



Universitetet  
i Stavanger

DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

MASTEROPPGAVE

Studieprogram/spesialisering:  <i>Risikostyring – Master i teknologi/sivilingeniør</i>  <i>Offshore sikkerhet</i>	Vårsemesteret, 2013  Åpen
Forfatter: <i>Robert J. Wikstrand</i>	..... (signatur forfatter)
Fagansvarlig: <i>Roger Flage</i>  Veileder: <i>Roger Flage</i>	
Tittel på masteroppgaven: <i>Bruk av systemrisikoanalyse i tidlig fase av agile prosjekter med mål om innebygget sikkerhet.</i>	
Studiepoeng: 30	
Emneord: <i>Risikoanalyse</i> <i>Prosjektledelse</i> <i>Tidlig fase</i> <i>Agile prosjekter</i> <i>Innebygget sikkerhet</i> <i>Beslutningstaking</i> <i>Usikkerheter</i>	Sidetall: 77  + vedlegg/annet: 0  Stavanger, 14.juni 2013



## Forord

Denne masteroppgaven markerer avslutningen på mitt toårige masterstudium i risikostyring med spesialisering innen offshore sikkerhet ved Universitetet i Stavanger. Omfanget på oppgaven er 30 studiepoeng og har blitt gjennomført i løpet av vårsemesteret 2013. Det har vært en lang reise men nå er jeg endelig i mål.

Det var utfordrende å velge seg et tema å skrive om, og etter mye tekning og grubling falt valget av oppgaven på min interesse for både prosjektledelse og risikoanalyse og –styring. Jeg ønsket å kombinere disse to emnene for å lære mer om det, og denne oppgaven er resultatet.

Jeg vil rette en stor takk til min veileder Roger Flage som alltid har vært tilgjengelig med gode kommentarer og innspill, og rask tilbakemelding på masteroppgaven når jeg har trengt det.

Jeg vil også takke alle mine studiekamerater. Vi har hatt et veldig godt miljø disse to årene, og har hatt mange gode diskusjoner og sosiale arrangementer, og jeg har fått mange gode venner for livet. Takk til dere alle.

---

Robert J. Wikstrand

Universitetet i Stavanger, 14.juni 2013

## Sammendrag

Agile prosjekter karakteriseres av høy grad av usikkerhet, spesielt i tidlig fase. Gjerne kan slike prosjekter ha klart definert mål, men løsningen for å nå målet er gjerne uklart. For prosjekter der målet er å ha høy grad av innebygget sikkerhet i henhold til Trevor Kletz' prinsipper, gjelder det å være tidlig ute, både på grunn av at da er muligheten for å påvirke størst, og fordi kostnadene ved å gjøre endringer i tidlig fase er mindre kostbart enn i senere faser. For å kunne ta beslutninger på godt grunnlag er det viktig at beslutningstakerne tar sine beslutninger på grunnlag av en systemrisikoanalyse der de kan veie ulike løsninger opp mot hverandre. De må ha kontroll over de ulike kildene til usikkerhet, og vite hvordan de bør håndteres for å få redusert denne usikkerheten. Usikkerhet beskrives ved sannsynligheter, og beslutningstakeren i en prosjektgruppe, ofte prosjektlederen, må vite hva som ligger til grunn for denne sannsynligheten. Hvordan har denne sannsynligheten blitt til, og hva/hvilken størrelse er det den adresserer? Hvilke antakelser har blitt gjort, og basert på hvilke bakgrunnskunnskaper, om noen, har sannsynligheten blitt til? Det fremmes forslag til en modell der det legges spesiell vekt på håndtering av usikkerhet og sannsynligheter i en evalueringsprosess etter at en systemrisikoanalyse har blitt gjennomført. Beslutningen som så tas på bakgrunn av analysen gir så input til planleggingsfasen i prosjektlivssyklusen. I tillegg til ekstra vektlegging på usikkerheter og sannsynligheter som er brukt i analysen fremmes det også et forslag til en sjekklister for innebygget sikkerhet som bør brukes før beslutnings- og evalueringsprosessen etter analysen. Dersom denne blir fulgt, og gjentatt i de iterasjoner som gjøres i tidlig fase av agile prosjekter vil prosjektgruppen hele tiden få oppdatert informasjonen sin. De vil ha best mulig datagrunnlag og på den måten eventuelt redusere usikkerhetene som gruppen igjen kan basere sine beslutninger på, slik at målet om å ha høyest mulig grad av innebygget sikkerhet blir kontinuerlig ivaretatt.

