

Valg av systemer og verktøy for risikostyring og risikoanalyser i en bedrift som leverer offshore-utstyr

Khurom A. Rai
Thomas D.A. Sneltvedt

Veileder
Tom Lassen

*Masteroppgaven er gjennomført som et ledd i utdanningen ved
Universitetet i Agder og er godkjent som en del av denne
utdanningen.*

1 FORORD

Denne masteroppgaven er det avsluttende arbeidet studentene gjennomfører på masterstudiet industriell økonomi og teknologiledelse ved Universitetet i Agder (UiA). Masteroppgaven dekker 30 studiepoeng, som anses å være en normal arbeidsmengde gjennom et semester. Hensikten med å gjennomføre en masteroppgave er at studentene skal bruke den forståelsen de har tilegnet seg gjennom studiet til å løse en større prosjektoppgave. Gjennomføringen av masteroppgaven skal forberede studentene på å arbeide selvstendig og tilegne seg praktisk og teoretisk forståelse innenfor flere faglige problemstillinger.

Ønsket om å skrive en oppgave som omhandler risiko og sikkerhetstankegang ble muliggjort av vår faglærer og veileder, Professor Tom Lassen. Begge gruppemedlemmene hadde kjennskap til dette fagfeltet gjennom faget pålitelighetsbasert vedlikehold fra bachelorutdanningen (maskiningeniør-flyteknikk). Gruppen kom selv med forslag til andre oppgaver som virket interessante, og falt inn under dette fagfeltet. Disse oppgavene viste seg derimot å være vanskelige å gjennomføre, grunnet stort omfang. I samråd med veileder ble det derfor bestemt å avgrense oppgaven til fagområdet teknisk sikkerhet, og forsøke å knytte dette opp mot en relevant offshore-bedrift. Denne oppgaven gir en flott mulighet til å utvikle vår kunnskap innen emnet ytterligere.

Det ble avholdt flere møter med vår veileder før en endelig oppgave ble valgt. Tom Lassen jobber i tillegg til stillingen ved UiA, som leder i avdelingen for teknisk sikkerhet hos Advanced Production and Loading (APL) Norway AS. Etter flere samtaler og møter før jul der vi diskuterte mulige masteroppgaver, falt valget på å skrive oppgaven for APL. Oppgaven blir da utarbeidet i samarbeid med Tom Lassen som representant for APL, og veileder ved UiA.

Denne oppgaven som vår veileder presenterte for oss, er en jobb han selv har ønsket å gjøre over en lengre tidsperiode, men som har blitt nedprioritert grunnet annet arbeid. Det er givende for gruppen å se at jobben som blir gjort, faktisk kan bli tatt i bruk av en så stor organisasjon som APL.

Gruppen hadde noen uklare mål helt i begynnelsen, blant annet med utarbeidelsen av en god tittel og dekkende oppgavetekst. Takket være flere møter med vår erfarne veileder ble vi ledet inn på rett spor. Etter at oppgavebeskrivelsen var klarlagt, var det en tidkrevende prosess med å innhente rett teorigrunnlag, for så sette seg inn i teorien. Selv om gruppemedlemmene er kjent med filosofien rundt risikobehandling og kravene som stilles til produkter, var det krevende å sette seg inn et helt nytt fagfelt (offshore). Mye av forberedelsene ble gjort i løpet av julen, og på nyåret startet jobben med oppgaven.


Omfanget av oppgaven relativt stort, og ved å være to kan arbeidet lettere fordeles. Vi har hatt et tett samarbeid allerede fra starten av bachelorutdanningen og ønsket å utføre oppgaven sammen. Dette gir det også rom for diskusjoner underveis og bidrar til et mangfold av synspunkter, noe vi mener er viktig under en større prosjektoppgave.

Prosjektoppgaven ble i hovedsak utført fra UiA, med unntak av enkelte besøk hos bedriften

Gruppemedlemmene har likt kunnskapsnivå innen sine fagfelt noe som førte til at ekstern hjelp måtte brukes i de tilfeller gruppen ikke hadde den nødvendige kompetansen selv. Noen ble kontaktet oftere enn andre, og enkelte bidro mer til å hjelpe oss på et personlig plan.

Vi ønsker derfor å benytte anledningen til å spesielt takke følgende personer:

- Vår veileder Tom Lassen, for flott oppfølging og tett samarbeid gjennom hele oppgaveperioden.
- David Litlekalsøy og Jeanette Berntsen for hjelp og tips underveis.
- Rajeev Lehar som skriver en tilsvarende oppgave, for gode diskusjoner og bra innspill underveis.
- Jon Sneltvedt som har mange års erfaring i arbeidet med å redusere risiko innenfor luftfart, for gode tips og tilbakemeldinger.
- Avrinder Bajwa, Heidi Haugebo og Kjell E. Skjønhaug, som satt av tid til å hjelpe oss med en gjennomgang av risikoverktøyene som skal leveres til APL.
- Sist men ikke minst, våre familier som har støttet oss hele veien frem til målet.


Thomas Sneltvedt


Khurom Rai

2 SAMMENDRAG

Denne masteroppgaven er utført for Advanced Production and Loading AS (APL) som leverer dreietårnsløsninger til offshore-bransjen. Målet med oppgaven er å foreta en kritisk vurdering av APL sitt nåværende system for risikostyring, og foreslå eventuelle forbedringer. Eventuell kritikk og forslag til forbedringer skal være i henhold til dagens krav og forskrifter til denne bransjen. Informasjon om det nåværende risikostyringssystemet er hentet gjennom flere møter med bedriften og samtaler med Tom Lassen. Relevante retningslinjer er hentet fra både International Organization for Standardization (ISO) og Det Norske Veritas (DNV).

En evaluering av risikostyring og kvalitetsledelse hos APL viser at det er rom for forbedringer både av organisatorisk art og med tanke på risikoforvaltningsverktøyene som benyttes. ISO 31000 deler risikostyring i tre hovedelementer, henholdsvis: grunnprinsipper, rammeverk og prosessen. Det viser seg at APL har etablert gode grunnprinsipper og har flere gode prosesser, men mangler et formelt rammeverk for å styre prosessen. Risikostyring krever også bruk av analyseverktøy som FMECA og HAZOP, og evaluering av disse ble gjort opp mot forslag fra ISO 31010. Verktøyene hos APL har dekkende innhold, men oppsettet er noe usystematisk satt opp og kan oppfattes som delvis rotete. Kvalitetsaspekter fra ISO 9001 er inkludert. Imidlertid bør kundens direkte og indirekte ønsker inkluderes i alle ledd hos organisasjonen på lik linje med risikoelementene. Basert på dette er det dermed ønskelig å øke samarbeidet mellom avdelingen for teknisk sikkerhet og kvalitetsavdelingen. ISO-standardene påpeker også viktigheten av kommunikasjon, og dette har vist seg å være mangelfullt hos APL både mellom avdelinger, og til tider internt i en og samme avdeling.

For å dekke APL sitt behov for et rammeverk er ISO 31000 brukt som en mal, og et dekkende system for risikoanalyser er utarbeidet. For å sette kvalitetsledelse i sammenheng med risikostyring, er hensyn til kundens krav og ønsker blitt en integrert del av det totale systemet. Kvalifiseringsprosessen for ny teknologi er også implementert i det totale systemet. Rammeverket er både fokusert rundt økt informasjonsutveksling, og kontinuerlige forbedringer er vektlagt. Risikostyringsprosesser er en stor del av det totale systemet, og det er foreslått en

Integrated Reliability-Centered Maintenance (IRCM)-analyse for få én helhetlig prosess som dekker både risikovurderinger og utarbeidelse av vedlikeholdsprogram. IRCM-forslaget skal forminske dobbeltarbeid og bidra til økt informasjonsutveksling mellom avdelinger. I tilknytning til risikoanalysene som inngår i IRCM, er nye regneark for FMECA og HAZOP-analyser utarbeidet. En håndbok for å forenkle opplæring og effektivisere gjennomgang av analysene er også utviklet. Det anbefales at APL selv utvikler en kurspakke både for IRCM-gjennomgangen, og for integrering som en del av den totale opplæringen av nyansatte.

INNHOOLD

1	FORORD	I
2	SAMMENDRAG	III
3	FIGURLISTE	1
4	TABELLISTE	3
5	INNLEDNING	5
6	FORKORTELSER	7
7	BEGREP	9
8	ADVANCED PRODUCTION AND LOADING NORWAY AS (APL)	11
8.1	Om teknologien	12
9	TEORI OG METODE	15
9.1	Check-lists	15
9.2	What-if engineering.....	16
9.3	Levetidsmodeller	24
9.4	Reliability-centered maintenance (RCM)	27
9.5	Risikoakspetkriterier	31
10	FORSKRIFTER OG DOKUMENTER	34
10.1	ISO 9001 Quality management and quality assurance.....	35
10.2	ISO 31000 Risk management – Principles and guidelines.	36
10.2.1	Oppbygning.....	37
10.2.2	Prinsipper	37
10.2.3	Rammeverk	38
10.2.4	Prosessen.....	38
10.2.5	Retningslinjer og kontekst for risikostyring.....	38
10.3	ISO 31010 Risk management – Risk assessment techniques	40
10.4	Det Norske Veritas, RP-A203 Qualification Procedures for New Technology.....	41
10.4.1	Filosofien	42

10.4.2	Klassifisering av teknologi.....	43
--------	----------------------------------	----

11	GJENNOMGANG AV BEDRIFTENS SYSTEM OG PRAKSIS	45
11.1	Beskrivelse av APL sitt nåværende system for risikostyring og kvalitetsledelse.	45
11.2	Organisasjonens oppbygging	45
11.3	Verktøy og metoder som brukes av APL.....	47
11.4	Oversikt over ansvars- og kunnskapsfordelingen i APL.....	48
11.5	Prosedyrer for risikostyring og kvalitetsledelse hos APL.....	49
11.5.1	Utarbeidelse av grunnlag, verktøy og rapport for risikoanalyse.	49
11.5.2	Gjennomgang av design under utviklingsfasen	49
11.5.3	Utviklingsarbeidet	49
11.5.4	Utarbeidelse av salgskontrakt og overføring av informasjon til kunder.....	50
11.5.5	Overlevering og oppfølging av produktet.....	50
12	FORSLAG TIL OPPSETT AV NYTT SYSTEM	53
12.1	Kvalitetsledelse	55
12.1.1	Teknisk kvalitet.....	56
12.1.2	Estetisk kvalitet	56
12.2	Risikostyring	56
12.2.1	Grunnprinsipper	57
12.2.2	Rammeverk	58
12.2.3	Proessen.....	61
12.2.4	Forbedring av rapportmaler	65
12.3	Anvendelse av risikostyringsprosessen på et praktisk eksempel	82
13	KONKLUSJON.....	84
14	FORSLAG TIL VIDERE ARBEID	88
15	BIBLIOGRAFI.....	90

3 FIGURLISTE

Figur 1: Organisasjonskartet for ledelsen i APL (Lassen, Manager Technical Safety, 2011).....	12
Figur 2: STL-systemet montert på et lasteskip. (APL)	13
Figur 3: Tverrsnitt av den geostasjonære bøyen, som kobles til lasteskipet.....	13
Figur 4: Illustrasjon av STP-systemet, som er en mer kompleks tilkobling enn STL (APL).....	14
Figur 5: Kostnadsfordeling avhengig av når i prosjektfasen FMECA initieres (Rausand, 2005).	19
Figur 6: Weibullfordeling som viser tiden til reparasjon (Lassen, Pålitelighetsbasert vedlikehold, logiske analyser og planlegging, 2004).....	25
Figur 7: Mulige forløp som illustrer sviktintensitet (Lassen, Pålitelighetsbasert vedlikehold, logiske analyser og planlegging, 2004).	26
Figur 8: Konsekvensanalyse for å klassifisere risiko (Reliability hotwire, 2007).....	29
Figur 9: Tiltaksmeny for valg av preventivt vedlikehold (Lassen, 2004).....	30
Figur 10: En generell risikomatrix (Norwegian Technology Centre, 2001).	32
Figur 11: Illustrasjon av ALARP-prinsippet (Norwegian Technology Centre, 2001).	33
Figur 12: System for kvalitetsstyring (ISO 9001, 2000).....	35
Figur 13: Sammenhengen mellom prinsipper, rammeverk og prosessen (ISO, 2009).	37
Figur 14: Levetidsfordeling for et produkt, gjennom flere kvalifiseringsfaser (DNV, 2001).	42
Figur 15: Kvalifiseringsprosessen for et nytt produkt (DNV, 2001).	43
Figur 16: Organisasjonskart som viser plasseringen av avelingen for teknisk sikkerhet (markert i rødt) (Lassen, Manager Technical Safety, 2011).....	46
Figur 17: Utvikling av rammeverket som skal implementeres hos APL.....	59
Figur 18: viser styrkene til IRCM som en del av forslaget til det nye risikostyringssystemet til APL.	63
Figur 19: Forslag til rammeverket for risikostyring hos APL.	64
Figur 20: Dette er den gamle oversiktsiden på FMECA-regnearket fra APL.	70
Figur 21: Det nye forslaget til oversiktsbildet som brukes på FMECA-regnearket.	71
Figur 22: Oppsett av det gamle FMECA-regnearket som ble benyttet hos APL.	72
Figur 23: Nytt oppsett av regneark for FMECA-analyser	74
Figur 24: oversiktsbildet som skal fortelle kort om hvordan HAZOP utarter seg.....	77
Figur 25: Det nye oversiktsarket fra HAZOP-regnearket, øvre del.....	78
Figur 26: Det nye oversiktsarket fra HAZOP-regnearket, nedre del.	79
Figur 27: Oppsett på det eksisterende HAZOP-regnearket til APL.....	79

Figur 28: Oppsett av selve analysedelen i det nye HAZOP-regnearket. 81

4 TABELLISTE

Tabell 1: Nøkkelord og prosessparametre som brukes i HAZOP-analyser (Rausand, Hazard an OPerability Study, 2005).....	22
Tabell 2: Flere som nøkkelord som kan være med på å avdekke menneskelig svikt (Rausand, Hazard an OPerability Study, 2005).....	22
Tabell 3: Oversikt over klassifiseringen av teknologi (DNV, 2001).	44
Tabell 4: Oversikt over hvilken kunnskap de forskjellige avdelingene i APL innehar	48
Tabell 5: Oversikt over anvendeligheten til utvalgte risikoanalyseverktøy.....	62

5 INNLEDNING

Formålet med oppgaven er å forbedre det eksisterende systemet for risikostyring og kvalitetsledelse for bedriften Advanced Production and Loading AS (APL), eller utvikle et nytt system dersom det er nødvendig. APL er et selskap som leverer dreietårnløsninger til offshore-bransjen. Selskapet ble kjøpt opp av det multinasjonale selskapet National Oilwell Varco (NOV) under oppgaveperioden.

Bakgrunnen for dette prosjektet er at APL må innrette seg etter enda strengere rutiner for risikostyring og kvalitetsledelse. For eksempel har selskapet i de siste årene hatt en stor vekst tross finanskrisen som var. I tillegg til dette kommer det stadig strengere krav til sertifisering og kvalifisering av nye produkter. Det rettes også stadig større fokus på gass- og oljeutslipp i havet, og miljøfølgene dette har. Det fører igjen til at det antakeligvis vil bli stilt enda strengere krav til utstyret som leveres der, for å forsikre seg mot utilsiktede hydrokarbonutslipp. Foreløpig har ikke NOV krevd at APL skal følge deres rutiner for risikostyring. Derfor er det trolig mest hensiktsmessig å oppdatere de allerede eksisterende systemene og verktøyene som brukes. Denne masteroppgaven er et ledd i å forbedre det risikostyrings- og kvalitetsledelsessystemet som APL har i dag

I tillegg til dette har det vært to spesifikke tilfeller som har forårsaket at APL prioriterer evaluering og oppdatering av systemet innen kort tid. I begge tilfellene har problemet vært manglende risikoanalyser for produkter som er ferdigstilt. I det ene tilfellet har det i en kontraktsfase blitt påkrevd fra kunden å få gjennomført en FMECA-analyse, og i et annet tilfelle har en manglende risikoanalyse ført til uforutsette tekniske utfordringer og nedetid for utstyret.

Fremgangsmåten for å løse oppgaven, baseres på en kritisk evaluering av det nåværende systemet, for så å komme med forslag til potensielle forbedringer. Målet er å gjøre systemet for risikostyring mer synlig i bedriften slik at alle ansatte kan få en kjennskap til denne filosofien og til risikoanalyseverktøyene som brukes av bedriften.

Gruppen har i samarbeid med veileder utarbeidet tre forskerspørsmål som ønskes besvart. De har blitt valgt med fokus på at oppgaven skal være mulig å gjennomføre, men samtidig være

krevenne nok til å inngå i en masteroppgave. Forskerspørsmålene som har blitt valgt lyder som følger:

1. *Har APL et effektivt risikostyringsystem? Kan man kombinere de forskjellige ISO og DNV standardene for å forbedre og lage et mer dekkende system.*
2. *Kan den praktiske prosessen effektiviseres, og kan det gjøres forbedringer på tilhørende dokumenter som FMECA- og HAZOP-rapportmaler?*
3. *Skaper det eksisterende systemet og tilhørende dokumentene tillit hos kunder, og kan enkelte forbedringer gjennomføres eller foreslås for å øke kundens tillit?*

Oppgaven skulle i utgangpunktet avgrensnes til teknisk sikkerhet, med mål om å evaluere og oppdatere systemet for risikostyring og tilhørende risikoanalyseverktøy. Til tross for en klar avgrensning, ble det allerede i en tidlig fase ytret et ønske av APL om å se på kvalitetsledelse i sammenheng med risikostyring. I denne sammenheng var det aktuelt å se på hvordan disse avdelingene kunne øke sitt samarbeid og arbeide mot noen felles mål. Utover dette valgte gruppen å ikke se nærmere på etablering av interne og eksterne krav som inngår i risikostyringsprosessen. Gruppen antar at APL allerede har en god oversikt over dette, og kan med enkelte grep tilpasse dette til en del av det totale rammeverket. I utgangspunkt skulle også et praktisk eksempel inkluderes, for å teste systemene på en reel problemstilling hos APL. Dette ble ikke gjennomført grunnet gruppens problemer med å anskaffe et låsbart rom for oppbevaring av konfidensielle dokumenter. I tillegg har det vært problematisk å innhente informasjon om bedriften, især oppbygningen og tall på antall ansatte med mer. Dette kommer som følge av omstillinger som følge av oppkjøpet fra NOV, men vil ikke påvirke oppgaven i stor grad.

I rapporten er også enkelte figurer på engelsk. Disse er hentet inn fra dokumenter som ikke var tilgjengelige på norsk for gruppen, og for å beholde det opprinnelige inntrykket er ikke egne kopier utarbeidet. Rapportmalene som leveres til APL i forbindelse med HAZOP og FMECA er også på engelsk, da dette er språket som foretrekkes på slike analyser. Enkelte ord og uttrykk er brukt på engelsk fremfor å skape en forvirring ved å oversette disse til norsk.

6 FORKORTELSER

ALARP- As Low As Reasonably Possible

APL- Advanced Production and Loading Norway AS

DNV- Det Norske Veritas

FMECA- Failure Mode Effect and Criticality Analysis

HAZOP- Hazard and Operability study

HMS- Helse Miljø og Sikkerhet (Engelsk- HSE- Health Safety Environment)

ISO- International Organization for Standardization

RAK- RisikoAkseptKriterier (Engelsk- RAC- Risk Acceptance Criteria)

RCM- Reliability Centered Maintenance

STL- Submerged Turret Loading

STP- Submerged Turret Production

7 BEGREP

ALARP- prinsippet brukes for å bevege seg lengst mulig vekk fra uakseptabel risiko, innenfor rimelighetens grenser.

Feil (svikt)- Når en teknisk enhet slutter å utføre sin tiltenkte designhensikt.

Feilmode- Er feilen sett utenfra, og skal gi et inntrykk av hva som kan skje dersom noe skulle svikte.

Feilårsak- Er rotårsaken til at feilmoden inntreffer.

Feilmekanisme- Er et uttrykk som beskriver hvorfor feilårsaken har inntruffet.

Kvalitet- Forklarer egenskapen til et produkt eller objekt. Det skilles her mellom god eller dårlig kvalitet.

Kvalitativt- En vurdering som gjøres når det er vanskelig å tallfeste en sannsynlighet, for eksempel dersom man ikke har tall for sviktintensitet tilgjengelig.

Kvantitativt- Dette er en forskningsbasert metode, der man benytter tall som gir et målbart resultat.

Kvalitetsledelse- Bedriftens måte å sørge for at produkter som leveres til kunde har høy kvalitet, det er kvalitetssikringsavdelingene som sørger for at dette oppfylles.

Kost/nytte-analyser- Er en måte å vurdere totale kostnader opp mot forventet nytteverdi av investeringen.

Kritikalitet- Bedømmes som en rangering eller kategorisering av risiko.

Livstidssyklus- Vil si at man følger et produkt fra det oppstår til det slutter å eksistere, ofte kalles dette ”fra vugge til grav”

Produktsærkostnader- Kostnader knyttet direkte til et spesifikt produkt.

Pålitelighet- Utrykk for en teknisk enhets evne til å utføre sin tiltenkte funksjon tilfredsstillende uten å feile.

Risiko- Defineres matematisk som produktet av sannsynligheten for at en hendelse inntreffer og konsekvensen av denne hendelsen.

Risikoakseptkriterier- Er et mål på om en risiko er akseptabel eller ikke, presenteres gjerne i en risikomatrix.

Risikoanalyser- En systematisk gjennomgang for å prøve å avdekke mulige uønskede risikoer.

Risikomatrise- En matrise som viser uakseptable og akseptable områder av risiko, og områder hvor det bør legges inn videre arbeid.

Risikostyring- Arbeidet bedriften foretar seg for å prøve å kontrollere risikoene, og sørge for at sannsynligheten ikke overstiger de aksepterte kriteriene satt av ledelsen.

Sikkerhet- Kan defineres til å ha kontroll over kjente risikoer, for å holde risikonivået på et akseptabelt plan

Sviktintensitet- Hyppigheten mellom svikt, kan for eksempel uttrykkes i svikt pr. time eller pr. år.

Tilgjengelighet- En kvalitet som innebærer at enheten er klar til bruk når behovet er der.

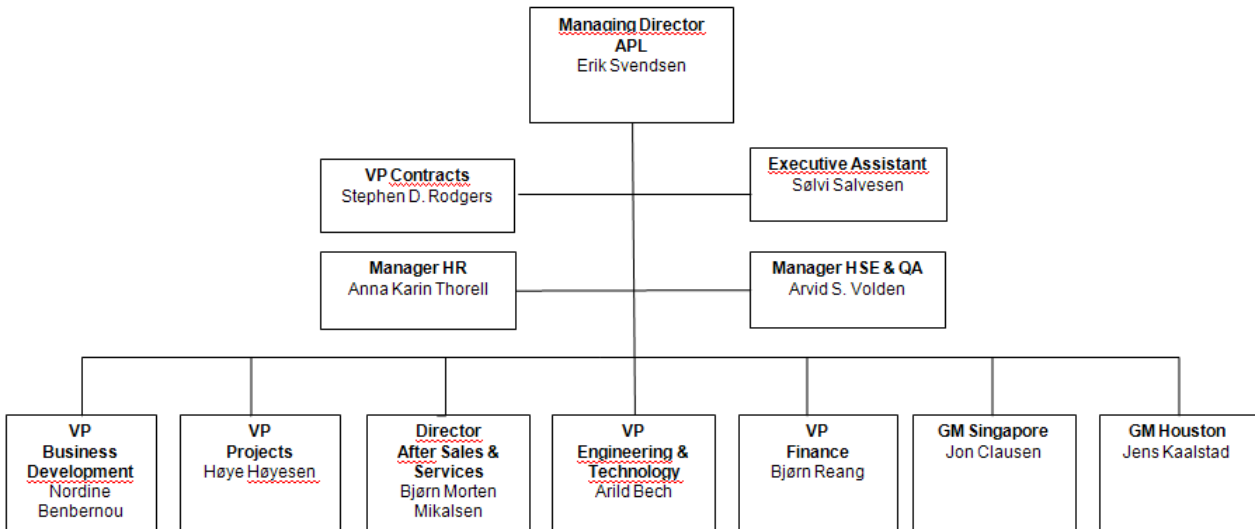
Vedlikeholdsvennlighet- En kvalitet som gjør at enheten er lett og hurtig å vedlikeholde.

8 ADVANCED PRODUCTION AND LOADING NORWAY AS (APL)

Advanced Production and Loading (APL) ble grunnlagt av gründeren Arne Smedal i 1993. Bakgrunnen til stiftelsen av APL var markedets behov for en teknologisk løsning som gjorde det mulig å losse olje og gass, med høy tilgjengelighet i tøffe miljøer. Firmaet ble i 2007 kjøpt opp av BW Offshore LTD i 2007 (Lassen, Manager Technical Safety, 2011). Helt siden oppstart har bedriften hatt en signifikant vekst, og har til nå levert 50 produksjons og tilkoblingsterminaler samt nærmere 130 skipsbaserte fartøy. Hovedkontoret og utviklingsavdelingen finner sted i Arendal, Norge. Forøvrig har APL kontorer både i Brasil, USA, Frankrike, Kina, Singapore og Storbritannia. I overgangen 2010-2011 ble selskapet i sin helhet kjøpt opp av det multinasjonale og stadig voksende selskapet National Oilwell Varco.

APL har jobbet med å utvikle og kommersialisere det som kalles Submerged Turret Loading (STL) og Submerged Turret Production (STP)-systemer for flytere. Eksisterende systemer på den tiden hadde klare begrensninger med hensyn til værforhold. STL- og STP-konseptene er en innovativ og attraktiv teknologi for fleksibel, sikker og kostnadseffektiv oljeløsing. Utviklingen av STL- og STP-systemet har avledet til andre gode systemer som Single Anchor Loading (SAL) system, the SAL Yoke (SYS) system, the Buoy Turret Loading (BTL) system, the External Turret Production (ETP) system, and Spread Moored Tandem (SMT) system (APL).

APL er en prosjektorganisasjon, noe som innebærer at all virksomhet som foregår i regi av bedriften er prosjektbasert. Dette vil si at når en oppgave skal gjennomføres etableres det en prosjektgruppe, med forskjellige personer som har ansvar for prosjektet på forskjellige nivåer. Figur 1 viser hvordan APL er organisert.



Figur 1: Organisasjonskartet for ledelsen i APL (Lassen, Manager Technical Safety, 2011).

