting av intervallene brukes OEM sine anbefalinger, praktiske erfaringer, statistiske erfaringer eller klasseperiodens lengde. For enheter underlagt dette vedlikeholdsregimet, vil alle inngrep være relativt omfattende fordi man skal inspisere, overhale, reparere eller skifte ut komponenter og lignende (Fiskaa,1991).

4.2.3 Tilstandsbasert vedlikehold

Tilstandsbasert vedlikehold (CBM) er en forebyggende vedlikeholdsstrategi der vedlikeholdsbeslutningene er basert på informasjonen samlet fra tilstandsovervåking (Jardine et al., 2006).

Tilstandsovervåking defineres som “the process of monitoring a parameter of condition in machinery, such that a significant change is indicative of a developing failure” (Wiggelinkhuizen et al., 2003). Med tilstandsovervåking kan utstyrets status bestemmes uten å måtte demontere eller åpne utstyret fordi metoden gjør det mulig å spore signifikante endringer i utstyret eller maskineriet som en begynnende skadeutvikling (DNV GL, 2018a).

Tilstandsovervåkingen kan enten gjøres periodisk (offline) eller kontinuerlig (online), der offline overvåking er bærbart måleutstyr og prøvetakingssystemer som er avhengig av manuell innsamling av informasjon og data. Online overvåking er faste installerte systemer samler inn informasjon og data fra sensorer uten eller med minimal menneskelig interaksjon. All data og informasjon samles vanligvis inn i en database, og hver betingelsesparameter måles kontinuerlig, noe som gjør at tilstanden måles enklere og mer nøyaktig (DNV GL, 2015). Driftsstatus vil sammenlignes med en referansestatus, vanligvis så god som ny, for å bestemme avviket fra denne. Maskiner og utstyr vil ikke berøres når tilstanden er god, og dersom disse er i ferd med å svikte, altså at utstyrstilstanden er funnet å være uakseptabel/under grenseverdien, vil det holdes et større fokus på disse og de vil overhales før svikt (DNV GL, 2018a). Tidsperioden fra man oppdager endring til svikt kalles PF intervallet (Figur 8).



Figur 8 PF intervallet (Rausand, 1998)

Det skilles mellom tilstandsovervåking for statisk mekanisk utstyr og dynamiske maskiner. For å avdekke overflateskader og innvendige skader på statiske strukturer og komponenter uten å påføre skader, brukes det som kalles ikke-ødeleggende utprøving (Non-Destructive testing) forkortet til NDT-testing (Hands and Armitt, 1998). Eksempler på ulike NDT-teknikker er enten visuelt, eller ved bruk av eksempelvis radiografi, ultralyd, akustikk, og lekkasjeutprøving. Ulike teknikker har ulike formål og egenskaper, blant annet å kunne oppdage korrosjon, erosjon, sprekker, lekkasjer og andre forringelser som tørtthetsskader (Hands and Armitt, 1998). Tilstandsovervåkingsdata for dynamisk utstyr kan være eksempelvis vibrasjonsdata, akustikk- og ultralydanalyser, oljeanalyser og infrarød termografi. Online tilstandsovervåking er i dag mest brukt på roterende utstyr med hensyn til vibrasjonsovervåking (DNV GL, 2015). I praksis kan dette forstås ved at roterende maskiner som fungerer normalt har en bestemt vibrasjonssignatur. Dersom vesentlige variasjoner oppstår kan instrumenter detektere dette og advare om uregelmessigheter (Hastings, 2010). Tilstandsbasert vedlikehold er en god løsning der produktsvikt forårsaker stort tap (Shin and Jun, 2015).

Benytte sensordata

Metoden består av tre trinn: Datainnsamling, databehandling og beslutningstaking. Diagnostikk og prognostikk er to viktige aspekter (Jardine et al., 2006).

Først må en metode for å utføre datainnsamling, dataanalyser, beslutninger og handlinger bestemmes. For dataoverføringen mellom ulike sensorer og database/vertsdatamaskin er det nødvendig å identifisere hvilken datatransmisjonstype (tråd eller trådløs) som er effektiv med hensyn til kostnad og pålitelighet (Shin and Jun, 2015).

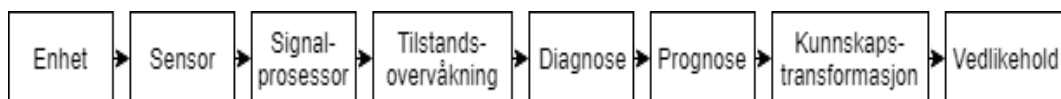
I henhold Vachtsevanos et al. (2006) er sensordata fundamentale for diagnoser og prognoser av svikt. Men for å utnytte dataene som samles, må disse behandles hensiktsmessig da dataene sjeldent er nyttig som råmateriale. Dataene må derfor være forbehandlet, det vil si filtrert, komprimert, korrelert og så videre for å fjerne støy, slik at karakteriske egenskaper og indikatorer for hendelsene som er ønskelig å oppdage, isolere og forutsi tidsutviklingen av, kan bemerkes. Videre må sensoren som leverer dataene verifiseres, det vil si at sensorene i seg selv ikke er utsatt for forstyrrelser.

Forutsetningene ved å implementere CBM er at det må utvikles et nivå av modellering eller beslutningsstrategi (Shin and Jun, 2015). For selve analysen er det nødvendig å utvikle en

algoritme som vurderer adferd og nedbrytningsnivå av utstyret eller komponenten, og forutsetter gjenværende levetid (Shin and Jun, 2015). Når sensordataene er forbehandlet må egenskaper og signatur både for normaltilstanden og svikt trekkes ut, slik at både nøyaktig og tidsriktig diagnose av feilmoduser kan stilles. Disse dataene er grunnleggende inngangsdata i algoritmene for å detektere feil (Vachtsevanos et al., 2006).

Prosedyre for CBM fremstilles i Figur 9 og kan oppsummeres i henhold til Shin and Jun (2015) som følgende:

- (1) Samle produktstatusdata og overvåking
- (2) Gjøre en diagnose av en produktstatus i sanntid
- (3) Estimere produktets forringelsesnivå, reparasjonskostnad som avhenger av forringelsesnivået, eller erstatningskostnad og så videre
- (4) Forutsi tidspunktet for produktets uregelmessigheter
- (5) Utføre passende handlinger som reparasjon, erstatning eller bruk som den er



Figur 9 Prosedyre for CBM. (Shin and Jun, 2015)

Utvikling innen CBM

Konseptet CBM har vært introdusert i noen tiår, men har nylig blitt fremhevet i næringer i henhold til utviklingen av ny informasjons- og kommunikasjonsteknologi (IKT) (Shin and Jun, 2015). Stor utvikling innen IKT har medført en akselerert vekst i CBM-teknologiområdet ved å muliggjøre bedre og billigere sensorer, nettverksbåndbredde, datainnsamling, dataanalyse og beslutningsstøttemuligheter for store datasett av tidsseriedata. Dette betyr at en kan samle inn informasjon om produktstatus og brukerdata relatert til distribusjon av rute, bruksforhold, svikt, vedlikehold eller servicehendelser, og så videre. Disse dataene gjør det mulig å diagnostisere nedbrytningsstatusen til produktet på en mer nøyaktig måte. Med dette kan en

gjøre en diagnose av produktstatus, forutsi produktets avvik og utføre proaktivt vedlikehold (Shin and Jun, 2015).

Fordeler med tilstandsbasert vedlikehold

Repareringsbeslutninger er basert på maskinens tilstand i motsetning til kalenderen. Det vil gi betydeligere optimaliserte vedlikeholdsintervaller i motsetning til kun basert på utstyrproduzentens anbefalinger. Med denne metoden utføres vedlikehold når det er nødvendig, og det er en potensielt mer kostnadseffektiv løsning på grunn av mindre sløseri av reservedeler. En tidlig oppdagelse av en potensiell svikt gir et lengre planleggingsintervall med hensyn til å bestemme reparasjonsdeler, verktøy og arbeidskompetanse som trengs for reparasjonen. Dette gir en større forutsigbarhet både med hensyn til tiden reparasjonen vil ta og det kan planlegges i forhold til driftsplanen, noe som vil gi et minimum av nedetid for reparasjonen som skal gjøres. Resultatet er større pålitelighet, og det kan oppnås null uplanlagte vedlikeholdshendelser ved å få tidlig varsel om uregelmessigheter og tiltak kan iverksettes før svikt. Resultatet sies å gi en større andel oppetid (DNV GL, 2018)

Det er flere som setter lys på dette. I henhold til Shin and Jun (2015) vil sanntidsinformasjon i drift kunne bidra til unngåelse av kritiske feil ved å få mer nøyaktig sanntidsinformasjon. Videre hevder Idhammar et al. (1999) at tilstandsbasert vedlikehold omtrent alltid rimeligere og mer effektiv enn forhåndsbestemte vedlikeholdsintervaller. Dette effekten kan ses fordi en reduksjon i vedlikeholdsbudsjettene kan være et resultat av unngåelse unødvendig vedlikehold og vedlikeholdet kan planlegges mer effektivt (Shin and Jun, 2015).

Utfordringer/begrensinger

Til tross for en rekke fordeler, følger også noen begrensninger. Investeringskostnaden for tilstandsbasert vedlikehold er vanligvis høy (Shin and Jun, 2015). Implementering krever også i tillegg til investering i maskinvaren, opplæring av ansatte. Totalsummen er høy (Shin and Jun, 2015). Andre utfordringer er problemer knyttet til å implementere tilstandsovervåking i sanntid er sensordatakvalitet, støy og detaljnivå av sensordata, datatilgjengelighet, trådløst kommunikasjonsproblem, hyppigheten av diagnostikk og prognoser, og så videre. Et annet problem er der det finnes få eller ingen tidligere data. Dette gjelder særlig for nye systemer hvor ingen feildata eller vedlikeholdsinformasjon finnes (Shin and Jun, 2015). Et annet problem ifølge Shin and Jun (2015) er at besparelspotensialet sjeldent klarer å ses fra ledelsens

synspunkt. Teknologene og de tekniske metodene med er fortsatt på et tidlig stadium, noe som betyr at det er noen begrensninger for å sikre at diagnostikk og prognoser er nøyaktig.

4.2.4 Risikobasert vedlikehold

Risikobasert vedlikehold er en vanlig betegnelse som brukes til å utlede en vedlikeholdsplan (inspeksjon, testing, reparasjon/erstatning) basert på den underliggende risikoen som en komponents svikt representerer (DNV GL, 2017). Vanlige metoder er pålitelighetssentrert vedlikehold (RCM), og risikobasert inspeksjon (RBI). For statisk utstyr brukes begrepet RBI. For dynamisk utstyr blir RCM ofte brukt som en metode (DNV GL, 2017).

Pålitelighetssentrert vedlikehold

RCM er et rammeverk som kombinerer ulike vedlikeholdsstrategier. Dette er inkludert periodisk vedlikehold, tilstandsbasert vedlikehold, «run to failure» og proaktive vedlikeholds-metoder på en integrert måte for å øke sannsynligheten for at et system eller en komponent vil fungere på den påkrevde måten i driftskontekst over livssyklusen (Siddiqui and Ben-Daya, 2009). Hovedmålet med RCM å fokusere på de viktigste funksjonene i systemet og samtidig gi den nødvendige påliteligheten, sikkerheten og tilgjengeligheten til lavest pris (Selvik and Aven, 2011, Siddiqui and Ben-Daya, 2009, Yssaad et al., 2014,). Med dette betyr det at RCM kan brukes til å bestemme det optimale vedlikeholdsprogrammet, ved å hindre unødvendig vedlikehold. Det er en bevist og effektiv strategi både når det gjelder driftseffektivitet og kostnadseffektivitet (Siddiqui and Ben-Daya, 2009)

Til å utføre en RCM-analyse gjøres en FMECA. Basert på risikovurderingen velges en vedlikeholdstype og vedlikeholdsintervaller. RCM omhandler også implementering og kontinuerlig forbedring av programmet underveis i driftsfase (Yssaad et al., 2014). Målet med RCM i boreindustrien er å redusere nedetid. Ved bruk av RCM kan intervallet mellom forebyggende vedlikehold forlenges samtidig som å identifisere begynnende skadeutvikling før det vil påvirke driften (Breland et al., 2010). RCM krever at vedlikeholdsbeslutninger er basert på klare vedlikeholds krav som kan støttes av god teknisk og økonomisk begrunnelse (Siddiqui and Ben-Daya, 2009). Betydelige kostnadsbesparende fordeler ved å skifte fra tidsbestemt til mer tilstandsbasert vedlikehold er ifølge Siddiqui og Ben-Saya, 2009 reduksjon av reservedel-bruk, bedre sikkerhets- og miljøforhold, driftsresultat og en stor informasjonsdatabase som øker nivået på ferdigheter og teknisk kunnskap (Siddiqui and Ben-Daya, 2009).