# INNHALDSFORTEGNELSE

<b>FORORD</b> .....	<b>III</b>
<b>SAMMENDRAG</b> .....	<b>IV</b>
<b>INNHALDSFORTEGNELSE</b> .....	<b>V</b>
<b>FIGUROVERSIKT</b> .....	<b>VII</b>
<b>TABELLOVERSIKT</b> .....	<b>VIII</b>
<b>1. INTRODUKSJON</b> .....	<b>1</b>
1.1. BAKGRUNN .....	1
1.2. FORMÅL .....	2
1.3. OMFANG OG AVGRENSNINGER .....	2
1.4. DEFINISJONER OG FORKORTELSER .....	3
1.5. RAPPORTENS STRUKTUR .....	5
<b>2. RISIKO</b> .....	<b>6</b>
2.1. RISIKOBEGREPET .....	6
2.2. KILDER TIL USIKKERHET .....	6
2.2.1. <i>Kategorisering av risikoproblemer</i> .....	7
2.3. SANNSYNLIGHETER .....	9
2.3.1. <i>Objektiv sannsynlighet</i> .....	9
2.3.2. <i>Subjektiv sannsynlighet</i> .....	10
2.4. PREDIKSJONSINTERVALLER .....	11
2.5. SENTRALE BEGREPER INNEN RISIKO .....	12
2.5.1. <i>Risikostyring</i> .....	12
2.5.2. <i>Risikoanalyse</i> .....	12
2.5.3. <i>Risikohåndtering</i> .....	17
2.5.4. <i>Risikoakseptkriterier</i> .....	18
2.5.5. <i>Risikomatrise</i> .....	20
2.5.6. <i>Beslutning under usikkerhet</i> .....	21
2.5.7. <i>Standarder og retningslinjer</i> .....	22
<b>3. PROSJEKMLEDELSE</b> .....	<b>24</b>
3.1. PROSESSGRUPPER .....	25
3.2. INTERESSETER .....	27
3.3. PMLC-MODELLER .....	27
3.4. AGILE PROSJEKTER .....	29
3.4.1. <i>Iterativ PMLC</i> .....	29
3.4.2. <i>Adaptiv PMLC</i> .....	30
3.5. TIDLIG FASE .....	30
3.6. KOMMUNIKASJON OG HÅNDTERING AV USIKKERHET I PROSJEKTER .....	31
<b>4. INNEBYGGET SIKKERHET</b> .....	<b>36</b>
4.1. TREVOR KLETZ' PRINSIPPER OM INNEBYGGET SIKKERHET .....	38
4.2. FORDELER VED Å OPERERE SIKKERT .....	43
4.3. BHOPAL .....	44

<b>5.</b>	<b>OBSERVASJONER KNYTTET TIL RISIKO, PROSJEKLEDELSE OG INNEBYGGET SIKKERHET.....</b>	<b>46</b>
5.1.	UTFORDRINGER VED BRUK AV RISIKOANALYSE I AGILE PROSJEKTER.....	46
5.2.	UTFORDRINGER VED PRESENTASJON AV RISIKO.....	47
5.3.	UTFORDRINGER VED KOMMUNIKASJON .....	49
5.4.	UTFORDRINGER VED SANNSYNLIGHETER.....	50
5.5.	UTFORDRINGER VED AGILE PROSJEKTER .....	51
5.6.	UTFORDRINGER VED Å TA BESLUTNINGER UNDER USIKKERHET .....	51
5.7.	UTFORDRINGER I TIDLIG FASE.....	52
5.8.	ER SPØRSMÅLET OM Å HA HØYEST GRAD AV SIKKERHET IVARETATT? .....	52
5.9.	SAMMENHENG MELLOM DE INVOLVERTE ASPEKTENE SOM ER NEVNT .....	53
<b>6.</b>	<b>FORSLAG TIL FORBEDRINGER .....</b>	<b>55</b>
6.1.	FORSLAG TIL EN NY MODELL FOR BESLUTNINGSTAKING VED HJELP AV RISIKOANALYSE I TIDLIG FASE AV AGILE PROSJEKTER DER ET MÅL ER Å HA SÅ HØY GRAD AV INNEBYGGET SIKKERHET SOM MULIG. ....	57
6.1.1.	<i>Er alle involverte kjent med hvilken form for usikkerhet det er som adresseres?.....</i>	58
6.1.2.	<i>Er alle involverte kjent med hva det er sannsynlighetene uttrykker?.....</i>	58
6.1.3.	<i>Er prinsippene om innebygget sikkerhet ivaretatt?.....</i>	58
6.1.4.	<i>Beslutning .....</i>	60
6.2.	KOMMENTARER TIL MODELLEN .....	60
<b>7.</b>	<b>DISKUSJON .....</b>	<b>62</b>
<b>8.</b>	<b>KONKLUSJON .....</b>	<b>66</b>
<b>9.</b>	<b>REFERANSER .....</b>	<b>68</b>