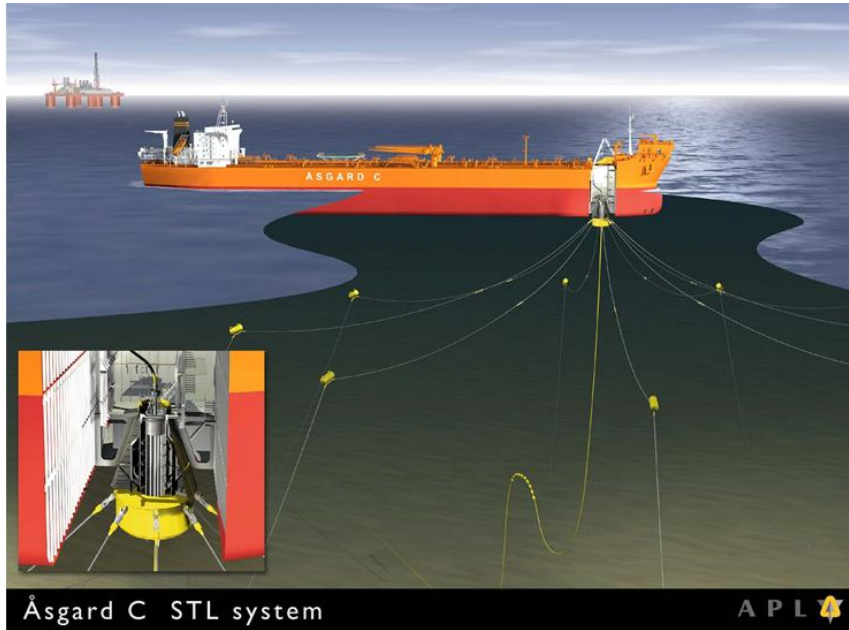
8.1 Om teknologien

For å få et innblikk i virksomheten til APL og hvilken bransje de tilhører, følger en kort introduksjon av de to viktigste og største produktene som er STL- og STP-teknologien. Selv om oppgaven ikke er knyttet direkte til teknologien og løsningene som leveres, gir det en formening om hvorfor APL trenger gode risiko- og kvalitetssystemer

Submerged Turret Loading (STL)–systemet

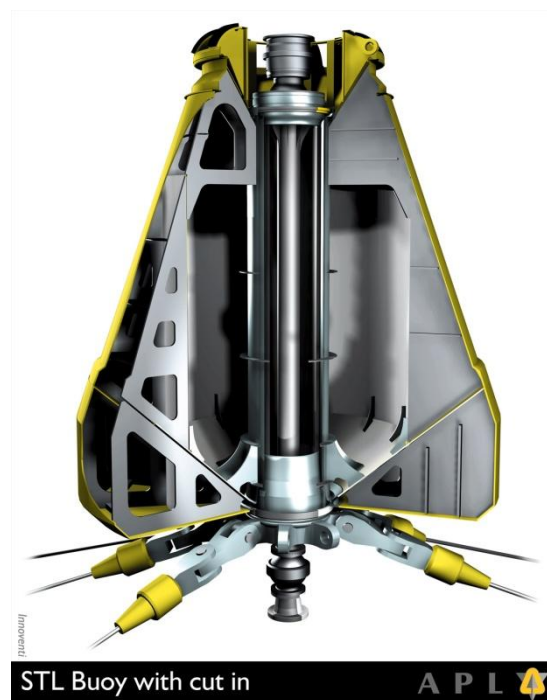
Dette dreietårssystemet ble introdusert i 1993 og er toppmoderne innen offshore-lasteteknologi. Systemet ble utviklet for å skape et substitutt til eksisterende løsninger på markedet, og er siden akseptert som en godt fungerende og pålitelig teknologi. Forskjellen mellom dette og de allerede eksisterende løsningene på markedet var hovedsakelig at man kunne fortsette lossing i dårligere vær enn før. Dette økte totalt sett fleksibiliteten, sikkerheten og kostnadseffektiviteten.

Måten dette ble løst på var å montere en geostasjonær lastebøye til slangen som brukes for oljelossing. Slik figur 2 viser har skipet muligheten til å rotere 360 grader rundt lastebøyen. Med denne fleksibiliteten kan skipet rettes inn for å møte bølgen i den mest hensiktsmessige retningen. I tillegg til dette reduseres teknologien både faren for uheldige utslipp, og gjør det mulig å fra koble hurtig ved behov.



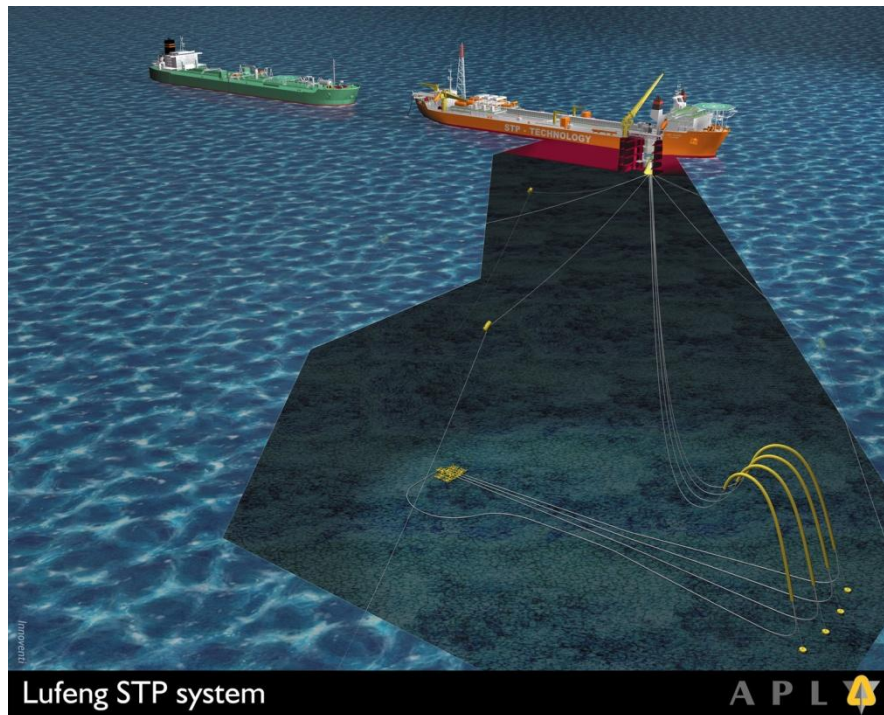
Figur 2: STL-systemet montert på et lasteskip. (APL)

Flyteren roterer rundt den geostasjonære lastebøyen ved hjelp av en lagerløsning. Inne i dreietårnet sitter selve oljerøret og dette blir ikke utsatt for noen belastninger når skipet dreies, slik det er vist i tverrsnittsbilde i figur 3.



Figur 3: Tverrsnitt av den geostasjonære bøyen, som kobles til lasteskipet

En videreutvikling av STL har resultert i Submerged Turret Production (STP). Dette er i utgangspunktet lik en STL løsning med unntak av at en STP, i tillegg til å utføre lasteoperasjoner, også kan brukes for tilkobling av flytende fartøy for oljeproduksjon. Dette gjør at en slik løsning kan erstatte en konvensjonell plattform. Slik figur 4 viser innebærer en slik løsning at flere lasteslanger må tilkobles lastebøyene, for å blant annet kunne laste både olje og gass. I tillegg til dette ser man at skipet som er tilkoblet lastebøyen også brukes til å losse over i transportskipet som står i bakgrunnen.



Figur 4: Illustrasjon av STP-systemet, som er en mer kompleks tilkobling enn STL (APL).

9 TEORI OG METODE

For å kunne gjennomføre en vurdering av systemet APL bruker for risikostyring, trenger vi å gå gjennom noen av de verktøy og metoder som er tilgjengelig, og som brukes av APL. Teoriene og metodene som gjengis her, er også de seneste reviderte utgavene og bør vurderes som et minimum av hva som burde være tilgjengelig.

9.1 Check-lists¹

Slike lister skal representere tidligere erfaring innefor et spesifikt område, eller en komponent. Listene kan inneholde informasjon om farer, risikoer og vanlige kontrollfeil. Årsaken til at slike lister utarbeides, er for å forsikre seg om at alle kjente risikoer er tatt hensyn til. Det er ofte fornuftig at hver avdeling utarbeider sjekklister som passer deres arbeid, produkter og analyser best. Det er viktig at listene er systematisk fremstilt og lett tilgjengelig, slik at det på en enkel måte kan velges gyldig liste til aktiviteten eller objektet som skal analyseres. I en spesifikk analyse brukes listen til å sammenlikne eller kryssjekke innholde. Slike lister brukes i mange sammenhenger, og kan sammenlignes med de samme listene som piloter bruker før avgang. Ved å systematisk gå gjennom alle punktene på listen reduseres sannsynligheten for å ha glemte viktige momenter.

Denne form for sjekk kan foretas når som helst under livstidssyklusen til et produkt, og listene som utarbeides kan videreføres fra en fase til neste. Man kan for eksempel sitte igjen med en liste over kontroller som er mangelfulle, eller en liste med forskjellige risikoer. Disse listene kan brukes videre i for eksempel neste design review for å forsikre seg om at man har dekket feilene man fant ved forrige gjennomgang. Når endelig design fremlegges skal listene man har brukt ikke inneholde flere feil eller risikoer, og alt skal ha blitt tatt hensyn til.

En klar fordel med slike lister er at de er lett å bruke. Dersom listen er fremstilt på en god måte kan ekspertise og tidligere erfaringer presenteres i et meget lettanvendelig system. De sørger også for å forsikre seg om at de vanligste problemområdene med designet er behandlet. Ulemper kan derimot være at den hemmer kreativ tenking, når det kommer til å identifisere nye risikoer.

¹ Store deler av dette innholdet er hentet fra (ISO 31010, 2009).

Det er lett å overfokuseres på kjente feil og mangler, fremfor å arbeide med å påpeke det som er ukjente (ISO 31010, 2009).

9.2 What-if engineering

Dette kan ordrett oversettes til ”hva om”-ingeniørskap, og er en filosofi som går ut på å prøve å forutse hva som kan gå galt, allerede fra designfasen. Hovedformålet med denne analysen er å ta for seg et design og vurdere det kritisk, for å finne eventuelle feil. For å komme frem til dette kan man stille spørsmål som ”hva skjer dersom”, og et tiltenkt scenario etter dette. For eksempel ”hva skjer dersom oljelasteslangen revner”. Man prøver på denne måten å forutse alle uønskede hendelser som kan inntre når produktet er i produksjon. Videre diskuterer man også en sannsynlighet for at en slik hendelse kan inntre, og konsekvensen av den. Fra eksempelet over, risikerer man at oljen lekker ut i havet og man får en miljøskade. Både HAZOP og FMECA er risikoanalyseverktøy som faller inn under denne filosofien, og som brukes av APL når nytt design skal vurderes.

Failure Mode Effect and Criticality Analysis (FMECA) er en analyseteknikk som brukes for å identifisere alle tenkelige måter forskjellige komponenter i et system kan feile på. Man får også frem effekten av en eventuell feil, og hvordan man kan unngå eller formilde omstendighetene dersom en feil oppstår. **HAZard and OPerability study (HAZOP)** er en analyse som er svært lik FMECA, men en viktig forskjell er at prosess og prosedyre står sentralt. HAZOP-analysen er en gjennomgang av planlagte eller eksisterende prosesser, operasjoner eller prosedyrer. Denne teknikken brukes for å identifisere risikoer mot blant annet mennesker, utstyr og miljø. Begge analysene er strukturerte og systematiske, og teamet som foretar analysene ventes også å komme med en løsning for å behandle de uønskede hendelsene (ISO 31010, 2009).

Analysene er begge store og tidkrevende, og krever en del forarbeid og planlegging. Disse gjennomføres normalt av et team, hvor en person med tilstrekkelig erfaring og detaljert kunnskap om metodikken utnevnes til møteleder. Person som blir utvalgt som leder skal forsikre seg om at analysene utføres i henhold til de retningslinjer som skal følges. Lederen er også ansvarlig for å definere mål og formålet med analysene, og samtidig danne et egnet team til å gjennomføre analysene. Et slikt team består av representanter fra teknisk sikkerhet, kvalitetsavdelingen og Helse Miljø og Sikkerhets (HMS)-avdelingen. I tillegg til disse kommer også produkt- og

prosessingeniører med spisskompetanse innen sine fagfelt. Marvin Rausand legger til grunn følgende fire punkter som er viktig for deltakerne å tenke på under analysene:

1. Vær aktiv, alle bidrag teller.
2. Vær nøyaktig, unngå evige diskusjoner om detaljer.
3. Vær kritisk, men på en positiv måte. Negativ kritikk hjelper ikke.
4. Vær ansvarsfull. Vet du noe de andre ikke vet, må du si det.

For å kunne gjennomføre en FMECA eller HAZOP-analyse trenger man tilstrekkelig informasjon om elementene i systemet som skal analyseres. Det er også ønskelig med detaljert informasjon av individuelle komponenter i alle nivåer som skal undersøkes.

Eksempler på slik informasjon kan være (ISO 31010, 2009):

- Tegninger eller flytdiagram.
- Forståelse av funksjonene i hvert steg av det som analyseres.
- Detaljer om miljø eller andre parametre som kan påvirke arbeidsoperasjonen, for eksempel om en komponent er utsatt for saltvann og fuktige miljøer.
- Forståelse av resultatet til en gitt feiling.
- Historisk informasjon om feiling med data om sviktintensitet.

Generelt kan man si at begge analysene følger en felles fremgangsmåte for gjennomgangen av et design, og kan oppsummeres på følgende måte (ISO 31010, 2009):

- Definere formålet og målene med analysen.
- Sette sammen et team.
- Forstå systemet/prosessen som skal analyseres.
- Bryte ned systemet som skal analyseres i mindre elementer eller delsystemer.
- Definere funksjonen av elementer eller delsystemer.
- Identifisere hvordan hvert element eller delsystem kan feile.
- Diskuter årsaker og konsekvenser av en eventuell feiling.

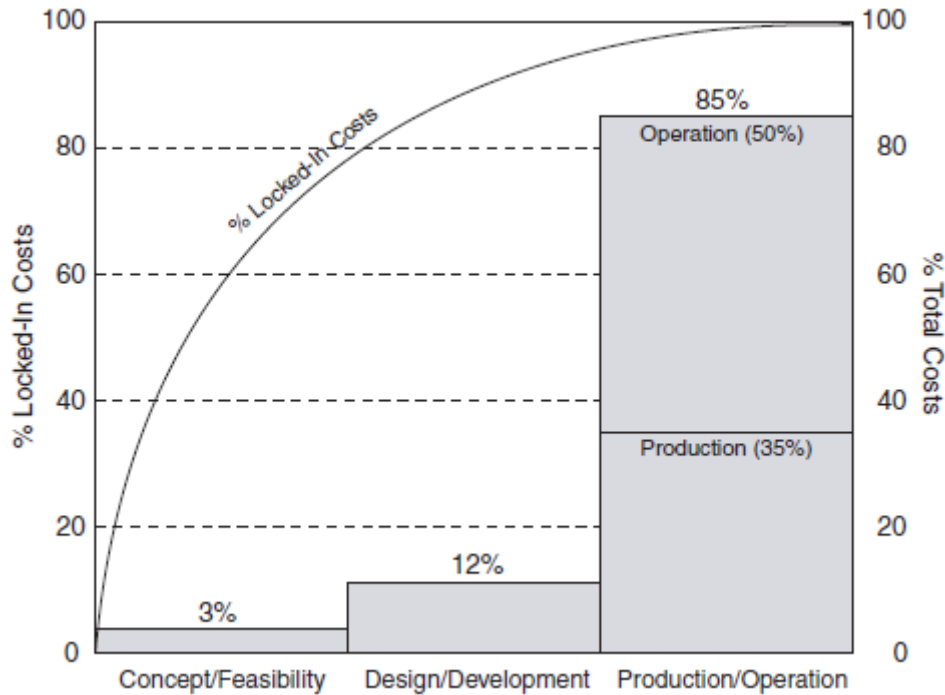
Når analysen er fullført skal teamet sørge for å ta vare på grunnlaget for både analysen og resultatene. Resultatene fra diskusjoner i analysen blir kontinuerlig dokumentert p et passende arbeidsark. Ofte er det kunden som skal kjøpe sluttproduktet som bestemmer krav til innholdet i arket. Normalt inneholder en slik rapport følgende data (ISO 31010, 2009):

- Detaljer av systemet som ble analysert.
- Måten analysen ble utført på.
- Eventuelle antakelser som ble tatt.
- Kilder og referanser.
- Rapport med resultater og konklusjon basert på arbeidsarket fra analysen.
- Kritikaliteten og metodene som ble brukt for å bestemme dette.
- Eventuelle anbefalinger for videre analyser, designendringer, nye implementeringer, etc.

Ovenfor har vi nevnt det som ofte er felles for begge analysene, og vi skal nå gå spesifikt inn på hver enkelt analyse.

FMECA

Bakgrunnen for Failure Mode Effect and Criticality (FMECA) stammer fra det amerikanske militæret allerede i 1949 og ble senere brukt i den sivile flybransjen. Man hører ofte at FMECA blir omtalt som FMEA, dette er nesten det samme og de to begrepene flyter mer og mer inn i hverandre. Forskjellen er at FMECA også dekker kritikaliteten av de forskjellige feileffektene (Rausand, 2005). FMECA kan brukes i en vilkårlig fase i livstidssyklusen til et system eller en komponent, men det anbefales at det tas i bruk allerede fra designfasen. Figur 5 viser hvordan utgiftene kan fordele seg dersom man velger å bruke FMECA på et gitt tidspunkt i designprosessen.



Figur 5: Kostnadsfordeling avhengig av når i prosjektfasen FMECA initieres (Rausand, 2005).

Det er minst låste kostnader i en tidlig prosjektfase, men disse øker igjen etter hvert som man nærmer seg et ferdig design (Rausand, System analysis, Failure Modes, Effects, and Criticality Analysis, 2005). Dette kan være fordi det investeres i produksærkostnadene i form av utstyr og infrastruktur. Et eksempel på dette kan være behov for innkjøp av en spesiell type støpeform, som kreves for det spesifikke designet. Dersom det opprinnelige designet må forkastes som følge av en FMECA, må man dekke produksærkostnadene uten å ha et ferdig produkt. Ved å ta i bruk risikoanalyseverktøyet FMECA, får man en grundig risikoanalyse som kan hjelpe et team å velge et designalternativ med høy pålitelighet og høyt sikkerhetspotensial. Videre danner det en god plattform for planlegging, testing og vedlikehold av fysiske systemer, og kan bidra til å identifisere menneskelig svikt og effekten av dette (ISO 31010, 2009).

Når analyseteamet er dannet, og bakgrunnsinformasjonen om designet er innhentet kan FMECA iverksettes. For hver komponent eller hvert steg, skal følgende punkter identifiseres (ISO 31010, 2009):

- Komponentens normale funksjon.
- Hvordan hver del tenkelig kan feile.
- Hva som kan føre til en slik feil.
- Hva blir utfallet dersom en feil inntreffer.
- Er feilen harmløs eller skadelig.
- Hvordan man oppdager feilen.
- Om det er mekanismer i designet som kan kompensere for eventuelle feil.

Dette dekker ikke alle nøkkelordene som brukes under analysen, men er en forklaring til hvordan gangen i analysen er. I analysedelen vises den eksisterende analysen og det et nytt forslag i sin helhet, her gis også en forklaring av hvordan tenkelige feilmoder avdekkes og behandles.

Videre klassifiseres hver av de identifiserte feilmodene basert på deres kritikalitet. En slik klassifisering baseres på bedriftens kriterier for risikoaksept. Metoden APL bruker for å avgjøre kritikaliteten er "the level of risk", som består av at kritikaliteten avgjøres ved å multiplisere konsekvensen av en gitt risiko med sannsynligheten for at det inntreffer. Ved høy kritikalitet må teamet foreslå forbedringer av design, eller preventivt vedlikehold.

FMECA har både styrker og svakheter, og ISO 31010 legger disse fram på følgende måte:

Styrker

- Identifiserer feilmoder til forskjellige komponenter, hva som forårsaker det, og effekten dette har på hele systemet.
- Unngår store kostnader tilknyttet utstyrsmodifikasjoner, fordi man identifiserer problemer fra designstadiet.
- Identifiserer enkeltfeil og krav til redundans eller sikkerhetssystemer.

Svakheter

- Fanger kun opp enkeltfeil, kan være vanskelig å se kombinasjoner av flere feilmoder for det globale systemet.
- Dersom analysen ikke kontrolleres og er fokusert, kan den bli tidkrevende og kostbar.
- Kan være vanskelig og tidkrevende for komplekse og store systemer.

HAZOP

HAZard and OPerability (HAZOP)-analysen stammer fra den kjemiske industrien, der metoden ble brukt for å analysere kjemiske prosesser. Senere ble teknikken anvendt i andre industrier, som offshoreindustrien og softwarebransjen. Teknikken bruker hjelpeord for å avdekke hvordan prosessen som analyseres kan avvike fra normal driftstilstand, eller feiler fullstendig (Rausand, Hazard an OPerability Study, 2005).

HAZOP kan videre deles inn i fire typer:

- Prosess.
- Menneskelig.
- Prosedyre eller operasjon
- Software.

For å begrense oppgavens omfang går vi kun inn på prosess-HAZOP. Det er vanskelig å iverksette en fullstendig HAZOP-analyse tidlig, da man ikke kjenner alle faktorer som danner grunnlaget for analysen. Det anbefales likevel at analysen bør gjennomføres så tidlig som mulig i designprosessen for å kunne ha en innvirkning på designet, før det settes i produksjon. Ofte gjøres da antakelser og forenklinger, og når riktig data blir innhentet inkluderes det i analysen.

HAZOP-analysen gjennomføres ved å kritisk vurdere det som skal analyseres. Dette gjøres ved å velge passende nøkkelord i sammenheng med relevante prosessparametre for å avdekke eventuelle avvik. Et eksempel kan være; ”lite eller ingen strøm av bensin til motoren”, en mulig årsak er da tett bensinfilter. En oversikt over de mest alminnelige nøkkelordene og noen av prosessparametrene i offshore-bransjen er gjengitt i tabell 1.

Guide word	Meaning	Process guide words	
No or not	Design intent is not achieved	Flow	Time
More	Quantitative increase in a parameter	Pressure	Speed
Less	Quantitative decrease in a parameter	Temperature	Particle size
As well as	An additional activity occurs	Interface	
Part of	Only some of the design intention is achieved	Composition	
Reverse	Logical opposite of the design intention occurs	Change of phase	
Other than	Complete substitution, another activity takes place	Density	

Tabell 1: Nøkkelord og prosessparametre som brukes i HAZOP-analyser (Rausand, Hazard an OPerability Study, 2005).

Tilleggsnøkkelord kan også inkluderes for å avdekke menneskelig svikt. Selv om dette grenser inn på en prosedyre-HAZOP, inkluderer vi det for å få en helhet i hva HAZOP kan dekke. Det kan i enkelte tilfeller være ufordelsaktig å kun se en prosess isolert, og man bør bruke skjønn på å avgjøre om enkelte prosedyreparametre bør inkluderes. Eksempel på slike tilleggsnøkkelord kan sees fra tabell 2

Guide-word	Meaning
Early / late	The timing is different from the intention
Before / after	The step (or part of it) is effected out of sequence
Faster / slower	The step is done/not done with the right timing
Where else	Applicable for flows, transfer, sources and destinations

Tabell 2: Flere som nøkkelord som kan være med på å avdekke menneskelig svikt (Rausand, Hazard an OPerability Study, 2005).

Resultatene fra en HAZOP-analyse er blant annet: nøkkelordene som ble brukt, avvikene, årsaker, mottiltak, og personen som er ansvarlig for å utføre mottiltakene. For avvik som ikke kan utbedres, skal risikoen for at dette inntre vurderes. Alle resultatene og konklusjonen fra analysen presenteres i HAZOP-arbeidsark som kan danne grunnlag til en rapport eller designendringer.

HAZOP-analysen har både styrker og svakheter, og ISO 31010 legger disse fram på følgende måte:

Styrker

- Gir gode muligheter for en systematisk gjennom av et system, eller en prosedyre og prosess.
- Et allsidig team bestående av mennesker med ulik bakgrunn, selv de med ”hands on” erfaring, er med på å analysere prosessen.
- Generer løsninger og risikobehandlingstiltak.
- Kan fokusere spesielt på årsaker og konsekvenser av menneskelig feil.

Svakheter

- En så detaljert analyse kan være veldig arbeidskrevende, og kostbar.
- Krever en stor grad av dokumentasjon.
- Kan føre til overfokus på å finne detaljerte løsninger, istedenfor å se det store bildet
- Analysen er låst av designet og meningen med designet, som blir gitt til teamet.
- Risikerer at designerne kan være subjektive når det kommer til å finne feil med noe de har laget.

9.3 Levetidsmodeller²

Mye av arbeidet som ligger bak komponentene som leveres fra APL, er å sørge for god pålitelighet og lav sviktintensitet på komponentene. Det er aktuelt å vite når vedlikehold skal planlegges, og når man skal foreta inspeksjoner. For å ivareta dette brukes blant annet analysene vi har nevnt ovenfor. For å forsikre seg om at man har korrekt data for blant sviktintensiteten til en komponent som inngår i et design, kan dette innhentes fra en felles database. Et eksempel på en slik database kan være OREDA-databasen som har til hensikt å formidle pålitelighetsdata til bedrifter i offshore-bransjen. En slik kvantifisering av tall, gjør at man får enda mer pålitelige levetidsmodeller, fremfor at alt skal baseres på egne meninger og estimer (OREDA, 2009).

APL bruker begrepet Reliability Availability Maintainability (RAM). Dette står for pålitelighet, tilgjengelighet og vedlikeholdsvennlighet. Pålitelighet er gitt ved en teknisk enhets evne til å utføre sin tiltenkte funksjon tilfredsstillende uten å feile. Tilgjengelighet er en kvalitet som innebærer at enheten er klar til bruk når behovet er der. Vedlikeholdsvennlighet er en kvalitet som gjør at enheten er lett og rask å vedlikeholde. Dette skal bidra til å dekke alle aspektene ved pålitelighetsbasert vedlikehold, og er viktig for å ivareta levetiden til produkter som levers til kunde

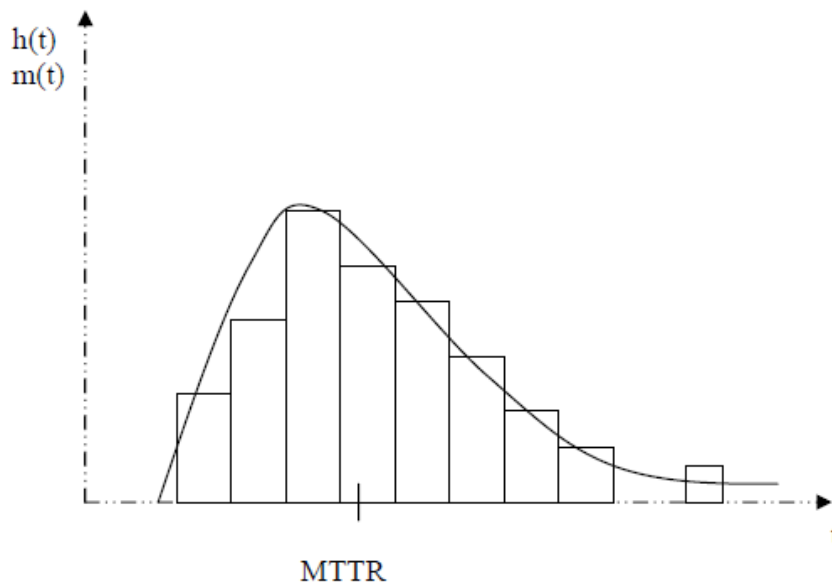
For å beregne tilgjengeligheten, antar vi at tiden til feil er en stokastisk variabel med middelveidi MTTF (Mean Time To Failure), og tiden til å utføre en reparasjon tilsvarende har middelveidi (Mean Time To Repair). Dette gjør det mulig å beregne tilgjengelighet i gjennomsnitt:

$$A \approx \frac{MTTF}{MTTF+MTTR} \quad (1)$$

² Her har vi innhentet mye av informasjonen fra forelningskompendiene til Tom Lassen (Lassen, Pålitelighetsbasert vedlikehold, logiske analyser og planlegging, 2004).

Høy MTTF gir høy pålitelighet og lav MTTR betyr stor vedlikeholdsvennlighet (Lassen, Pålitelighetsbasert vedlikehold, logiske analyser og planlegging, 2004).

Weibullfordelingen brukes ofte av ingeniører til blant annet å beregne bølgehøyder (belastninger), der modellen tilpasses stokastiske data. Den kan også brukes til å beregne levetider (styrke), der modellen tilpasses levetidsdata. Figuren under viser en Weibullfordelt kurve.



Figur 6: Weibullfordeling som viser tiden til reparasjon (Lassen, Pålitelighetsbasert vedlikehold, logiske analyser og planlegging, 2004).