Risikobasert inspeksjon

RBI er et rasjonelt og kostnadseffektivt beslutningsrammeverk for å bestemme hvor man skal inspisere, hva man skal inspisere, hvordan man skal inspisere og når man skal inspisere (Figur 10), samtidig som man sikrer og dokumenterer at kravene med hensyn til sikkerheten til personell og miljø oppfylles (Goyet et al., 2013). Det er en integrert metode som bruker risiko som grunnlag for prioritering og styring av et inspeksjonsprogram for utstyr ved å kombinere sannsynligheten for feil og konsekvensen av feil.



Figur 10 Risikobasert inspeksjon. Bearbeidet fra DNV GL (2016)

DEL 4

5 Alternative metoder for klassefornyelsen

I kapittel 5 beskrives alternative metoder for klassefornyelsen som kan utføres mens boreinnretningene er i operasjon. Først er det en innledning til metodene, før det i likhet med kapittel 3 (tradisjonell modell) blir beskrevet hvordan klassefornyelsen foretas for kategoriene maskineri og systemer, og deretter skrog og strukturer. Hva metoden er, hvilke krav metoden har og tilhørende fordeler beskrives. I siste del av kapitlet blir OEM sine justerte krav belyst, og tilslutt hvordan det må planlegges for gjennomføring av klasseaktiviteter offshore.

5.1 Innledning

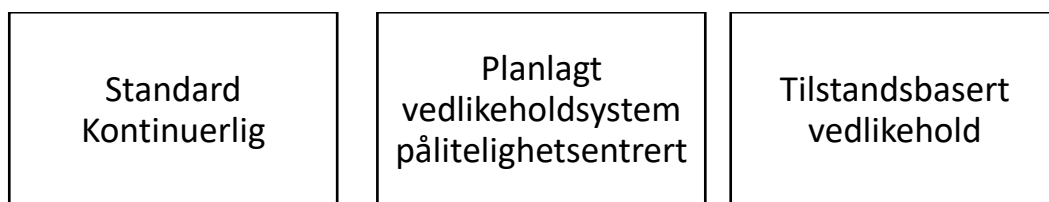
Siden påliteligheten til maskiner er kritisk for suksess, har Shorten (2012) stilt spørsmål om hvorfor det ikke tidligere har vært større vilje til å utarbeide en optimal vedlikeholdsstrategi basert på maskinenes behov, i motsetning til tidsplaner gitt av utstysprodusenten. Han hevder at classeselskapene har hatt liten forståelse og kunnskap om tilstandsbaserte undersøkelser, og av denne grunn har det ikke blitt verifisert som en godkjent inspeksjonsmetode for klassefornyelse. Demontering og åpning av utstyr har vært normen, men har faktisk ikke vært foreskrevet av forskrifter. Regler har blitt utviklet, og som igjen har tolkes som at fysisk inspeksjon må utføres (Shorten, 2012). Dette har nå blitt endret.

I DNV GL sitt reviderte regelverk publisert januar 2018 (DNV GL, 2018a), er det flere mulige undersøkelsesarrangementer og metoder som kan brukes for å fornye klassen til utstyr og systemer på innretningen, i motsetning til de som ble beskrevet for tradisjonell modell. Enkelte av arrangementene i regelverket har eksistert i noen år, men har nylig blitt revidert, mens andre er nye. Selv om noen av arrangementene har eksistert en stund, er det ikke mange riggeiere som har endret strategier enda. Et fellestrekk for det som er nytt er at det tillates å bruke ny teknologi for testing og inspeksjon, som inkluderer innsamling av sensordata og bruk av dataanalyse til å sikre at flyttbare innretninger overholder regler og standarder, og er i riktig stand i henhold til sine classesertifikater. Aktiviteter kan utføres kontinuerlig på lokasjon mens innretningen er i drift (kontinuerlig klassing), ved at riggeiere kan nyttiggjøre seg av individuelle vedlikeholdsaktiviteter som en del av inspeksjonen som classeselskapet vanligvis gjør, istedenfor omfattende inspeksjoner som utføres av classeselskapet i tillegg til ordinært vedlikehold.

Målet med konseptet er ifølge DNV GL at det skal effektivisere klassefornyelsen, være mer fleksibelt for riggeierne, gi mindre nedetid for innretningene, samt bedre utnyttelse av ressurser. I påfølgende delkapitler (5.2 og 5.3) vil disse ulike arrangementene og metodene for å klasse riggene presenteres for tilhørende kategorier, først maskineri og systemer, deretter skrog og strukturer.

5.2 Maskineri og systemer

Figur 11 viser ulike undersøkelsesarrangementer som er tilgjengelig for maskineri og systemer i tillegg til standard- og PMS-undersøkelsesarrangementene som forklart i kapittel 3 tradisjonell modell. Arrangementene kan tilpasses de spesifikke behovene. Undersøkelsesarrangementet standard kontinuerlig til venstre i Figur 11 presenteres først, og har vært en stund i regelverket. De to resterende er oppdatert i det reviderte regelverket, og inkluderer nå bruk av sensor eller andre teknologier for tilstandsmåling. Videre vil det gjennomgås hva de forskjellige undersøkelsesarrangementene er, og hvilke krav som stilles for å ha arrangementet.



Figur 11 Undersøkelsesarrangementer for maskineri og systemer

5.2.1 Standard kontinuerlig - undersøkelsesarrangement

Et standard kontinuerlig undersøkelsesarrangement er et arrangement der systemene og komponentene har separate undersøkelser med intervall på 5 år. 20 % av undersøkelsesomfanget skal utføres hvert år, og alt må utføres minst en gang hver femårsperiode. Metodene er tilsvarende som for tradisjonell klassefornyelse, men halvparten av alle maskinkomponentundersøkelsene, for komponenter der det er mer enn én, kan krediteres basert på dokumentert vedlikehold fra teknisk sjef. Unntak er komplette hovedmotorer og motorer i et DYNPOS-

system. Klasseinspektøren kan kreve en ny undersøkelse av elementer som er undersøkt av teknisk sjef dersom det anses som nødvendig.

Undersøkelsesarrangementene videre er arrangementer som også gir kontinuerlig aktivitet for klassingen, men med optimale og tilpassede intervaller.

5.2.2 PMS RCM - undersøkelsesarrangement

Planlagt vedlikeholdssystem - pålitelighetssentrert (PMS RCM) undersøkelsesarrangement er basert på en proaktiv vedlikeholdsmetode og med fokus på eiers evne til å gjøre vedlikeholdsaktiviteter når det er nødvendig. Dette er et mer avansert arrangement enn PMS som hovedsakelig er basert på anbefalinger fra OEM. Med PMS RCM vil vedlikeholdsoppgaver bestemmes ved en kombinasjon av vedlikeholdsanbefalinger fra OEM, operasjonell erfaring og/eller RCM analyse (ref. kap. 5.4 RCM analyse). Vedlikeholdsoppgaver og intervaller kan være basert historikk fra innsamlet data og resultater fra dataanalyser. Sensordata eller andre data og informasjon kan analyseres og brukes som en del av prosessene for å oppdage, diagnostisere, forutse feil og avgjøre riktige vedlikeholdsoppgaver.

Krav til å ha PMS RCM

For å implementere PMS RCM undersøkelsesarrangementet kreves det at organisasjonen har vedlikeholdsressurser som personell, materialer og utstyr til enhver tid. I tillegg må det være tilstrekkelig teknisk kompetanse for å sørge for at påkrevd vedlikeholdsnivå ivaretas. Dette innebærer å ha et kvalitetstyringssystem med en ansvarlig person til å gjøre tilsyn og verifisere arbeidet, og sikre riktig gjennomføring i henhold til undersøkelsesarrangementet. Den ansvarlige personen skal være faglig kvalifisert med dokumenterte kvalifikasjoner og ferdigheter knyttet til teknisk drift og vedlikehold av gjeldende maskineri og utstyr.

En kontinuerlig forbedringsprosess skal implementeres for å kunne verifisere at de gitte vedlikeholdsoppgavene og tilhørende intervaller utføres i henhold til krav. Vedlikeholdsanalysen skal evaluere tilgjengelige vedlikeholdsdata, og basert på en valgt vedlikeholdsstrategi tilordne passende forebyggende vedlikeholdsoppgaver med optimale intervaller. Vedlikeholdsanalysen skal også identifisere og bestemme spesifikk informasjon og nødvendige ressurser for hvert element som krever vedlikehold.

Opprettholde klassen

Først må systemet godkjennes for å være tilfredsstillende av klasseselskapet. Deretter for opprettholdelse av klassen vil klasseselskapet evaluere riggeiers kontinuerlige forbedringsprosesser og gjør en revisjon av vedlikehold, testing og inspeksjonshistorie i CMMS. De vil sikre at de godkjente og implementerte prosedyrene oppfylles, og at det viser sporbare forbedringer. Inspektøren kan gjøre generell visuell undersøkelse samt utføre tester av sikkerhetsfunksjoner dersom det ses som nødvendig.

Fordeler med PMS RCM

Ved å bruke RCM i det planlagte vedlikeholdssystemet inkluderes også erfaring av de faktiske forholdene som utstyret blir utsatt for i tillegg til vedlikeholdsanbefalingene fra OEM. OEM sine anbefalinger alene er ofte konservative og ikke er tatt i betraktning faktisk forhold, men kun basert på estimer av design og foreslått drift. Når en har erfaring med utstyret, og ved hjelp av veletablert RCM-metodikk fokuserer vedlikeholdet på utstyrets faktiske tilstand og funksjonens risikopåvirkning. Med dette kan vedlikeholdsaktivitetene optimaliseres basert på kostnad, pålitelighet av utstyr og risikopåvirkning.

5.2.3 CBM - undersøkelsesarrangement

For å benytte CBM undersøkelsesarrangementet kreves det at riggeier har implementert et tilstandsbasert vedlikeholdsprogram for gjeldende utstyr og systemer. CBM kan brukes på alle komponenter i enhetens klasse, det vil si også på tilleggsnotasjoner. Vedlikeholdet utføres i henhold til en vedlikeholdsanalyse og utstyrets tilstand som et alternativ til vedlikehold med faste intervaller. Det vil si at riggeier kun vedlikeholder og overhaler komponenter i henhold til tilstandskontrollen. Vedlikeholdsanalysen gjøres basert på analyser av data fra aktuelt utstyr kombinert med resultater fra inspeksjoner og/eller tester. Det er flere teknologier, eksempelvis vibrasjonssensorer, oljeanalyse, infrarød termografi, akustikk og ultralydanalyse som kan brukes separat eller i kombinasjon for å utvikle og optimalisere det mest effektive overvåkingsprogrammet. I tiden med stor utvikling i IKT kan sensordata, annen data og informasjon innsamlet fra innretningen brukes til å bestemme optimale løsninger og muliggjør mer sanntids og veldokumenterte beslutninger. Det er ingen grense for hvilke tilstands- overvåkingsteknologier som benyttes, så lenge det kan godkjennes av klasseselskapet.

Krav til CBM klassegodkjennelse

For å ha arrangementet kreves en godkjent tjenesteleverandør som samler data, analyserer og bestemmer tilstanden til utstyret. En godkjenningsprosess fra leverandøren gjennomføres for å verifisere prosedyrene, kompetansen og ressursene til selskapet. Sensordata beregnet for anvendelse på klasserelevant utstyr og systemer skal være kvalitetssikret. Denne prosessen inkluderer verifisering og validering utført av klasseselskapet. I tillegg skal personell om bord som utfører målinger eller prøvetaking ha tilstrekkelig kompetanse og dokumentert opplæring for arbeidets omfang. Riggeier må også kunne dokumentere vedlikeholdsstrategi og overvåkingmetoder, tilstanden til aktuelt maskineri og utstyr, med tilhørende akseptkriterier. I tillegg kreves det at riggeier innehar et godkjent CMMS program.

Opprettholdelse av klassen

En årlig revisjon av komponentenes historikk i CMMS utføres om bord for å verifisere at vilkårene for å opprettholde undersøkelsesarrangementet er oppfylt. Denne revisjonen erstatter ordinær klassefornyelsesundersøkelse av maskiner og komponenter som inngår i tilstandsbasert vedlikeholdsplan. Hvis det ikke er godt demonstrert at systemet er riktig betjent, og at det er med på å ivareta enhetens tekniske integritetsnivå, kan det være nødvendig med åpning eller testing enheten.