## Figuroversikt

FIGUR 1 FIGUREN VISER PROSESSEN FOR RISIKOSTYRING [9] .....	12
FIGUR 2 FIGUREN VISER ET BOW-TIE DIAGRAM [8].....	13
FIGUR 3 FIGUREN VISER RISIKOANALYSEPROSESSENS ULIKE TRINN [8].....	14
FIGUR 4 FIGUREN VISER ALARP-PRINSIPPET [10] .....	18
FIGUR 5 FIGUREN VISER EN RISIKO- OG MULIGHETSMATRISE .....	20
FIGUR 6 FIGUREN VISER EN MODELL FOR BESLUTNING UNDER USIKKERHET [8] .....	22
FIGUR 7 FIGUREN VISER SCOPE-TRIANGELET .....	25
FIGUR 8 FIGUREN VISER DE 5 PROSESSGRUPPENE .....	26
FIGUR 9 FIGUREN VISER PMLC-LANDSKAPET [3] .....	28
FIGUR 10 FIGUREN VISER PROSESSENE I EN ITERATIV PROSJEKTLEDELSESMODELL[3].....	30
FIGUR 11 FIGUREN VISER PROSESSENE I EN ADAPTIV PROSJEKTLEDELSESMODELL[3].....	30
FIGUR 12 FIGUREN VISER INFORMASJONSMEDIER OG TILHØRENDE INFORMASJONSRIKHET [27]. .....	32
FIGUR 13 FIGUREN VISER ZACKS TYPOLOGI FOR KUNNSKAPSMANGEL [28].....	33
FIGUR 14 FIGUREN VISER MULIGHET TIL Å GJØRE ENDRINGER OVER TID I ET PROSJEKT [23] .....	35
FIGUR 15 FIGUREN VISER KLETZ' SYSTEMATISKE TILNÆRMING TIL INNEBYGGET SIKKERHET OG SKADEFORBYGGING (HIERARKI) [1, 32].....	37
FIGUR 16 FIGUREN VISER AT DET BLIR VANSKELIGERE Å INSTALLERE FUNKSJONER SOM GIR INNEBYGGET SIKKERHET JO LENGER UT I PROSJEKTET MAN ER [1].....	43
FIGUR 17 FIGUREN VISER FORDELER VED Å HA INNEBYGGET SIKKERHET [1] .....	44
FIGUR 18 FIGUREN VISER UHELDIG BRUK AV RISIKOMATRISEN, EKSEMPEL 1 [7].....	48
FIGUR 19 FIGUREN VISER UHELDIG BRUK AV RISIKOMATRISEN, EKSEMPEL 2 [7].....	49
FIGUR 20 FIGUREN VISER SAMMENHENGER MELLOM PROSJEKTLEDELSE, RISIKOANALYSE OG TILHØRENDE ASPEKTER SOM PLANLEGGING, KOMMUNIKASJON, USIKKERHET, SANNSYNLIGHETER OG INNEBYGGET SIKKERHET.....	53
FIGUR 21 FIGUREN VISER ET FORSLAG TIL EN MODELL FOR RISIKOANALYSE, OG BESLUTNINGSSTØTTE I TIDLIG FASE, DER DET FORSIKRES OM AT USIKKERHETENE BLIR FORSTÅTT, SANNSYNLIGHETENE BLIR FORSTÅTT, OG KLETZ' PRINSIPPER OM INNEBYGGET SIKKERHET ER IVARETATT FOR Å KUNNE TA EN BESLUTNING PÅ BEST MULIG GRUNNLAG. ....	56
FIGUR 22 FIGUREN VISER USIKKERHETSINTERVALLER I ULIKE PROSJEKTSTADIER, HENTET FRA [18] .....	62

## Tabelloversikt

TABELL 1 FORKORTELSER .....	5
TABELL 2 TABELLEN VISER HOVEDKATEGORIER AV RISIKOANALYSEMETODER [8] .....	16
TABELL 3 TABELLEN VISER OBSERVERTE FAR-VERDIER [20] .....	19
TABELL 4 TABELLEN FORKLARER HOVEDFORSKJELLENE MELLOM RIK OG MAGER KOMMUNIKASJON [27] .....	34
TABELL 5 TABELLEN VISER DE FIRE HOVEDPRINSIPPENE I INNEBYGGET SIKKERHET [32] .....	40
TABELL 6 TABELLEN VISER I HVILKET PROSJEKTSTADIUM HVER FUNKSJON FOR INNEBYGGET SIKKERHET BØR VURDERES.....	42
TABELL 7 TABELLEN VISER ET FORSLAG TIL EN SJEKKLISTE FOR Å IVARETA KLETZ' PRINSIPPER OM INNEBYGGET SIKKERHET I TIDLIGFASEN .....	59



# 1. Introduksjon

## 1.1. Bakgrunn

Det er mange installasjoner, både offshore og onshore, som det må gjøres modifikasjoner på etter at de er ferdig bygd. Det koster mye penger, og krever mer arbeid enn om disse modifikasjonene var bygd inn som en integrert del fra begynnelsen av. Ved større modifikasjonsprosjekter må anlegget stenges ned i den perioden vedlikehold og modifikasjon skal gjøres, som også fører til økte kostnader. Grunnen til disse modifikasjonene varierer. Det kan være alt fra utbygging av brannslukkingsanlegg, ombygging av rom og vegger, endring av tank-størrelser, oppsett av nye aktive sikkerhetssystemer og lignende. Trevor Kletz har noen idéer om hvordan en kan planlegge og designe prosessanlegg med «innebygd» sikkerhet. Underveis i en slik prosess med å designe for innebygget sikkerhet er det mange risikomomenter som må vurderes, med tilhørende usikkerheter. Derfor gjøres det en risikoanalyse tidlig i prosjektlivssyklusen. Sikkerhetssystemer bør bli designet og implementert tidlig for å spare penger, og for å gjøre det mer effektivt. Jo tidligere en går inn for å implementere slike sikkerhetssystemer jo billigere vil det bli, og det vil bli enklere å gjennomføre. For å redusere konsekvensen ved eventuelle gasslekkasjer, kan det vises at rommets/anleggets utforming og design kan endres for å gjøre uønskede hendelser mindre kritiske ved hjelp av for eksempel en CFD-analyse. En eventuell eksplosjon vil dermed kunne få mindre alvorlige konsekvenser [1]. Jo tidligere i en prosjektfase en utfører endringer er det både billigere og enklere å gjøre dem [2]. I tidlig fase av prosjekter er det en del momenter som ikke er avklart ved prosjektstart. Det er derfor nødvendig med god håndtering av usikkerheten, for å forhindre unødig arbeid og for å være sikker på at installasjonen av systemet og utformingen av rommet blir som det er tenkt. Med dårlig usikkerhetskåndtering og prioriteringer i tidlig fase kan det være at ønsket løsning ikke blir oppnådd, og at en i senere tid må inn igjen og utbedre.