Ut fra frekvensfunksjonen kan man regne sannsynlighet for svikt og pålitelighetsdata.

Følgende funksjoner brukes for å få frem slike data. Vi tar utgangspunkt i en enkel frekvensfunksjon:

$$P(t < \mathbf{t} < t + \Delta t) = f(t)\Delta t \quad (2)$$

Der \mathbf{t} er en kontinuerlig stokastisk variabel som kan ha reelle verdier

Ser vi nå på sannsynlighet for svikt før en gitt tid t , er da gitt ved:

$$P(\mathbf{t} \leq t) = F(t) = \int_0^t f(t')dt' \quad (3)$$

Sannsynligheten for at den fungerer opp til tiden t , gis da ved:

$$P(\mathbf{t} > t) = 1 - F(t) \quad (4)$$

Dette er igjen definisjonen på pålitelighet $R(t)$: $R(t) = 1 - F(t)$ (5)

Tar vi dette videre og ser på weibullfordelingen, kan frekvensfunksjonen leses som:

$$f(t) = \frac{m}{\theta} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{m-1} e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^m} \quad (6)$$

M = formparameter for kurven.

θ = Skaleringsparameter for kurven.

Følgelig blir da $F(t)$ og $R(t)$ etter integrering:

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^m} \quad (7)$$

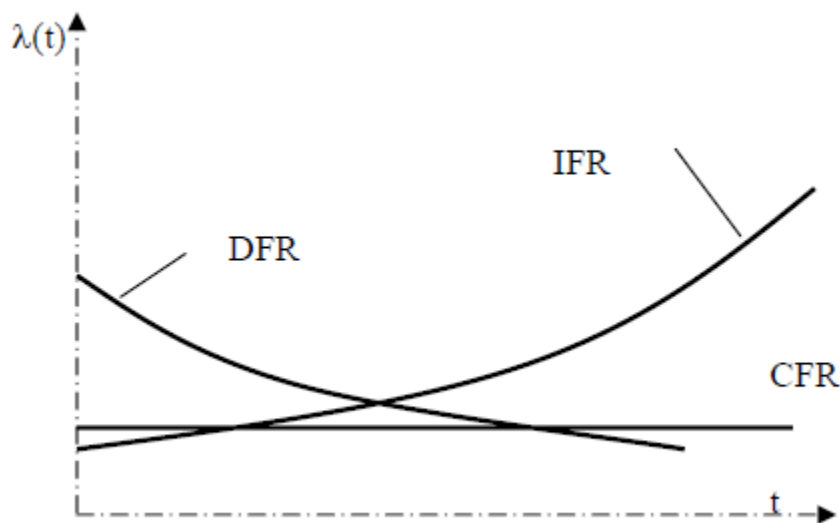
$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^m} \quad (8)$$

I praktiske tilfeller vil m og θ bestemmes ut fra $f(t)$ sin tilpassning til histogrammet, og være relatert til middelværdi og standardavvik. Dette kan brukes for å danne et bilde over hvordan pålitelighet synker over tiden, mens feilingsfrekvensen øker. Når vi kjenner til feilingsfunksjonen, og hvordan pålitelighet svekkes med tiden, kan se nærmere på sviktintensitet $\lambda(t)$.

Dette er gitt ved sannsynligheten for svikt, gitt at enheten har fungert frem til en tid (t):

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (9)$$

Sviktintensitet er altså betinget sannsynlighet for svikt pr tidsenhet. For å kunne planlegge vedlikehold, trenger man derfor å kjenne til de ulike forløp av sviktintensitet. Disse er (1) Increasing Failure Rate (IFR), (2) Decreasing Failure Rate (DFR), (3) Constant Failure Rate (CFR). Figuren under illustrer forløpet av disse tre tilfellene, uten effekten av planlagt vedlikehold (Lassen, Pålitelighetsbasert vedlikehold, logiske analyser og planlegging, 2004).



Figur 7: Mulige forløp som illustrer sviktintensitet (Lassen, Pålitelighetsbasert vedlikehold, logiske analyser og planlegging, 2004).

Hvis vi begynner med IFR, kan vi se at denne har stigende sviktintensitet. Dette tyder på en degradering av enheten etter hvert som driftstiden øker. Dette kan for eksempel være et kulelager, eller en annen slitasjedel. Her vil preventivt vedlikehold være nyttig, særlig i form av inspeksjoner og utskifting, data for denne type sviktintensitet kan hentes ut fra OREDA-databasen.. DFR tyder på en enhet som er preget av feil og mangler i innkjøringsfasen. Dette kan være tilfellet for nye uprøvde bilmodeller. Det vil ikke være lønnsomt med utskifting i dette tilfellet, da man risikerer å sette inn en ny del, med samme sviktforløp. CFR er typisk for elektronikkomponenter som kan svikte når som helst i løpet av levetiden. Preventivt vedlikehold vil ikke ha noe effekt i dette tilfellet, da man ikke kjenner dataene for når svikt inntreffer.

9.4 Reliability-centered maintenance (RCM)

Reliability-centered maintenance er en systematisk analysemetode som i kombinasjon med risikoanalyseverktøy som FMECA og HAZOP kan danne et dekkende rammeverk. Dette inkluderer aspekter ved inspeksjon, pålitelighet og vedlikehold. RCM-analysen ble i sin tid utviklet av flyindustrien som et verktøy for å etablere et optimalt tiltak og vedlikeholdsintervall som fortsatt ivaretar et minimumsnivå av pålitelighet (Moubray, 1991). Hovedhensikten med en RCM-analyse er å bestemme nødvendige preventive vedlikeholdstiltak og tilhørende tidsintervall (Lassen, 2004). Det er hensiktsmessig å anvende forskjellig logikk ved gjennomgang av RCM for maskineri (motor og systemer) og bærende konstruksjoner (Lassen, 2004). I denne oppgaven fokuseres det på RCM for maskineri.

Analysen består av følgende 3 steg:

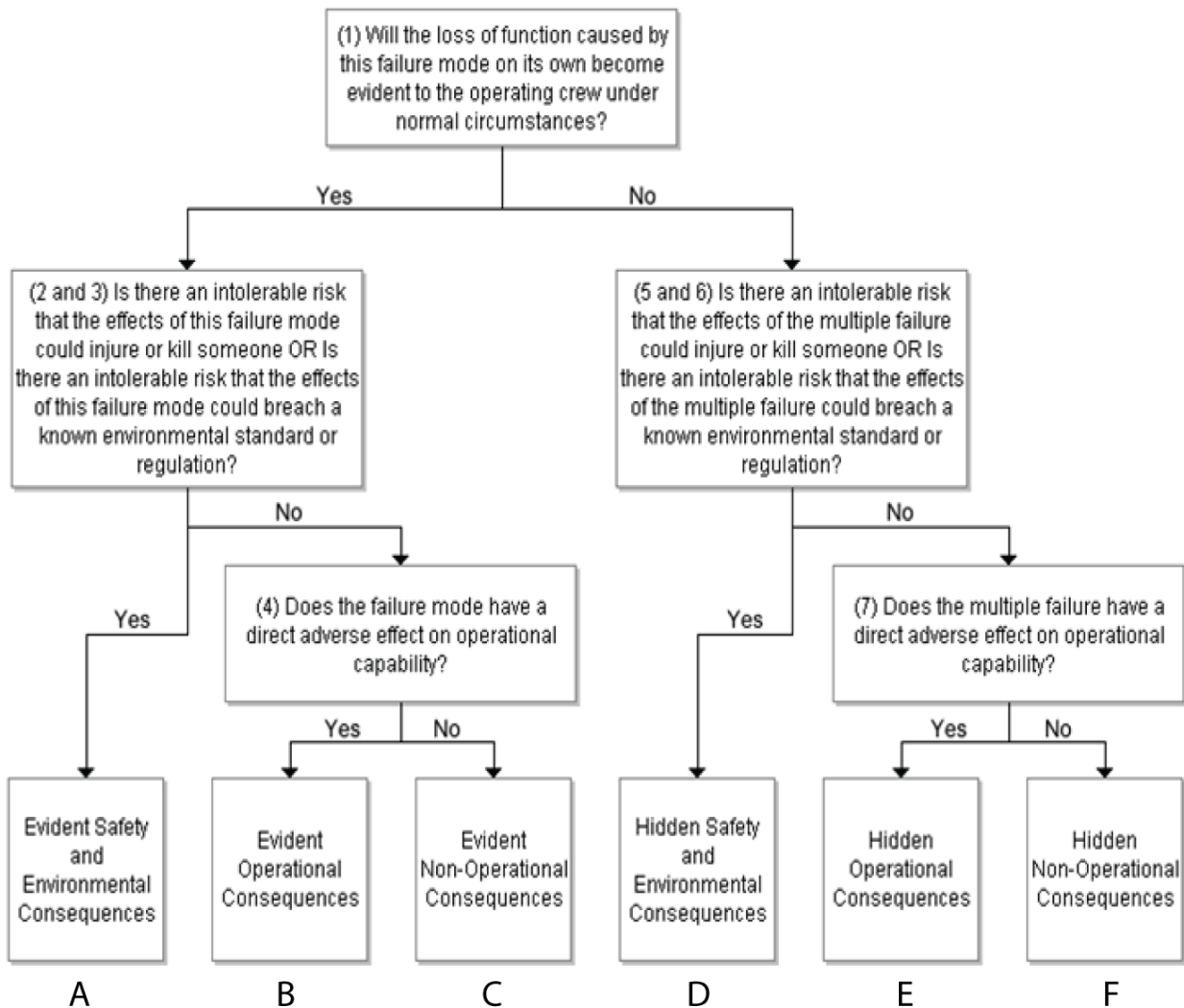
1. Feilfunksjoner

For å kunne analysere og etablere en RCM-plan må det først og fremst dannes en oversikt over feilfunksjoner som er tilknyttet til komponenten eller sammenstillingen som skal analyseres. Dette gjøres normalt ved å gå gjennom syv ulike spørsmål som knyttes opp til komponenten eller sammenstillingen som analyseres. Spørsmålene er som følger:

1. Hva er komponentens designhensikt?
2. På hvilke måter kan dens funksjoner slutte å fungere?
3. Hvilke forhold kan forårsake hver feilårsak?
4. Hva skjer ved hver funksjonsfeil?
5. Hvilke konsekvenser har hver funksjonsfeil?
6. Hva kan gjøres for å forhindre at komponenten feiler
7. Hva kan iverksettes hvis ikke passende preventive tiltak kan iverksettes?

2. Konsekvensanalyse

Her analyseres endelige konsekvenser av forskjellige feilmoder som er avdekket under nivå 1, med hensyn til aspekter som sikkerhet, miljø, operasjonsdyktighet og økonomi. Ved å benytte flytskjemaet nedenfor kan en slik analyse gjennomføres på en systematisk måte, og man vil som et resultat få en klassifisering av konsekvensene. På denne måten blir det lettere å arbeide videre med å evaluere tiltak og vedlikeholdsintervall for å redusere risikoer.



Figur 8: Konsekvensanalyse for å klassifisere risiko (Reliability hotwire, 2007).

Spørsmålene i figuren besvares fra toppnivå, og man beveger seg nedover i treet til for å avgjøre den endelige konsekvensen. Spørsmålene i figuren enten med JA eller NEI. Hensikten her er å skille og klassifisere feilårsaker, som kan føre til henholdsvis åpenbare eller ikke åpenbare feil.

Åpenbare feil som kan gi:

- A: Alvorlige sikkerhetskonsekvenser for helse og miljø.
- B: Operative konsekvenser.
- C: Hverken konsekvenser for sikkerhet eller operasjonen.

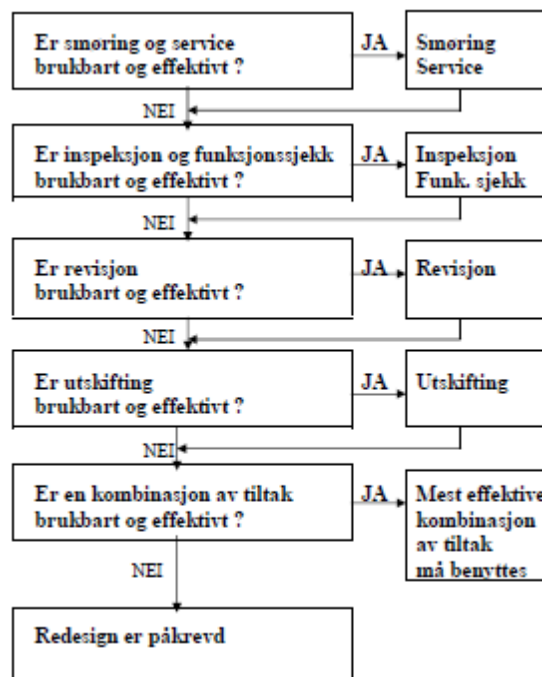
Ikke åpenbare feil som i kombinasjon med en annen hendelse kan:

- D: Gi alvorlige sikkerhetskonskvenser for helse og miljø.
- E: Sette sikkerhet i fare.
- F: Ikke setter sikkerhet i fare.

Det er viktig å være oppmerksom på at klasse E som innebærer: ”ikke åpenbare feil som kan sette sikkerheten i fare i kombinasjon med andre feil” er særlig bekymringsverdige. Et eksempel som illustrerer årsaken til dette er: en defekt branddetektor som i seg selv ikke er en sikkerhetsfare, men i kombinasjon med tilfelle av brann kan dette føre til alvorlige sikkerhetskonskvenser.

3. Preventive vedlikeholdstiltak

Preventive vedlikeholdstiltak velges med tilhørende tidsintervall som kan forhindre eller redusere feilfrekvensen til mulige feilfunksjoner og tilhørende konskvenser. Dette gjøres ved å bruke tiltaksmenyen som vist i figur 9. Det er spesielt viktig å huske at for klasse ”A” fra Nivå 2, inkluderes alle tiltak i menyen vurderes inklusiv kombinasjoner av tiltak. Dette gjøres selv om et enkelttiltak viser seg å være effektivt. Det er også viktig å merke seg at nivå 3 gjennomføres for alle feilmekanismer og –årsaker, i motsetning til nivå 2 som gjennomgås for alle feilmoder



Figur 9: Tiltaksmeny for valg av preventivt vedlikehold (Lassen, 2004).

En RCM-analyse har flere fordeler på forskjellige nivåer. En slik analyse gir blant annet deltakerne muligheten til å tilegne seg dypere kunnskap om enheten eller sammenstillingen som analyseres. Dette kan for eksempel være kunnskap om feilmekanismer og årsaker. I tillegg til dette bidrar analysen til økt sikkerhet tilknyttet helse, miljø og ikke minst operasjon. På den andre siden kan det rettes kritikk mot en slik metode, ettersom den er tidkrevende og flere deltakere må være med på gjennomgangen. Likevel kan en slik gjennomgang føre til blant annet kostnadsreduksjon i forbindelse med vedlikehold. Dette kommer som en følge av mer konsekvent vedlikehold og mindre nedetid (Moubray, 1991). I tillegg til dette vil gevinsten være redusert sannsynlighet for ulykker som ofte fører til høye kostnader tilknyttet opprydding, erstatning, nedetid og ikke minst negativt omdømme for selskapet.

9.5 Risikoakseptkriterier

Risikoakseptkriterier (RAK) er et element av HMS-styringen på en arbeidsplass og brukes til å uttrykke og definere det overordnede risikonivået som tolereres ved bedriften. RAK skal reflektere virksomhetens sikkerhetsmål, og skal i tillegg fungere som referanser ved vurdering om risikoreducerende tiltak er nødvendig. Det skal også fastsettes klare rammer for bruk av RAK og måten disse kriteriene brukes på. Dette spesielt med hensyn til usikkerheten som ligger i eventuelle kvalitative vurderinger av risiko (Norwegian Technology Centre, 2001).

De følgende punktene er viktige å legge til grunn for at de risikoakseptkriterier som utarbeides skal være støttende for HMS, og dermed redusere risiko tilknyttet teknologien:

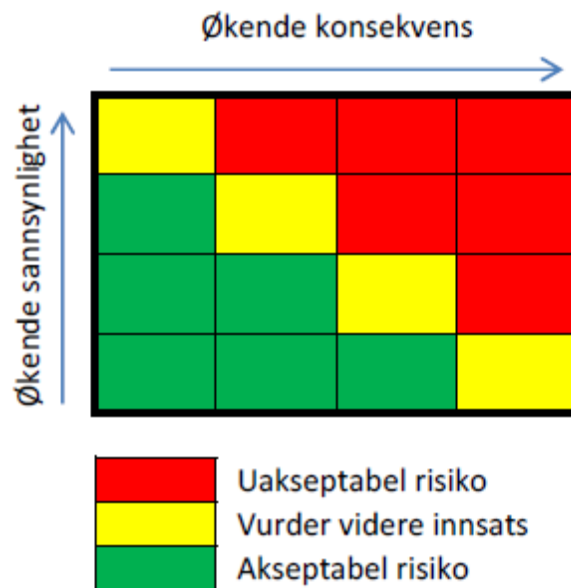
- Egnet for beslutninger om risikoreducerende tiltak.
- Kommuniserbare.
- Entydig formulert, for å unngå tolkninger og tilpassninger for spesiell bruk.
- Ikke favoriserende for spesielle løsninger eller konsepter.

RAK vil føre til at et eller flere konsepter foretrekkes fremfor andre for å redusere risiko. Det er derfor meget viktig at de ovennevnte punktene følges og at RAK utarbeides mest mulig entydig og danner et rettferdig grunnlag for evaluering. Videre skal behovet for oppdatering av RAK evalueres regelmessig, og skal være en del av den totale kontinuerlige utviklingen og forbedringen av rammeverket for sikkerhet (Norwegian Technology Centre, 2001). Det eksisterer forskjellige måter å bedømme alvorlighetsgraden av risiko på. Risikoakseptkriterier

etableres for å kunne foreta en måling av risikonivået. I noen tilfeller brukes absolutte mål for å avgjøre risiko, mens det i andre tilfeller velges å gå for det beste tilgjengelige alternativet.

Risikomatriser

Risikomatriser brukes ofte når det er vanskelig å etablere data for risiko, eller det er flere forskjellige tenkte hendelser som må evalueres sammen. Matrisen viser akseptable og uakseptable områder, og området hvor videre innsats bør legges inn for forbedring. Matrisen fra figur 10 er anvendelig både for kvalitative- og kvantitative vurderinger. I tillegg til dette egner den seg både for vurderinger av operative og miljømessige sannsynligheter. Dette innebærer også at den både kan anvendes for sannsynlighet per år og sannsynlighet per forsøk, som ofte omtales ”failure on demand” (Norwegian Technology Centre, 2001).

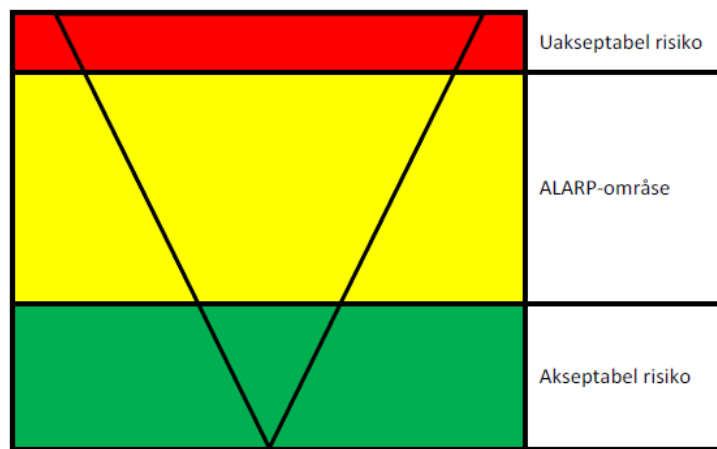


Figur 10: En generell risikomatrix (Norwegian Technology Centre, 2001).

ALARP

ALARP-prinsippet eller *så lavt som praktisk mulig* er et prinsipp som anvendes for å bevege seg lengst mulig vekk fra et uakseptabelt område i risikomatrisen. Dette prinsippet brukes ofte i kombinasjon med en kost- nytte vurdering. Altså reduseres risikoen inntil det ikke er lønnsomt lenger. Svært få risikoreducerende tiltak er lønnsomme dersom dette kun evalueres mot bedriftens kostnader ved potensielle ulykker. Årsaken til dette er at skader på utstyr ofte kompenseres av forsikringsselskap, og tap av inntekt delvis blir dekket inn i form av redusert beskatning ved lav overskudd eller tap. Det er derfor viktig at denne problemstillingen blir vurdert fra et mer overordnet perspektiv, hvor de totale kostnadene tilknyttet en eventuell ulykke

evalueres opp mot kostnader tilknyttet eventuelle risikoreducerende tiltak. Med dette menes at alle samfunnsmessige kostnader i form av direkte og indirekte belastning på samfunnet og industrien bør vurderes, og virkning av forsikring, skattelette og liknende bør elimineres i kostnyttevurderingen. ALARP-prinsippet er ofte brukt for risikovurderinger tilknyttet både mennesker, miljø og økonomi. Prinsippet er godt illustrert ved hjelp av figur 11 som viser at man jobber med ALARP i det gule feltet. Hensikten er å bevege seg lengst mulig vekk fra det røde uakseptable feltet, og nærmest mulig inn til det grønne aksepterte feltet (Norwegian Technology Centre, 2001).



Figur 11: Illustrasjon av ALARP-prinsippet (Norwegian Technology Centre, 2001).

10 FORSKRIFTER OG DOKUMENTER

Oppgaven med å utvikle et nytt system for APL krever kjennskap til de styrende organene innen offshorenæringen. Petroleumstilsynet har myndighetsansvaret for teknisk og operasjonell sikkerhet, herunder beredskap og arbeidsmiljø. Myndighetsansvaret dekker alle faser av virksomheten, og er det øverste styrende organet i offshore-bransjen. I tillegg gir også Det Norske Veritas (DNV), International Standardisation Organisation (ISO) og NORSOK-retningslinjer for offshore-næringen. Relevante standarder har blitt grundig gjennomgått, og i avsnittene under følger et sammendrag fra disse. Formålet er å sette leseren inn i hovedmomentene som er relevante for oppgaven.

International Organization for Standardization 9001, Quality management and quality assurance.

ISO 9001-standarden gir retningslinjer for hvordan en organisasjon kan etablere et system for kvalitetsstyring. APL er ISO 9001-sertifisert, noe som innebærer at de allerede bruker denne standarden til å styre kvalitetsaspekter i sin organisasjon. Et av de grunnleggende prinsippene i dokumentet påpeker hvor viktig det er å kontinuerlig oppdatere slike systemer, og det er derfor også valgt å se nærmere inn på systemer for kvalitetssikring hos APL.

International Organization for Standardization 31000, Risk Management–Principles and Guidelines.

ISO 31000-standarden gir klare retningslinjer for prinsippene rundt risikostyring og kvalitetsledelse hos bedrifter. Dette dokumentet vil i hovedsak bli brukt til å komme med endringer fra toppnivå. En stor del av arbeidet med denne oppgaven tar utgangspunkt i det organisatoriske, og risikostyring hos bedriften APL, og dette dokumentet er derfor viktig for oppgaven.

International Organization for Standardization 31010 Risk Management – Risk Assessment Techniques

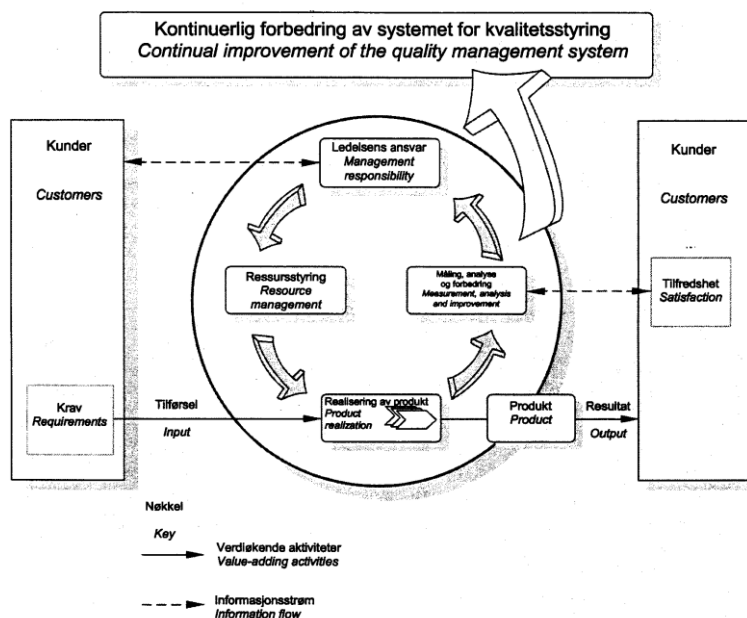
ISO 31010-standarden lister opp forskjellige risikoanalyseverktøy. APL bruker allerede flere av disse verktøyene. For at APL skal holde sine risikoanalyseverktøy oppdaterte er dette dokumentet viktig, og gir forslagene til hva som minimum bør knyttes med av informasjon til de forskjellige risikoanalyseverktøy.

Det Norske Veritas, RP-A203 Qualification Procedures for New Technology

DNV-RP-A203-standarden tar for seg klassifisering av ny teknologi. Den gir også klare krav rundt kvalifiseringsprosedyrene for ny teknologi. For APL som stadig utvikler og forbedrer produkter, bør denne standarden være et sentralt dokument for all utviklingsvirksomhet som foregår i regi av bedriften.

10.1 ISO 9001 Quality management and quality assurance.

Denne ISO-standarden skal være en veiledning og danne et grunnlag for å etablere et system for kvalitetsstyring i en hvilken som helst organisasjon. Dokumentet er dekkende, men samtidig generelt og er tiltenkt som en mal som må tilpasses og skreddersys for hver organisasjon. Hensikten er å bedre kundetilfredshet til et gitt produkt, dette inkluderer å heve kvaliteten til produktene som organisasjonen leverer. Tanken er at kvalitetssikring skal være en kontinuerlig prosess i organisasjonen. Figur 12 viser sammenhengene og rekkefølgene til prosessene som til sammen danner et kontinuerlig og helhetlig systemet.



Figur 12: System for kvalitetsstyring (ISO 9001, 2000).

ISO-standarden fordyper organisasjonens ansvarsområder som er beskrevet i figuren ovenfor: (1) øverste ledelse er ansvarlig og myndig, for å tilrettelegge og organisere bedriften for å etterkomme kvalitetskrav, det rettes spesielt fokus rundt kundekrav, (2) organisasjonen skal

skaffe til veie de ressursene som er nødvendig for å vedlikeholde og forbedre systemer for kvalitetsstyring, og øke kundetilfredshet, (3) organisasjonen skal planlegge og utvikle de prosessene som er nødvendig for realisering av produktet, herunder tilkommer blant annet krav i lover og forskrifter som stilles til produktet. (4) Videre skal organisasjonen tilrettelegge ordninger for kommunikasjon med kunde, herunder kommer også tilbakemeldinger i form av kundeklager. Egne målinger og analyser, kombinert med kundetilbakemeldinger skal danne et grunnlag for videre forbedring av produktet. På denne måten skal et produkt kunne forbedres kontinuerlig, og etterkomme nye krav både i fra kunder og i form av lover og bestemmelser. Et godt tilrettelagt system for denne prosesskjeden, vil også kunne danne et godt grunnlag for kvalitetssikring og dermed øke kundetilfredshet (ISO 9001, 2000).