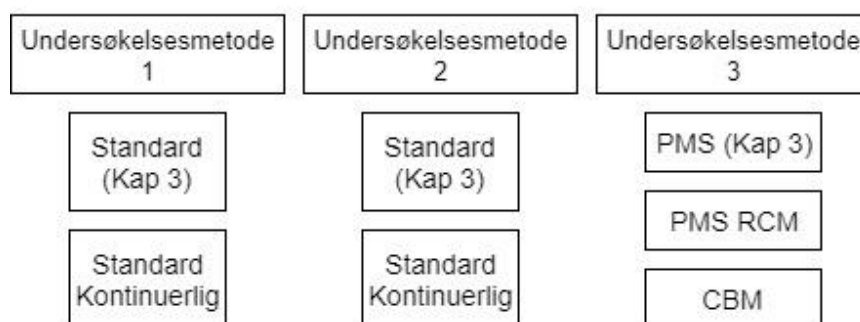
Fordeler med CBM

Ved å implementere CBM utføres vedlikehold når det er nødvendig, istedenfor vedlikehold og overhaling til fastsatte tider. Vedlikehold og overhalinger til forhåndsbestemte tider vil i mange tilfeller føre til unødvendige forstyrrelser og overhalinger. Gjøres dokumentasjon og vedlikeholdet tilstrekkelig, godkjennes disse aktivitetene som opprettholdelse av klassen. Et vellykket system vil gi et kostnadseffektivt vedlikehold og redusert nedetid. Et velfungerende overvåkingssystem gjør at både riggeier og inspektør ikke trenger å overhale maskineri for å undersøke tilstanden, men kan istedenfor se historikk i CMMS. Dette vil spare riggeiere for mye tid.

5.2.4 Undersøkellesmetoder for maskineri og systemer

Oppsummering av hvilke undersøkelsesmetoder maskineri og systemer kan ha, og hvilke av undersøkelsesmetodene som er gjeldende for hvilke undersøkelsesarrangement kan ses i Figur 12.

- Undersøkelse 1: Overhaling og funksjonstesting og/eller trykkprøving utføres der det er relevant
- Undersøkelse 2: Visuell undersøkelse uten overhaling, men ytelsestest skal utføres.
- Undersøkelse 3: Revisjon av vedlikehold/tester/inspeksjonshistorie i CMMS. Generell visuell undersøkelse og testing av sikkerhetsfunksjoner dersom nødvendig.



Figur 12 Undersøkelsesarrangementer og tilhørende undersøkelsesmetoder

5.3 Skrog og strukturer

Skrog og strukturer kan være krevende å klasse offshore. Men følgende metoder vil muliggjøre dette.

For å slippe å måtte demontere utstyr og fysisk se etter har ny og bedre teknologi gjort det mulig å inspisere og fastslå tilstand. Eksempler på teknologi er boroskopi og ny ultralyd-teknologi (lydbølger). Utvikling i ultralydteknologi gjør at en kan se gjennom 40-50 cm tykt stål, der det for få år siden bare var 20 cm.

5.3.1 Undersøkelsesmetoder

Som et alternativ til en tradisjonell klassefornyelse der alt inspiseres hvert femte år, kan skrog og strukturer klasses kontinuerlig, der 20 % av omfanget klasses hvert år av klasseinspektør. Riggan kan inndeles i eksempelvis fire soner, et område klasses hvert år og det femte året kan benyttes til å utføre eventuelle reparasjoner.

Det er nylig åpnet opp for at riggeier selv kan ta del i inspeksjonene. Delt strukturell inspeksjon (SSI) betyr at omfanget kan fordeles mellom eier og klasseinspektør. Eier kan utføre opptil 50 % av omfanget uten involvering av klasseselskapet. Personell må være sertifisert og utførte inspeksjoner må dokumenteres.

Fordeler med SSI

For gjennomføring av en klassefornyelse av skrog og strukturer offshore kreves planlegging og mobilisering av både inspektører fra klasseselskapet og innretningens mannskap for å utføre undersøkelsen. Det kan være utfordringer i planleggingen, og ved endringer i driften må planlagte undersøkelsesaktiviteter enten må forskyves eller kanselleres. Med SSI åpner det for en enklere logistikk ved at inspeksjonene utføres når det passer med driften, noe som gir eier mer fleksibilitet, kontroll, kortere mobiliseringstid, og bedre utnyttelse av ressurser og drift.

Inspeksjon av krevende områder

Et skrog er omfattende og tidkrevende å inspisere da det må rigges opp stillas, stiger og sikringer. Ved å benytte droner utstyrt med kamera vil inspeksjonene kunne utføres raskere og områder som bør undersøkes nærmere kan identifiseres. Samtidig vil det være sikrere, siden mange av områdene kan være krevende, trange og vanskelig entre. En klasseinspektør styrer dronen mens en annen ser video i sanntid. Ved å ta i bruk droner vil det være et potensial for å kunne redusere både tid, kostnader og risikoen til inspektørene. Forberedelsene før undersøkelsen vil også reduseres, noe som gjør at undersøkelsene kan gjennomføres på kort varsel. Til inspeksjon av skrog og strukturer under vannlinjen og innvendig i tanker kan ROV (Remotely operated vehicle) utstyrt med kamera muliggjøre at dette kan inspiseres offshore for å slippe å ta innretningen inn til land og eventuelt i tørrdokka.

5.3.2 Omfang skrog og struktur

Et standard IIP program som beskrevet i kapittel 3 kan erstattes med et RBI program (ref. kap. 4.2.4 RBI) for et skreddersydd inspeksjonsomfang. RBI er en kvantitativ, probabilitisk tilnærming hvor usikkerhetene med hensyn til de forskjellige parameterne som påvirker nedbrytning, det vil si utmatting, belegg, korrosjon og slitasje, analyseres for å bestemme inspeksjonsintervaller som sikrer at nødvendig sikkerhetsnivå skal opprettholdes.

Opprettholdelse av klasse

Undersøkelserplaner som har en probabilistisk tilnærming må kontinuerlig oppdateres basert på resultatene fra siste undersøkelse.

Fordeler RBI program

Fordelene med å implementere et RBI program er at det vil kunne gi et kostnadseffektivt og optimalisert inspeksjonsprogram. I stedet for å måtte inspisere alt, blir det heller fokusert på viktige områder. Ved å innføre nye, og mer detaljerte analyser av kritiske områder vil det gi større pålitelighet til den strukturelle integriteten. Vanlig IIP er basert på designkalkulasjoner og er vanligvis ikke presist nok. Et optimalisert inspeksjonsprogram tar hensyn til utmatting, inspeksjonshistorikk og nåværende tilstand.

5.3.3 Dataanalyser

En moderne flyttbar innretning genererer store mengder data fra ulike sensorer hver dag. Disse dataene kan med dataanalyser benyttes til å gi innsikt i tilstand. Eksempelvis kan data fra innretningens posisjon og historisk værdata, og overvåking av innretningens bevegelse som fart, forflytning og akselerasjon fra installerte sensorer brukes som dynamisk input til modeller som beregner akkumulert skade, og en kan finne påvirkningen marine strukturer har fra bølger og bevegelser. Beregningsresultatene fra dataanalysen kan benyttes til å gi forbedret ytelsesinnsikt, noe som kan gi forbedret grunnlag for planlegging av inspeksjoner og til planlegging av levetidsforlengelse, eller for utskifting.

5.4 Digitalisering

Revidert regelverk legger til rette for digitalisering av driften. Det kan medføre til eksterne, kontorbaserte undersøkelser. Data fra CMMS, kontrollsystemer og prosessert data fra installerte sensorer kan samles i en database. Dersom dette blir en realitet kan DNV GL godkjenne at utstyr, maskineri og lignende er i tilfredsstillende stand og opprettholder klassen ved å overvåke fra land. Resultatet av dette er at verifikasjon av tilstand kan gjøres når som helst uten å forstyrre driften, og reduserer både kostnader og reisetid.

5.5 Oppsummering alternative klassefornyelsesmetoder

Ved alternative arrangementer for klassefornyelse vil alle aktivitetene kunne spres utover femårssyklusen istedenfor at det skal være totalundersøkelse hvert femte år. Det vil være en regelmessig aktivitet både på hovedklassen og på tilleggsnotasjoner mens innretningen fortsatt opererer i feltet.

Maskineri og systemer

I motsetning til å kun å basere seg på vedlikeholdsanbefalinger fra OEM slik som ordinær PMS, kan det i tillegg utføres risikovurderinger for å inkludere flere parametere som er viktig for å finne en riktig og tilpasset vedlikeholdsstrategi, altså PMS RCM. Videre vil vedlikehold og overhaling av komponenter med CBM utføres i henhold til tilstandskontrollen. Sensordata, annen data og informasjon innsamlet fra innretningen kan brukes til å bestemme optimale løsninger, og muliggjør mer sanntids- og veldokumenterte beslutninger. Det er ingen grense for hvilke tilstandsovervåkningsteknologier som benyttes, så lenge det kan godkjennes av klasse-selskapet. Med PMS RCM og CBM kan inspeksjons- og overhalingsintervallene eventuelt forlenges, noe som gir redusert overhaling/utskifting av velfungerende utstyr, samt at allerede utførte inspeksjoner, tester og vedlikehold kan få klassegodkjennelse basert på historikk og dokumentasjon i CMMS dersom det er verifisert at utstyret fortsatt er velfungerende.

Skrog og strukturer

Det er mange metoder for å kunne klasse skrog og struktur. Alternative metoder for klassefornyelse av skrog og strukturer kan optimalisere og effektivisere inspeksjonene ved å velge en eller flere av nevnte metoder. Med arrangementet kontinuerlig kan omfanget deles i fire soner og klasse et område per år, der opptil 50 % av undersøkelsesomfanget kan utføres av eget sertifisert personell.

Ved å implementere et RBI program, vil områdene som karakteriseres som kritiske fokuseres mest på, istedenfor tradisjonell, basis IIP der alt må inspiseres til bestemte intervaller. De resterende elementene behøver mindre eller ingen oppmerksomhet. Metoden kan medføre riktigere omfang av inspeksjoner og muligens forlenge inspeksjonsintervallene. Med SSI kan eier kan ta del i inspeksjonen, og få klassegodkjenning basert på egne inspeksjoner.

Videre har ny og bedre teknologi gjort det mulig å inspiserer og fastslå tilstand uten å måtte demontere utstyr og fysisk se etter.

Droner og ROV utstyrt med kamera kan tas i bruk for å effektivisere inspeksjonene, tidsomfanget kan reduseres, og redusere risiko for utførende personer samt mindre planlegging i forkant.

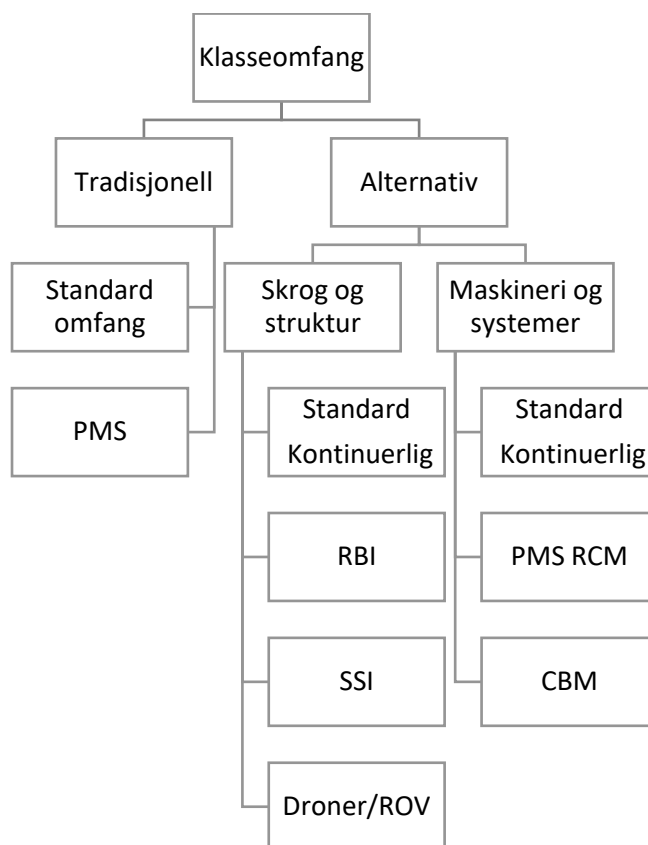
Planleggingen kan effektiviseres med digitalisering og et system med oversikt over alle kritiske komponenter. I sum vil alternative metoder kunne medføre mer fleksibilitet i form av klassegodkjenning basert på eget vedlikeholdsprogram, noe som fører til mindre involvering av klasseinspektører, redusert nedetid og vedlikeholdskostnader.