Jeg ønsker også å trekke inn faktorer innen kommunikasjon i prosjektledelse/prosjektstyring der usikkerhetskåndtering tas i betraktning på et tidlig stadium. I agile prosjekter er dette spesielt viktig, da disse er prosjekter der ikke alle løsningene er definert og kartlagt ved prosjektstart [3]. Det har vært mange ulike tilnærminger til risikostyring i prosjekter siden prosjektledelsesdisiplinen trådte fram på 1950-tallet. Metodologien av systematisk prosjektledelse og organisering med vektlegging på effektiv planlegging, kommunikasjon og evaluering for å oppnå ønsket resultat er fortsatt dominerende den dag i dag [3, 4]. Som et

resultat av dette har det tradisjonelle synet på prosjektledelse fokus på områder som planlegging som en av hovedrutinene, og støtter andre aktiviteter som risikoidentifikasjon, -analyse, monitorering og kontroll. Risiko er av Aven definert som en todimensjonal kombinasjon av hendelser (A) og konsekvenser (C), og tilhørende usikkerheter (U) [5-8], og dette gir grunn til å inkludere usikkerhetskåtering og risikoanalyse inn i tidlig fase av prosjektgjennomføring. Det finnes allerede etablerte prosjektledelsesmodeller for agile prosjekter, men det er behov for en forbedring av denne for å fange opp og klargjøre usikkerhetene, sannsynlighetene og prinsippene om innebygget sikkerhet. Jeg ser et behov for å legge inn en systemrisikoanalyse som kombinerer risikoanalyseprosessen med modellen for agile prosjekter.

## **1.2. Formål**

Formålet med oppgaven er å gå gjennom eksisterende teori i tilgjengelig relevant litteratur, og kartlegge og avdekke eventuelle svakheter i prosesser der risiko og usikkerheter vurderes og analyseres i tidlig fase av et prosjekt. Jeg ønsker å komme med forslag til forbedringer for å optimalisere kommunikasjonen fra en risiko- og sårbarhetsanalyse tilbake til prosjektets tidlige fase, der prosjektets mål er å designe et anlegg med så høy grad av innebygget sikkerhet som mulig. En risikoanalyse kan være med å bidra til å adressere usikkerhetene og gi bedre beslutningsstøtte til prosjektlederne i prosjektets tidlige fase. Alle usikkerhetene må vurderes så tidlig som mulig i designfasen i den grad det lar seg gjøre, for å holde kostnadene så lave som mulig. I løpet av denne oppgaven tenker jeg å identifisere utfordringer i de forskjellige stegene som inngår i analyse, beslutningstaking, usikkerhetstolkning, og prosjektplanlegging. Jeg vil komme med forslag/fokuspunkter til hvordan dette kan gjøres der formålet med å ha innebygget sikkerhet blir ivaretatt slik at prosjektet gjennomføres på best mulig måte. Sluttresultatet skal være et flytskjema og en sjekklister som de involverte i et prosjekt kan bruke som et rammeverk for å forsikre seg at alle aspekter er ivaretatt. Det innebærer korrekt og god kommunikasjon mellom parter, korrekt og god gjennomføring av en risikoanalyse der alle er innforstått med hva som menes med sannsynligheter og usikkerhet i analysen som utføres og presenteres samt at beslutninger blir tatt på best mulig grunnlag når det å ha så høy grad av innebygget sikkerhet som mulig er et mål.

## **1.3. Omfang og avgrensninger**

Denne oppgaven retter seg mot agile prosjekter fordi de tradisjonelle prosjektledelsesmodellene er best egnet for prosjekter med lav usikkerhet, høy grad av rutine,

har klart definerte mål og løsning, og følger gjerne en mal [3]. Agile prosjekter derimot har større grad av nytenking, og har en høyere grad av usikkerhet knyttet til seg sammenlignet med tradisjonelle prosjekter [3]. Etter hvert som prosjektet går sin gang, vil usikkerhetene bli identifisert og behandlet systematisk. Såkalte ekstreme og «emertxe» modeller, med uklart definert mål og henholdsvis klar og uklar løsning, blir sett helt bort fra i denne oppgaven. Denne oppgaven vil derfor kun ta for seg agile prosjekter. I risikostyringsprosessen som vises i Figur 1 vil det i oppgaven bli lagt mest vekt på resultatet av risikoanalysen, knyttet opp mot prosjektstyring, og mindre vekt blir lagt på øvrige punkter i risikostyringsprosessen.

Oppgaven er også rettet mot ett prosjekt om gangen. Det tas ikke hensyn til flere prosjekter som styres samtidig i en prosjektportefølje.

Det antas at leseren har grunnleggende kunnskaper om og kjennskap til risiko og prosjektstyring.

#### 1.4. Definisjoner og forkortelser

**Risiko** – Den todimensjonale kombinasjonen av hendelser og konsekvenser og tilhørende usikkerheter [5-8]

**Risikostyring** – Koordinerte aktiviteter for å rettlede og kontrollere en organisasjon med hensyn til risiko [9].

**Kommunikasjon og konsultasjon** – Kontinuerlige og iterative prosesser som gjennomføres i en organisasjon for å gi, utveksle eller innhente informasjon, og for å ha dialog med interessenter vedrørende styring av risiko [9].

**Interessent** – Person eller organisasjon som kan påvirke, bli påvirket av eller oppfatte seg selv som påvirket av en beslutning eller aktivitet [9].