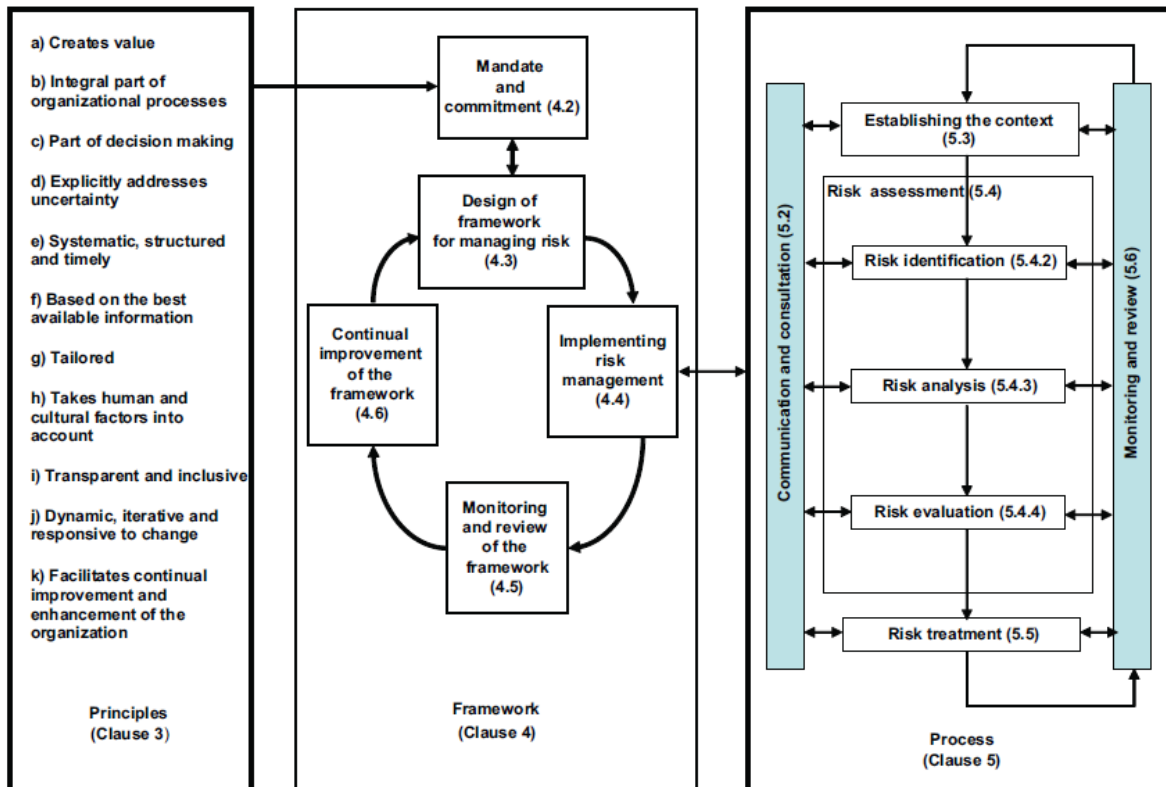
10.2 ISO 31000 Risk management – Principles and guidelines.

ISO 31000 er ment som en anbefaling til de bedrifter som søker å utvikle eller forbedre sitt risikostyringssystem, men det gir ikke noe grunnlag til sertifisering hos bedriften. Standarden ble utgitt i 2009, og kan hjelpe alle typer organisasjoner til å bedre risikostyringssystemet. Standarden kan brukes som en mal med styringslinjer, og bedriften kan sammenligne og gjøre nødvendige endringer på et allerede eksisterende system, eller utvikle et helt nytt system fra grunnen av. Videre anbefales det at bedriften utvikler, implementerer og stadig forbedrer et rammeverk med formål å integrere risikostyring i hele organisasjonen. Dokumentet krever også at et allerede eksisterende system for risikostyring, eller et system som inneholder komponenter av risikostyring, skal evalueres kritisk opp mot denne internasjonale standarden. Dette gjøres for å avdekke og avgjøre systemets omfang og effekt, og oppdatere etter nye krav. I denne sammenheng defineres risiko som potensielle uønskede hendelser og konsekvenser. Risiko er også ofte uttrykt som en kombinasjon av konsekvensen av en hendelse, inkludert endring i omgivelser, og tilknyttet sannsynligheten for at hendelsen skal inntre.

Dersom en bedrift velger å implementere styringslinjene fra ISO-standarden kan risikostyringen blant annet bidra til å øke sannsynligheten for å oppnå sine mål. Det kan også oppmuntre til mer proaktiv ledelse, da dette styringssettet blir implementert fra ledelsen og videre ned i alle avdelinger i bedriften. Når et slikt system er igangsatt, kan dette også føre til at det blir en økning i både obligatorisk og frivillig rapportering. Dette som følge av at de ansatte ser at systemet fungerer, og ønsker å bidra til å opprettholde og forbedre det.

10.2.1 Oppbygning

ISO-standarden er lettlest og kort, men samtidig veldig konsist og logisk lagt frem. Som man kan se fra figur 13 vises oppsettet i standarden fra prinsipper til rammeverket og videre prosessen. Videre viser figuren hvor tett disse er knyttet opp mot hverandre. Vi kommer her til å forklare hvordan denne figuren er en sentral del av ISO-standarden. Hele dokumentet tar utgangspunkt i denne figuren, og den vil bli brukt i stor del av oppgaven videre.



Figur 13: Sammenhengen mellom prinsipper, rammeverk og prosessen (ISO, 2009).

10.2.2 Prinsipper

Prinsippene rundt risikostyring er listet opp fra a til k i figur 13. Det er viktig at en hver organisasjon danner en oversikt over de prinsippene de selv setter høyes, og samtidig hva de ønsker å oppnå av sitt risikostyringssystem. Hovedprinsippet i standarden er at systemet skal bidra til å skape og beskytte verdier, og det er viktig at man ikke ser på det som noe negativt med hensyn til ressursforbruket et slikt system kan medføre. Videre er det viktig at risikostyring er en integrert del av alle organisasjonens prosesser. Med dette menes at risikostyring ikke er en aktivitet som kan stå alene og vekk fra hovedaktivitetene eller prosessene, men det skal være en del av alle aktiviteter som foregår i bedriften.

10.2.3 Rammeverk

Rammeverket skal sørge for at risikostyringen blir vellykket og effektiv ved at bedriftens hovedprinsipper innarbeides i rammeverket. For å få full forpliktelse og engasjement fra hele organisasjonen er det viktig at alle vet hva som er målet og hensikten med risikostyringsplanen. Ledelsen bør da definere og støtte opp om fremgangsmåten med risikostyringsplanen som er valgt. Dersom planen ikke virker troverdig for de ansatte, er det også vanskeligere for dem å jobbe opp mot den og målsettingene. Til slutt må ledelsen sørge for å ha tilstrekkelig med resurser til å jobbe med risikostyring.

Rammeverket er i henhold til figur 13 delt opp i følgende fire kategorier som alle henger sammen:

- Design av rammeverket som skal bidra til risikostyring.
- Implementering av rammeverket for risikostyring.
- Monitorering og betraktning av rammeverket.
- Kontinuerlig forbedring av rammeverket.

10.2.4 Prosessen

Den delen av ISO 31000 omhandler etablering av sammenhengen bedriften skal bedrive risikostyring i. I tillegg til dette gir den en generell introduksjon til hvordan prosessen for risikostyring kan gjennomføres. Prosessen er en kontinuerlig løkke, og det er hele tiden mulig å gå tilbake til utgangspunktet dersom resultatet ikke er godt nok.

Dokumentet påpeker at risikostyringsprosessen bør dekke følgende punkter:

- Være en integrert del av ledelsen.
- Være sterkt festet i kulturen og praksisen til organisasjonen.
- Skreddersydd rundt bedriftens arbeid.

10.2.5 Retningslinjer og kontekst for risikostyring

Her formuleres organisasjonens mål, og det defineres hvilke eksterne og interne parametre det skal tas hensyn til når man skal utvikle et risikostyringssystem. Når man ser på eksterne faktorer, må man vurdere alt som kan påvirke bedriften fra utsiden. Dette kan være: sosialt og kulturelt, politisk, finansielt, økonomisk, naturelementer osv. Videre betraktes interne faktorer, dette er alt som skjer internt i organisasjonen og som kan påvirke måten man bedriver risikostyring. Dette kan for eksempel være måten ledelsen styrer bedriften på, og hvordan organisasjonsstrukturen er bygd opp. Generelt kan også kulturen innad i bedriften være en viktig faktor. Standarder,

retningslinjer og modeller som brukes i organisasjonen er også en intern faktor som har stor betydning for hvordan et risikostyringssystem bør legges frem.

Risikoidentifisering

Målet her å identifisere risikokilder, berørte områder og hendelser med deres potensielle konsekvenser. Risiko er ofte knyttet opp mot både teknologi, kostnad og tid. Det er viktig å lage en grundig liste over risikoer basert på de hendelser som kan forårsake, forsterke, forhindre, forringe, akselerere eller forsinke målsettingen. Risikoer som ikke blir identifisert i dette steget, blir ikke behandlet videre.

Risikoanalyser

Her dannes videre grunnlag for arbeidet med risikoevaluering, og om man trenger å behandle risikoen ytterligere. Når man utfører en risikoanalyse tar man hensyn til årsaker og kilder som kan føre til risikoer som gir både positive og negative konsekvenser..

Risikoevaluering

Dette kan kort oppsummeres som et hjelpemiddel for å ta avgjørelser basert på utfall fra risikoanalysen man har gjennomført. Her skal teamet bedømme hvor alvorlig en risiko er og hvilke konsekvenser det føre til.

Risikobehandling

Her tar man for seg alle de uønskede risikoene man har funnet, og prøver å velge en eller flere metoder for å behandle risikoene, for så å implementere løsningene man finner. Selve prosessen er syklisk og involverer:

- Vurdering av risikobehandlingsmuligheter.
- Bedømme om resterende risikonivå er tolerabelt.
- Hvis det ikke er tolerabelt, generere nye risikobehandlingsverktøy.
- Vurdere effektiviteten av det nye verktøyet.

Til slutt tar ISO-dokumentet for seg monitorering og bedømming av hele prosessen. Disse resultatene skal lagres både eksternt og internt, og kan brukes som en input til å se over risikostyringsrammeverket.

10.3 ISO 31010 Risk management – Risk assessment techniques

ISO 31010 skal være til hjelp når man velger hvilke verktøy man ønsker å bruke for å vurdere risiko i ens egen organisasjon. Standarden introduserer en rekke teknikker, som igjen refereres til andre standarder der man kan lese om de i større detalj. ISO 31010 er en standard som skal støtte ISO 31000, og gir på lik linje heller ikke grunnlag for sertifisering.

Introduksjon

ISO 31010 er bygd opp rundt det samme temaet som ISO 31000. Derfor starter også denne standarden med en definisjon av risikostyring i bedrifter. De første kapitlene er i hovedsak helt like som starten på ISO 31000, derfor kommer det ikke til å bli brukt noe informasjon derfra. Det som vektlegges starter fra kapittel 6 (ISO 31010, 2009) og utover i dokumentet. Det presiseres at man velger rett teknikk for å vurdere risiko. Man kan generelt si at passende risikovurderingsteknikker skal inneha følgende karakteristikker:

- Den skal være berettiget og passende til situasjonen eller organisasjonen som vurderes
- Den skal gi resultater som øker forståelsen av hvordan risikoer kan oppstå og hvordan de bør behandles.
- Den skal kunne brukes på en slik måte at den er sporbar, gir mulighet for gjentakelse og er verifiserende.

Anneks A gir en grundig sammenligning av de forskjellige risikovurderingsteknikkene. Her kan man se hvordan en teknikk skiller seg fra en annen ved om den for eksempel tar hensyn til; konsekvens, sannsynlighet, risikonivå og lignende. I tillegg til dette følger en tabell med en beskrivelse av teknikken og om den er; resurskrevende, usikker, eller kompleks. Annekset tar også for seg et svar på om teknikken kan gi kvantitativ output.

Anneks B tar for seg alle teknikkene som brukes til å evaluere risiko. Dette er det mest omfattende kapittelet og deler opp hver teknikk i 6 underkapitler som følger:

- Oversikt.
- Bruk.
- Inngående data.
- Prosess.
- Resultater.
- Styrker og svakheter.

10.4 Det Norske Veritas, RP-A203 Qualification Procedures for New Technology

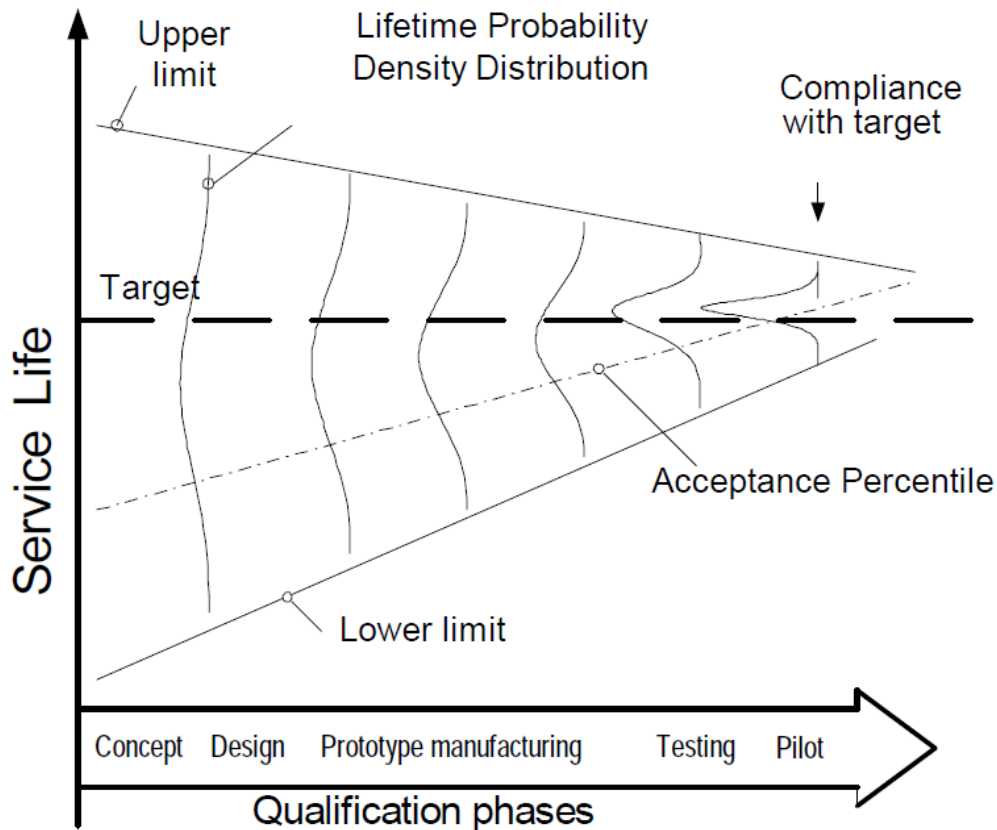
Hensikten med denne DNV-standarden er å etablere en systematisert metode for å kvalifisere en ny teknologi. Dette for å forsikre at teknologien fungerer pålitelig innenfor spesifikke funksjonskrav, rammebetingelser og krav til grensesnitt opp mot forskjellige standardløsninger. ”Definisjonen av ny teknologi er i denne sammenheng som følgende: *Teknologi som ikke er utprøvd, samt teknologi som tidligere er utprøvd men som skal anvendes i nye omgivelser. Teknologier klassifiseres videre i forskjellige kategorier avhengig av risiko tilknyttet den*” (DNV, 2001). Prosedyren i denne DNV-standarden skal være anvendelig for komponenter, utstyr og sammenstillinger som i henhold til definisjonen over kan anses som ny teknologi.

Introduksjon

Kvalifisering fra DNV skal konstantere og dokumentere at utstyret er skikket til å oppfylle hensikten den er laget for. En slik kvalifisering skal kunne brukes som (1) grunnlag for aksept til å implementere den gjeldende teknologien, (2) for sammenlikning opp mot alternative teknologier og (3) som et grunnlag for evaluering av påliteligheten til en sammenstilling denne er, eller skal bli en del av (DNV, 2001). Dette gjør at resultatene som fremkommer av å benytte denne metoden kan brukes til forskjellige formål, avhengig av hvem som benytter disse. Produsenten av teknologien vil dra nytte av en slik kvalifisering i form av at det beviser produktets dugelighet. For bedriften som implementerer teknologien i sitt eget system, vil dette gi et viktig grunnlag for å evaluere den totale påliteligheten til systemet. Samtidig vil sluttbrukeren, som er interessert i å få mest mulig nytte av investeringen, kunne bruke kvalifiseringen som et vurderingsgrunnlag forvalg mellom forskjellige konkurrerende teknologier.

Kvalifiseringsfaser

En av hensiktene med kvalifiseringsprosessen i seg selv er å minske feilingssannsynlighet innen levetiden av produktet. Figur 14 illustrerer hvordan levetidsfordelingen til et produkt får en stadig mindre spredning ettersom designet blir mer definert.



Figur 14: Levetidsfordeling for et produkt, gjennom flere kvalifiseringsfaser (DNV, 2001).

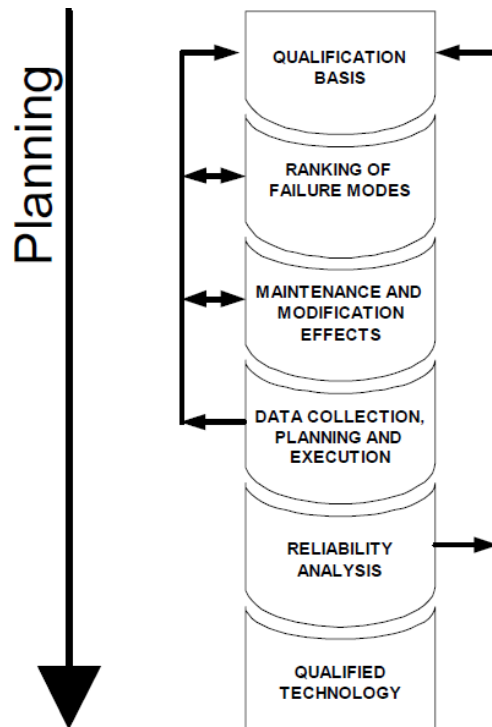
De bølgede kurvene som går vertikalt viser en tilnærming av normalfordelingen av den totale sannsynligheten for at enheten feiler innen gitt levetid (service life). "Acceptance Percentile" setter den øvre grensen for den akkumulerte sannsynligheten som aksepteres. Kvalifiseringen kan tidligst tildeles enheten når sannsynligheten for at enheten feiler innen gitt levetid, krysser kurven for mållinjen for den totale levetiden til produktet. Disse levetidsdataene kan innhentes på samme måte som beskrevet i kapittel 9.3, figurene viser også hvordan nøyaktigheten øker ettersom man får mer kjennskap til produktet og komponentene som inngår i designet.

10.4.1 Filosofien

Filosofien som DNV legger til grunn for kvalifiseringsprosessen er basert på: (1) en systematisk gjennomgang av teknologien, (2) at mulige feilmøder må påpekes og viktigheten av disse må fastslås, avhengig av risikoen de medfører i forhold til funksjonalitet, (3) så langt det er praktisk mulig bør teoretiske analyser og kalkulasjoner brukes som hovedverktøy, og praktiske tester bør brukes for å verifisere de teoretiske resultatene, (4) målinger og tester bør brukes som grunnlag for å dokumentere at teknologien oppfyller nødvendige spesifikasjoner.

Kvalifiseringsprosessen

En risikobasert tilnærming brukes for å oppnå pålitelighetsmålene til kvalifiseringen. Risiko i denne sammenheng er kun relatert til funksjonalitet. Det er under hele prosessen meget viktig med dokumentasjon, som også vil danne et grunnlag for sporbarhet. Kvalifiseringsprosessens hovedtrekk kan illustreres på en intuitiv måte som vist i figur 15.



Figur 15: Kvalifiseringsprosessen for et nytt produkt (DNV, 2001).

Denne prosessen er kontinuerlig, og hvis det viser seg at ett av punktene ikke oppnår ønsket resultat kan det være at endringer må skje på et tidligere nivå. Derfor er hele prosessen satt opp med tilbakekoblinger til tidligere steg, bortsett fra det siste punktet som innebærer at produktet er ferdig kvalifisert. Dette skal være en endelig avgjørelse. Et viktig aspekt med kvalifiseringsprosessen er en systematisk analyse og identifisering av eventuelle feilmoder. DNV anbefaler å bruke systematiske og anvendelige verktøy slik som FMECA og/eller HAZOP. Hensikten er å detektere risiko for identifiserte feilmoder, og knytte dette opp mot konsekvensene disse kan føre til. På denne måten kan produktet designes på en slik måte at risikoen reduseres.

10.4.2 Klassifisering av teknologi

Før kvalifiseringen av et produkt er det viktig at eksisterende risikoer og feilingsmekanismer er avdekt i den grad det er mulig. Hvor mye usikkerhet som er tilknyttet et produkt avhenger av hvor nøyaktige analyser den er gjennomgått. I tillegg til å avgjøre om teknologien bør anses som ny eller gammel må den også klassifiseres, dette gjøres ved hjelp av tabellen under.

Anvendelsesområde	Teknologien		
	Utprøvd	Begrenset historikk fra bruk i felt	Ny/utprøvd
Kjent	1	2	3
Ny	2	3	4

Tabell 3: Oversikt over klassifiseringen av teknologi (DNV, 2001).

En kjent og utprøvd teknologi har ofte allerede gjennomgått flere prosesser for å avdekke flest mulig risikoer og feilmekanismer, og medfører dermed svært lav teknologisk usikkerhet. Slike teknologier blir tildelt klasse 1 i kategoriseringen. Videre kan en teknologi tildeles klassenumre opp til 4. Klasse 4 anses som den mest krevende og utfordrende klassen grunnet høy usikkerhet tilknyttet produktet. Avhengig av hvilken klasse produktet blir tildelt avgjøres hvilket omfang av analyser produktet må gjennomgå før det anses som tilstrekkelig for å få tildelt en kvalifisering.

11 GJENNOMGANG AV BEDRIFTENS SYSTEM OG PRAKSIS

Samtaler med representanter fra APL, og overværelse av møter hos bedriften har vært en av de viktigste kildene til beskrivelsene av organisasjonen. Det er ikke alltid at praksisen i en bedrift er lik de dokumenterte beskrivelsene, og vi anser dermed samtaler og observasjoner som en viktig prosess for å innhente mest nøyaktig informasjon. Det er også viktig å nevne at vår veileder Tom Lassen har deltatt på de møtene vi har vært med på, noe som gir en god mulighet til å se om inntrykket vi har dannet oss faktisk stemmer. Møtereferatene fra alle møter prosjektgruppen har hatt deltatt på er vedlagt i sin helhet, og informasjonen fra disse blir brukt aktivt både i denne delen av oppgaven og generelt i drøftingsprosessen.

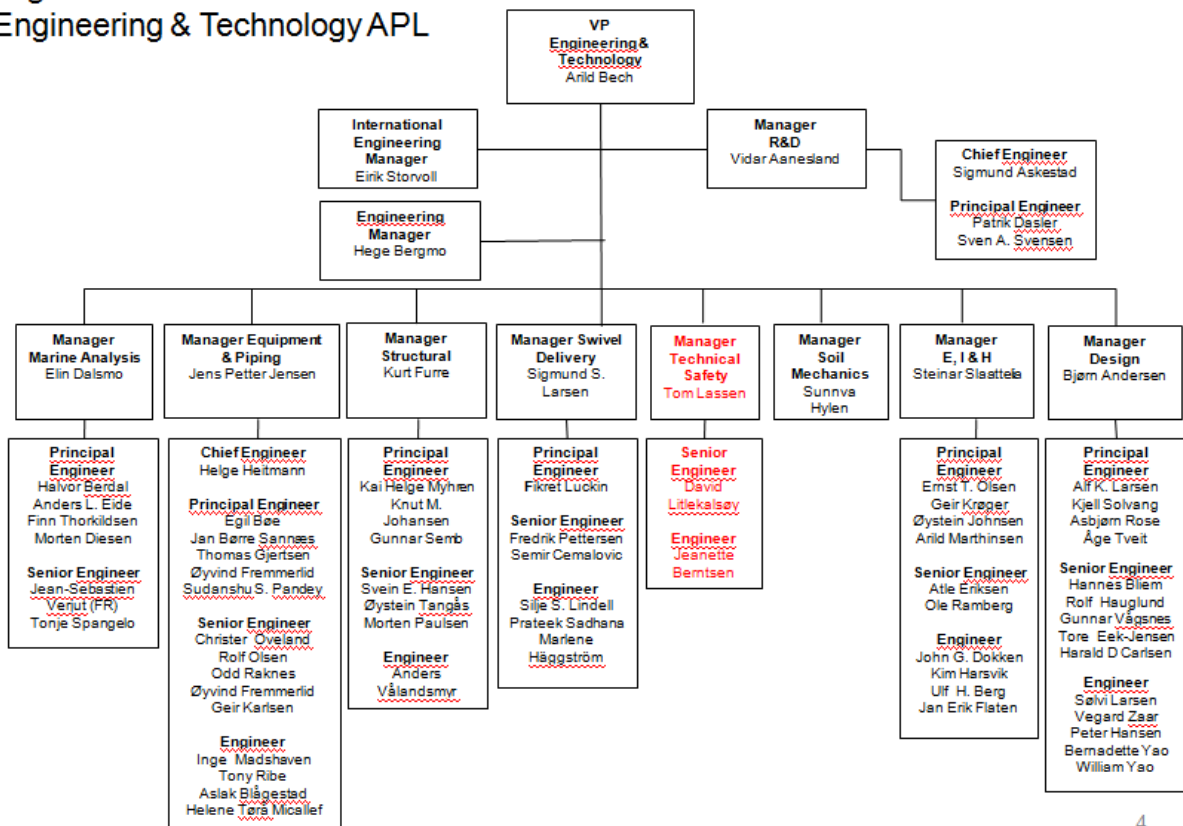
11.1 Beskrivelse av APL sitt nåværende system for risikostyring og kvalitetsledelse.

Dette kapittelet tar for seg en gjennomgang av avdelingene hos APL, samt de systemene bedriften har for å håndtere risiko. Det er fokusert på at innholdet skal gi leserne et inntrykk av både de praktiske prosessene hos APL, samtidig som det gis en forklaring av de allerede eksisterende dokumentene og verktøyene som bedriften bruker. I tillegg til dette er det forsøkt å utarbeide en oversikt som viser både kunnskapen hver av avdelingene innehar, hvordan de forskjellige avdelingene samarbeider, og hvor godt de kjenner til hverandre.

11.2 Organisasjonens oppbygging

Ansvaret for risikostyringen hviler i hovedsak på avdelingen for teknisk sikkerhet. På samme måte har kvalitetsavdelingen det overordnede ansvaret for å ivareta kvaliteten på produktene til APL. Likevel er det flere oppgaver som må gjennomføres i samarbeid med flere avdelinger for at bedriften som en enhet skal lykkes med risikostyring og kvalitetsledelse. Avhengig av hvor god kommunikasjon, informasjonsflyt og samarbeid med de forskjellige avdelingene har med hverandre, innvirker dette på kvaliteten og påliteligheten til produkter som leveres. Det er derfor viktig for APL å ha et godt system som ivaretar alle parter interesser på en best mulig måte. Under følger en kort introduksjon av de forskjellige avdelingene innad i APL med spesifisering av deres ansvar.

Organization charts Engineering & Technology APL



4

Figur 16: Organisasjonskart som viser plasseringen av avelingen for teknisk sikkerhet (markert i rødt) (Lassen, Manager Technical Safety, 2011).

Salgsavdelingen

Har som hovedformål å vinne markedsandeler ved å selge produkter og tjenester til kunder. Denne avdelingen vil både være det første en potensiell kunde møter, og samtidig den parten hos APL kunden har kontakt med videre i prosessen. Kjøpskontrakten vil også bli utformet av denne avdelingen i samarbeid med og i henhold til kundens krav.