Krav

Alle programmer må være godkjente for å kunne få klassegodkjennelse. Utvikling av vedlikeholdsprogrammer i forbindelse med RCM og RBI er ressurskrevende. Det kreves i tillegg kontinuerlig forbedringsprosesser og oppdatering av programmene. For å ha CBM arrangementet kreves en godkjent tjenesteleverandør til å samle data, analysere og bestemme tilstanden til utstyret, og sensorer må være pålitelige.

Skal eget personell være delaktige i klassingen kreves opplæring, kursing, sertifisering,

Figur 13 viser en oversikt over undersøkelsearrangementene for tradisjonell klassefornyelse (Kap 3) og alternative arrangementer som beskrevet i dette kapitlet.



Figur 13 Undersøkellesarrangementer

5.6 OEM

Det ble beskrevet i kapittel 3 at OEM sine krav har vært konservative. I samtalene med riggselskapene kunne de fortelle at når riggselskapene har tapt store summer og det har vært lite aktivitet i riggmarkedet som følge av nedturen i de siste årene, har dette også gått utover OEM sine inntekter. Som følge av dette har også OEM blitt mer medgjørlige og fleksible, og begynt å benytte alternative metoder for å inspisere utstyret som krever sertifisering. Bransjen er blitt monopolisert, det vil si at det bare er noen få igjen som leverer spesifikt utstyr. Tidligere har de tjent store summer ved å pålegge overhaling og utskiftinger av komponenter som egentlig kunne vært brukt enda lenger. De har tviholdt på dette av økonomiske grunner. I følge intervjuobjektene har det blitt presisert at businessmodellen til OEM ikke lengre passer i denne verden. Nytt det siste året er at de nå, istedenfor CoC, utsteder CoS (Certificate of Service), som betyr at de kun gjør inspeksjon. Delen med demontering av utstyr og overhaling på eget verksted behøves ikke så lenge det kan verifiseres at tilstanden er ok. Årsaken er ny og bedre teknologi til å bestemme tilstanden som beskrevet i kap 5.3.

5.7 Utførelse av klassing offshore

Til å utføre klassing offshore må riggeiere først og fremst benytte seg av ulike metoder for å minimere eller unngå verftsoppholdet. For å få klasset alt uten å måtte dra til et verft må utstyret klasses kontinuerlig under operasjon. Det er svært store mengder som kan klasses mens innretningen er i drift. Til dette kreves en mer proaktiv planlegging, og benytte enhver mulighet til å gjennomføre. En del av klassingen kan gjøres mens riggen er i drift, mens noe kun kan gjøres under riggforflytninger eller under «pauser» i boreoperasjonene. Med et tilpasset undersøkelsesarrangement vil det være mer fleksibelt for riggeiere, og de kan benytte seg av dette vinduet og hindre nedetid i forbindelse med klassingen.

Det som kan klasses mens innretningen er i drift er alt som er enkelt tilgjengelig og som ikke brukes direkte i driften. Dette er typisk

- Tilgjengelig utstyr og komponenter
- Deler av skrog og strukturer over havnivå
- Maskineri og utstyr der det er flere like komponenter/enheter, eller der alle komponentene/enhetene ikke er i bruk samtidig.

Det som er utfordrende å klasse mens riggen er i drift, er utfordrende enten fordi det er vanskelig å komme til, eller at det er konstant i bruk under boreoperasjonene. Dette omfatter skrog og utstyr under vannoverflaten, som eksempelvis sjøkister, bunnventiler og overbordventiler, anoder, thrustere, DYNPOS, bore- og brønnkontrollutstyr, kraner og boretårn. Dette må klasses ved pauser i operasjonen og kan forenkles med tilstandsoveråking.

6 Effekten av kontinuerlig klassing

I dette kapitlet belyses fordeler og begrensinger med kontinuerlig klassing og alternative metoder, innvirkningen på operatør og mulige kostnadsbesparelser.

6.1 Asset Integrity Management

Asset integrity er knyttet til "teknisk integritet" eller innretningens evne for å utføre den nødvendige funksjonen på en sikker og effektiv måte (Kusumawardhani et al., 2016). Asset Integrity Management (AIM) defineres i henhold til Kusumawardhani et al. (2016) som *“the development, implementation and execution of a coordinated plan together with managerial control and organizational activities, to ensure that the physical asset is performing its intended function in a safe, effective and efficient manner over its entire life cycle, in order to achieve the organizational objectives.”*

I følge Kusumawardhani et al. (2016) bør AIM-strategien fokusere på integriteten til installasjonen og opprettholde et sikkert arbeidsmiljø, samtidig som å maksimere avkastningen på investeringen. AIM mål kan være:

- Sikker drift
- Kostnadseffektivitet
- Høyere tilgjengelighet
- Høyere pålitelighet
- Optimalisering av vedlikehold og inspeksjon
- Redusere vedlikeholdsetterslepet
- Lavere risikoer
- Redusert nedetid og reparasjon

For denne oppgaven vil "asset" være en flyttbar boreinnretning inkludert maskiner, utstyr, konstruksjoner, kontrollsystemer, programvare, og så videre som er plassert på innretningen. For riggeiere gjelder det å ha en optimal styring av innretningen med hensyn til innretningens ytelse, risiko og kostnader. Dårlig integritet vil gi høy risiko både for sikkerhet og driftsregularitet, og som videre påvirker og genererer kostnader og store konsekvenser for riggeiere. For en

boreinnretning gjelder det å sikre at innretningen yter sin funksjon på en sikker, vellykket og effektiv måte gjennom hele livssyklusen for å nå organisasjonens mål.

For flyttbare boreinnretninger er integritet spesielt knyttet til at aldring, overbelastning og stress vil forringe skrog og strukturer. De harde marine miljøforholdene medfører negative operasjonelle utfordringer, på grunn av nedbrytning i form av korrosjon, erosjon eller stressgenerering. Enhver av disse faktorene eller deres kombinasjon kan bli en årsak til feil (Ratnayake, 2012). Det er viktig å sikre at integriteten til strukturer, rør og prosesssystemer opprettholdes gjennom forventet levetid (Bureau Veritas, 2010). Annet er utstyr og komponenter som er kritiske i driften, som gir høy risiko både for sikkerhet og nedetid. Dette er typisk bore- og brønnkontroll utstyr som kan ha stor innvirkning på personlig sikkerhet og miljøet hvis det ikke fungerer som nødvendig (Quadrado et al., 2015).

6.2 Ulemper med tradisjonell modell

Tradisjonell klassemodell har vært ugunstig på mange måter. En klassefornyelse hvert femte år har betydd vesentlige summer i tapte inntekter for riggselskapene ved at innretningene har måttet bli tatt ut av drift. I tillegg har dårlig oversikt og kontroll over tilstand medført underestimering av både tid og kostnader for en klassefornyelse. Summen av forhåndsbestemte, unødvendige overhalinger og ufullstendig vedlikehold i drift har medført at tilgjengeligheten til innretningens utstyr og komponenter har vært svingende, noe som også har påvirket opetid i drift.

I følge Hastings (2010) bør ressursfordelingen rettes til de områdene som har de beste utsiktene for å produsere verdi. Verdien kan ha flere former, men den vanligste er avkastning. Avkastning kan være å investere i teknologi som vil medføre høyere opetid eller høyere tilgjengelighet som genererer høyere inntekter, eller avkastningen kan oppstå ved å redusere kostnader eller lette flaskehalsen. Det er også andre former for verdi, som omfatter å møte juridiske, miljømessige, sikkerhetsmessige eller regulatoriske krav, opprettholdelse av eksisterende eiendeler og eksisterende virksomhet, og reduksjon av risiko (Hastings, 2010).

Det er mange ulike undersøkelsesarrangementer og metoder som riggeierne kan velge for å foreta klassefornyelsen i drift, som beskrevet i kapittel 5. Ny og bedre teknologi muliggjør at inspeksjoner og klassefornyelse kan utføres uten å legge til kai. Det betyr at utstyrets tilstand

kan bekreftes uten å måtte demontere og åpne for å inspisere. Dersom det kan dokumenteres at utstyret er i stand, kan en få klassegodkjennelse basert på dette.

Riggselskapene kunne fortelle at motivasjonen for å klasse i drift og investere i ny teknologi for å optimalisere klassefornyelsen er

1. Å redusere tiden riggen ikke er tilgjengelig for å unngå tapt dagrate
2. Unngå store kostnadsoverskridelser ved et landligge
3. Vedlikehold tilpasset utstyrets driftskontekst
4. For å unngå svingninger i utstyrets kvalitet og tilgjengelighet

6.3 Fordeler med kontinuerlig klassing

6.3.1 Driftsregularitet og kvalitet

Det har vært langvarige og uforutsigbare landligger med femårsklassing. Når innretningen har vært nødt til å legge til kai for en klassefornyelse har det vært tendenser til forskyvning av feil og mangler til landligget, og som fremstilt i kostnadsfordelingen (Kap. 3.3.1) har det i tillegg vært store kostnader for uventede reparasjoner (40 %). Når det planlegges å ikke skulle inn til land, vil vedlikehold i drift gjøres tilfredsstillende da det ikke er rom for å utsette til det femte året. Dette ble angitt å gi høyere kvalitet på utstyr, økt driftsregularitet og store uventede reparasjonskostnader kan unngås. Samtidig kan tilfredsstillende utført vedlikehold og kontinuerlig klassing offshore kunne redusere tiden for verftsoppholdet dersom innretningen må inn til land av ulike årsaker.

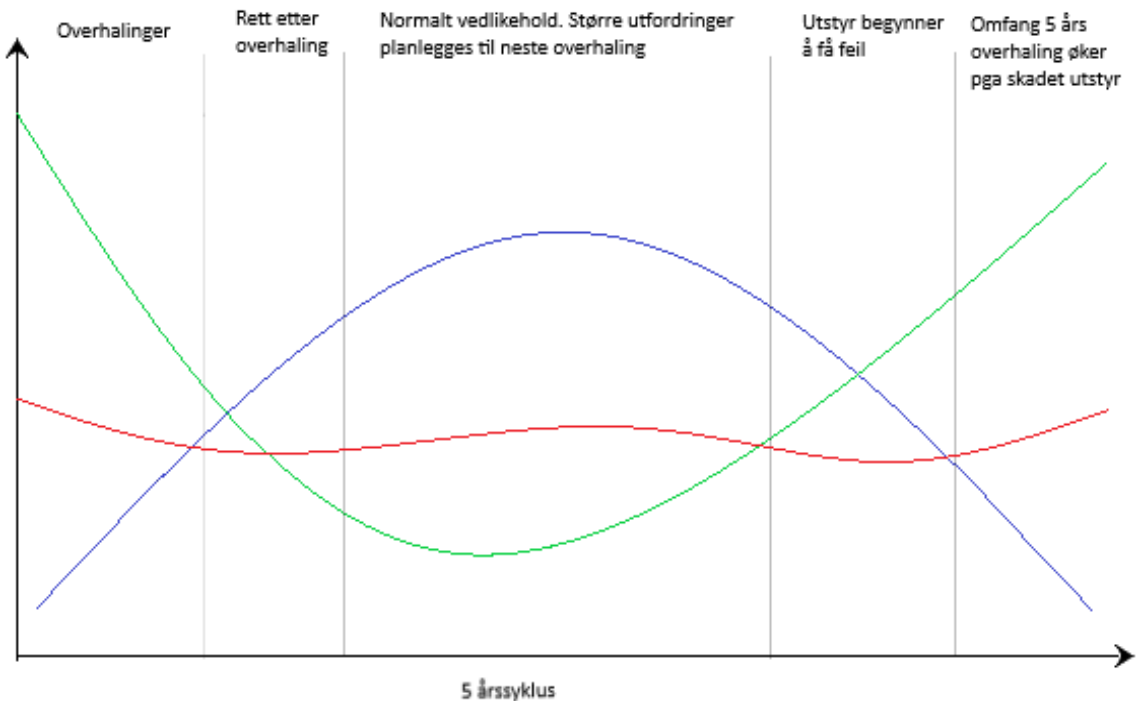
Opprettholdelse av eksisterende eiendeler og reduksjon av risiko er noe riggeiere vektla når det ble spurt hvilke av undersøkelsesarrangementer som var mest effektive i forhold til kostnadsreduksjoner, og hvordan de vurderte valgene. «*Poenget med klassingen er ikke å gjøre så lite som mulig, men å gjøre de riktige tingene*». Ved innføring av RBI, PMS RCM eller CBM er disse ikke bare med på å redusere kostnader i form av tapt dagrate, men vedlikeholdsprogrammene vil gi en optimal oppfølging av eiendelene, det vil si reduksjon av risiko ved å kunne få mer kontroll over tilstand.