**Risikovurdering** – Samlet prosess som består av risikoidentifisering, risikoanalyse og risikoevaluering [9].

**Risikoidentifisering** – Prosess for å finne, gjenkjenne og beskrive risikoer [9].

**Hendelse** – Forekomst av eller endring i et bestemt sett med omstendigheter [9].

**Konsekvens** – Resultatet av en hendelse som påvirker mål [9].

**Mulighet** – Potensialet for at noe kan skje [9].

**Risikoanalyse** – Prosess for å forstå formen for risiko og bestemme risikonivået [9].

**Risikokriterier** – Grunnlag som betydningen av en risiko evalueres mot [9].

**Risikonivå** – Omfanget av en risiko eller en kombinasjon av risikoer, uttrykt som kombinasjonen av konsekvenser og muligheten for at disse forekommer [9].

**Risikoevaluering** – Prosess for å sammenligne resultatene av en risikoanalyse med risikokriterier for å bestemme hvorvidt en risiko og/eller dens omfang kan aksepteres eller tolereres [9].

**Risikohåndtering** – Prosess for å modifisere risiko [9].

**Kontroll** – Tiltak som modifiserer risiko [9].

**Overvåking** – Kontinuerlig kontroll, tilsyn, kritisk observasjon eller fastsetting av status for å identifisere avvik fra påkrevd eller forventet ytelsesnivå [9].

**Gjennomgåelse** – Handling som utføres for å fastslå egnetheten, tilstrekkeligheten og effektiviteten ved det aktuelle emnet for å oppnå fastsatte mål [9].

**Risikokilde** – Element som alene eller i kombinasjon har et iboende potensial til å forårsake risiko [9].

**ALARP** – As low as reasonably practicable (Norsk: Så lavt som praktisk mulig). ALARP uttrykker at risikonivået er redusert - gjennom en dokumentert og systematisk evalueringsprosess - så langt at det ikke lenger kan identifiseres kostnadseffektive tiltak som kan redusere risikoen ytterligere [10].

Tabell 1 Forkortelser

Forkortelse	Betydning
<b>ALARP</b>	As Low As Reasonably Practicable
<b>CFD</b>	Computational Fluid Dynamics
<b>HAZID</b>	Hazard Identification
<b>HAZOP</b>	Hazard and Operability Study
<b>HMS</b>	Helse, Miljø og Sikkerhet
<b>FAR</b>	Fatal Accident Rate
<b>PLL</b>	Potential Loss of Life
<b>AIR</b>	Average Individual Risk
<b>FTA</b>	Fault Tree Analysis
<b>ETA</b>	Event Tree Analysis

### 1.5. Rapportens struktur

I kapittel 1 introduseres leseren for bakgrunnen og formålet med oppgaven, samt nøkkeldefinisjoner og forkortelser. Deretter følger i kapittel 2 en beskrivelse av risikoteori og risikoaspekter som er relevant for hoveddelen av oppgaven. I kapittel 3 beskrives prosjektteori og ulike prosjektledelsesmodeller, samt utfordringer ved kommunikasjon i prosjekter, som er relevant for hoveddelen av oppgaven. I kapittel 4 beskrives Kletz' prinsipper om innebygget sikkerhet og fordelene ved å designe med innebygget sikkerhet. Et eksempel vil bli gjennomgått. I kapittel 5 beskrives utfordringer og svakheter i de gjeldende praksisene ut fra litteratur og teorien som er beskrevet i de tidligere kapitlene, og i kapittel 6 fremstilles det forslag til forbedringer for å optimalisere og forbedre prosessen, samt en modell som illustrerer dette, med tilhørende kommentarer. Dette følges av en kort diskusjon i kapittel 7. Oppgaven konkluderes så i kapittel 8.

## 2. Risiko

For å gi leseren nødvendig bakgrunnskunnskap for å forstå bidraget med denne oppgaven er det nødvendig med en del teori innen risiko. Jeg kommer til å definere og beskrive risiko, samt identifisere ulike risikoverktøy, usikkerhetstyper, sannsynlighetsteorier, beslutningstakingsmodeller og lignende. Dette for å bedre kunne forstå hovedbidraget av oppgaven, der jeg peker på svakheter og fallgruver ved å benytte slike verktøy i beslutningstaking i agile prosjekter.

### 2.1. Risikobegrepet

Risiko blir definert på mange ulike måter. Spesielt innen ingeniør-miljøer blir risiko definert som *Sannsynlighet  $\times$  Konsekvens*. Dette er i de fleste tilfeller en alt for smal tilnærming til risiko. I ingeniørfaglige emner knyttes begrepet risiko ofte opp mot forventede tap, altså en negativ vinkling. Risiko kan slå begge veier, og en kan ha både nedside og oppsiderisiko. Spesielt innen finans er det opplagt at risiko har et oppsidepotensiale. Markeder kan svinge begge veier. Det kan være økonomiske tap, men også et potensiale for økonomisk gevinst.

Risiko handler om hendelser (A), og konsekvenser (C) av disse, som kan skje i fremtiden. Vi vet ikke i dag om disse hendelsene vil inntreffe eller ikke, og hvis de skjer, hva som vil bli konsekvensene. Det er med andre ord usikkerhet (U) knyttet til både A og C. Hvor trolig det er at en hendelse A vil inntreffe og at spesifikke konsekvenser C vil inntreffe, kan vi uttrykke ved hjelp av sannsynligheter (P), med basis i vår kunnskap (bakgrunnskunnskap) K [7]. Det er altså i dette perspektivet, (A,C,U)-perspektivet, en sterk sammenheng mellom risiko og usikkerhet. Når en tillegger en usikker størrelse en subjektiv sannsynlighet vil det kunne være usikkerhet bakt inn i bakgrunnskunnskapen til den som foretar analysen. [11]. Dette er en alternativ tilnærming til et (A,C,P<sub>f</sub>)-perspektiv der A er hendelse, C er konsekvensene av A, og P<sub>f</sub> er sannsynlighetene tilknyttet til A og C.