Ingeniøravdelingen

Mottar spesifikasjonene fra salgsavdelingen og skal designe og utvikle løsninger i henhold til kontrakt som gjenspeiler kundens ønsker. Denne avdelingen støtter salgsavdelingen under utforming av kontrakt. I tillegg til dette har avdelingen ansvar for å sørge for at prosjektene oppfyller gjeldende krav og standarder.

Prosjektavdelingen

Denne avdelingen styrer grupper som dannes for å gjennomføre det enkelte prosjekt. Gruppen blir supplert med eksperter fra ingeniøravdelingen. Etter at et design er ferdiggjort, vil prosjektavdelingen gå inn å følge opp produktet sammen med kunden. Dette innebærer at kunden vil kunne ha tilgang til personale fra APL ved for eksempel igangsetting av et nytt prosjekt. I tillegg til dette har avdelingen ansvar for at alle nødvendige faser er fulgt opp og at dokumentasjon fra disse følger produktet.

Kvalitetsavdelingen

Har til hensikt å ivareta bedriftens kvalitet i form av at produkter og tjenester som blir levert gjennomgår kvalitetssikringsrutiner, og holder de kravene som er bestemt. APL er for øvrig ISO 9001 sertifisert og det er kvalitetsavdelingen sitt hovedansvar for en at en slik sertifisering opprettholdes.

Avdelingen for teknisk sikkerhet

Har som hovedansvar å ivareta sikkerheten på tekniske komponenter, og er underlagt ingeniøravdelingen. Dette gjøres ved å gjennomføre kritiske evalueringer av produkter og systemer ved hjelp av forskjellige verktøy. Eksempler på slike verktøy kan være FMECA og HAZOP-analyser. I tillegg til dette tilstrebes det å etterkomme krav fra internasjonale myndigheter til teknologien som utvikles på en best mulig måte. Dette kan blant annet dekke områder som brann og eksplosjon, og i tillegg påliteligheten til enkelte komponenter.

Serviceavdelingen

Har som formål å følge opp teknologien som blir levert av APL. Dette inkluderer ofte installasjon, igangkjøring, opplæring og oppfølging av produktet. Avdelingen jobber også med leveranser av reservedeler, planlagt vedlikehold og utføring reparasjoner. Det bidrar til en økonomisk gevinst for APL. Avdelingen får også tilbakemeldingene om komponenter med svikt.

11.3 Verktøy og metoder som brukes av APL

I forbindelse med utvikling av nye produkter, eller oppgraderinger av eksisterende produkter bruker APL forskjellige verktøy og metoder for evaluering av kvalitet og sikkerhet. Hensikten er at disse verktøyene og metodene skal bidra til å redusere risiko allerede fra designfasen, og føre

til at produkter som utvikles kommer innenfor gjeldende krav for nødvendige sertifiseringer. En oversikt over de metodene og verktøyene APL bruker er som følger:

- Design review.
- Lister over tidligere erfaringer.
- En PowerPoint-presentasjon som forklarer risikoanalysene og filosofien rundt risikostyring.
- FMECA- og HAZOP-gjennomganger.
- Rapportmaler for FMECA og HAZOP.
- RCM-gjennomganger
- Risikomatrise

11.4 Oversikt over ansvars- og kunnskapsfordelingen i APL

APL er delt i inn i flere avdelinger som hver har sine ansvarsområder. I tillegg til dette har de også forskjellig grad av kjennskap til verktøy og metoder som APL bruker for risiko og kvalitetsledelse. For å forenkle inntrykket, og lettere kunne analysere å foreslå forbedringer har prosjektgruppen utviklet en tabell som det blir referert til som kunnskapsmatrisen senere i oppgaven. Tabell 5 gir en oppsummerende oversikt over både ansvarsområder og kjennskapsnivået til verktøy og metoder.

	Meget god kunnskap	God kunnskap	Kjennskap til
Salgsavdelingen	Kontrakt, marked og Prissetting	HAZID	FMECA
Avdeling for teknisk sikkerhet	FMECA, HAZOP, RCM, HAZID	Design review	Arbeidet i ingeniøravdelingen
Kvalitetsavdelingen	Design review	FMECA, HAZOP, HAZID	
Ingeniøravdelingen	Designarbeid	Design review	FMECA, HAZOP, HAZID
Prosjektavdelingen	Arbeidet i ingeniøravdelingen	HAZOP	FMECA
Serviceavdelingen	Servicerutiner	HAZOP	RCM, FMECA

Tabell 4: Oversikt over hvilken kunnskap de forskjellige avdelingene i APL innehar

11.5 Prosedyrer for risikostyring og kvalitetsledelse hos APL

I denne delen av oppgaven skal vi forsøke å gi en kronologisk gjennomgang av hvordan prosessen med utvikling, salg, leveranse og oppfølging foregår hos APL. Hensikten er å lettere kunne forstå praksisen for risikostyring og kvalitetsledelse, samt bruken av de forskjellige risikoanalyseverktøyene hos APL.

11.5.1 Utarbeidelse av grunnlag, verktøy og rapport for risikoanalyse.

Før en eventuell design review, FMECA-analyse eller HAZOP-analyse utarbeides det grunnlag som selve gjennomgangen skal baseres på. Dette grunnlaget inneholder skjematiske data og annen relevant informasjon om systemet eller komponenten som skal undersøkes. Dette grunnlaget utarbeides og sendes ut til alle møtedeltakerne før selve gjennomgangen. Det er avdelingen for teknisk sikkerhet som er ansvarlig for dette. En PowerPoint-presentasjon brukes til å gi en introduksjon til analyseverktøyet som skal brukes og prinsippene som legges til grunn. Hensikten med at grunnlaget sendes ut i forkant av møte er at alle deltakere skal på forhånd kjenne til systemet som skal analyseres, og at de skal være inneforstått med verktøyene som brukes. 3D tegninger og illustrasjoner blir ofte brukt som grunnlag og vises på egen skjerm i tillegg til FMECA arket. Under selve gjennomgangen utarbeides forskjellige former for rapporter og oversikter, som viser resultatene og vurderingene fra gjennomgangen. For FMECA og HAZOP brukes det eksisterende rapportmaler i form av regneark som fylles ut under gjennomgangen.

11.5.2 Gjennomgang av design under utviklingsfasen

Kvalitetsavdelingen er ansvarlig for å følge opp design review, og får ofte hjelp av engineering manager til å forslå når disse skal gjennomføres. Dette en viktig gjennomgang for å opprettholde samarbeidet mellom avdelingene, rapportere fremgang og ikke minst løse problemer. I tillegg til dette brukes FMECA- og HAZOP-analyser til å avdekke designfeil som kan forårsake uhell. Avdelingen for teknisk sikkerhet leverer verktøyene som skal ivareta sikkerheten for produktene som leveres. Denne avdelingen er ansvarlig for å planlegge å lede FMECA-, HAZOP- og RCM analyser. Hvor mange ganger de forskjellige analysene blir gjennomført avhenger av hvor flinke de ansvarlige avdelingene er til å følge opp designet.

11.5.3 Utviklingsarbeidet

Ingeniøravdelingen er i hovedsak ansvarlig for all form for utviklingsarbeid. Denne avdelingen er videre delt i flere underavdelinger avhengig av hvilke systemer som det arbeides med, som for

eksempel hydraulikk, mekanisk design, og liknende. Disse avdelingene har personer med nøkkelkompetanse innen forskjellige fagfelt. De forskjellige avdelingene deltar ofte i prosjekter som er tverrfaglige, og går over flere fagdisipliner. Dette gjøres enten ved å sette opp prosjektteam, eller mer uformelt samarbeid. I hver avdeling, så vel som prosjektteam finnes det personer med ansvar på forskjellige nivåer. Dette kan være personer med spisskompetanse på enkelte systemer, eller overordnet helhetskompetanse av sammenstillinger av produkter. Engineering manager fungerer som eksperter for fagfeltet de tilhører, eller den komponenten de er ansvarlige for. Dette gjør at engineering manager deltar på gjennomganger som både avdelingen for teknisk sikkerhet og kvalitetsavdelingen har hovedansvaret for.

Ingeniøravdelingen er også ansvarlig for å utarbeide og oppdatere tekniske tegninger og annen teknisk dokumentasjon. Denne dokumentasjonen skal blant annet beskrive oppbygningen av produktet, grensebetingelser og liknende. Denne dokumentasjonen inngår både som grunnlag for gjennomganger hos avdeling for teknisk sikkerhet, kvalitetsavdelingen og som dokumentasjon til kunde.

11.5.4 Utarbeidelse av salgskontrakt og overføring av informasjon til kunder

Salgsavdelingen er ansvarlig for å utarbeide kontrakt med kunden og fastsette pris på produkter. Avdelingen er dermed avhengig av tett samarbeid med de resterende avdelingene. I tillegg til dette er de avhengig av at de forskjellige avdelingene har utarbeidet den dokumentasjonen de har ansvar for. I de tilfeller det blir utført forskjellige gjennomganger som for eksempel FMECA- eller HAZOP-gjennomgang skal det utarbeides grunnlag og rapporter. Disse skal være tilgjengelige for å kunne overføres til kunder under en forhandlingsprosess.

I noen tilfeller vil hele komponenter kjøpes inn fra en underleverandør. APL kan da kreve å få levert nødvendig grunnlag fra leverandør. Det er uansett APL som vil være ansvarlig for at det foreligger nødvendig dokumentasjon ovenfor sin kunde. APL har i noen tilfeller valgt å gjennomføre nødvendige analyser i samarbeid med leverandøren, hvis det viser seg at leverandøren ikke har kjennskap eller ressurser til å gjennomføre en slik analyse selv.

11.5.5 **Overlevering og oppfølging av produktet**

Prosjektavdelingen har til ansvar å påse at prosjektet gjennomgår alle analyser som er planlagt, og at produktet får de sertifiseringene som er nødvendige. Samtidig skal denne avdelingen også påse at all nødvendig dokumentasjon som skal følge produktet, blir levert med ved overlevering.

Dette innebærer blant annet en plan for RCM. Det er videre serviceavdelingen som er ansvarlig for å følge opp produktet med nødvendige servicer, reparasjoner og forsyne kjøperen med reservedeler over tid. Avdelingen vil også være ansvarlig for å påse at nødvendige modifikasjoner blir tilbudt ved eventuelle nye krav og forskrifter.

12 FORSLAG TIL OPPSETT AV NYTT SYSTEM

Tidligere i oppgaven finnes all teori som legges til grunn for å vurdere det eksisterende systemet for risikostyring og kvalitetsledelse hos APL. Dette består enten av direkte krav eller anbefalinger til bransjen APL operer i. Vi vil i dette kapittelet på en systematisk måte drøfte kjernen og kravene fra standardene i teoridelen, opp mot de observasjonene som er nevnt under funn. Dersom vi har forslag til potensielle forbedringer blir disse lagt fram.

Fra et bedriftsøkonomisk synspunkt kan formålet med å drive en bedrift generaliseres til å skape et resultat for eiere og dette oppnås igjen ved å skape verdi for kunder. Verdiskapning i en ingeniørbedrift skjer ved at man leverer ettertraktede og gode løsninger til kundene. Ingeniørvirksomheten er en bransje som i hovedsak er tilknyttet den tjenesteytende næringen, som i kombinasjon med produksjon skaper fysiske produkter. For APL som både driver ingeniørvirksomhet og organiserer produksjon av sine egne produkter, fører dette til at verdi til kunder leveres i form av ønskede produktegenskaper. Generelt sett vil både sikkerhet, pålitelighet, vedlikeholdsvennlighet og operasjonsdyktighet være ønskede egenskaper til et offshore-relatert produkt, og verdsettes derfor ofte høyt av kunder.

Sammenheng mellom risikostyring og kvalitetsledelse

I en tidlig fase av prosjektet ytret APL et ønske om å se på kvalitetsledelse i sammenheng med risikostyring, og inkludere dette som en del av helhetene i systemet. Dette ønsket gir assosiasjoner til en stadig økende trend i næringslivet, og blir ofte omtalt som totalkvalitetsledelse. I denne sammenheng blir kvalitet definert som evnen til å tilfredsstille kundens ønsker og behov tilknyttet ytelsen av produktet. Vi ser nå at de parametrene som er ansett å være viktig og verdiskapende for kunden, i stor grad faller inn under definisjonen av kvalitet i tilknytning til totalkvalitetsledelse. I totalkvalitetsledelse blir risikostyringen ofte en integrert del av den totale løsningen for kvalitet i organisasjonen (Lassen, Totalkvalitetsledelse, 2010). Hos APL er kvalitetsavdelingen og avdeling for teknisk sikkerhet to adskilte og selvstendige avdelinger. Vi ser på mulighetene til å vurdere en tilnærming av totalkvalitetsledelse hos APL. Fremfor å integrere kvalitet og risiko, fokuseres det på to uavhengige avdelinger med økt samarbeid og et mer overlappende og parallelt system.

Skildring av funn

I utgangspunktet skal minst en risikoanalyse foreligge før et endelig design er godkjent. Avhengig av omfanget til prosjektet skal også et visst antall design review gjennomføres. Avdelingen for teknisk sikkerhet er ansvarlig for selve risikostyringen, herunder også risikoanalyser (Lassen, Manager Technical Safety, 2011). Denne oppgaven blir i stor grad gjennomført på en tilfredsstillende måte, med unntak av enkelte avvik. Gruppen har blant annet kjennskap til to tilfeller hvor nødvendige analyser som FMECA og HAZOP har uteblitt, og i ett av disse tilfellene har kunden påkrevd en slik analyse i kontraktsfasen. Dette kan tyde på at planleggingsprosessen for risikoanalyser kan være noe ukonsekvent. Kvalitetsavdelingen er ansvarlig for at design review blir gjennomført, men det er som regel engineering manager som utarbeider denne oversikten og foreslår intervaller basert på erfaring. Her utarbeides en oversikt over tidspunkter for når hver gjennomgang bør utføres, og denne prosessen oppfattes som systematisk. Hva som er årsaken til at planlegging av design review kan være mer systematisk enn risikoanalyser kan være vanskelig å bedømme. Det er likevel observert en vesentlig forskjell i form av at behovet og ansvaret for å gjennomføre design review er mer overlappende enn risikoanalyser. Kvalitetsavdelingen er opptatt av at design review blir gjennomført, og det samme gjelder engineering manager. Ser vi nærmere på risikoanalyser, viser det seg også her at avdeling for teknisk sikkerhet og salgsvdelingen har et felles behov og ansvar for gjennomføringen av disse analysene. Likevel kan det tyde på at behovet ikke forekommer i samme prosjektfase. Dette kan oppsummeres til at en positiv effekt kan oppnås ved å gi overlappende ansvar for en prosess. Det anbefales derfor at APL ser nærmere på denne observasjonen, og avgjør om dette er noe de ønsker å fokusere på ved fastsettelse av rutiner.

Gruppen har ikke sett eller fått utlevert noe form for skriftlig eksisterende rammeverk for hverken risikostyring eller kvalitetsledelse, noe som kan tyde på at prosesser og systemer hos APL er basert på taus- eller erfaringsbasert kunnskap. Dette gjør at APL er avhengig av at nøkkelpersonene som innehar den nødvendige kunnskapen fortsetter å arbeide i sine stillinger. For øvrig kan det også tyde på kunnskapen blir overlevert til nye medarbeidere i form av en "se og lær"-prosess. Dette kan ha en sammenheng med at bedriften ble etablert med få medarbeidere som alle arbeidet innefor et kontorlokale. I små bedrifter tar ofte medarbeidere en større del i alt bedriften arbeider med. Dermed foregår også både kunnskapsutvikling og opplæring på et mer muntlig nivå. Dette kan være en effektiv måte å arbeide på i en mindre organisasjon, men er ansett å være mer risikabel og ikke minst ineffektiv etter at bedriften har oppnådd en viss størrelse. Risiko er i denne sammenheng knyttet til uforutsette hendelser som kan forårsake at en ressursperson brått frafaller fra sin stilling, og at kunnskapen forsvinner fra bedriften. Hos APL

kan det tyde på at en hurtig vekst innen kort tid har forårsaket at bedriften ikke har klart å rette fokus mot behovet for mer organiserte og skriftlige systemer.

Behov for et rammeverk

Observasjonene ovenfor viser at APL har flere gode prosesser for risikoleidelse, men det kan med fordel skapes et mer synlig og konsekvent system. Dersom ISO-standardene velges som teoretisk grunnlag, må det fokuseres på at systemet for risikostyring og kvalitetsledelse blir en integrert del av alle ledd i bedriften. Dette samsvarer også med filosofien bak prosjektorganisasjoner, der alle avdelinger i en bedrift skal bidra til et sammensatt effektivt system for produktutvikling, inkludert salg og oppfølging. Til tross for ideologien og ønsket om tett samarbeid gjennom alle faser av prosjektet viser det seg at samarbeidet hos APL ofte er lavere enn ønskelig, og at det kan oppstå interfaceproblemer ved sammenstillinger (Lassen, Manager Technical Safety, 2011). Vi vil derfor se nærmere på anbefalinger som er gitt i de forskjellige ISO-standardene, og vurdere om elementer fra disse kan brukes som grunnlag til å etablere et dekkende og effektivt system for risikostyring og kvalitetsledelse. *ISO 31000* evalueres som en mal for å utarbeide et *grunnleggende rammeverk og prosesser tilknyttet risikostyring*. *ISO 9001* vil vurderes for å se nærmere på en sammenheng mellom rammeverk for risikostyring og *kvalitetsledelse*. *ISO 31010* skal vurderes som grunnlag for å oppdaterte innholdet av risikoanalyseverktøyene *for å evaluere og ivareta sikkerheten* på best mulig måte. I tillegg vurderes det å knytte DNV-RP-A203 til det totale systemet, for å inkludere retningslinjer for ny og uprøvd teknologi.

12.1 Kvalitetsledelse

Kvalitet er et omfattende begrep og kan tolkes forskjellig avhengig av situasjonen det omtales i. I denne sammenheng omtaler vi kvalitet som egenskaper et produkt eller en prosess kan ha. Vi deler kvalitet i inn i to kategorier, henholdsvis teknisk- og estetisk kvalitet. Med teknisk kvalitet menes et produkt som er driftsikkert og har høy tilgjengelighet. Estetisk kvalitet kan brukes om et produkt som ser profesjonelt og elegant ut samt føles robust, noe som skaper en kvalitetsfølelse og tillit hos kunden. Forskjellen på disse to kvalitetsformene kan forklares ved et illustrativt eksempel. En bil som har et godt utseende med valg av gode materialer på eksteriør- og interiørdetaljer som seter, knapper og håndtak, kan skape en form for tillit og gir assosiasjoner til at den er robust. Det har med andre ord blitt skapt en forventning hos kunden. Det gode utseendet er likevel ikke synonymt med at bilen har høy teknisk kvalitet. Hvis det for eksempel viser seg at viktige deler som: motor, bremsesystem eller karosserimateriale ikke er pålitelige og

robuste, innfris ikke kundens forventning til produktet. Generelt er det ønskelig å ha høy estetisk- og teknisk kvalitet, men ressursmangel setter ofte en begrensning for dette. Det anbefales derfor at bedriften fokuserer på riktig kvalitet. Dette kan defineres som en sum av bedriftens egne krav til produktet og det som anses å være kundens forventninger. For en teknisk bedrift anses likevel den tekniske kvaliteten å være prioritet.

12.1.1 Teknisk kvalitet

Teknisk kvalitet kan teoretisk sett anses som den aller viktigste formen for kvalitet ved en mekanisk komponent. Produktet utvikles for å ha god tilgjengelighet og pålitelighet innenfor produktets levetid. Dette vil først og fremst føre til at kundens forventninger innfris og bedriften opprettholder sitt kvalitetsstempel. Kvalitetsavdelingen har blant annet ansvar for at design review blir gjennomført. Slike gjennomganger kan bedre kvaliteten til produktet i form av at blant annet interfaceproblemer blir løst, prosjektdeltakerne får en god helhetsforståelse og det skaper et felles mål.

12.1.2 Estetisk kvalitet

Man kan vurdere hvor mye betydningen av estetisk kvalitet har å si for en ingeniørbedrift som APL. Årsaken til at dette emnet behandles i denne oppgaven, er at små grep kan heve denne formen for kvalitet betraktelig. Disse grepene trenger hverken å koste mye, eller kreve store ressurser. Uavhengig av hvor mye ressurser som settes av til slike formål, bør ikke dette gå på bekostning av den tekniske kvaliteten til produktene. APL kan sikre seg dette ved at produkter som leveres til kunde har et visst gjennomført utseende, og at dokumentasjonen og profilen til bedriften også bærer preg av profesjonalitet. Et eksempel på dette kan være forbedring av utseende på dokumentasjonen som medfølger produktet. Dette trenger ikke å innebære noe mer enn at man har fokus på rette linjer, skrivefeil, å unngå særskrift, valg av farge, logoplassering og liknende. Gruppen har tatt for seg forbedring av både innhold og utseende av flere dokumenter som blant annet utdeles til kunder, og diskuterer dette nærmere under kapittel 12.2.4.

12.2 Risikostyring

Fokuset rundt risikostyring i offshore-bransjen har økt betydelig de siste årene, særlig etter Deepwater Horizon-utblåsningen i 2010. Dette var en eksplosjon på en borerigg i Mexicogolfen, der 11 arbeidere omkom, 17 kom til skade og det endelige utfallet ble en miljøkatastrofe på grunn av oljelekkasje. Ofte vurderer man årsaken til at slike uønskede hendelser inntreffer, og

forsøker å lære av feil som er gjort. Dette kan bidra til å forhindre liknende hendelser i fremtiden. Risiko blir i denne sammenhengen definert som sannsynligheten for at en hendelse inntreffer og konsekvensen av denne hendelsen. Eksempler på dette kan være alt fra kontraktsprosessen og til utstyret er overlevert og i drift, begge disse leddene innebærer forskjellige former for risiko. For eksempel kan feilbudsjettering av ressursforbruk føre til at bedriften ikke tjener penger på et oppdrag. Det kan også være at en designfeil fører til større ulykker i likhet med Deepwater Horizon-ulykken

For å unngå denne type hendelser er det ønskelig å opprette et risikostyringssystem som er proaktivt. Dersom ISO 31000 benyttes som en mal for å utarbeide et rammeverk for APL, kan dette hjelpe bedriften med å etablere et slikt system og et systematisk prosesskart for risikostyring kan utarbeides. Formålet med prosesskartet er å oppnå det overordnede målet til bedriften om å holde risiko innenfor gitte rammer, og på et lavest mulig nivå. Fordelen med et slikt system kan blant annet være at ledelsens ansvar og forpliktelser blir klargjort, samtidig som det blir lettere for ledelsen å kontrollere risikostyringen. I tillegg til dette vil et mer håndfast system være lettere for de ansatte å følge, og de kan også ta mer ansvar for bedriftens felles mål. Vi skal systematisk diskutere innholdet i malen ISO 31000 presenterer, og vurdere om dette kan tilpasses APL sitt behov. Diskusjonen blir delt inn i tre kategorier i henhold til ISO 31000: grunnprinsipper, rammeverk og prosessen.

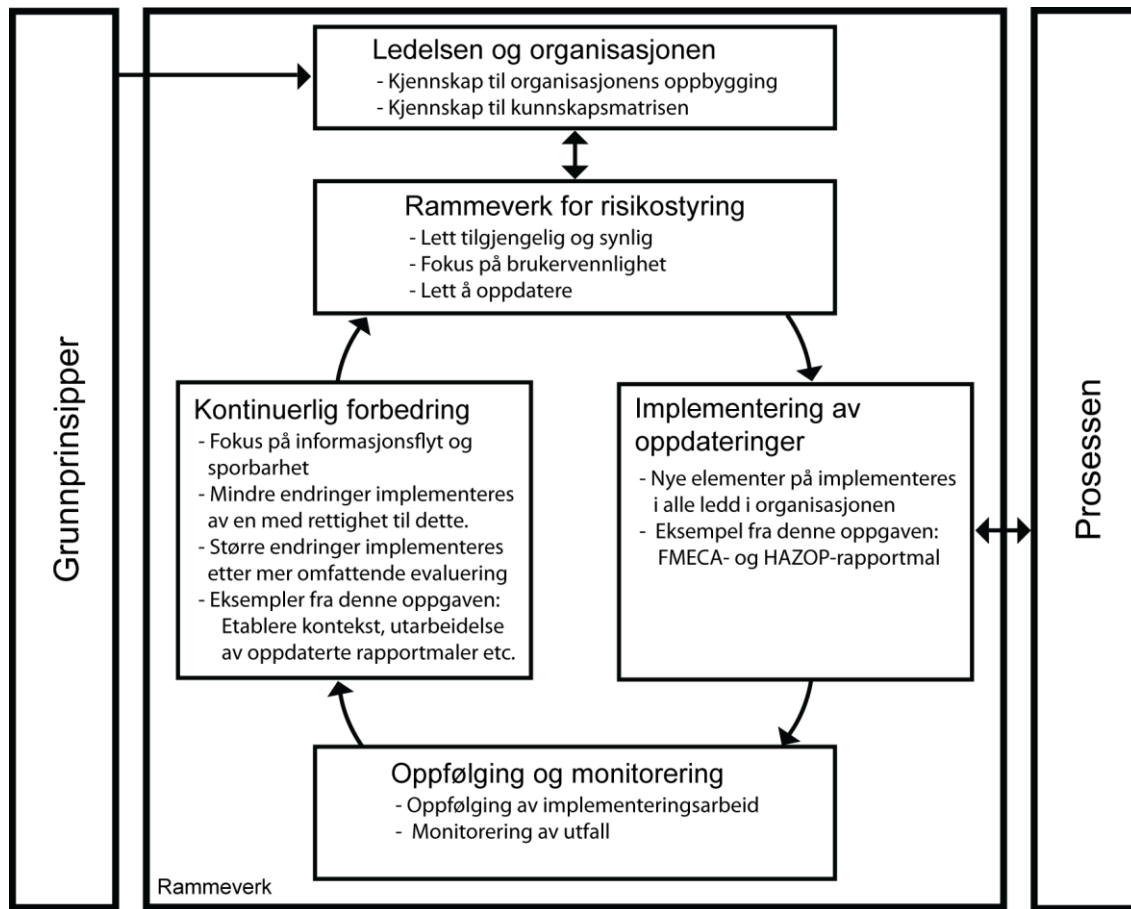
12.2.1 Grunnprinsipper

Det er viktig at en bedrift har et sett med overordnede verdier eller grunnprinsipper som de ønsker å styre organisasjonen etter. Disse grunnprinsippene skal inkludere hvilke mål bedriften ønsker å oppnå med systemet som utvikles. APL har dannet et omfattende sett med grunnprinsipper, og disse er blant annet presentert på deres hjemmeside, og er delt inn i *visjon, misjon og verdier* (APL). Visjonen er å være ledende, effektiv og innovativ innen offshore-teknologi. Misjonen innebærer å opprettholde og utvikle kompetanse for å utvikle bedriften. Verdiene viser til HMS- og kvalitetsprinsipper samt ansvar for samfunnet. I ISO 31000 vektlegges det at *"Risk management creates and protects value. Risk management contributes to the demonstrable achievement and improvement of performance in, for example, human health and safety, security, legal and regulatory compliance, public acceptance, environmental protection, product quality, project management, efficiency in operations, governance and reputation"* (ISO, 2009). Flere av prinsippene APL flagger som sine forpliktelser er i henhold til det ISO 31000-standarden foreslår. Vi mener at APL oppfyller dette punktet på en tilfredsstillende måte, og mener det blir feil at vi skal foreslå nye prinsipper for bedriften. Slike prinsipper er det viktigere

at ledelsen selv følger opp. I teorien kan det være enkelt for ledelsen å danne et sett med grunnprinsipper som bedriften skal strebe etter. Arbeidet med å få de ansatte til å jobbe etter prinsippene kan derimot være mer krevende og ledelsen bør derfor velge sine prinsipper med omhu.