Ved å implementere proaktive vedlikeholdsprogrammer og instrumentere utstyr kan en begynnende skadeutvikling identifiseres før det vil påvirke driften, og tiltak kan iverksettes. I

tillegg kan det også være med å forlenge overhaling/utskiftingsintervallene. Tilstandsovervåking gjør at en kan få en bedre oversikt over tilstanden til innretningen, og det er mulig å ha et system med oversikt over alle kritiske komponenter. I tillegg kan et RBI program for skrog og struktur bidra til å øke levetiden til innretningen ved å ha fokus på utsatte områder. Ved å fokusere på kritiske områder kan den totale livssyklus kostnaden reduseres.

En årsak til BOP nedetid og redusert pålitelighet som beskrevet i kapittel 3 var når det foregikk hyppig testing og vedlikehold av komponenter. Quadrado et al., 2015 skrev i sin studie at dersom vedlikeholds- og testfrekvenser kan reduseres, uten å redusere påliteligheten og sikkerheten til BOP, vil det være en klar fordel når det gjelder ytelse og tilgjengelighet. Det har nylig blitt akseptert å bruke PMS RCM og CBM noe som kan være en stor bidragsgiver for bedre oppfølging av BOP. Generelt vil utstyr få en riktig oppfølging risikobaserte vedlikeholdsprogrammer og tilstandsovervåking. Dette er også med å redusere at feil blir introdusert ved demontering/montering av utstyr.

Med et kontinuerlig klasseregime og optimale vedlikeholdsprogrammer vil det utføres mer vedlikehold i drift og mindre overhalinger/utskiftninger av velfungerende utstyr. Dette betyr at i motsetning til som fremstilt i Figur 5 (Kap. 3.3.2) der blå kurve var graden av oppetid mot grønn kurve som var graden av vedlikehold utført i drift, er det ønskelig å få en stabil oppetid som den røde kurven i Figur 14. Det ble sagt at oppetiden kanskje ikke vil være oppimot 100 %, mer at driftsregulariteten jevn og mer stabil. Oppetid i drift vil kanskje være 85 %, men det vil være bedre og mer forutsigbart, enn perioder med enten 10 % eller 100 %. Merk forenklet illustrasjon.



Figur 14 Stabil driftsregularitet og mer vedlikehold i drift (Bearbeidet etter inspirasjon fra riggselskap)

6.3.2 Oversikt og kontroll over tilstand

Det er lang leveringstid for komponenter, men med bedre kontroll over utstyrs tilstand og status vil man få en tidlig deteksjon på at noe er i ferd med å svikte. Dette vil kunne påvirke planlegging og logistikk positivt. I praksis betyr dette at utstyr og reservedeler kan bestilles til riggen i god tid slik at disse er klare til når utskifting eller reparasjon må skje, og redusere nedetid. RBI for skrog og strukturer setter fokus på viktige områder gjennom målrettede og tilpasset inspeksjonsprogram. Inspeksjonsprogrammet for de neste 20 årene er kjent, og inspeksjonskampanjer kan planlegges.

Det blir hevdet at det er bedre sikkerhet for driftspersonell med kontinuerlig klassing. En klassefornyelse ved verft er et stort prosjekt som vanligvis har foregått under tidspress. Med tidspress og mange involverte er det større fare for skader, men med kontinuerlig klassing fordeles omfanget og personellet har bedre tid.

Planleggingen kan bli enda bedre med å digitalisere og ha integrerte systemer med oversikt over alle systemer og utstyr installert på innretningen. Riggselskapene kunne fortelle at integrerte systemer for tilstandsovervåking uten tvil er der fremtiden ligger. Selskaper som klarer

å få til et godt system for tilstandsovervåking vil gjøre det godt. De tror at det i fremtiden vil gå mer mot at det er færre personer offshore med at personer kan overvåke systemene fra land. Likevel trekkes datakvalitet frem og det må være helt sikkert at målingene/dataene gir korrekt bilde. Det ble konkretisert at det fortsatt er en vei igjen til dette vil være en realitet, men det er viktig å være med på utviklingen.

6.4 Krav og begrensinger

6.4.1 Planlegging, ressurser og kapital

For å drive klassing kontinuerlig kreves omfattende planlegging, ressurser og kapital. Det kreves å legge en god strategi for klassefornyelse, legge om driften og investere i ny teknologi. Det er tidkrevende å legge om driften, og når nye ting skal implementeres er det mange hensyn å ta, og det kan være komplisert. Det må gjennomføres endringer i både organisasjonen og av vedlikeholdsprogrammer. Personell må gjennomføre opplæring, kurser og sertifiseringer dersom de skal delta på inspeksjonene. Utvikling av vedlikeholdsprogrammer og planlegging er noe som kan være veldig omfattende og krevende. Det må kunne foretas høykvalitetsanalyser, og dersom bedriften ikke innehar ressursene til å selv utvikle programmene er en avhengig av hjelp utenfra. Videre gjelder det å ha gode systemer for registrering av både vedlikeholdsplaner og for utført vedlikehold, dersom klasseselskapet skal kunne godkjenne klassefornyelse basert på vedlikeholdshistorikk. Det stilles store krav for å få godkjent klassefornyelse, og det er svært viktig med god dokumentasjon. I mange tilfeller er mye av vedlikeholdet som gjøres noe som ellers ville blitt gjort, men nøkkelen er å bruke tid på å dokumentere det riktig og nøyaktig for at arbeidet som er blitt gjort kan inkluderes i klasseregimet, og godkjennes av klasseselskapet.

Å innføre PMS RCM er omfattende, og det er nødvendig å ha lang historikk for å kunne gjøre riktige vurderinger. Vurderingene gjøres ut i fra utstyrets tidligere trender, noe som vanskeliggjør å implementere det for nytt utstyr dersom det ikke finnes god bakgrunnsdata. Med nytt utstyr finnes kun informasjon fra OEM, og OEM sine retningslinjer og tidspunkter for vedlikehold og overhalinger er fastsatt.

Til å benytte sensordata og dataanalyser må systemene og sensorene være pålitelige, dersom riggselskapene skal få godkjennelse klasseselskapet. Det ble fremhevet at sensorer har blitt svært mye bedre de siste årene.

6.4.2 Investeringskostnader

For å utnytte effektene som alternative metoder kan bidra med, kreves det å investere i ny teknologi for tilstandsovervåking eller måling. For å ha arrangementet CBM kreves en godkjent tjenesteleverandør for utvikling og koordinering av tilstandsbaserte vedlikeholdsoppgaver, til å analysere dataene og feilsøking. CAPEX vil derfor være knyttet til investeringer i nye systemer, sensorer, dataprogram, utvikling av vedlikeholdsprogram og lignende. Kostnadene vil variere etter hva som er ønskelig av systemene eller påkrevd og vil være dyrere etter hvor avansert det er. Det vil også være ekstra kostnader som følge av mer ressurser som mannskap, planlegging, tredjeparter og så videre for å drive et kontinuerlig regime.

For å redusere nedetid ble det fortalt at det i mange tilfeller kan være smart å investere i ekstra hovedkomponenter (Capital spares) som typisk er kritiske for driften når disse må overhales. Overhalingsprosessen kan ta svært lang tid, men dersom komponenten kan demonteres og bli erstattet med ny umiddelbart kan mye vedlikeholdstid spares. Komponentene som skiftes ut kan overhales i ro og fred og være i orden til neste gang det må foretas overhaling.

6.5 Økonomiske analyser

Mange av undersøkelsesarrangementene, som PMS RCM, CMB og RBI baseres på om bedriften har implementert systematikken i sin vedlikeholdsstrategi, og effektene vil være avhengig av hvilke metoder som implementeres. De ulike undersøkelsesarrangementene vil ha ulik verdi for et riggselskap. Graden av kostnader et riggselskap må påkastes og hva som kan spares er avhengig av hvilken strategi og hvilke metoder som velges. Fordeler og kostnadsbesparelser må vurderes opp mot investeringskostnaden, nødvendige ressurser og kompetanse. Til å undersøke hva de totale kostnadsbesparelsene vil være lager riggeiere business case og gjør beregninger for å vurdere ordninger som vil være lønnsomme.

6.5.1 Livssykluskalkyler

Når bedrifter skal investere i kapitalintensive, nye teknologier og systemer er livssykluskalkyler (LCC) et essensielt verktøy for å gjøre økonomiske analyser. En LCC kan blant annet benyttes for å bestemme modifikasjoner av eksisterende systemer, maskiner eller utstyr, eller å bestemme investeringer i ny og forbedret teknologi (Galar et al., 2017).

Det er viktig å skille mellom LCC og en livssyklus kostnad. ISO (2000) definerer livssyklus kostnader som *“discounted cumulative total of all costs incurred by a specified function or item of equipment over its life cycle”*. Livssyklus kostnader refererer til totale kostnader assosiert med et produkt eller et system over hele livssyklusen. En LCC derimot, evaluerer alternative produkter, alternative systemkonfigurasjoner eller vedlikeholdsløsninger og lignende (Galar et al., 2017). ISO (2001) definerer LCC som *“the process of evaluating the difference between the lifecycle costs of two or more alternative options”*. LCC defineres i Galar et al. (2017) som *«a systematic analytical process of evaluating various alternative courses in action with the objective of choosing the best way to employ scarce resources”*. LCC er en systematisk vurdering av forskjellen mellom kostnader og inntekter knyttet til innføring av alternative muligheter (ISO, 2001).

De største fordelene oppnås i de tidlige prosjektstadiene for å evaluere hovedkonfigurasjonsalternativer, men kalkylen er like gjeldende i alle stadier av livssyklusen, og på mange detaljer, for å vurdere forskjellige aspekter som økonomisk levedyktighet av produkter og prosjekter, og til å indentifisere kostnadsdriverne og kostnadseffektiviseringer for å evaluere forskjellige strategier for drift, vedlikehold, inspeksjon, logistikk og reservedeler og så videre (ISO, 2000). Derfor kan riggeiere bruke LCC for å vurdere ulike strategier enten i innretningens design- og konstruksjonsfase eller senere i livssyklusen for å kunne vurdere ulike strategier for videre drift.

Målet med kalkylen er å indentifisere og velge det alternativet som genererer høyest fortjeneste over levetiden, eller med andre ord, som genererer de laveste livssyklus kostnadene (Markeset and Kumar, 2001). Det vil si at det er viktig å finne balansen mellom kapital- og driftskostnader som minimerer risiko for svikt/nedetid.

Riggeiers vurdering av lønnsomhet nye metoder

Når riggeiere skal vurdere ulike alternativer er det kapitalkostnader, driftskostnader og tapte inntekter de vil ha fokus på i dette tilfellet. Før riggeiere velger metoder undersøkes om summen av disse vil være lavere ved et annet alternativ enn det som de innehar i dag for å kunne vurdere om det vil være lønnsomt i det lange løp med hensyn til både bedriftsstrategi og forretningsmodell. For å undersøke hva LCC vil bli ved ny strategi i motsetning til tidligere vil kostnadene være knyttet til følgende med ny metode:

- CAPEX vil være knyttet til alle investeringskostnadene og kostnader for klassefornyelse med alternative metoder.
- Ulike vedlikeholdsstrategier har ulike måter å fordele ressurser på, dermed vil OPEX endres tilsvarende.
- Tapte inntekter er dagraten ganget med antall dager ubetalt nedetid for klassefornyelse med nye metoder

Til vurdering av lønnsomheten for ulike alternativer må alle fremtidige kontantstrømmer diskonteres til nåverdi før de kan summeres. En dollar mottatt i dag er mer verdt enn en dollar mottatt i fremtiden, fordi en dollar i dag kan investeres for å kunne tjene mer enn en dollar mottatt i fremtiden (Goodwin and Wright, 2004). Nåverdien (NV) til fremtidige kontantstrømmer finnes ved å summere årlige kontantstrømmer (S_t) multiplisert en diskonteringsfaktor. Der k er diskonteringsrenten og t året.

$$NV = \sum_{t=1}^n \frac{S_t}{(1+k)^t}$$

Beslutningen om å investere er gitt av NNV som kalkuleres ved trekke fra investeringskostnaden, I , inn i NV formelen. ISO (2000) definerer NNV som «*sum of the total discounted costs and revenues*».

$$NNV = \sum_{t=1}^n \frac{S_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Et prosjekt vil være lønnsomt dersom NNV er større eller lik null, og ulønnsomt dersom NPV er mindre enn null (Albright et al., 2007). Til å rangere ulike alternativer velges det alternativet som gir høyest NNV. Etter å ha kalkulert LCC for alternative metoder finnes differansen i kostnadene og eventuelt kostnadsbesparelsene. Klassearrangementene henger sammen med valg av vedlikeholdsstrategi hvilket betyr at valg av arrangementer gir direkte og indirekte potensielle kostnadsbesparelser i to kategorier:

1. Gevinsten for et effektivt og fleksibelt klassifiseringsarrangement.
2. Gevinsten for et optimalt vedlikeholdsprogram ved å endre vedlikeholdsregime for å støtte alternative klassifiseringsarrangementer.