### 2.2. Kilder til usikkerhet

Usikkerhet kan defineres som mangel på kunnskap, særlig observerbare størrelser [7]. Det skilles også mellom andre kilder til usikkerhet, som for eksempel ambiguitet/tvetydighet, det at informasjon som er tilgjengelig tolkes på ulike måter av de involverte, avhengig av hans/hennes bakgrunnskunnskap, kompleksitet når det er mange involverte eller et avansert prosjekt med mange detaljer som må tas hensyn til, og usikkerhet i form av mangel på informasjon [3]. Når en skal planlegge et prosjekt er usikkerhet et nøkkelkonsept som må adresseres, og det er viktig å ta hensyn til følgende [6]:

- i) Hva er de usikre størrelsene?
- ii) Hvem er usikker?
- iii) Hvordan bør vi representere usikkerhetene?

Når en skal behandle risiko er det viktig å ha oversikt over usikkerheten, og usikkerheten kan komme fra flere ulike plasser, og disse må behandles ulikt.

### **2.2.1. Kategorisering av risikoproblemer**

Det er flere typer risikoproblemer, og de må behandles på ulike måter. I denne oppgaven beskrives det fire hovedkategorier av risikoproblemer. Disse er linearitet eller simplisitet, kompleksitet, mangel på informasjon og ambiguitet, og det finnes ulike metoder for å endre usikkerhetsnivået avhengig av hvilken type det er snakk om.

#### **2.2.1.1. Linearitet eller simplisitet**

Linearitet eller simplisitet er karakterisert av situasjoner og problemer med lav kompleksitet, usikkerhet og ambiguitet. Bilulykker, røyking og regelmessige tilbakevendende naturkatastrofer er eksempler på dette. Simplisitet betyr ikke nødvendigvis at risikoen er lav. De potensielle negative konsekvensene kan være veldig store. Poenget er at årsak og virkning er lineære hendelser og opplagt. Usikkerhetene knyttet til samhandlingen mellom hendelse og konsekvens er lave, og enkle å bestemme. Det er mulig å forutsi forekomstene av hendelser og/eller hendelsene med høy grad av nøyaktighet [12].

#### **2.2.1.2. Kompleksitet**

Kompleksitet refererer til vanskelighetene ved å identifisere og kvantifisere sammenkoblinger mellom et mangfold av potensielle årsakskilder, og spesifikke observerte effekter. Noe av det som gjør dette så vanskelig kan spores tilbake til interaktive effekter mellom de forskjellige kildene (synergi og antagonisme), lang tid mellom årsak og virkning, mellomliggende variabler, og andre. Eksempler på aktiviteter/systemer med høy kompleksitet inkluderer sofistikerte kjemiske anlegg, synergistiske effekter av potensielt skadelige substanser, for eksempel i Bhopal, India i 1984, da to kjemikalier reagerte og skapte et nytt farlig stoff som lekket ut og forgiftet og drepte flere tusen mennesker, leseren refereres til kapittel 4.3 for mer utfyllende informasjon om denne hendelsen, svikt i store innfløkte infrastrukturer og kritiske laster på sensitive økosystemer [12]. Komplekse systemer er ikke nødvendigvis vage eller uforutsigbare. De kan tvert imot være klart definerte eller forutsigbare situasjoner, men mengden elementer, forhold, sekvenser og lignende som må vurderes samtidig er for stor for å kunne vurdere enkelt [13]

### **2.2.1.3. Mangel på informasjon**

Denne typen usikkerhet refererer til vanskelighetene ved å forutsi forekomstene av hendelser og/eller deres konsekvenser basert på ufullstendige eller ugyldige databaser, mulige endringer i årsakssammenhengene og konteksten, ekstrapoleringsmetoder når en trekker slutninger fra eksperimentelle resultater eller variasjon i ekspertkunnskap. Usikkerhet kan oppstå fra en ufullstendig eller inadekvat reduksjon av kompleksitet, og ofte fører det til dissens blant ekspertene om risikokategoriseringen. Eksempler på høy usikkerhet inkluderer mange naturkatastrofer, (som for eksempel jordskjelv), mulige helseeffekter av forurensning, voldshandlinger som for eksempel terrorisme og sabotasje, og langtidsvirkninger ved å introdusere genetisk modifiserte arter inn i sitt naturlige habitat [12]. Usikkerheten i alle disse eksemplene kan være et resultat av «kjente usikkerheter» -Vi vet hva det er vi ikke vet. Vi vet for eksempel at marint liv vil bli påvirket av et stort oljeutslipp til sjøs, men vi vet ikke i hvor stor grad og med hvilke langsiktige virkninger. Begge to som er nevnt er kjente usikkerheter. Enten er det garantert at de kommer til å inntreffe, eller så kan det beregnes med en viss grad av sannsynlighet, og i disse tilfellene så er det mulig for prosjektgruppen å definere hvilken type hendelse de skal vurdere. Noe annet er «ukjente usikkerheter», eller som det kalles, «unk unks» (unknown unknowns). Vi vet ikke hva det er vi ikke vet. Slike typer usikkerheter kan dukke opp i høyst innovative prosjekter i områder der det er lite historiske data tilgjengelig. Det kan være at prosjektgruppen vet at uforutsette hendelser kan hende, men de vet ikke hvilken hendelse det kan være, og å ikke vite hvilken hendelse det er, gjør at det er umulig å tilegne den en sannsynlighet [14]. Vi visste for eksempel ikke at oljeplattformer ville kunne bli et populært mål for internasjonal terrorisme under en vurdering på 80-tallet [12].