12.2.2 Rammeverk

Utviklingen av rammeverket for selve risikostyringen kan anses som kjernen i både ISO 31000 og denne oppgaven. Rammeverket skal gjenspeile bedriftens overordnede grunnprinsipper, og bedriften bør derfor også bedrive risikostyring med bakgrunn i disse prinsippene. Hensikten med etablering av rammeverket er å gi klare retningslinjer for hvordan risikostyringen hos APL skal foregå. For å oppnå dette til er det viktig at rammeverket både synliggjøres og er lett tilgjengelig i bedriften. For å kunne utvikle og bruke rammeverket på en hensiktsmessig måte anbefales det at ledelsen danner en oversikt over organisasjonen slik det er gjort i kapittel 11. Ved å bruke organisasjonskart kan sammenhengen mellom forskjellige avdelinger tydeliggjøres, men en ytterligere forklaring bør etableres slik som det er gjort i kunnskapsmatrisen. Hensikten er å kartlegge kunnskapen i bedriften og hvem som er ansvarlig for forskjellige prosesser, prosedyrer og rapporter. Et forslag til oppsett av rammeverk for APL er vist i figur 18. Dette blir senere knyttet opp mot det helhetlige systemet.



Figur 17: Utvikling av rammeverket som skal implementeres hos APL.

Implementering av oppdateringer

Videre er det nødvendig at endringene som gjøres i rammeverket implementeres i organisasjonen. Dersom dette arbeidet ikke blir grundig gjennomført, risikerer man å få liten eller ingen effekt av ressursene som blir brukt til å utvikle og oppdatere det nye rammeverk. Ettersom risikostyring og kvalitetsledelse begge er et produkt av felles arbeid gjennom alle ledd i organisasjonen, er det viktig at også implementeringen gjøres i alle ledd. Som en del av implementeringsprosessen for det nye systemet til APL, mener vi at det kan være en god ide å utarbeide opplærings og kurspakker. Disse bør være kortfattet og alle ansatte bør få en mulighet til å sette seg inn i de overordnede prinsippene og tankegangen rundt risikostyring. Disse bør også bli en del av opplæringspakken for nyansatte, slik at de allerede fra starten av forsøker å arbeide i henhold til det som er anbefalt. Dette er en jobb som bør gjøres av APL når det endelige systemet er fastsatt og godkjent.

Oppfølging og monitorering

Videre er det viktig å monitorere implementeringen av rammeverket for å evaluere om de tiltakene som ble gjennomført faktisk gir det utfallet som var tiltenkt. Ledelsen kan gjøre dette ved å fastsette enkelte indikatorer for måling av suksess. Det er svært viktig at disse indikatorene er godt gjennomtenkt, for å unngå at bedriften styres i feil retning. Årsaken til dette er at de ansatte fokuserer på det de blir målt ut fra. Et illustrativt eksempel kan hentes fra byen Hanoi i Vietnam, hvor franskmenn under sin kolonitid utlyste premie for antall døde rotter som ble innlevert. Hensikten var å bekjempe rottstanden i byen, men førte derimot til at innbyggerne bygde oppdrettsanlegg for å øke bestanden av rotter (Galozzi).

Kontinuerlig forbedring

Offshorebransjen er utsatt for kontinuerlige omstillinger og endringer. For at APL skal opprettholde sin posisjon i markedet bør nye krav og trender implementeres kontinuerlig. Dette betyr ikke nødvendigvis at arbeidet trenger å være omfattende, men kan komme i form av at man tilføyer eller fjerner elementer i det allerede eksisterende systemet. I tillegg til dette bør nødvendige mottiltak for uønskede resultater fra monitoreringen også implementeres. For å kunne finne frem til bakgrunnen for eventuelle feil som oppdages gjennom monitorering, bør også dokumentasjon og sporbarhet vektlegges. Det anbefales også at endringer av mindre betydning foretas fortløpende av en som sitter med rettigheter til det, mens større endringer tas opp til diskusjon før disse implementeres. Hvis dette blir gjort riktig skal risikosystemet være et ledd i alle aktiviteter i organisasjonen, og vil føre til en viss automasjon av forbedringer også på andre nivåer i organisasjonen. Selv om viktigheten av å implementere nye krav og retningslinjer organisasjonen vektlegges, eksisterer det i dag utallige retningslinjer fra forskjellige organer og flere av disse er meget overlappende. Det er derfor viktig å se det helhetlige bilde og implementere et sett med retningslinjer som er akseptert på et internasjonalt nivå, i motsetning til å forsøke å implementere alt som utgis.

12.2.3 Prosessen

For å kunne etablere prosessen i et risikostyringssystem er det viktig å kjenne til sammenhengen dette skal inngå i. Bedriften bør derfor klargjøre hvilke interne og eksterne faktorer det er pålagt eller ønskelig å ta hensyn til. Selve rammeverket for risikovurderingen skal innebære en systematisk og skjematisk oversikt over de verktøyene og prosessen bedriften innehar for å identifisere, analysere, evaluere og behandle risiko.

Etablering av kontekst rundt risikostyringssystem

APL bør selv bedømme i hvilken sammenheng kravene og de overordnede retningslinjene skal brukes når det skal foretas risikoanalyser. Dette vil først og fremst innebære å følge Petroleumstilsynets forskrifter og retningslinjer. I tillegg til dette bør DNV – Offshore Technical Guideline (OTG) for Turrets brukes som et overordnet dokument med generelle krav til bransjen for dreietårnløsninger. Utover dette bør DNV-RP-A203 inkluderes som et tillegg for klassifisering, kvalifisering og sertifisering av ny teknologi. Til slutt bør også retningslinjer for kost-nyttetankegangen inkluderes fra for eksempel NORSOK Z-013. Selv om vi har foreslått noen spesifikke dokumenter og henvist til generelle retningslinjer som det bør tas hensyn til ved etablering av retningslinjer, faller denne delen i risikostyringsprosessen noe utenfor avgrensningen til denne oppgaven. Vi antar at APL allerede har en formening om hvilke retningslinjer og krav som bør legges til grunn her, og anbefaler at de selv velger hva som skal inngå i det endelige systemet.

Risikovurdering

Risikoidentifikasjon er det første steget ved en risikovurdering. Dette steget danner grunnlaget for hva som analyseres videre, og det er viktig å velge riktig verktøy for risikoidentifisering. APL bruker 3 forskjellige teknikker for identifikasjon av risiko, henholdsvis; check-lists, HAZOP og FMECA. Valget av hvilket verktøy som egner seg til risikoidentifikasjon er erfaringsbasert hos APL. Blant annet kan kombinasjon av de forskjellige teknikkene brukes under en design review for å sikre seg at de mest innlysende risikoene er blitt påpekt (Lassen, Manager Technical Safety, 2011). Det er viktig å merke seg at check-lists er det eneste verktøyet som kun dekker risikoidentifikasjon, og at både FMECA og HAZOP-analyse er en mer omfattende prosess som starter med en risikoidentifikasjon og videre går inn på risikoanalyse og risikoevaluering. Tabell 5 viser anvendeligheten til de forskjellige risikoanalyseverktøyene, avhengig av hva man ønsker å oppnå.

Verktøy og teknikker	Risikovurderingsprosessen				
	Risikoidentifisering	Risikoanalyse			Risikoevaluering
		Konsekvens	Sannsynlighet	Risikonivå	
Check-lists	SA	IA	IA	IA	IA
HAZOP	SA	SA	A	A	A
FMECA	SA	SA	SA	SA	SA

SA Svært anvendbar

IA Ikke anvendbar

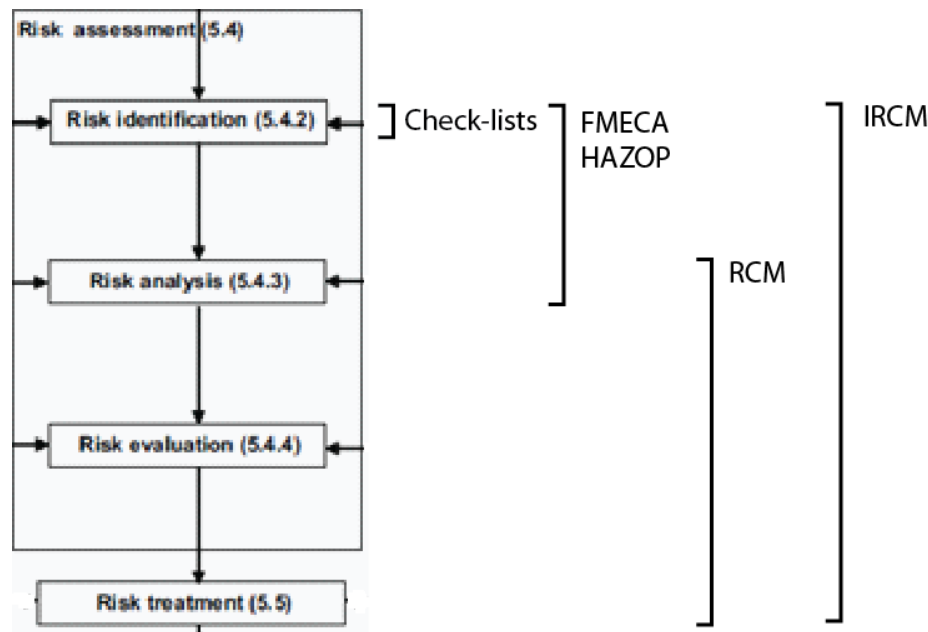
A Anvendbar

Tabell 5: Oversikt over anvendeligheten til utvalgte risikoanalyseverktøy.

Hvis FMECA eller HAZOP-analyse velges for risikoidentifikasjon, kan disse fullføres og hvis det er ønskelig kan man foreta en fullstendig risikoanalyse. Hvilket av disse verktøyene som velges avhenger av om man ønsker å analysere risiko tilknyttet teknisk design eller operasjon.

Sammenlignes ”what-if engineering”, som inkluderer FMECA og HAZOP, mot RCM-metoden ser man at det finnes flere fellestrekk. Der RCM bruker 7 spørsmålene for å kartlegge normalfunksjon, risikoidentifikasjon og risikoanalyse av objektet som vurderes, brukes en liknende fremgangsmåte med nøkkelord som besvares i FMECA og HAZOP. Til tross for likhetene, er denne delen av analysen mer grundig i både FMECA og HAZOP, og inkluderer noe mer detaljert risikoanalyse og produktidentifikasjon. Videre ser man at risikoevaluering og risikobehandling i både FMECA og HAZOP foretas gjennom kvalitative vurderinger. Dette skjer i form av åpne og kritiske diskusjoner mellom kvalifiserte møtedeltakere. Under disse analysene er ikke skillet mellom risikoevaluering og behandling klart definert. I motsetning til dette er disse stegene godt adskilt i RCM-analysen, og er i tillegg mer systematisk fremstilt. Risikoevaluering gjøres ved å klassifisere risiko avhengig av om denne kan gi konsekvens for helse, miljømessig eller drift, videre behandles risikoen ved å velge et tiltak i et flytdiagram. Dette viser at FMECA og HAZOP har sine styrker for å identifisere objektet og kartlegge normalfunksjonen, og identifisere og analysere risikoer, mens RCM egner seg bedre til risikoevaluering og -behandling. Dette stemmer også overens med filosofien bak de forskjellige metodene. FMECA og HAZOP er verktøy for risikovurdering og kan med fordel anvendes i tidlige faser av et prosjekt, mens en RCM har til formål å utarbeide vedlikeholdsstrategi for et ferdig produkt. Anbefalt vedlikeholdstiltak fra en RCM-analyse skal normalt også kombineres med levetidsberegninger for komponenter, for å avgjøre optimalt vedlikeholdintervall. For å se på dette i et større

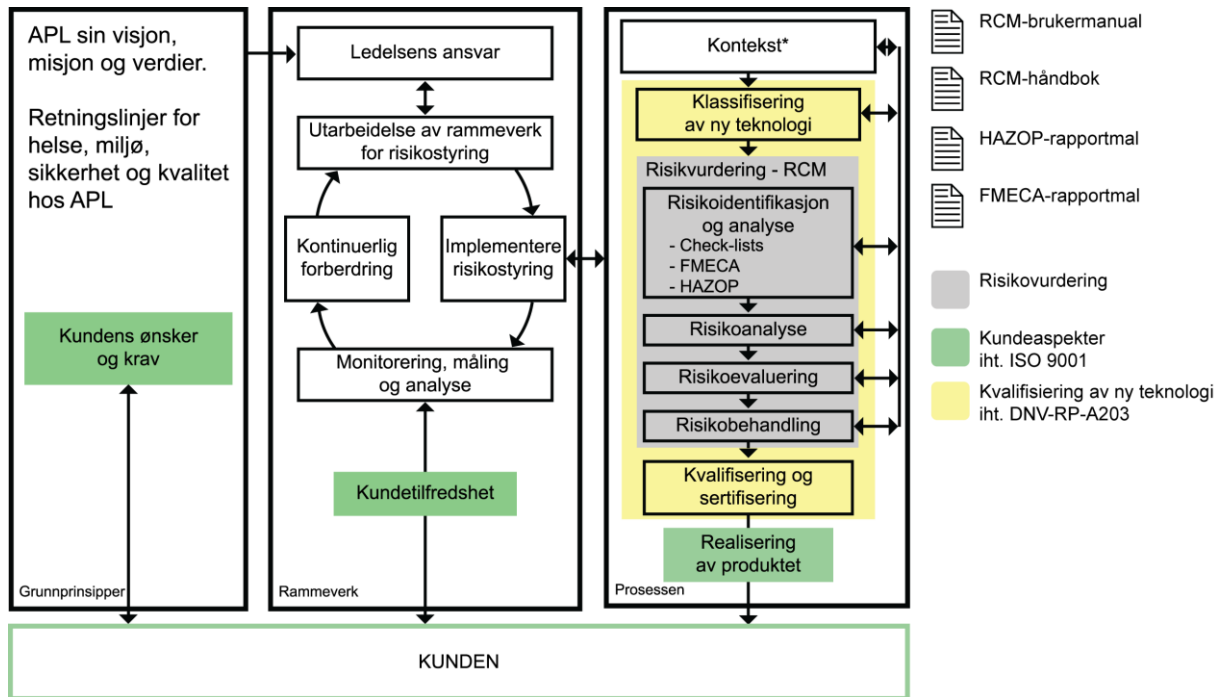
perspektiv kan RCM-analyse anses som en videreføring av en FMECA, check-lists eller HAZOP. Dette er en metode som gruppen i samarbeid med veileder har valgt å omtale som IRCM (Integrated Reliability-Centered Maintenance). En oversikt over styrkene til de forskjellige analysene er vist i figuren under



Figur 18: viser styrkene til IRCM som en del av forslaget til det nye risikostyringssystemet til APL.

Et produkt som overleveres til kunden, skal ha vært gjennom minst en fullstendig risikoanalyse og et vedlikeholdsintervall skal være utarbeidet der det er nødvendig. Normalt gjennomføres risikoanalyser etter behov i forskjellige faser av et prosjekt, og en RCM-analyse anvendes til slutt for å avgjøre vedlikeholdstiltak og optimalt intervall for gjennomføring tiltaket. Ved å anvende en totalløsning slik som IRCM, oppfordres det til gjenbruk av data, fremfor å bruke unødvendige ressurser på å gjøre dobbelt arbeid. I tillegg til dette skapes et overlappende ansvar i form av at enten FMECA eller HAZOP analyse blir forespurt internt i organisasjonen, før den avsluttende RCM-analysen kan gjennomføres i forbindelse med overlevering av produktet til kunden.

For å gi et mer oppsummerende inntrykk og vise en sammenheng mellom det som er diskutert i dette kapitlet er figur 20 utarbeidet. Denne figuren er også et forslag til prosessdiagram for risikostyring hos APL, og man ser tydelig at figuren er utarbeidet etter malen som er fremlagt i ISO 31000.



* Kontekst skal være iht. gjeldende krav og forskrifter i tillegg til overordnede retningslinjer fra Petroleurstilsynet.

Figur 19: Forslag til rammeverket for risikostyring hos APL.

Kundeaspektene som er blitt tilknyttet figuren, kommer som et resultat av ønsket om å se sammenheng mellom risikostyring og kvalitetsledelse. Disse forespeiler en løsning som kan anvendes til å etablere enkelte felles mål for kvalitetsavdelingen og avdelingen for teknisk sikkerhet.

Det er ikke valgt å foreslå endringer av eksisterende grunnprinsipper hos APL, ettersom disse både er dekkende og i henhold til anbefalingene i ISO 31000. Det er derimot foreslått at kundens ønsker, og krav inngår i grunnprinsippene, og at eventuelle endringer i fremtiden blir gjort med hensyn til å innfri kundens forventninger på en bedre måte.

Under rammeverket er det anbefalt at prosessen i ISO 31000 skreddersys med mer utfyllende og dekkende forklaringer. Alle anbefalingene er diskutert i kapittel 12 og resultatet er presentert i et detaljert flytskjema i figur 20. Det er anbefalt å måle kundens tilfredshet i form av enten direkte tilbakemeldinger som for eksempel oppfølgingsmøter, eller indirekte tilbakemeldinger som for eksempel endringer i etterspørsel av produktet.

De største endringene og tilpassningene er gjort under prosessen. Det er først og fremst anbefalt å inkludere en vurdering om produktet er nytt i henhold til klassifiseringen og definisjonen i

DNV-RP-A203. Hvis produktet anses å være nytt, er det også påkrevd en kvalifisering av teknologien etter risikovurderingen. Det er også foreslått å implementere en metode omtalt som IRCM tidligere i rapporten. Denne metoden skal dekke prosessen fra risikoidentifikasjon til risikobehandling og en vedlikeholdsstrategi.

Utenom flytdiagrammet er det også listet opp noen dokumenter i marginen. Hensikten med denne opplistingen, er å tydeliggjøre at det finnes vedlegg som skal brukes under prosessen. Noen av vedleggene er allerede eksisterende hos APL, mens andre enten blir utarbeidet i forbindelse med denne oppgaven eller er påpekt som en anbefaling om at APL bør utvikle selv.

Et annet viktig element som bør påpekes i denne sammenheng er kommunikasjon og informasjonsflyt. Det er nevnt tidligere at APL har blant annet opplevd interfaceproblemer under sammenstilling, som følge av manglende informasjonsutveksling mellom avdelingene. I tillegg til dette observerte gruppen tendenser til manglende internkommunikasjon (Vedlegg 1). Eksempler på dette var enkelte endringer i dokumenter som ikke var formidlet til alle avdelingene, og enkelte oppgaver var utført av en avdeling uten at det var klargjort med andre avdelinger. For å unngå unødvendig bruk av ressurser, ved for eksempel dobbelt arbeid foreslås det økt fokus på kommunikasjon internt i bedriften. Informasjonsutveksling mellom kunden og bedriften påpekes som et av de viktigste elementene i ISO 9001, og er også implementert i forslaget til det nye systemet. Dette skal både forekomme først i prosessen i form av at man innhenter informasjon fra markedet, og at man utvikler produkter i henhold til det som anses å være markedets behov og ønsker. Informasjonsutvekslingen fortsetter videre i form av kontraktsutvikling, og til slutt ved å innhente tilbakemeldinger fra kunder gjennom oppfølgingsprosesser. Vi oppfatter det slik at APL er forholdsvis dyktige på kundekommunikasjon, når det gjelds kontraktsutforming og produktutvikling. Det vi derimot anser at APL er mindre flinke til, er å være konsekvent med å utlevere den informasjonen de erfaringsmessig vet at kunden kommer til å forespørre på forhånd. Som et tiltak for å forbedre dette er overlevering av produktet til kunden satt inn som et eget tiltak, for å illustrere at dette først kan gjøres etter at de foregående kravene er oppfylt. På denne måten ønskes det å understreke at produktet ikke overleveres til kunde før verken risikovurdering er foretatt og et forslag til vedlikeholdsstrategi er utarbeidet.

12.2.4 Forbedring av rapportmaler

De forskjellige standardene legger stor vekt på konsekvent dokumentasjon og rapportering med hensyn til sporbarhet. Eksempelvis gir ISO 31010 et forslag til hva minimumsinholdet for blant

annet FMECA og HAZOP-analysen bør dekke. Det er opp til brukerne av risikoanalyseverktøyene å tilpasse analysene til bedriften, og eventuelt legge til eller trekke fra innhold. APL bruker forhåndsdefinerte regneark som rapporteringsmal for FMECA- og HAZOP-gjennomganger. Selve utseende av arket er et gjennomgående element som påvirker de som bruker rapportmalen under analysen, og sluttbruker av rapporten som skal tyde innholdet. Med dette menes at det i tillegg til å lage et design som er fungerende på en skjerm under selve analysene, bør det være mulig å skrive ut rapporten i et ryddig og lettlest format. Dette kan eksempelvis oppnås ved å raffinere innholdet, justere bredde og høyde, definere linjer og utheve overskrifter. Selv om fokuset på design er viktig, må det også understrekes at dette ikke skal gå på bekostning av innholdet og den tekniske hensikten rapporten har.

Det er i hovedsak følgende tre måter som vanligvis brukes for rapportering av analyser og gjennomganger tilknyttet bruk av risikoverktøy som FMECA- og HAZOP-analyser (Lassen, Manager Technical Safety, 2011):

- Bruk av programvare for tekstbehandling (eksempelvis Microsoft Word).
- Bruk av spesialutviklede dataprogrammer.
- Bruk av regneark (eksempelvis Microsoft Excel).

Hvilket av rapporteringsverktøyene som er fornuftige å bruke kan være vanskelig å avgjøre, ettersom alle rapportteknikkene både har fordeler og ulemper. Vi skal her vurdere rapporteringsteknikkene, for å anbefale den løsningen som dekker behovet til APL på en fornuftig måte.

Bruk av programvare for tekstbehandling kan virke som en tilsynelatende lett og fungerende rapporteringsmetode. Hovedårsaken til dette er at brukergrensesnittet i slike programmer ofte er intuitivt og de fleste av oss har kjennskap til for eksempel Microsoft (MS) Word eller OpenOffice Writer. Slike programmer er godt egnet til å lage et ryddig utseende med blant annet rette marger, pene tabeller og inndeling i avsnitt med forskjellige overskrifter. Dette gir et pent resultat både hvis man bruker dette digitalt, eller skriver ut på papir. Likevel risikerer man at en slik løsning kan bli ressurskrevende i lengden. Årsaken til dette er at slike programmer ikke har en integrert funksjon for å utføre matematiske beregninger. Alle slike beregninger må gjøres utenom og tallverdiene må føres inn i rapporten, noe som kan være ineffektivt. Det vil for eksempel kreve ekstra arbeid hvis noen av verdiene må endres, eller man ønsker å prøve forskjellige sviktdata for å bedømme forskjellige resultater. I tillegg til at dette kan det tenkes at det gir større rom for feil når tall må føres inn manuelt fra regneoperasjonen.

Spesielle programmer for rapportering av analyser kan enten kjøpes ferdig, eller utvikles spesielt for APL. Fordelen med en slik løsning er at man kan skreddersy disse etter behov. På denne måten kan både brukergrensesnittet forenkles, pent design av rapporten kan lages og regnetekniske operasjoner kan inkluderes. Man sier med andre ord til en leverandør hva man ønsker av innhold og hvordan dette skal presenteres i programmet. Dette kan være en enkel løsning, som gjør at APL slipper å bruke tid på å utvikle egne programmer og rapportmaler, noe som kan frigi ressurser. Ulempene derimot er at man kan risikere å måtte foreta tyngre operasjoner og endring av kildekoder dersom det må gjøres større endringer eller revideringer av oppsettet. Dette kan være ressurskrevende både i form av tid og penger. I tillegg til dette vil et slikt program kreve en viss form for egenlæring eller opplæring, avhengig av hvor godt brukergrensesnitt som er utviklet og datakunnskapene til brukerne av programmet.

I den senere tid har opplæring i bruk av MS office-pakken blitt vanlig i grunnskolen, og de fleste av oss har kjennskap til basisfunksjonene i programmer som MS Excel. Programmene har ofte innebygde muligheter for avanserte regne- og programmeringsfunksjoner, men kan samtidig brukes som et enkelt hjelpemiddel. Muligheten til å gjøre endringer i matematiske formler, innhold og utseende av rapporten uten programmeringskunnskap er også en stor fordel. I tillegg til dette er filformatene til for eksempel MS Excel eller OpenOffice Spreadsheet kjent og de fleste datamaskinene er kompatible med slike programmer. Selv om enkeltheten i programvarene kan gjøre bruken lettere, har det også sine ulemper. Blant annet må all formatering av utseende foretas manuelt, og man må være konsekvent på både bredde og høyde av innholdet i regnearket med hensyn til visning på skjerm eller utskrift av rapport. I tillegg til dette er formatering av tekst en svakhet i programmet og kan bidra til å skape utfordringer for enkelte brukere. En løsning på disse problemene kan være å programmere inn forskjellige makroer som gjør bruk av regnearket enda enklere for sluttbruker. Ved å gjøre dette beveger man seg nærmere løsningen med bruk av spesialutviklede programvarer, og man er igjen avhengig av intern eller ekstern kompetanse innen programmering av slike makroer.

Dette er de metodene vi har evaluert som alternativer til rapporteringsmal. Det vi har hatt fokus på, for valg av program har vært følgende:

- Være intuitive, slik at det er lett å bruke og stifte kjennskap til rapportmalen.
- Holde et profesjonelt design slik at det skaper troverdighet også hos eksterne parter.
- Være oversiktlige og i et format som både er utskriftsvennlig, og tilpasset skjermen.
- Være enkelt å gjøre revideringer i forhold til nye standarder som kommer ut.
- Kunne brukes av personer med lite kjennskap til data.

Etter å ha evaluert de forskjellige alternativene som eksisterer for rapportering, foreslås det å fortsette med bruk av regnearkbaserte rapportmaler. Malene som eksisterer kan forbedres, blant annet med hensyn til brukergrensesnitt for de som skal fylle ut rapportene. Det bør også være fokus på at rapportene skal være estetisk pene og lesbare ved utskrift. Et profesjonelt utseende vil også være med på å skape troverdighet hos de som bruker rapporten. Det er blant annet viktig for APL at de har et regneark som er enkelt for brukerne å forstå. Analysene finner sted med ansatte som har forskjellig grad av forståelse og kjennskap til rapportmalene. Målet er å lage et oppsett som er så intuitivt som mulig og med gode muligheter for redigering. Derfor er det viktig av systemet legges opp slik at det er lett å få et innblikk i tankegangen rundt risikostyring, og eventuelt ta i bruk rapportmalene ved enklere analyser som design reviews.

Analysering av rapportmalene til APL

For å kunne foreslå eventuelle forbedringer av de eksisterende rapportmalene er det nødvendig å først foreta en analyse disse malene. Vi fikk utdelt både rapportmalene for FMECA og HAZOP-analysen, og har fått nødvendig informasjon av veileder underveis. Vi fikk i tillegg til dette delta på en FMECA-gjennomgang der vi fikk observere både prosessen ved analysen, og bruk av rapportmalen i praksis.

Begge rapportmalene bærer preg av et noe uorganisert oppsett, og det ser ut som det er gjort endringer opp gjennom tiden uten stor vekt på brukervennlighet og design av rapporten. Vi har erfart at avdelingen for teknisk sikkerhet har mange arbeidsoppgaver og har ofte begrenset tid å gjennomføre disse på. Når man har mye å gjøre må arbeidsoppgavene prioriteres, og det blir fokusert på å fullføre arbeidet på en korrekt måte. For rapportmalene kan dette tyde på at pent design ikke er prioritert når endringene er foretatt, men at fokuset har vært rettet mer mot å få inn riktig innhold. For en kunde som skal kjøpe en teknisk komponent anses tilfredsstillende analysedata som det viktigste. Disse dataene kan man fint lese ut av de opprinnelige rapportene, og en dårlig layout trenger ikke nødvendigvis å svekke troverdigheten til produktet.