6.5.2 Potensielle kostnadsbesparelser klassefornyelse

Med kontinuerlig klassing vil innretningen være mer tilgjengelig. Ved å redusere tiden innretningen må ut av drift vil store summer i tapte inntekter unngås, i tillegg til NVC forbundet med et verftsopphold. Når det gjelder selve kostnadsbesparelsene for klassefornyelsen er dette antall dager et verftsopphold kan kortes ned multiplisert med dagraten. Besparelsen er avhengig av hvor mange dager tidligere verftsopphold har vært, og dagrate.

Samtidig, som nevnt i Kap. 6.3.1 kan langvarige landligger og store kostnadsoverskridelser ved et eventuelt verftsopphold kunne reduseres ved å klasse kontinuerlig og utføre vedlikehold tilfredsstillende i drift, samt mindre involvering av klasseselskapet.

I tillegg kan økte overhalingsintervaller medføre færre kostnader tilknyttet utskiftinger av velfungerende utstyr (Kap 6.5.3).

6.5.3 Økt inspeksjons- og overhalingsintervall

I samtale med riggeiere var det flere eksempler der CBM, PMS RCM eller RBI bidrog til at det femårige kravet til inspeksjon eller overhaling kunne forskyves dersom det kunne dokumenteres og bekreftes at utstyr eller komponenter var i stand. Videre presenteres eksempler for reelle tilfeller i industrien.

Tilstandsmåling med sensor på thrustere

Vanligvis har det vært overhaling av thrustere hvert femte år, noe som er svært tidkrevende og kostbart. En boreinnretning har enten fire, seks eller åtte thrustermotorer, alt etter om den har DYNPOS system eller POSMOOR (ref. klassenotasjoner). For å demontere en thruster, frakte den til land og erstatte med en ny kan dette ta 4 dager. Uten thrustere kan det ikke foregå boring, det vil si at det er 4 dager uten dagrate. I tillegg kan det koste omtrent 2,7 M USD å overhale thrusteren etter at den er demontert. Tatt i betraktning en dagrate på 250.000 USD er totalsummen for dette blir 3,7 M USD. Dersom det er seks thrustere og alle skal overhales hver sin gang i løpet av en femårsperiode er dette 22,2 M USD (Tabell 4).

Tabell 4 Kostnadseksempel for overhaling 6 thrustere

	1 thruster	6 thrustere
Tid	4 dager	24 dager
Dagrate	250 000 USD * 4	250 000 USD * 24
Overhalingskostnad	2,7 M USD	16,2 M USD
Total kostnad	3,7 M USD	22,2 M USD

Med tilstandsmåling kan disse være i operasjon helt til indikasjoner tilsier at de er slitt. I praksis kan dette bety 15-20 år, så lenge leverandøren av tilstandsmålingen kan dokumentere at tilstanden er god. Dette betyr at det med overhalingskrav hvert femte år, har vært overhalinger av thrustere som er god som ny. Ved forskyvning av intervallet 3 femårsperioder (15 år) med tilstandsbasert vedlikehold vil omtrent 66,6 M USD kunne spares ifølge oppgitte tall.

Pumper

En hovedservice for pumper kan eksempelvis være påkrevd etter 24000 timer, men med tilstandsmåling kan det bidra til å øke intervallet for hovedservice fra 24000 til 36000 timer. I enkelte tilfeller opp mot 64000 eller 72000 timer, så lenge målingen kan vise alle parametere. Intervallet har dermed kunnet doubles eller tredobles før det virkelig har vært behov å gjøre noe før svekket kvalitet. Med andre ord er det store potensielle kostnadsbesparelser ved å kunne forskyve overhalingsintervallet.

Boreutstyr

Ved installasjon av tilstandsmåling vil grafer kunne fortelle om utstyret er slitt eller i stand, og det er dermed ikke nødvendig å demontere og åpne for inspeksjon.

Skrog og strukturer

RBI setter fokus på viktige områder gjennom et skreddersydd og målrettet inspeksjonsprogram. Med RBI kan en gå fra femårs inspeksjonsplan til inspeksjoner når det behøves, som eksempelvis hvert 4., 13. og 20. år, noe som kan bety reduserte inspeksjonskostnader. Ved å innfø-

re et RBI program på skrog og struktur kan dette bidra til å øke levetiden til innretningen, noe som også vil øke inntjeningen.

6.5.4 Kostnadsbesparelser vedlikeholdsprogram

Ulike vedlikeholdsstrategier har ulike måter å fordele ressurser på. Implementasjon av andre metoder for klassefornyelse vil ha andre kostnadsdrivere enn et periodisk, tidsbestemt vedlikeholdsregime. Kostnader knyttet til tilstandsovervåking vil ha andre kostnadsdrivere enn en periodisk styrt vedlikeholdsplan, derfor kan eventuelle sparte kostnader i form av mindre overvedlikehold medregnes. Med et optimalt vedlikeholdsprogram kan det også være mulige besparelser for mindre nedetid som følge av komponentfeil. Tilstandsovervåking kan hindre nedetid ved å detektere en begynnende skadeutvikling, og iverksette tiltak før dette skjer. En dag med nedetid er ikke bare tapte dagrater, men også alle kostnader til reparasjon, service og logistikk.

Det er utfordrende å estimere kostnadsbesparelsene ved å skifte vedlikeholdsregime. Utfordringer med å kvantifisere besparelser er også noe som kan bekreftes fra Shorten (2012), som skriver at fordelene med tilstandsbasert er vanskelig å objektivt kvantifisere fordi de baseres på et ukjent potensial for pålitelighetsforbedring, tilgjengelighetsforbedringer, reduksjon av reservedeler og effektivitetsbesparelser som alle er resultat av å gjøre mer arbeid som gir fordeler og mindre av det som ikke gir det. Derfor vil konkrete fordeler vil være forskjellig fra sak til sak.

6.5.5 Vurdering av ekstrakostnader

Riggeiere kunne fortelle at selv om det var økte kostnader for å klasse kontinuerlig, var besparelsene så høye at det de kunne spare på lengre sikt ville kunne dekke dette. Det kan være store kostnader i tidlig fase, men etter noen år vil det resultere i gevinst. Det er også innlysende at ekstrakostnader i form av mer mannskap offshore er minimale i forhold til hva som vil bli tapt ved å måtte ta riggen ut av drift.

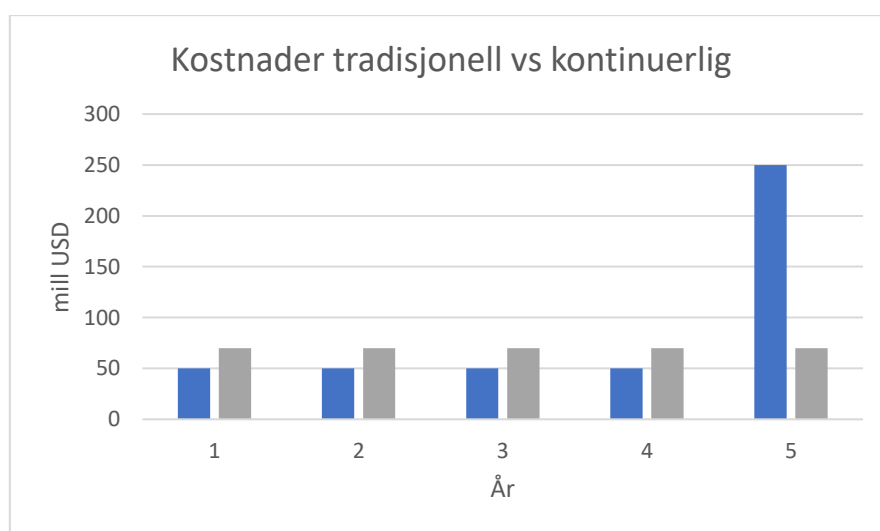
Kontinuerlig klassing ble sagt å kunne forenkles med standardiserte innretninger i flåten. Med like innretninger kan disse behandles likt, og de har samme utstyr og systemer. Capital Spares er dyrt, men det kan være gunstig dersom det er flere like innretninger i flåten og komponentene kan rulleres mellom riggene. Det samme kan investeringskostnadene. Har man kun en rigg krever denne mye utstyr, og det kan være kostbart. Ulike rigger i flåten med

forskjellig alder, gjør at de må behandles ulikt, de må ha ulikt utstyr og ulike tilnærminger, noe som kan gjøre investeringene vanskeligere.

6.5.6 Høyere kostnader hvert år

I samtaler med riggselskapene fremkommer det at med klassing i drift vil både CAPEX og OPEX være høyere hvert år. Likevel vil tapte kostnader, NVC og store kostnadsoverskridelser på grunn av uforutsette reparasjonskostnader eller andre uforutsette kostnader hvert femte år kunne forhindres. Med et kontinuerlig regime vil kostnadene være jevnt fordelt over femårsperioden, fordi klasseomfanget og vedlikeholdskostnadene spres utover femårsperioden, uten et kraftig oppsving siste året. Et eksempel som illustrerer kostnader i løpet av en femårsperiode med tradisjonell metode og alternative metoder kan ses i Figur 15.

Kostnadene for å drive en rigg ved tradisjonelle metoder kan ifølge intervjuobjekt som et overslag koste 50 M USD per år, fra år 1-4, mens i det femte året når klassefornyelsesundersøkelsen skal tas, kan det koste hele 250 M USD det året (blå stolper). Totalt vil dette være 450 M USD i løpet av femårsperioden. Når det blir implementert og investert i ny teknologi for å utføre klassing offshore kan årskostnadene for å drive en rigg være eksempelvis 20 M USD dyrere hvert år (grå stolper). Totalt vil dette bli 350 M USD i løpet av femårsperioden. Selv med høyere kostnader hvert år i motsetning til tradisjonell, vil totalsummen være 100 M USD mindre med alternative metoder for femårsperioden.



Figur 15 Kostnadsfordeling for en femårsperiode for tradisjonell og kontinuerlig klassing

6.5.7 Kostnadsbesparelse

I følge businesscasene til riggselskapene er det mulig å redusere kostnadene for en klassefornyelse med 40- 50 %. Videre presenteres et reelt eksempel fra industrien basert på kalkulasjoner fått fra av et av selskapene. Eksempelet er antatt kostnadsbesparelse med kontinuerlig klassing mot tradisjonell klassing i løpet av den første tiårsperioden for en ny Semi-submersible boreinnretning (Tabell 5). Kalkulasjonene er utført med hensyn til et verftsopphold på 45 dager med tradisjonell klassing og en dagrate på 450.000 USD. Inkludert i beregningene er kostnader som følge av tapt dagrate i perioden og installering av målesystemer, investeringer i Capital spares, utførelse av inspeksjoner og få klassegodkjennelse. I eksempelet inkluderes ikke kostnader for generelt vedlikehold om bord, men gevinsten for et mer optimalt vedlikeholdsprogram er likevel ikke uvesentlige summer.

Kostnadsbesparelsene vil være mindre i den første femårsperioden på grunn av investeringskostnadene og å få systemet i gang. I den neste femårsperioden (5-10 år) vil kostnadene for kontinuerlig klassing være lavere enn perioden før, som en gevinst fra investeringene. Resultatet er at kostnadsbesparelsene for en tiårsperiode (0-10 år) antas å være 47 M USD eller omtrent 43 %.