### **2.2.1.4. Ambiguitet**

Ambiguitet eller tvetydighet refererer til forskjellige vinklinger, knyttet til:

- Relevansen, meningen og implikasjonene av risikovurderingen for beslutningstaking (interpretiv ambiguitet); eller
- Verdiene som skal beskyttes og prioriteringene som skal gjøres (normativ ambiguitet)

Hva betyr det for eksempel hvis nevronaktiviteter i menneskehjernen er intensivert når den er utsatt for elektromagnetisk stråling? Kan dette tolkes som en negativ effekt eller er det kun en kroppslig reaksjon uten noen helseimplikasjoner? Eksempler på høy interpretiv ambiguitet inkluderer stråling i lave doser (ioniserende og ikke-ioniserende), lave konsentrasjoner av genotoksiske substanser, kosttilskudd og hormonbehandling av storfe. Normative



ambiguiteter kan bli forbundet for eksempel med passiv røyking, kjernekraft og genetisk modifisert mat [12].

### 2.3. Sannsynligheter

For å gjennomføre en risikoanalyse ved bruk av sannsynligheter så krever det en tolkning. En forklaring av hva som menes med sannsynligheten er nødvendig. For eksempel, er den oppgitte sannsynligheten en vurdering gjort av analysegruppen basert på deres bakgrunnskunnskap, eller prøver sannsynligheten å representere på en mer «objektiv» måte de dataene og kunnskapen som er tilgjengelig. Denne tolkningen vil kunne påvirke beslutningsprosessen i stor grad [15].

#### 2.3.1. Objektiv sannsynlighet

##### 2.3.1.1. Klassisk sannsynlighet

Den klassiske sannsynlighetstolkningen gjelder bare når det er et bestemt antall utfall som har like stor mulighet for å inntreffe. I følge den klassiske tolkningen er sannsynligheten for  $A$  lik forholdet mellom antall gunstige utfall og antall mulige utfall.

$$P(A) = \text{Antall gunstige utfall} / \text{Antall mulige utfall}$$

Som et eksempel, vurder et terningkast. Her er  $P(\text{Terningen viser en}) = 1/6$ , siden det er 6 mulige utfall av kastet som er like sannsynlige, og kun et utfall som gir resultatet en [15]. Her er det kritisk at terningen er en «rettferdig terning», som har eksakt samme mulighet for alle de forskjellige utfallene. Denne måten å uttrykke sannsynlighet på er ikke relevant i en praktisk setting, siden det i den virkelige verden ikke vil være et bestemt antall mulige utfall med utfall som har lik sannsynlighet for å inntreffe [15].

##### 2.3.1.2. Frekvensbasert sannsynlighet

En frekvensbasert sannsynlighet for en hendelse  $A$  (betegnet ved  $P_f(A)$ ) er definert som den brøkdelen av ganger hendelsen  $A$  inntreffer dersom situasjonen ble gjentatt (hypotetisk) uendelig mange ganger [15] og under identiske forhold. Dermed, hvis et eksperiment er utført  $n$  antall ganger og hendelsen  $A$  inntreffer  $n_A$  ganger, vil  $P_f(A)$  være lik grenseverdien av  $n_A/n$  når  $n \rightarrow \infty$  [15]. På en annen måte kan dette skrives:

$$P_f(A) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n_A}{n}$$

Dette er kun hypotetisk fordi det ikke vil være realistisk å kunne utføre eksperimenter i praksis under helt identiske forhold uendelig mange ganger. En datamodell kan benyttes for å gjennomføre lignende simuleringer mange antall ganger, slik at brøken  $\frac{n_A}{n}$  blir bli tilnærmet konstant og går mot en viss verdi når  $n$  blir stor [16]. Det vil imidlertid ikke endre det faktum at uendelig antall repetisjoner ikke lar seg gjøre i praksis.

### 2.3.2. Subjektiv sannsynlighet

En sannsynlighet  $P(A|K)$ , der  $A$  er en hendelse, og  $K$  er bakgrunnskunnskap, er et subjektivt mål på fremtidige hendelser og konsekvenser, sett gjennom øynene på den som gjør vurderingen, og er basert på bakgrunnsinformasjon og kunnskap (Bayesiansk perspektiv) [16].

#### Med referanse til en usikkerhetsstandard

Hvis en person tilegner en sannsynlighet på for eksempel 0,1 for at hendelse  $A$  skal inntreffe, vil det si at han/hun sammenligner sin usikkerhet på at  $A$  inntreffer med det å trekke en spesifikk ball fra en urne som inneholder 10 baller. Denne tolkningen er enkel å forstå og kommunisere [15].

#### Betting og lignende typer usikkerhet

Denne definisjonen knytter sammen sannsynligheten til gambling og villigheten til å satse penger på et sjansespill. Sannsynlighet vil si at sannsynligheten for en hendelse  $A$ ,  $P(A)$  er lik det som en er villig til å satse/legge på bordet, for å få en enkelt enhet av utbetaling dersom  $A$  skulle inntreffe, og ingenting dersom den ikke skulle inntreffe. Det motsatte må også gjelde, altså må motparten være villig til å betale beløpet  $1 - P(A)$  dersom han/hun ville få en enkelt enhet av utbetaling dersom  $A$  ikke skulle inntreffe, og ingenting dersom  $A$  skulle inntreffe [15].