Det første man ser når rapportmalen åpnes er et oversikt-bilde, dette skaper dermed førsteinntrykket og anses derfor som viktig for det helhetlige inntrykket av rapportmalen. Oversiktsbildene i begge rapportmalene er uryddige, men har god informasjon om analysen som skal utføres. Vi ser at man ved hjelp av formatering av celler og bruk av rettere linjer, kan bedre dette oppsettet betydelig. På lik linje med oversiktsbildet har også selve rapporteringsdelen av analysen et uryddig og uoversiktlig oppsett. Cellenes størrelse, plassering og kantlinjer er blant annet ukonsekvent satt opp. Innholdet i begge analysene danner et godt utgangspunkt, og store deler av dette kan inngå i det nye forslaget.

For å kunne foreta endringer i denne rapportmalen har vi innhentet informasjon om hva slike regneark skal inneholde. Her har vi fått godt utbytte av forelesninger fra Professor Marvin Rausand, NTNU og ISO 31010.

Endringer av FMECA-rapporten

Oversiktsarket forteller kort om meningen med en FMECA, og gir en forklaring av hva innholdet betyr. Figur 21 viser hvordan det opprinnelige oppsettet av oversiktsarket i FMECA-rapporten ser ut. Som det kommer frem fra figuren er det celler som ikke er sammenslått og det er mye informasjon bortover i radene, dette ser man særlig der det er skrevet inn lange setninger. Dette underbygger også argumentasjonen om skriftbehandling som en av svakhet i Excel. Det er ønskelig å få et mer kompakt oppsett som er mer utskriftsvennlig, samt lettere å lese under presentasjoner med projektor.

FMEC Failure Mode Effect and Criticality Analyses	
Version 02	APL Tom Lassen 04.01.2011
Objective	
Logical method for revealing weaknesses in design and to point out improvements	
For items that have high risk, reduction measures are to be considered	
The objective is to obtain robust design and high reliability throughout service life	
Procedure:	
First a technical item is selected, identified and described	
For a given operational mode	
Then the following menu is addressed:	
Technical identification	(Drawings, materials)
Normal behavior and function	(Understanding of mechanical behavior, identifying main and secondary functions)
Failure modes	(How can the item fail to fulfill its intended functions, external description)
Detection of failure modes	(How, by whom and when will the failure be detected)
Failure mechanism	Internal description, detailed mechanical understanding
Failure causes	(Root cause of the failure)
Probability of failure	(per year or per demand, Mean Time To Failure MTTF, Failure rate)
Effect on neighbour items	(Direct effect on adjacent items)
Effect on the entire system	(Final system consequence)
Ranking of Consequence	(Severity)
Risk assessment	(Probability and consequence, risk diagram, criticality)
Risk critical?	If no stop, if yes go to next point
Risk Reduction Measures	(Redesign, preventive maintenance, restricted operation, contingency plans, spares)
Short version	
What is purpose of the chosen item?	
What can go wrong?	
How likely is the failure?	
What are the system consequences?	
What can be done?	Can we eliminate the cause? Can we reduce the severity?

Figur 20: Dette er den gamle oversiktsiden på FMECA-regnearket fra APL.

For å oppnå dette har vi vektlagt å slå sammen celler, fremfor å overskrive flere. Dette gjør at informasjonen i cellene flytter nedover i arket, der det er mer plass, kontra i bredden. Vi mener dette kan bidra til å lage en mer utskriftsvennlig versjon. I tillegg til det som er nevnt om arkets layout, mangler det også opplysninger om risikoakseptkriterier i den opprinnelige rapportmalen til APL. Vi registrerte flere tilløp til diskusjoner rundt hva som definerte stor og liten sannsynlighet under FMECA-analysen, i tillegg til hva som ble regnet som kritisk og ikke. En introduksjon av risikoakseptkriteriene er både viktig å ha klart for seg under analysen så det ikke skaper diskusjoner, og er samtidig viktig for sluttbrukeren å se for å forstå helheten i analysen. Dette gjør at man enkelt kan se hvilket område sannsynlighet og konsekvens skal klassifiseres under, det gir også plasseringen av kritikaliteten i risikomatriksen, som er inkludert. En slik løsning vil også sette en demper på diskusjoner og øke effektiviteten under analysene, ettersom det vil være lettere å gå tilbake å innhente nødvendig informasjon for å ta avgjørelsene. Det anbefales derfor å inkludere en forenklet utgave av risikomatriksen i rapportmalen. Figur 22, viser hvordan vi foreslår at oversiktsarket i rapportmalen til FMECA-gjennomgangen skal se ut. Man kan se at rekkefølge og innholdet er tilsvarende den tidligere rapportmalen, men det har blitt gjort endringer på oppsett. Det kommer blant annet mer tydelig frem hvilken revisjon arket er, og hvem som har godkjent det (fylles inn av APL, når endelig layout er valgt). Alle punktene fra analysen er også listet opp og forklart, disse bør gjennomgås før analysen starter, for å tydeliggjøre meningen med innholdet.

	A	B	C
1	Failure Mode Effect and Criticality Analysis (FMECA) worksheet		
2	Version	N/A	
3	Company	APL	
4	Worksheet design	Khurom A. Rai, Thomas D.A. Sneltvedt	
5	Approved by	For educational purpose	
6	For information	N/A	
7			
8	Objective:		
9	FMECA is a logical method for revealing weaknesses in design and to point out improvements. For items that have high risk, reduction measures are to be considered. The objective is to obtain a robust design and high reliability throughout the entire service life		
10			
11	Procedure:		
12	Break the system into individual components. Then each of the selected components are subjected to a series of questions. Everything is considered to be in normal operational mode		
13			
14			
15			
16	The following menu is then addressed:		
17			
18	Technical identification	Drawing number	
19	Item	Part name, materials	
20	Normal function	Understanding of mechanical behavior. Identifying main functions.	
21	Failure mode(s)	How can the item fail to fulfill its intended functions, external	
22	Failure cause(s) and mechanism(s)	Root cause of the failure, and why the failure occurred	
23	Detection of failure	How, by whom and when will the failure be detected	
24	Failure effect(s) local	Does the failure effect neighbour items	
25	Failure effect(s) global	Final system consequence	
26	Severity	Rank the failure according to the risk matrix supplied	
27	Probability	Rank the probability of occurrence, according to the risk matrix supplied	
28	Criticality	Is the failure critical for the system. Color coding according to risk matrix	
29	Risk assessment	Assess the risk, and its criticality	
30	Risk ranking	Done in accordance with IFCM consequence analysis	
31	Remarks/redundancy	Does the design have any features that can prevent failure	
32	Design Modification	Use of redesign to prevent a failure from occurring, or to lower probability and criticality to an acceptable level	
33	Preventive maintenance	What can be done to minimize the failure risk	
34			

Figur 21: Det nye forslaget til oversiktsbildet som brukes på FMECA-regnearket.

Dersom endringene utføres kan arket skrives ut på en side i tillegg har det blitt inkludert en fullstendig meny av nøkkelord som brukes under analysen. Vi mener dette kan være med på forberede deltakerne mer på hvordan en slik analyse gjennomføres, og i hvilken rekkefølge spørsmålene besvares. Ovenfor har vi diskutert og foreslått endringer av oversiktssiden i FMECA-rapporten, her skal vi forsøke å evaluere innholdet og utseende av den delen i rapporten som omhandler selve FMECA-analysen. Oppsettet og valg av nøkkelordene i den eksisterende rapporten som benyttes hos APL har antakeligvis kommet som følge av stadig bruk og opparbeidet erfaring. Figur 23 viser den eksisterende rapportmalen til APL.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	Analysis sheet																
2																	
3	Field Installations:			Goliat	SDS												
4	Sub System:		Hose reel drive system including brakes														
5	Components:		Slewing ring														
6	Date:		07.01.2011														
7	team leaders:		Tom Lassen	Peter Falk	Jeanette Bertsen												
8	Team members:			Erik Dunseth, Atle													
9																	
10	Operational mode			Operation and maintenance													
11																	
12	Item	Technical identification			Normal behavior and func			Failure modes			Detectic of failure			Failure mechanism			
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
18																	
19																	
20																	
21																	
22	Item-continued	Failure causes			Probability of causes			Effect on neighbor items			Effect on the entire syster			Ranking of Consequence			
23																	
24																	
25																	
26																	
27																	
28																	
29																	
30																	
31																	
32	Item-continued	Risk assessment			Redesign			Preventive Maintenance			Operational limits			Contingency			
33																	

Figur 22: Oppsett av det gamle FMECA-regnearket som ble benyttet hos APL.

Øverst i malen fylles det ut informasjon om hvilken installasjon, undersystem og komponent som analyseres. I tillegg til dette spesifiseres det hvem som er møteleder, og alle møtedeltakere listes opp. Denne delen av malen ser ryddig ut, og vi foreslår ingen store endringer av hverken formatering eller innhold. Selve analysedelen derimot er rotete, særlig med hensyn til formateringen av celler. Vi noterte også komplikasjoner i forbindelse med formatering av celler under FMECA-gjennomgangen (vedlegg 1). I flere tilfeller ble det notert mer enn et punkt i hver celle, dette kan forårsake problemer ved eventuelle endringer i ettertid. Her foreslås det å legge opp rapportmalen slik at et punkt blir notert i hver celle i en kolonne, for så å hoppe ned til neste.

Slik figur xx viser bruker APL følgende nøkkelord i denne rekkefølgen i rapportmalen:

- Item.
- Technical identification.
- Normal behavior and function.
- Failure modes.
- Detection of failure.
- Failure mechanism.
- Failure causes.
- Probability of causes.
- Effect on neighbor items.
- Effect on the entire system.
- Ranking of consequence.
- Risk assessment.
- Redesign.
- Preventive maintenance.
- Operational limits.
- Contingency.

Den opprinnelige analysen er satt opp slik at nøkkelordene blir listet opp både i horisontal og vertikal retning. Det ble observert at dette medførte ukonsekvent arbeid, i form at deltakerne fokuserte vilkårlig på nøkkelordene. Dette gjorde at en strukturert gjennomgang ble vanskelig å gjennomføre. For å forbedre dette er det nye forslaget satt opp slik at nøkkelordene kun følger i horisontal retning. Målet med dette er å tvinge møtedeltakerne gjennom alle de viktige punktene på en systematisk måte.

Utover endringer i form av innhold og layout, er det også implementert en funksjon for automatisk beregning av kritikalitet. Vi har valgt å benytte tallkoder fra risikoakseptkriterier som allerede eksisterer, fremfor å diskutere disse frem hver gang. Disse tallene står i tillegg til risikomatriksen, øverst på analysearket så man raskt kan innhente verdiene man trenger. På denne måten eliminerer man eventuell tvil om hva som er alvorlig og ikke, og kan sammenlikne forskjellige analyser direkte opp mot hverandre. Tidligere har man presentert både risiko og alvorlighetsgrad av konsekvensen i form av kvalitative forklaringer som for eksempel ”ikke sannsynlig”. Ved å vurdere sannsynlighet ut fra kvantitative sviktdata og plassere disse inn i risikomatriksen med en verdi fra 1-5, kan man kombinere disse med tilsvarende rangering for alvorlighetsgrad. På denne måten kan funksjonen som er implementert i det nye forslaget hjelpe til med å avgjøre kritikaliteten. Et eksempel er at et tilfelle som anses å være ”ikke sannsynlig” blir skrevet inn som tallverdi 1 i kolonnen for ”probability”, og hvis alvorlighetsgraden av det tenkte tilfelle anses å være moderat blir dette ført inn som tallverdi 2 i kolonnen for ”severity”. Den innebygde matematiske funksjonen multipliserer da kolonnen for ”probability” med kolonnen for ”severity” og viser resultatet i kolonnen for ”kritikalitet”. For dette spesifikke eksempelet vil kolonnen for kritikalitet vise en grønnfarge, og teksten ”Acceptable” kommer

frem. Dette bidrar til at det er lettere å se hva man trenger å arbeide videre med. På lik linje med at alle kritikaliteter som er akseptert og innen grønn sone, vil kolonnene vise rødfarge for elementer som er i faresonen, og gulsfarge for de elementene som er i ALARP-sonen. For en leser som ikke har vært med på selve analysen, er det lettere å se hva man trenger å vie oppmerksomheten, og det øker også effektiviteten ved evaluering av en enhet ved hjelp av rapporten fra FMECA-gjennomgangen.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
1	FMECA worksheet		<Data>		Severity		Probability							
2														
3	Field installations:		5	Catastrophic		1	Very unlikely							
4	Item:		4	Severe		2	Unlikely							
5	Sub system:		3	Significant		3	Possible							
6	Component:		2	Moderate		4	Likely							
7			1	Negligible		5	Very likely							
8	Team leaders:													
9	Participants:													
10														
11	Dvg nr	Item/normal function	Failure mode(s)	Failure cause(s) and mechanisms	Detection of failure	Failure effect(s)		Severity	Probability	Criticality	Risk assessment	Remarks/system redundancy	Design Modification	Preventive maintenance
12						Local	Global							
13	D/C 3, 5, 11, 204	Item: Brannalarm ringer ikke ved brann	Batteriet er dødt					5	3	Not acceptable				
14		Function: 2.	2.					4	3	Tolerable, consider ALARP				
15		3.	3.		N/A	N/A		3	3	Tolerable, consider ALARP				
16		4.	4.					2	3	Acceptable				
17		5.	5.					1	3	Acceptable				

Figur 23: Nytt oppsett av regneark for FMECA-analyser

Figur 24 viser det nye regnearket som er systematisk fremstilt, og nøkkelordene kan anses å være delt inn i følgende fire kategorier:

- Informasjon.
- Feiling.
- Vurdering.
- Tiltak.

Disse kategoriene fremheves ikke i regnearket, men gir likevel mulighet for å gå gjennom analysen på en måte som av gruppen anses å være en logisk fremgangsmåte. På denne måten skal det være lettere å kunne konsentrere seg om en type informasjon på en gang, og dette kan hjelpe de som ikke har god kjennskap til FMECA å klare å følge med under gjennomgangen. I tillegg til dette ønskes det å redusere tiden som ble brukt til å diskutere innholdet i selve arket, ved å lage et oppsett som faller mer naturlig inn.

Kategorien **informasjon** kan anses å bestå av følgende tre nøkkelord:

- Drawing number.
- Item.
- Normal function.

Her er det ikke foreslått noen endringer av innholdet i forhold til den opprinnelige rapportmalen til APL, men oppsettet er gjort mer kompakt. Ved å gjennomgå informasjonen i denne kategorien skal møtedeltakerne få en innsikt i designet man vurderer og hvordan den fungerer i normal tilstand. På denne måten kan møtedeltakerne stifte kjennskap til designet som skal bli gjenstand for risikoanalysen.

Den andre kategorien omhandler **feil** og inneholder følgende fem nøkkelord:

- Failure mode(s).
- Failure cause(s) and mechanism(s).
- Detection of failure.
- Failure effect(s).
 - Local.
 - Global.

I dette oppsettet har vi foreslått noen endringer i forhold til den opprinnelige rapportmalen. Vi har vektlagt å prøve og få tydelig frem hva som er skillet mellom feilmode, -årsak og -mekanisme på oversiktsarket. Dette er begreper som er lette å forstå når man sitter å jobber med det teoretiske grunnlaget, men under selve analysen er det lett å blande disse. Dette så vi også klare eksempler på under FMECA-gjennomgangen(vedlegg 1). Vi har fokusert på dette fordi det kan være forvirrende selv for personer med kompetanse innen denne type analyser. Som man da forstår vil det være enda mer forvirrende for personer som ikke har deltatt på denne type analyser før. Ved å øke fokuset rundt dette håper vi å kunne forbedre flyten under FMECA-gjennomgangene når nettopp denne type spørsmål dukker opp

I tillegg til dette anbefales det i motsetning til den opprinnelige rapportmalen å ikke diskutere sannsynlighet for feil og konsekvens av denne, før feileffekten er bestemt og klargjort. Målet er at man skal fullføre alt som omhandler feil før man går videre med denne informasjonen. Det anses også som mer naturlig å kommentere *detection of failiure* etter at selve feilårsaken er blitt avdekket, og det er dermed foreslått å endre rekkefølgen av disse.

Den tredje kategorien omhandler **vurdering** av mulige feil som er påpekt gjennom de foregående punktene, og inneholder følgende tre nøkkelord:

- Severity.
- Probability.
- Criticality.

Her er endringene vi gjorde i stor grad implementeringen av en matematisk funksjon for å beregne kritikalitet. Dette er nevnt tidligere og vi kommer ikke til å gå dypere inn på dette.

Den siste kategorien omhandler **behandling av risiko** og inneholder følgende fire nøkkelord:

- Risk assessment.
- Risk ranking
- Remarks/system redundancy.
- Design modification.
- Preventive maintenance.

Dette er igjen relativt likt det opprinnelige oppsettet, men med større fokus på at man skal gå konsekvent gjennom punktene, til man er ferdig med å behandle risikoen. Endringene baserer seg på at man først klassifiserer risikoene og bedømmer om disse har en effekt på mennesker eller miljø, eller om det er andre faktorer som kan bidra til å endre de neste valgene man tar. Dette er i henhold til integreringen av et IRCM-system og omfatter en konsekvensanalyse. Det er foreslått å inkludere et ekstra nøkkelord som tar for seg redundans. Dette fordi enkelte systemer kan ha innebygde løsninger, som er ment for å eliminere enkelte feilkilder. Eksempel på en slik løsning kan være en overtrykksventil som letter på trykket i en trykkbeholder, istedenfor at denne eksploderer. Først etter å ha gått gjennom dette bør man ta for seg eventuelle designmodifikasjoner og preventivt vedlikehold.

Endringer av HAZOP-rapporten

HAZOP-analysen deles som regel inn i system- og operasjonsanalyser. Til tross for at to nye forslag til rapportmaler må utarbeides, er det ikke store forskjeller mellom begge malene og oppsettet blir relativt likt. Vi kommer i denne delen til å ha hovedfokus på system-HAZOP i henhold til avgrensningene vi har satt. Videre anbefaler vi at APL vurderer forslagene og utvikler et en egen mal for operasjons-HAZOP. Figur 25 viser oversiktsarket i den opprinnelige rapportmalen for HAZOP-analysen. Denne består av flere tekstbokser med informasjonen listet punktvis. Her ser vi kan at kolonnen på venstre side beskriver prosessen og formålet med

analysen, og innholdet er her relativt dekkende og godt beskrevet. Kolonnen på høyre side tar for seg nøkkelordene og prosessparametrene, disse er derimot kun listet opp og ikke beskrevet.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Hibernia HAZOP 15,16 and 17th June 2010 in Arendal							Rev 01					
Prepared by APL HAZOP team (Tom Lassen, Peter Falk and Jeanette Berntsen) in cooperation with David W Dag, HMDC												
Work Sheet for system nodes							07.06.2010					
<p>Hazard and Operability (HAZOP) study is a structured and systematic examination of planned or existing processes or operations.</p> <p>The objective is to identify and evaluate problems that may represent risk to personnel, environment or efficient operation.</p> <p>The HAZOP is most often a qualitative technique based on guide-words. The guide words shall help to point out deviations in given an element (process parameter or step in procedure) of the system.</p> <p>The main purpose of the HAZOP is to identify all major hazards that may affect the risk level of the OLS SAL system, including:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Causes • Effects and Consequences • Safeguards • Possible recommendations and Actions. <p>For each of the defined node/system carry out the following steps:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Identify design boundaries for the actual node/system 2. Define the normal HAZOP node / operation conditions, i.e. planned status (normal operation, shut down) 3. Choose a question category (Hazard) 4. Identify a deviation from design intent by applying a system of guide words/questions. 5. Identify possible causes for, and consequences of the deviation. 6. Identify safeguards and decide what action/recommendation, if any, is necessary. 7. Record the discussion and action. 							<p>The main guide words applied are</p> <ul style="list-style-type: none"> • No or Not • More • Less • Part of • Reverse or Misdirected • Other than <p>The main operating parameters as relevant are included with the relevant guide words</p> <ul style="list-style-type: none"> • Flow • Pressure • Temperature • Interface • Composition • Change of Phase • Liquid Density / Vapor Density / Phase Particle size <p>Additional guide words</p> <p>Early/late Before /after Faster Slower Where else</p>					

Figur 24: oversiktsbildet som skal fortelle kort om hvordan HAZOP utarter seg.

Selv om en forklaring antakeligvis inkluderes under presentasjonen før analysen, anbefales det å legge til en skriftlig forklaring i oversiktsarket. For de fleste kan presentasjonen bestå av mye informasjon, og det er vanskelig å huske innholdet i sin helhet. Derfor er det fordelaktig at en forklaring er tilgjengelig til en hver tid. Nøkkelordene har en direkte sammenheng med prosessparametrene, og kan derfor med fordel stå i tilknytning til disse. For å forbedre designet med hensyn til utskriftsvennlighet anbefales det å fokusere på et smalere oppsett. Bredden foreslås tilpasset et vanlig A4-ark, med informasjon som følger nedover istedenfor bortover. Selv om utskriften går utover én side, mener vi dette er en bedre løsning. Ved å presentere en stor mengde usystematisk informasjon på oversiktsarket, kan det lett forårsake at brukeren blir forvirret og mister orientering. Dette kan medføre at brukeren kanskje ikke får med seg deler av informasjonen.

Som nevnt er formålet med HAZOP-analysen og hvordan den bør gjennomføres tilfredsstillende beskrevet og dekker mer enn minimum av hva som er anbefalt fra ISO-standardene. De største endringene som har blitt foreslått har vært på layouten. Det er blant annet foreslått å legge inn

både tekst og tall i celler. Avhengig av behov er flere celler slått sammen, eller enkelte celler utvidet. Ved å bruke celler fremfor tekstbokser er det blant annet lettere å endre på innholdet senere, samtidig som man beholder muligheten til å legge inn formateringer i cellene. På oversiktsarket er det valgt å inkludere forklaringer av cellene som benyttes under analysen. Årsaken til dette er at det skal være lett og entydig å forstå hva betydningen av de forskjellige uttrykkene er. Endringene som har blitt gjort kommer frem i Figur 26.

	A	B	C	D
1	hazard and operability study (HAZOP) worksheet			
2	Version	??		
3	Company	APL		
4	Worksheet design	Khurom A. Rai, Thomas D.A. Snelvedt		
5	Approved by	Tom Lassen		
6	For information	Jeanette Berntsen, David Litlekalsøy		
7				
8	Objective:			
9	Hazard and Operability (HAZOP) study is a structured and systematic examination of planned or existing processes or operations. The objective is to identify and evaluate problems that may represent risk to personal, environment or efficient operations. The HAZOP is most often a qualitative technique based on guide words. The guide words shall help to point out deviations in a given element(process parameter or step in procedure) of the system.			
10				
11				
12				
13	Procedure			
14	Identify design boundaries for the actual node/system			
15	Define the normal operation conditions.			
16	Choose a question category (Hazard).			
17	Identify a deviation from design intent by applying a system of			
18	Identify possible causes for, and consequences of the			
19	Discuss the severity and probability for the deviation to occur			
20	Identify safeguards and decide what action/recommendation,			
21	Record the discussion and action.			
22				
23				
24				
25	The following menu is used when analysing the process.			
26				
27	Technical purpose	A description of the anticipated behaviour of the process		
28	Deviation	Deviations compared to the anticipated behaviour. The deviations will be revealed by a number of entry words.		
29	Cause	The reason for why deviations can occur		
30	Consequens	The final result if the deviations occur		
31	Severity	Rank the failure according to the risk matrix		
32	Probability	Rank the probability of occurrence, according to the risk matrix supplied		
33	Criticality	Is the failure critical for the system. Color coding according to risk matrix		
34	Safeguard/mitigation	Are there any safeguards preventing or mitigating the effects of the deviation if it occurs.		
35	Recommendations	What does the team recommend has to be done, to minimize the failure risk		
36	Preventive maintenance	Could any maintenance minimize the failure risk		

Figur 25: Det nye oversiktsarket fra HAZOP-regnearket, øvre del.

Listed below is the most commonly used guide words for the HAZOP analysis. On the far right side is the list of guide words for various process. Combined these to two categories of guide words

Guide word	Meaning	Process guide words	
No or not	Design intent is not achieved	Flow	Time
More	Quantitative increase in a parameter	Pressure	Speed
Less	Quantitative decrease in a parameter	Temperature	Particle size
As well as	An additional activity occurs	Interface	
Part of	Only some of the design intention is achieved	Composition	
Reverse	Logical opposite of the design intention occurs	Change of phase	
Other than	Complete substitution, another activity takes place	Density	

In addition to the guide words above, the words listed below can help to determine human error.

Additional guide word	Meaning
Early/late	The timing is different from the intention
Before/after	The step (or part of it) is effected out of sequence
Faster/slower	The step is done/not done with the right timing
Where else	Applicable for flows, transfer, sources and destinations

Figur 26: Det nye oversiktsarket fra HAZOP-regnearket, nedre del.

Figur 28 viser at analysedelen av den nåværende rapportmalen er enkelt satt opp, og dekker det mest nødvendige innholdet i en HAZOP-analyse. I denne rapportmalen gjennomgås følgende punkter under analysen:

- Guide word (deviation/accident).
- Cause.
- Effects/consequences.
- Safeguard/mitigation.
- Recommendations.
- Comment.
- Responsible/action.

	C	D	E	F	G	H	I	J	
1	Hibernia OLS: Anchor SAL base								
2	Including Anchor base structure with piping, Tie in spools, Turret adapter assembly, Turret bearing assembly								
3	Stable structural support for piping, Control system, allow for rotation.								
4	Guideword (Deviation/ Accidents)	Cause	Effects/ Consequence	Safeguard/ mitigation	Recommendations	Comment	Responsible /Action		
5									
6									
7									
8									
9									
10									

Figur 27: Oppsett på det eksisterende HAZOP-regnearket til APL.

Oppsettet tilsier at informasjon fylles inn nedover i cellene under de forskjellige punktene, og cellenes størrelse er avhengig av omfanget av informasjonen. Først og fremst ønskes det å gå vekk fra å legge inn informasjon nedover i samme celle. I den sammenheng foreslås det et oppsett som er tilrettelagt slik at selve analysedelen kopieres flere ganger for å legge inn data nedover arket. Dette medfører at rapporten blir mer oversiktlig ved å skille hvert avvik fra det forrige.

I tillegg til estetiske forbedringer, er det også foretatt endringer av punktene og rekkefølgen av punktene som analysen består av, dette i henhold til listen under:

- Unit/process.
- Technical purpose/design intent.
- Guide word and deviation.
- Cause.
- Consequens.
- Severity.
- Probability.
- Criticality.
- Safeguard/mitigation.
- Recommendations.
- Preventive maintenance.
- Comments.

Som det kommer frem av listen anbefales det å inkludere flere nøkkelord enn det som er med i den opprinnelige rapportmalen. Det ble foretatt en grundig evaluering av innholdet, og om det skulle inkluderes flere parametere i analysen. Evalueringen ble tatt spesielt med hensyn til om en slik utvidelse kunne skape noen form for uønsket forvirring. Innholdet ble diskutert med veileder Tom Lassen, som også var enig i at dette var en akseptabel måte å fremstille rapportmalen på. Ved nærmere evaluering av innholdet, ser man at mye er likt det opprinnelige oppsettet. Den største forskjellen i innholdet er at sannsynlighet for at et potensielt avvik kan oppstå og kritikaliteten som følger dette avviket er inkludert. En slik vurdering ble ofte utelatt ved tidlige HAZOP-gjennomganger, fordi man ikke alltid hadde tilgang til data for svikt. Dersom man ikke kjenner til slike data, foreslås det at erfaringsbaserte anslag fremdiskuteres og inkluderes i rapporten. Kritikaliteten er lagt inn på samme måte som i FMECA-rapporten, i form at en funksjon som indikerer akseptkriterier ved hjelp av en fargeskala. En slik forbedring vil gjøre det

lettere å få oversikt over det som kategoriseres som alvorlige hendelser. I tillegg til dette er et nøkkelord for preventivt vedlikeholdstiltak og kategorisering av risikotyper inkludert i henhold til IRCM-forslaget. Figur 29 viser layouten til det nye forslaget for HAZOP-rapportmalens analysedel.