Tabell 5 Kostnader for kontinuerlig klassing vs tradisjonell klassing for 0-10 årsperiode

	0-5 år	5-10 år	0-10 år
Tradisjonell	44 M USD	45 M USD	89 M USD
Kontinuerlig	23 M USD	19 M USD	42 M USD
Differanse	21 M USD	26 M USD	47 M USD

Besparelsen er hovedsakelig fra unngåelse av tapt dagrate, som for dette tilfellet der kostnads-eksempelet er basert på en dagrate på 450.000 USD og 45 dager er cirka 20 M USD. Ved å trekke fra 20 M USD fra besparelsen i år 0-5 er dette 1 M USD i sparte kostnader utenom dagrate. Videre er det 6 M USD fra år 5 til år 10. Totalt er dette 7 M USD spart utenom ekstra inntekt ved å klasse kontinuerlig. Med mange rigger i flåten er dette en del. Tatt i betraktning at verftsoppholdet vanligvis var 45 dager med tradisjonell klassing blir det hevdet at det for 5

årsklassen ikke vil være nødvendig til land med kontinuerlig klassing, mens for 10 årsklassen vil muligens ikke vertsoppholdet være mer enn en uke.

Det ble også opplyst at største del av besparelsene er i årene innretningen er forholdsvis ny. For eldre innretninger vil det bli dyrere å klasse etter hvert. Når innretningene blir eldre er det mer som må oppgraderes og repareres. Utstyret foreldes, og utstyr og komponenter må skiftes ut. Det som er den største kostnadsdriveren er skroget, selve grunnmuren i riggen, og å reparere og skifte ut stål er veldig kostnadstungt.

6.6 Operatørselskap

Når operatøren ble spurt hvilken innvirkning konseptet kontinuerlig klassing offshore har, kommer nødvendigvis ikke dette dem til gode. I følge intervjuperson kunne kontinuerlig klassing svekke driftseffektiviteten ved at det skal foregå klassing samtidig med boring. Annet som ble opplyst var at enkelte kostnader forflyttes over fra riggeier til kjøper. Helikopterseter vil fylles opp av ikke operativt personell og det kan være utfordrende når det gjelder sengekapasiteten, siden et kontinuerlig klasseregime krever ekstra mannskap om bord til å utføre klassing. Dette er ikke til fordel for operatørene som er ansvarlig for både helikopter og sengekapasitet. Operatørene opplever at dette er litt «snikinnført» og at de sitter med ulempene mens riggeierne får fordelene. Likevel ble det tilføyd at disse ulempene vil kunne reduseres med mer digital overvåking og flere ikke personellkrevende tiltak.

Når det gjelder avbrytning i store borekampanjer vil dette være avhengig av kontrakt, men i de fleste tilfeller var det vanlig å planlegge slik at det ikke var planlagt boring i vinduet klassingen skulle foretas.

Del 5

7 Oppsummering og konklusjon

Hensikten med oppgaven har vært å undersøke hvilke effekter kontinuerlig klassing av flyttbare boreinnretninger har, da dette har blitt hevdet å gi store fordeler uten å ha vært konkretisert. Hvilken innvirkning dette vil ha på operatøren som leier inn riggen har også blitt undersøkt da riggeiere har hevdet at det medfører fordeler for operatørene også.

For å belyse noe av effektene med kontinuerlig klassing har det gjennom oppgaven blitt studert følgende

- Alternative metoder for klassefornyelse
- Fordeler med kontinuerlig klassing i forhold til tradisjonell klassing
- Begrensinger for å implementere alternative metoder
- Innvirkningen kontinuerlig klassing har på operatør
- Mulige kostnadsbesparelser

Gjennom oppgaven har tradisjonell modell først blitt studert for å undersøke hvordan klassefornyelsen tradisjonelt har blitt foretatt, tilhørende kostnadsomfang og hva som har vært ufordelaktig. I kapittel 5 ble alternative metoder for klassefornyelse beskrevet, og hvordan klassefornyelse basert på disse foregår. Videre har fordeler, begrensinger og mulige kostnadsbesparelser med kontinuerlig klassing i forhold til tradisjonell klassing blitt fremstilt, og hvilken innvirkning dette har på operatør.

7.1 Alternative metoder for klassefornyelse

Med revidert regelverk er det åpnet for alternative metoder å gjennomføre klassefornyelse av flyttbare boreinnretninger som kan foregå mens innretningene er i drift. Klassefornyelse i operasjon skjer ved at riggeiere kan benytte seg av enten en eller flere metoder og arbeidsformer satt sammen i system som velges ut i fra bedriftens mål.

Nytt regelverk tillater bruk av ny teknologi for inspeksjon og testing, og inkluderer innsamling av sensordata og bruk av dataanalyser for å sikre at flyttbare innretninger overholder regler og standarder, og er i riktig stand i henhold til sine klassesertifikater. Ny teknologi gjør at utstyrets tilstand kan bestemmes uten å måtte foreta omfattende inspeksjoner i form av demontering og åpning av utstyr. Det kan spare både mye tid, kostnader og kan bevare utstyrets funksjon.

De nye metodene integrerer aktiviteter mellom riggeier og klasseselskapet ved at riggeier kan ta del i inspeksjoner og testinger som en del av omfanget til klassifiseringen. Riggeiere kan nyttiggjøre seg av individuelle vedlikeholdsaktiviteter som en del av inspeksjonen som klasseselskapet vanligvis gjør, istedenfor tidligere når omfattende inspeksjoner måtte utføres av klasseinspektørene i tillegg til ordinært vedlikehold.

Ved å ha implementert et velutviklet og godkjent vedlikeholdsprogram, utviklet med risikobaserte metoder og bruk av tilstandsovervåking, vil det kontinuerlig utføres inspeksjoner i henhold til tilstand og bruk. Femårig klassefornyelse med tilhørende intervaller på inspeksjonene ble satt med grunnlag av mangel på denne informasjonen. Med begrenset informasjon om faktisk tilstand har det derfor ført til at det har vært en konservativ oppfølging med unødvendige inspeksjoner og overhalinger.

Dersom riggeiere foretar fullstendig dokumentasjon av utførte inspeksjoner, vedlikehold, tester og forbedringsprosesser i CMMS, og kan verifisere at innretningens maskineri, systemer, skrog og strukturer holder god stand, kan klasseselskapet istedenfor klassefornyelse hvert femte år foreta årlige revisjoner av dokumentasjonen. Med andre ord, der utstyr tidligere måtte tas ut av operasjon for klassing, er det i dag nok å vise til resultater fra tilstandsovervåking eller et risikobasert vedlikeholdsprogram og utførelsen av dette for å få godkjent klassefornyelse.

7.2 Fordeler med kontinuerlig klassing

Etter intervjuer med riggselskapene har det fremkommet flere fordeler med kontinuerlig klassing. Hovedmomentene er unngåelse av tapte inntekter og bedre utnyttelse av riggen, en jevnere driftsregularitet og begrensende kostnadsoverskridelser. Optimale vedlikeholdsprogrammer og kontinuerlig aktivitet gir bedre kontroll av integriteten til utstyr og innretning.

Når innretningene kan gjennomføre klassefornyelse samtidig som de opererer i feltet vil dette gjøre at de unngår tapte inntekter ved å ikke måtte inn til land i flere uker eller måneder hvert femte år. I løpet av levetiden til innretningen er dette snakk om enorme summer. Mange av metodene muliggjør også at klassefornyelsen kan tilpasses driften, noe som gir økt fleksibilitet og redusert nedetid som følge av klasseaktiviteter. Istedenfor en totalundersøkelse av

innretningen hvert femte år vil riggeier med kontinuerlig klassing få bedre oversikt over statusen til utstyr og systemer, både drift og kostnader vil da bli mer forutsigbare.

Tradisjonelle metoder medførte at manglende oversikt og kontroll over utstyrs tilstand var noe som forårsaket store kostnadsoverskridelser og langvarige landligger. Ved å ikke ha det femårige landligget i siktet vil dette redusere vedlikeholdsetterslepet, noe som gjør at utstyrets kvalitet generelt er bedre og det er mulighet for å unngå store kostnadsoverskridelser. Basert på informasjon fått fra riggselskapene er det mulig å unngå et landligge i løpet av den første tiårsperioden til en ny boreinnretning. Med riktig oppfølging av utstyr og klassing i drift kan landliggene kortes betraktelig.

Femårige inspeksjoner og omfattende overhalinger har i mange tilfeller ikke vært tilpasset utstyrets driftskontekst. Det er både tidkrevende og kostbart, men det kan også gjøre at situasjonen kan forverres ved at feil kan implementeres. Et optimalt vedlikeholdsprogram gir bedre utnyttelse av eiendeler ved unngåelse av overvedlikehold og unødvendige overhalinger. Tilstandsovervåking vil oppdage utvikling mot svikt og det er ikke nødvendig å overhale før dette tidspunktet. Likeledes kan kostnader som følge av nedetid på grunn av svikt i utstyr forhindres med et CBM program. Vedlikeholdsaksjoner kan planlegges og reservedeler kan sendes til riggen i god tid, slik at disse er på plass når utskifting eller reparasjoner må skje.

En rigg er designet for 20 år, men med fokus på kritiske områder kan levetiden til innretningen forlenges betraktelig.

Med alternative metoder vil klasseomfanget spres utover femårsperioden. Mindre tidspress ombord gjør at risiko reduseres.

7.3 Begrensinger

For å gjennomføre kontinuerlig klassing kreves omfattende planlegging, ressurser og kapital. Det kreves en god strategi for klassefornyelse, omstrukturering og investere i ny teknologi. Selv med økte kostnader var det tydelig at det ville resultere i besparelser i det lengre løp. Ved å ha standardiserte innretninger i flåten i motsetning til flere ulike ble fortalt å kunne forenkle prosessene. Med tilsvarende innretninger kan det innføres samme systemer og programmer, samtidig som investeringskostnadene for Capital Spares kan fordeles over flere innretninger.

Det stilles store krav for å få godkjent klassefornyelse basert på individuelle vedlikeholdsaktiviteter. Dokumentasjon må være utfyllende og detaljert. Videre stilles store krav til at sensordata og dataanalyser er pålitelige for å kunne gi riktig bilde av utstyr og systemenes tilstand. En begrensende faktor for å implementere risikobaserte vedlikeholdsprogrammer er når utstyret er relativt nytt og det er begrenset med historikk for å kunne tilsi best mulig oppfølging.

Videre er et mål for enkelte selskaper å utvikle integrerte systemer og digital overvåking med full oversikt over innretningens tilstand. Likevel er det fortsatt en vei å gå før dette vil være en realitet.

7.4 Operatør

I kontraktsforhold vil det alltid være ulike sider om fordeler og ulemper med ulike ordninger, og for operatørene er kontinuerlig klassing ikke nødvendigvis en fordel. Det ble innledningsvis hevdet at det var fordelaktig for operatørene ved at operatørene ikke trengte å forholde seg til avbrytning i boreoperasjoner i forbindelse med klasseaktiviteter. Likevel hevder operatørene at det med kontinuerlig klassing kan svekke driftseffektiviteten når det skal foregå klassing samtidig som boring foregår. Det ble også avdekket at det nødvendigvis ikke hadde vært problematisk for en operatør med klassefornyelse med tilhørende lengre avbrudd i operasjonen, da de ofte planla kontraktene og boring ut i fra dette. Likevel vil dette være avhengig av kontrakt og prosjekt.

Det fremkommer også at enkelte kostnader, som økt befraktning av personell via helikopter, forskyves over på dem. Kapasitet om bord kan også være en begrensende faktor da kontinuerlig klassing også betyr flere om bord. Likevel ble det tilføyd at disse ulempene vil kunne reduseres med mer digital overvåking og flere ikke personellkrevende tiltak. Kontinuerlig klassing er i startfasen enda, men etter utvikling kan det kunne bli smidigere og bedre løsninger. En bedre kommunikasjon mellom riggeiere og operatør er noe som kunne redusert eventuelle ulemper.

7.5 Kostnadsbesparelser med alternative metoder

Med kontinuerlig klassing vil kostnadene fordeles jevnt utover femårsperioden istedenfor at det blir store ukontrollerbare kostnader hvert femte år, noe som gir bedre kontroll over utgiftene.

Kontinuerlig klassing med alternative metoder gir direkte og indirekte kostnadsbesparelser for henholdsvis kostnader tilknyttet klassefornyelsen og tapt dagrate, og som følge av et optimalt vedlikeholdsprogram. Flere eksempler fremstilte at overhalingsintervallene kunne forskyves med mange år, og det er store potensielle besparelser ved å kunne utnytte ressurser lengst mulig så lenge de er velfungerende.

Etter implementering av nye metoder vil kostnadsbesparelsene være mindre de første årene på grunn av investeringsutgifter, men vil øke etter hvert. Når riggen foreldes vil kostnadsbesparelsene være mindre, det vil si at det er størst effekt med kontinuerlig klassing i første del av riggens levetid. Et reelt eksempel fra industrien tilsa at omtrent 40 % kunne spares for en ny Semi-submersible i løpet av den første tiårsperioden, der besparelsene hovedsakelig er fra tapt dagrate. Det er likevel viktig å belyse at kostnadsbesparelsene vil variere med dagraten, hvilke metoder som har blitt benyttet, og hvilken type innretning. Det er mulig å spare store kostnader ved å redusere nedetiden i forbindelse med en klassefornyelse.

8 Forslag til videre forskning

Forslag til videre forskning er å undersøke hva kostnadsbesparelsene vil være på lengre sikt. Likeså hadde det vært interessant å ta for seg ulike komponenter og undersøkt grundigere hvilke potensielle besparelser implementering av ulike undersøkelsesarrangementer kunne medført.

Det reviderte regelverket har åpnet for digitalisering og kontorbaserte inspeksjoner. En grundigere analyse av hvordan dette ville fungert, og om det vil være lønnsomt er noe riggeiere kunne hatt stor interesse av å få informasjon om.

Med bakgrunn i at OEM har vært en begrensende faktor for riggeiere ville innvirkningen kontinuerlig klassing har for dem vært interessant og studert.

9 Litteraturliste

Albright, S. C., Winston, W. L., Broadie, M. N., Lapin, L. L. and Whisler, W. D. (2007). *Management science modeling*. Thomson/South-Western.

Askjer, A.E. og Universitetet i Oslo Det juridiske fakultet. (2006). *Sikkerhetsreguleringen for flyttbare innretninger i petroleumsvirksomheten: en studie fra grenselandet mellom petroleumsvirksomhet og sjøfart*. Oslo: A.E. Askjer.

Breland, F., Guey, J., Masters, M., Kinert, N. and Menon, A. (2010). *RCM Principles Provide Predictive Asset Maintenance Benefits, Cost Savings*. IADC/SPE Drilling Conference and Exhibition.

Bureau Veritas (2010). *Asset Integrity Management* [Internett]. Tilgjengelig fra: http://www.bureauveritas.com/633b498047e94b29b191bdafdca0d0a3/Asset_Integrity_Management.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=633b498047e94b29b191bdafdca0d0a3 [Lest 28.05.2018].

Dalland, O. (2000) *Metode og oppgaveskriving for studenter 3.utg*. Oslo: Gyldendal akademisk

De nasjonale forskningsetiske komiteene (2010). *Veiledning for forskningsetisk og vitenskapelig vurdering av kvalitative forskningsprosjekt innen medisin og helsefag* [Internett] Oslo: De nasjonale forskningsetiske komiteer. Tilgjengelig fra:

<https://www.etikkom.no/globalassets/documents/publikasjoner-som-pdf/kvalitative-forskningsprosjekt-i-medisin-og-helsefag-2010.pdf>

DNVGL (2015). *DNVGL-CG-0052 Survey arrangement for machinery condition monitoring*, Tilgjengelig fra: <https://rules.dnvgl.com/docs/pdf/DNVGL/CG/2015-12/DNVGL-CG-0052.pdf>

DNVGL (2016). *Structure Integrity Management System (SIM). Life Extension Methodology*. [Presentasjon]. DNV GL Technology Week

DNVGL (2017). *DNVGL-RP-E101 Recertification of well control equipment*. Tilgjengelig fra: <http://rules.dnvgl.com/docs/pdf/dnvgl/RP/2017-02/DNVGL-RP-E101.pdf>

DNVGL (2018a). *DNVGL-RU-OU-0300 Fleet in service*. Tilgjengelig fra: <https://rules.dnvgl.com/docs/pdf/DNVGL/RU-OU/2018-01/DNVGL-RU-OU-0300.pdf>

DNVGL (2018b). *DNVGL-RU-OU-0101 Offshore drilling and support units*. Tilgjengelig fra: <https://rules.dnvgl.com/docs/pdf/DNVGL/RU-OU/2018-01/DNVGL-RU-OU-0101.pdf>

Fiskaa, G. (1991) *Vedlikeholdsstyring*. Trondheim: Fueltech

- Galar, D., Sandbord, P. and Kumar, U. (2017). *Maintenance Costs and Life Cycle Cost Analysis*. Boca Raton: Taylor & Francis Group, pp.61-126
- Goodwin, P., and Wright G., (2004). *Decision Analysis for Management Judgement (3rd ed.)*, John, Wiley & Sons Inc
- Goyet, J., Boutillier, V. and Rouhan, A. (2013). Risk based inspection for offshore structures. *Ships and Offshore Structures*, 8(3-4), pp.303-318.
- Hands, G. and T. Armitt (1998). Surface and internal defect detection. *Handbook of condition monitoring*, A. Davies, Editor. 1998, London: Chapman and Hall, pp.102-135.
- Harrel, M.C. and Bradley, M. A. (2009). *Data Collection Methods. Semi-Structured Interviews and Focus Groups*. RAND. Tilgjengelig fra: <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a512853.pdf>
- Hastings, N. (2010). *Physical asset management*. London: Springer
- Hegnar.no (2006). *Oppgraderer rigg for over halv mrd*. [Internett] Tilgjengelig fra: <http://www.hegnar.no/Nyheter/Boers-finans/2006/09/Oppgraderer-rigg-for-over-halv-mrd> [Lest 05.03.2018].
- Henriksen, T. (2017). Flaggstat [Internett] *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/flaggstat> [Lest 07.03.2018].
- Idhammar, C., Baker, G. and Wilson, A. (1999). ASSET STRATEGY. In Wilson, A. red. *ASSET MAINTENANCE MANAGEMENT: A Guide To Developing Strategy & Improving Performance*. Farnham: Conference Communication, pp.103-146.
- International Maritime Organization (IMO) (2013). *IMO–What it is* [Brosjyre]. United Kingdom: IMO Publishing Service. Tilgjengelig fra: http://www.imo.org/en/About/Documents/What%20it%20is%20Oct%202013_Web.pdf
- International Organization for Standardization (ISO) (2000). *15663-1 International Standard: Petroleum and Natural Gas Industries - Life-Cycle Costing - Part 1: Methodology*. Geneva, Switzerland: ISO
- International Organization for Standardization (ISO) (2001). *15663-2 International Standard: Petroleum and Natural Gas Industries – Life-Cycle Costing - Part 2: Guidance on Application of Methodology and Calculation Methods*. Geneva, Switzerland: ISO
- Jardine, A., Lin, D. and Banjevic, D. (2006). A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 20(7), pp.1483-1510.

- Jensen, T. C. (2015). Ribbing av rigg. *Dagens Næringsliv* [Internett] Tilgjengelig fra: <https://www.dn.no/nyheter/finans/2015/03/13/2156/Brskommentar/ribbing-av-rigg>[Lest 05.03.2018].
- Kusumawardhani, M., Kumar, R., and Markeset, T. (2016). Asset integrity management: Offshore installations challenges. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 22(3), pp.238-251.
- Kvale, S. (2002). *InterView. En introduksjon til det kvalitative forskningsinterview*. København: Hans Reitzels Forlag.
- Mannan, S. and Lees, F. (2012). *Lee's loss prevention in the process industries*. 4th ed. Boston: Butterworth-Heinemann, pp.131-201.
- Markeset, T. and Kumar, U. (2001) R&M and risk analysis tools in product design to reduce life cycle cost and improve product attractiveness. In: *Annual Reliability and Maintainability Symposium, the International Symposium on Product Quality & Integrity*, Philadelphia, Pennsylvania, USA, 2001 January 22 - 25, pp.116-122
- Melvær, K. (2015). *Forskning for forskerspirer*. Holbergprisen i skolen. Tilgjengelig fra: <https://metode.holbergprisen.no/content/>
- Norges Rederiforbund (u.å.) *Ord og uttrykk* [Internett]. Tilgjengelig fra: <https://www.rederi.no/kontakt/presse/ord-og-uttrykk/>[Lest 23.02.2018]
- Norsk olje og gass og Norges Rederiforbund (2015). *HANDBOOK FOR ACKNOWLEDGEMENT OF COMPLIANCE (AoC) Rev 05*. Tilgjengelig fra: <https://www.norskoljeoggass.no/contentassets/6f2863fbb5a04edab52e2772c40bf03a/aoc-handbook.pdf>
- Økland, J. (2012). Kostnadssprekk på Songa-rigger. *SYSLA* [Internett] Tilgjengelig fra: https://sysla.no/offshore/kostnadssprekk_paa_songa-rigger/[Lest 12.05 2018]
- Olsson, N. (2014) *Praktisk rapportskrivning*. Fagbokforlaget
- Osmundsen, P. (2015). Optimal strategies for rig procurement☆. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 126, pp.11-15.
- Osmundsen, P., Sørenes, T. and Toft, A. (2008). Drilling contracts and incentives. *Energy Policy*, 36(8), pp.3138-3144.
- Panesar, S.S., Kumar, R. and Markeset, T. (2008). Development of Maintenance Strategies for Offshore Production Facilities. In: *The Proceedings of the 3rd World Congress on Engineering Asset*

Management and Intelligent Maintenance Systems (WCEAM-IMS 2008). Beijing, China: Beijing International Convention Center, pp.1227-1232.

Petro.no. (2015). *Kjempesprekk på klassejobb* [Internett] Tilgjengelig fra: <https://petro.no/kjempesprekk-pa-klassejobb/23692> [Lest: 12.02.2018]

Petroleumstilsynet (u.å.) *Hva er samsvarsuttalelse?* Tilgjengelig fra: <http://www.ptil.no/hva-er-en-samsvarsuttalelse/category766.html> [Lest: 23.03.2018]

Quadrado, R., Eggum, K., Haaland, J. and Våge, G. (2015). Risk-based process could optimize BOP maintenance. *World Oil*, 236(1), pp.53–55.

Ratnayake, R. (2012). A decision model for executing plant strategy: maintaining the technical integrity of petroleum flowlines. *International Journal of Decision Sciences, Risk and Management*, 4(1/2), pp.1-24

Rausand, M. (1998). Reliability centered maintenance. *Reliability Engineering and System Safety*, 60, pp.121-132 [Figur].

Rofle, G. (2015) *Condition Based Maintenance to optimize Asset efficiency*. SKF Marine presentation during the 2015 GREEN4SEA Forum. Tilgjengelig fra: <http://safety4sea.com/2015-green4sea-forum-gerald-rolfe/>

Selvik, J. and Aven, T. (2011). A framework for reliability and risk centered maintenance. *Reliability Engineering & System Safety*, 96(2), pp.324-331.

Shin, J. and Jun, H. (2015). On Condition Based Maintenance Policy. *Journal of Computational Design and Engineering*, 2(2), pp.119-127.

Shorten, D. (2012) *Marine Machinery Condition Monitoring - Why has the shipping industry been slow to adopt?* United Kingdom: Lloyd's Register EMEA

Siddiqui, A.W. and Ben-Daya, M. (2009) Reliability Centered Maintenance. In: *Handbook of maintenance management and engineering*. Springer, pp.397–415

Sjøfartsdirektoratet (2015). *Flyttbare innretninger* [Internett]. Tilgjengelig fra: <https://www.sdir.no/sjofart/fartoy/fartoystyper/flyttbare-innretninger/#Klasseselskap>

SYSLA (2016). *19 rigger kan stå uten kontrakt – tusenvis av nye jobber i fare* [Internett] Tilgjengelig fra: <https://sysla.no/19-rigger-kan-sta-uten-kontrakt-tusenvis-av-nye-jobber-i-fare/> [Lest 09.02.2018]

Vachtsevanos, G., Lewis, F.L., Roemer, M., Hess, A. and Wu, B. (2006). *Intelligent fault diagnosis and prognosis for engineering systems*. Hoboken, N.J: Wiley, pp.56-94.

Vallier, K. (2016). *The Many Models of Offshore Platforms* [Bilde] Tilgjengelig fra:

<https://www.deeptrekker.com/oil-energy-platforms/> [Hentet 07.06.2018]

Wiggelinkhuizen, E., Verbruggen, T., Braam, H., Rademarkers, L. (2003). *Condition Monitoring for Offshore Wind Farms*.

Yssaad, B., Khiat, M. and Chaker, A. (2014). Reliability centered maintenance optimization for power distribution systems. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 55, pp.108-115.