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
2	HAZOP worksheet			<Date>								
3	Field installations:				Severity		Probability					
4	Item:				5 Catastrophic	1	Very unlikely					
5	Sub system:				4 Severe	2	Unlikely					
6	Component:				3 Significant	3	Possible					
7	Team leaders:				2 Moderate	4	Likely					
8	Participants:				1 Negligible	5	Very likely					
10												
11												
12	Unit/process	Technical purpose/design intent	Guide word and Deviation	Cause	Consequens	Severity	Probability	Criticality	Safeguard/mitigation	Recommendations	Preventive maintenance	Comments
13	Unit		Guide word from list									
14	Process		Deviation			1	1	Acceptable				
15												

Figur 28: Oppsett av selve analysedelen i det nye HAZOP-regnearket.

Utvikling av håndbok for IRCM-gjennomgang

Under en risikoevaluering vil det ofte være deltakere til stede som ikke har kjennskap til metodene som anvendes for risikoanalysene. For å gi en kort introduksjon av metoden og filosofien til analysen bruker APL en kort lysbildepresentasjon. Denne presentasjonen inneholder også informasjon om produktet som skal analyseres. Gruppen oppfattet presentasjonen som dekkende, og mener at det viktigste av innholdet var inkludert (se vedlegg 1). Likevel viste det seg at det var vanskelig for deltakere, som ikke hadde kjennskap til metodene, å huske innholdet under selve analysen. Som en løsning på dette har gruppen utarbeidet en håndbok i form av et kompendium som anbefales å utleve til samtlige deltakere under en IRCM gjennomgang. Det er fokusert på at det skriftlige innholdet i kompendiet skal være på et minimum og minne om et resymé. Det er også fokusert på at de viktigste tabellene og figurene kommer godt frem.

Rekkefølgen av innholdet er logisk fremstilt, og skal både være tilpasset presentasjonen som gis før analysen og selve rapportmalens oppsett. Håndboken skal gi brukerne muligheten til å finne frem informasjon om risikoanalysene under selve gjennomgangen. Dette inkluderer informasjon som tydeliggjør skiller mellom de ulike analysene, en beskrivelse av nøkkelordene i analysen og definisjon av risikoakseptkriteriene.

12.3 Anvendelse av risikostyringsprosessen på et praktisk eksempel

For å teste forslaget med IRCM i praksis ble en FMECA gjennomført med utvalgte medstudenter. Det ble tilstrebet realistiske omstendigheter rundt gjennomgang, og en varmvannsbereder ble valgt som analyseobjekt. Gjennomgangen startet med å utdele IRCM-håndboken, og en lysbildepresentasjon om både teknologien bak vantvannsberedere og en introduksjon til risikoanalyseverktøy FMECA. Utover dette forsøkte gruppen å blande seg minst mulig inn, og fokuserte på å observere eventuelle avvik eller komplikasjoner. Analysen viste seg å gå bra, og det ble observert at håndboken ble brukt i stor grad til å uthente svar ved diskusjoner. Gruppen tror at en kombinasjon av god presentasjon, IRCM-håndboken og erfarne møteledere kan effektivisere selve risikoanalysene.

Etter gjennomgangen ble tilbakemeldinger fra deltakerne innhentet, og disse bekreftet at håndboken var et effektivt hjelpemiddel under gjennomgangen. Særlig tilgang til en forklaring av nøkkelord tilknyttet FMECA og HAZOP-analyser ble trukket frem som et positivt tiltak. I tillegg til dette var tilgang på risikoakseptkriterier også til god hjelp under diskusjoner om

sannsynlighet og kritikalitet. Kritikken som ble rettet var mot det visuelle ved håndboken, og enkelte forbedringer ble gjort som følge av tilbakemeldingene.

13 Konklusjon

Risikostyring i en organisasjon er en kompleks og sammensatt oppgave. APL har en egen avdeling for teknisk sikkerhet som har til hensikt å påse at sikkerheten og påliteligheten til produkter som leveres til kunde blir tilstrekkelig ivaretatt. På lik linje er det opp til kvalitetsavdelingen å arbeide for at produktenes kvalitet blir godt nok ivaretatt. Disse to avdelingene jobber etter krav fra Petroleumstilsynet, som er det offentlige tilsynsorganet for petroleumsvirksomhet på Norsk Sokkel. Vi har gjort en vurdering av begge avdelingene basert på ISO og DNV-standarder. Kvalitetsavdelingens område var ikke en del av den opprinnelige oppgaven, men kom som følge av en tilrettelegging for et total kvalitetsledelsessystem:

1. *Har APL et effektivt risikostyringssystem? Kan man kombinere de forskjellige ISO og DNV standardene for å forbedre og lage et mer dekkende system.*

Både risikostyring og kvalitetsledelse bør gjennomsyre hele organisasjonen. Hensynet til risiko og kvalitet ivaretas best gjennom systematisk og metodisk arbeid, og fordrer fokus fra alle ansatte i det daglige arbeid. Hos APL er det avdelingen for teknisk sikkerhet som skal styre, utvikle og oppdatere prosesser for risikostyring samt gjennomføre nødvendige analyser tilknyttet risiko. Denne avdelingen består av tre personer, hvor én person tidvis har vært fraværende fra bedriften, grunnet prosjektoppfølgning i utlandet. Vi mener at denne avdelingen kan ha vel mye å håndtere, og at prioriteringen av ulike gjøremål tidvis kan bidra til at risikostyringssystemet ikke får den nødvendige oppfølgingen. Et eksempel på dette er at APL implementerer ISO-31000 og -31010 standardene først 2 år etter at disse ble utgitt. Resultatet er at dette arbeidet gjøres via eksterne ressurser i form av denne masteroppgaven. Dette er standarder som i stor grad vektlegger både risikostyring og analysene tilknyttet risikohåndtering.

ISO 31000 er brukt som en mal til å utvikle forslag til et slikt rammeverk, og både DNV-RP-A203 og ISO 9001 er blitt tilknyttet denne. I rammeverket er økt og mer systematisk informasjonsutveksling vektlagt. I tillegg er det fokus på kontinuitet i form av oppfølginger og kontinuerlige forbedringer. Det er også utviklet et større system som inkluderer risikostyring, prosessen tilknyttet risikostyring, kvalitetsaspekter med spesiell fokus på kundens ønsker og aspekter for kvalifisering av ny teknologi. Tilhørende prosessen er flere verktøy blitt oppdatert og en håndbok som skal brukes under risikoanalyse gjennomgang er utviklet. Utover dette er det foreslått å vurdere bruk av en Integrated Reliability-Centred Maintenance-metode fremforå

først gjennomføre FMECA eller HAZOP, og ved forespørsel utføre fullstendige RCM analyser. APL utvikler mange av de samme løsningene og det er ikke alltid påkrevd å gjennomføre fullstendige RCM-analyser. Ved å gjøre en IRCM kan det selv velges hvor langt man ønsker å gjennomføre analysen.

Det viser seg imidlertid at kommunikasjonsgraden mellom avdelingene ikke er på et ønskelig nivå. I tillegg til dette er det lite fokus på at de ansatte har kjennskap til de verktøyene som deres avdeling bruker. For at et system skal fungere optimalt er det viktig for ledelsen å ta skikkelig tak i dette. Dersom alle avdelingene gjør en jobb hver for seg, er det vanskelig å skape noe som fungerer helhetlig på et overordnet plan.

Har APL et effektivt og tillitsvekkende risikostyringsystem? Legg vekt på kundens synspunkter.

I oppgaven er det vist til eksempler hvor APL enten ikke har levert nødvendig informasjon om risikoanalyser uoppfordret, eller at analysene ikke er gjennomført før etter direkte kundeforespørsel. Slike tilfeller setter APL i et dårlig lys, derfor anbefaler vi at det etableres rutiner som sikrer at slike analyser alltid blir gjennomført og overlevert til kunde. I tillegg til dette bør systemet for risikostyring og kvalitetsledelse gjøres mer synlig ovenfor kunden. Vi mener dette kan oppnås ved å utarbeide en form for sjekklister som dekker det materielle som bør overleveres til kunder sammen med produktet. Denne listen bør inkludere informasjon om retningslinjene fra ISO og DNV, og den endelige prosessen APL har for risikostyring og kvalitetsledelse.

Utover dette har også den estetiske kvaliteten på rapportene fra FMECA og HAZOP som overleveres til kunden vært av varierende kvalitet. det er foreslått enkelte forbedringer som hevet denne betraktelig og det anbefales at APL ser nærmere på dette også for annen dokumentasjon. Forbedringer som er nevnt i dette avsnittet anses å kunne skape økt tillit hos kunder.

Vi ser også at prosessen med å utlevere dokumentasjon i form av risikoanalyser, synes å ha vært litt basert på tilfeldigheter. Et av forslagene vi ønsker APL skal ta i bruk er strengere krav til rutiner rundt disse analysene. For å gjennomføre dette anbefaler vi at APL tar i bruk egnet Project Execution Plan (PEP) som angir bruk av FMECA. Det bør være et minimumskrav at kunden har fått tilgang til minst en risikoanalyse før en kontraktsprosess initieres. Dette kan spare APL for ekstra arbeid.

1. Kan den praktiske prosessen effektiviseres, og kan det gjøres forbedringer på tilhørende dokumenter som FMECA- og HAZOP-rapportmaler?

Rapportmalene APL benytter under FMECA og HAZOP-gjennomganger er gamle og har ikke blitt revidert i henhold til ISO 31010 sine anbefalinger. Grunnet det enkle brukergrensesnittet og fordelene man har ved regnetekniske operasjoner, anbefaler vi at APL fortsatt benytter Microsoft Office Excel på rapportmalene som benyttes under risikoanalysene. For at disse skal bli enda enklere å bruke, har vi foreslått endringer som omhandler estetisk kvalitet og da i hovedsak utseende og layout.

Forslaget til de nye rapportmalene er blitt utarbeidet med stor fokus på at alle som deltar på analysene skal kunne bruke å forstå regnearket. I tillegg er det også blitt mer oversiktlig og systematisk for kunder og andre, som har behov for å innhente informasjon fra rapporten. En av de største og viktigste forbedringene er gjort i form av at en funksjon for estimering av kritikalitet er implementert. Dette skal gjøre det lettere å se hvilken risiko som er uakseptabel eller akseptabel, ved hjelp av en fargeskala.

Ved å ha risikomatriksen tilgjengelig under hele gjennomgangen skal dette bidra til å eliminere eventuell tvil om hva som regnes som ikke sannsynlig og sannsynlig. Brukergrensesnittet har blitt betraktelig forbedret og det er lettere å fylle ut rapportmalen. Dette skal også senke terskelen for at andre som ikke kjenner formatet fra før av, skal kunne bruke rapportmalene. Stort sett alle endringene er foretatt som følge av observasjoner under FMECA-gjennomgangen (vedlegg 1) I tillegg til dette er flere forslag hentet fra anbefalingene til Marvin Rausand sin presentasjon av FMECA.

14 Forslag til videre arbeid

Vi har underveis gjort forenklinger i forhold til den opprinnelige oppgaveteksten. Dette fordi vi ikke hadde tid til å gjøre det som opprinnelig var tiltenkt, da enkelte felt tok lengre tid enn andre. En annen årsak var også at vi ikke fikk tilgang til et låsbart rom, som var et krav for å kunne motta konfidensielle opplysninger fra APL. Under har vi listet opp en del punkter som vi skulle tatt med dersom tiden strakk til.

Bruk av datastudenter til å utforme regneark.

Regnearkene for FMECA og HAZOP-analyser er laget ut fra det vi kan og har tilegnet oss av kunnskap om programmet Microsoft Excel. Oppsettet er fortsatt en forbedring fra det eksisterende regnearket, og det har i henhold til oppgaveteksten blitt revidert i henhold til de seneste ISO-standardene.

Det er fortsatt ønskelig å bruke mer tid på regnearkene for å få de enda mer brukervennlige. Det finnes for eksempel flere muligheter for å legge inn makroer som kan styre standardfunksjoner i Excel. Dette vil gjøre at man kan legge inn rullegardinmenyer i cellene, der feilmodi eller årsaker skal legges inn. Det er også større muligheter for å legge inn flere celler dersom dette skulle bli nødvendig. På det nye arket er dette fortsatt mulig, men det er noe mer tungvint, enn om det hadde blitt gjort automatisk.

En annen fordel man ville hatt med å bruke datastudenter, er at de kunne satt opp et program som kanskje kunne vært lettere å bruke enn Excel. Dette måtte eventuelt blitt lagt frem som en hovedoppgave i senere tid.

Opplæringspakke

Denne delen er ikke nevnt i oppgaveteksten, men er en mulighet vi diskuterte med veileder den tiden vi skrev oppgaven. Tanken var å lage presentasjoner av det nye systemet, og verktøyene som brukes hos APL. Dette skulle da ligge tilgjengelig på APL sitt intranett, for de ansatte å bruke. Tiden på å lage verktøyene og systemet var lang, og det ble heller valgt å ha fullt fokus på å ha verktøyene og systemet klart. Opplæringspakken vil kanskje bli mer naturlig for APL sin tekniske sikkerhetsavdeling å dekke, når de selv har gjennomgått oppgaven vi leverer, og er enig i at innholdet er korrekt.

Inndeling av standardord

Under FMECA og HAZOP-analysene er det ofte vanlig å dele store systemer inn i undersystemer. I den forbindelse er det viktig å kjenne til fordelingene av standardssystemer, og hvilke komponenter som skal hvor. Etter FMECA-gjennomgangen der vi deltok (vedlegg 1), kom det klart frem at det burde vært lagt frem en liste som tar for fordelingen av enkelte komponenter. Dette kan for eksempel være at man tar innkoblingen til skipets hydraulikk som en ytre faktor. Gruppen har ikke nok kjennskap til APL sine produkter, til å kunne lage en slik liste. Vi har derfor et ønske om at slik jobb kan utføres etter at masteroppgaven er overlevert til APL.

Testing av systemet

Den siste delen av oppgaven skulle være en test av forslagene vi har lagt opp, og bruk av verktøyene vi skal levere. Dette skulle foretas på en aktuell komponent som skal leveres til flere installasjoner i Nordsjøen. Selve konseptet er et kuleledd som benyttes ved riser og lasteslange avhengning. Denne delen ble i samråd med veileder bestemt at vi ikke skulle gjøre. Vi har valgt å holde fokus på å bli mest mulig ferdig med systemet og verktøyene vi skal levere. Det vil uansett være unaturlig at gruppen skulle foreta en slik gjennomgang på en så kritisk komponent, når spisskompetansen ligger hos de ansatte ved APL. Det bringer oss videre til neste og siste punkt.

Være med på implementeringen av systemet

Det hadde vært ønskelig å få deltatt i implementeringen av det nye systemet, for å kunne bistå dersom det er noen problemer. Det lar seg dessverre ikke gjøre, da samarbeidet med APL kun er begrenset til tiden vi har å ferdigstille masteroppgaven på. Dersom vi kunne vært med på denne delen hadde det også vært lettere å planlegge jobben med en opplæringspakke, og introduksjonskurs til det nye materialet.

15 Bibliografi

- APL. (u.d.). *APL.no*. Hentet April 19, 2011 fra HSSEQ, vision, mission & values: <http://www.apl.no/HSSEQ/Guiding-Principles/>
- APL. (u.d.). *National Oilwell Varco (NOV)*. Hentet Mars 23, 2011 fra <http://www.apl.no/Production-Systems-/Submerged-Turret-Loading/STL-Photos--3Ds/>
- DNV. (2010). *Offshore Technical Guideline, Turrets*. DNV.
- DNV. (2001). *Qualification procedures for new technology, DNV-RP-A203*. DNV.
- Galozzi, C. (u.d.). *Personal-development*. Hentet Mai 16, 2011 fra <http://www.personal-development.com/chuck/consequences-actions.htm>
- ISO. (2009). *31000*. ISO.
- ISO 31010. (2009). *Risk assessment techniques*.
- ISO 9001. (2000). *NS-EN ISO 9001:2000*. ISO.
- Lassen, T. (2011). *Manager Technical Safety*.
- Lassen, T. (2004). *Pålitelighetsbasert vedlikehold, logiske analyser og planlegging*.
- Lassen, T. (2010, Oktober 20). *Total kvalitetsledelse*.
- Moubray, J. (1991). *Reliability-Centred Maintenance*. Oxford: Clays Ltd, St Ives plc.
- NORSOK. (2001). *NORSOK Z-013N*.
- Norwegian Technology Centre. (2001). *NORSOK STANDARD Z-013, risiko- og beredskapsanalyse*. NTS.
- OREDA. (2009). *Offshore RELiability DATA*. Hentet Mai 24, 2011 fra <http://oreda.com/>
- Rausand, M. (2005). *Hazard and Operability Study*.
- Rausand, M. (2005). *System analysis, Failure Modes, Effects, and Criticality Analysis*.
- Reliability hotwire. (2007, mars). Hentet Mai 2011 fra <http://www.weibull.com/hotwire/issue73/relbasics73fig1.htm>
- Wind Resource Maps. (u.d.). Hentet Mai 15, 2011 fra http://wind.emsd.gov.hk/Wind_Resource_Mapping.html

VEDLEGG 1

Referat fra FMECA-gjennomgang 3.2.2011.

Vi deltok som observatører på en FMECA-gjennomgang som ble holdt ved APL sine lokaler i Arendal. Grunnen var at vi skulle få se hvordan en slik gjennomgang går for seg, og for å kunne komme med eventuelle tilbakemeldinger i rapporten senere. Vi ble informert om hva som skulle gjennomgås, og hadde tid til å sette oss inn i møtegrunnlaget. Vi deltok ikke i diskusjonene, noe som gjorde at vi lettere kunne følge samtalene.

Deltakerne var fra flere avdelinger internt hos APL, blant annet; teknisk sikkerhet, designavdelingen og kvalitetsavdelingen. I tillegg til dette, ble møtet holdt sammen med en representant fra vinsjleverandøren Timberland Group. Han hadde stor erfaring med vinsjer og i tillegg spesialkompetanse fra hydrauliske motorer.

Målet var en FMECA-gjennomgang av vinsjen som løfter inn selve bøyen tilhørende Submerged Turret Loading (STL)-systemet.

Møtet startet med en presentasjon av alle deltakerne og deres rolle. Etersom møtet ble holdt med en ekstern deltaker, ble det også gitt en presentasjon av APL og deres eier (da BW offshore). Etter dette holdt Tom Lassen, som er leder for teknisk sikkerhet, en presentasjon av risikoanalyseverktøy, og bruken av FMECA.

Agendaen skulle dekke hele vinsjsystemet inkludert alt fra, motor, kontroll, wire, tilkobling til skip, osv. Etter at man hadde valgt det første undersystemet som skulle analyseres, ble det valgt en representant fra teknisk sikkerhet til å skrive inn data i regnearket som ble benyttet. Tom Lassen ledet selve møtet, da han har mest kunnskap om verktøyene som brukes.

Det første vi noterte, var at formatet på regnearket skapte problemer for personen som skulle skrive inn data. Vedkommende hadde ikke og kjennskap til dette arket og var dermed usikker på hvordan resultater skulle skrives inn. Det var også vanskelig å få vist hele arket på en god måte, ettersom man måtte zoome inn på den delen av arket som det ble arbeidet med. Det ble da vanskelig å danne seg et helhetlig bilde på projektoren.

Det manglet også en del forberedelser fra de andre avdelingene, flere deltakere hadde ikke lest gjennom agendaen og forberedt seg godt nok. Dette gjorde at det gikk en del tid på å klassifisere hvilke systemer de forskjellige komponentene hørte under.

Det gikk mye tid på å diskutere mindre problemstillinger. Problemet her var at alle avdelinger har sine syn på hva som er alvorlig og viktig. Selv om mye av det som ble tatt opp var korrekt ønskes normalt at man raskere gått videre til neste problemstilling. Her burde møteleder vært raskere med å avslutte diskusjoner som dro langt ut.

I tillegg gikk det vekk mye tid på å diskutere sannsynligheten for at noe skulle inntre. Dette er også unødvendig da risikomatrixen som gir tall for sannsynligheter, ble lagt frem på forhånd. Denne kunne raskt blitt tatt opp igjen, for å unngå en slik diskusjon.

Møtet gikk ellers veldig bra, selv om de ikke kom gjennom hele agendaen. Vi fikk veldig godt utbytte av å kunne delta på gjennomgangen, og den gav oss flere ideer til hvordan vi kunne ytterligere forbedre et allerede godt grunnlag. FMECA-regnearket ble viet mye oppmerksomhet, og basert på det vi lærte håper vi å kunne lage et regneark som kan er lettere for de ansatte å bruke.

VEDLEGG 2

Failure Mode Effect and Criticality Analysis (FMECA) worksheet

Version	N/A
Company	APL
Worksheet design	Khurom A. Rai, Thomas D.A. Sneltvedt
Approved by	For educational purpose
For information	N/A

Objective:

FMECA is a logical method for revealing weaknesses in design and to point out improvements. For items that have high risk, reduction measures are to be considered. The objective is to obtain a robust design and high reliability throughout the entire service life

Procedure:

Break the system into individual components. Then each of the selected components are subjected to a series of questions. Everything is considered to be in normal operational mode

Technical identification	Drawing number
Item	Part name, materials
Normal function	Understanding of mechanical behavior. Identifying main functions.
Failure mode(s)	How can the item fail to fulfill its intended functions, external description
Failure cause(s) and mechanism(s)	Root cause of the failure, and why the failure occurred
Detection of failure	How, by whom and when will the failure be detected
Failure effect(s) local	Does the failure effect neighbour items
Failure effect(s) global	Final system consequence
Severity	Rank the failure according to the risk matrix supplied
Probability	Rank the probability of occurrence, according to the risk matrix supplied
Criticality	Is the failure critical for the system. Color coding according to risk matrix
Risk assessment	Assess the risk, and its criticality
Risk ranking	Done in accordance with IRCM consequence analysis
Remarks/redundancy	Does the design have any features that can prevent failure
Design Modification	Use of redesign to prevent a failure from occurring, or to lower probability and criticality to an acceptable level
Preventive maintenance	What can be done to minimize the failure risk

Summary:

What is purpose of the chosen item?
How can each part conceivable fail, and what could cause this item to fail?

How likely is the failure, and is it harmful or harmless?
Who discovers the failure, and what are the system consequences?

What can be done?

VEDLEGG 3

FMECA worksheet

Field installations:
 Item:
 Sub system:
 Component:
 Team leaders:
 Participants:

<Data>

Severity	Probability
5 Catastrophic	1 Very unlikely
4 Severe	2 Unlikely
3 Significant	3 Possible
2 Moderate	4 Likely
1 Negligible	5 Very likely

Dwg nr	Item/normal function	Failure mode(s)	Failure cause(s) and mechanism(s)	Detection of failure	Failure effect(s)		Severity	Probability	Criticality	Risk assessment	Risk ranking	Remarks/system redundancy	Design Modification	Preventive maintenance	
					Local	Global									
DWG 10-154-204	Item: Function:	1.	1.1				5	1	Yellow						
			1.2				4	1	Green						
			1.3		N/A			3	1	Green					
			2.1					2	1	Green					
			2.2					1	1	Green					

Dwg nr	Item/normal function	Failure mode(s)	Failure cause(s) and mechanism(s)	Detection of failure	Failure effect(s)		Severity	Probability	Criticality	Risk assessment	Risk ranking	Remarks/system redundancy	Design Modification	Preventive maintenance	
					Local	Global									
DWG 10-154-204	Item: Function:	1.	1.1				5	1	Yellow						
			1.2				4	1	Green						
			1.3		N/A			3	1	Green					
			2.1					2	1	Green					
			2.2					1	1	Green					

VEDLEGG 4

hazard and operability study (HAZOP) worksheet

Version	N/A
Company	APL
Worksheet design	Khurom A. Rai, Thomas D.A. Sneltvedt
Approved by	For educational purpose only
For information	N/A

Objective:

Hazard and Operability (HAZOP) study is a structured and systematic examination of planned or existing processes or operations. The objective is to identify and evaluate problems that may represent risk to personnel, environment or efficient operations. The HAZOP is most often a qualitative technique based on guide words. The guide words shall help to point out deviations in a given element (process parameter or step in procedure) of the system.

Procedure

Identify design boundaries for the actual node/system

Define the normal operation conditions.

Choose a question category (Hazard).

Identify a deviation from design intent by applying a system of guidewords/questions.

Identify possible causes for, and consequences of the deviation.

Discuss the severity and probability for the deviation to occur

Identify safeguards and decide what action/recommendation, if any, is necessary.

Record the discussion and action.

The following menu is used when analysing the process.

Technical purpose	A description of the anticipated behaviour of the process
Deviation	Deviations compared to the anticipated behaviour. The deviations will be revealed by a number of entry words.
Cause	The reason for why deviations can occur
Consequens	The final result if the deviations occur
Severity	Rank the failure according to the risk matrix supplied
Probability	Rank the probability of occurrence, according to the risk matrix supplied
Criticality	Is the failure critical for the system. Color coding according to risk matrix
Safeguard/mitigation	Are there any safeguards preventing or mitigating the effects of the deviation if it occurs.
Recommendations	What does the team recommend has to be done, to minimize the failure risk
Preventive maintenance	Could any maintenance minimize the failure risk
Comments	Are there any comments in addition to what has been reviewed

Listed below are the most commonly used guide words for the HAZOP analysis. On the far right side is the list of guide words for various process. Combined these to two categories of guide words give the deviation

Guide word	Meaning	Process guide words	
No or not	Design intent is not achieved	Flow	Time
More	Quantitative increase in a parameter	Pressure	Speed
Less	Quantitative decrease in a parameter	Temperature	Particle size
As well as	An additional activity occurs	Interface	
Part of	Only some of the design intention is achieved	Composition	
Reverse	Logical opposite of the design intention occurs	Change of phase	
Other than	Complete substitution, another activity takes place	Density	

In addition to the guide words above, the words listed below can help to determine human error.

Additional guide word	Meaning
Early/late	The timing is different from the intention
Before/after	The step (or part of it) is effected out of sequence
Faster/slower	The step is done/not done with the right timing
Where else	Applicable for flows, transfer, sources and destinations

VEDLEGG 5

HAZOP worksheet

Field installations:
Item:
Sub system:
Component:
Team leaders:
Participants:

<Data>

Severity	Probability
5 Catastrophic	1 Very unlikely
4 Severe	2 Unlikely
3 Significant	3 Possible
2 Moderate	4 Likely
1 Negligible	5 Very likely

Unit/process	Technical purpose/design intent	Guide word and Deviation	Cause	Consequens	Severity	Probability	Criticality	Safeguard/mitigation	Recommendations	Preventive maintenance	Comments
Unit		Guide word from list									
Process		Deviation			1	1	Acceptable				

VEDLEGG 6

	Probability	Very unlikely	Unlikely	Possible	Likely	Very likely
		$P < 10^{-5}$	$10^{-3} > P > 10^{-5}$	$10^{-1} > P > 10^{-3}$	$0,5 > P > 10^{-1}$	$P > 0,5$
Severity	Probability	Probability				
		1	2	3	4	5
Catastrophic	5	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
Severe	4	Green	Yellow	Yellow	Red	Red
Significant	3	Green	Green	Yellow	Yellow	Red
Moderate	2	Green	Green	Green	Yellow	Yellow
Negligible	1	Green	Green	Green	Green	Yellow

Not acceptable	Toletrable, consider ALARP	Acceptable
----------------	----------------------------	------------