Hvis sannsynligheten for hendelse  $A$  er for eksempel 0,10, vil det si at spilleren er villig til å satse 10 øre for å vinne en krone dersom hendelse  $A$  skulle inntreffe, og ingenting dersom den ikke skulle inntreffe [15].

#### Andre måter å uttrykke sannsynlighet på

Upresise (intervall) sannsynligheter og logiske sannsynligheter er andre måter å uttrykke sannsynlighet på, og leseren refereres til Aven and Reniers [15] for mer utdypende

informasjon om disse. Usikkerhet beskrives med sannsynligheter, leseren refereres til [6] og [17] for mer dyptgående informasjon.

## 2.4. Prediksjonsintervaller

For å beskrive usikkerhet knyttet til en observerbar størrelse  $C$  brukes ofte prediksjonsintervall  $[a, b]$  som betyr at  $C$  vil ligge i intervallet med en viss sannsynlighet (typisk 90% eller 95%) [8].

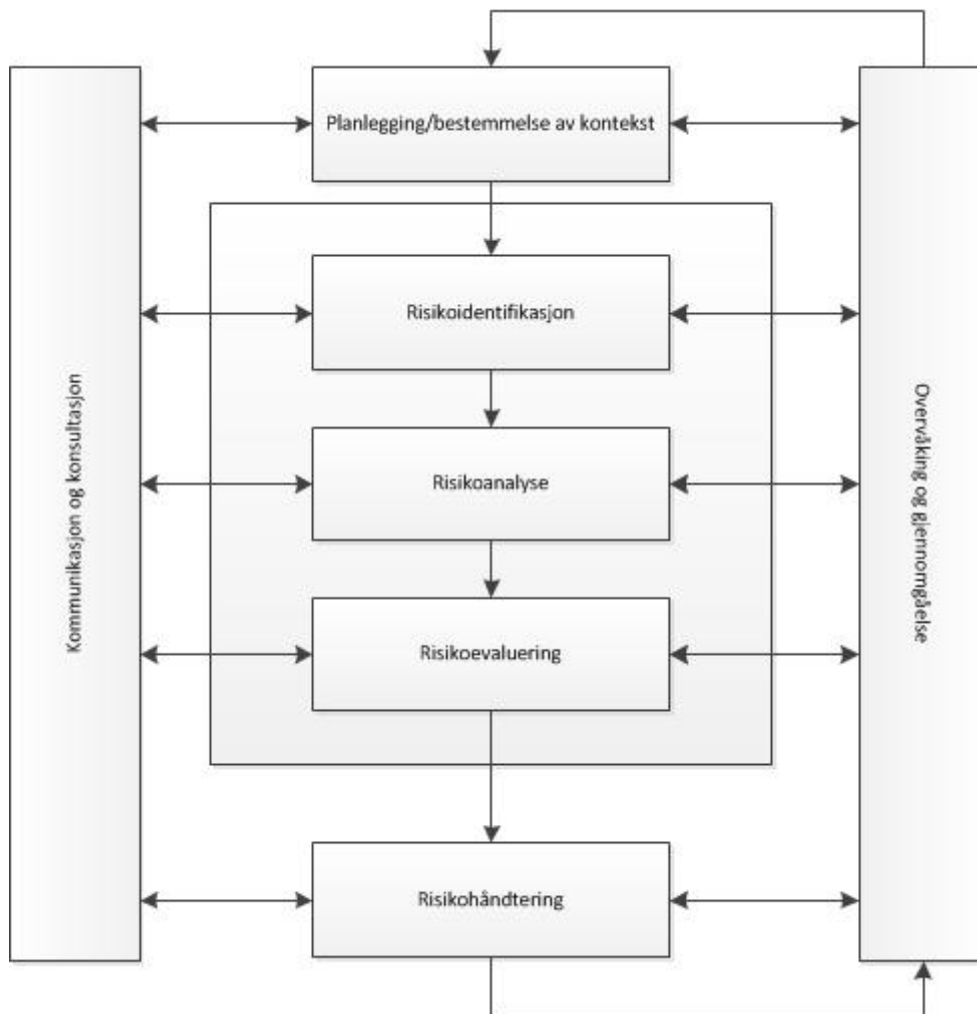
Dersom  $Y$  indikerer et resultatmål av interesse, for eksempel systemutilgjengelighet, tap av produksjon, kostnad eller antall systemsvikter, er et  $1-\alpha$  prediksjonsintervall ( $\pm q100\%$ ) gitt ved

$$P[(1 - q)EY \leq Y \leq (1 + q)EY] \geq 1 - \alpha$$

der  $EY$  er den forventede verdien til  $Y$ . Ligningen sier at det er en sannsynlighet på minst  $1-\alpha$  for at  $Y$  skal være inkludert i intervallet  $[EY \pm qEY]$  [18]. Som et eksempel, la oss si at  $Y$  er en størrelse som angir for eksempel en kostnad, og  $K$  er bakgrunnskunnskapen, så vil et 90% prediksjonsintervall være gitt som  $[a, b]$ , for  $a$  og  $b$ , slik at  $P(a \leq Y \leq b|K) = 0.90$  [7].

## 2.5. Sentrale begreper innen risiko

### 2.5.1. Risikostyring



Figur 1 Figuren viser prosessen for risikostyring [9]

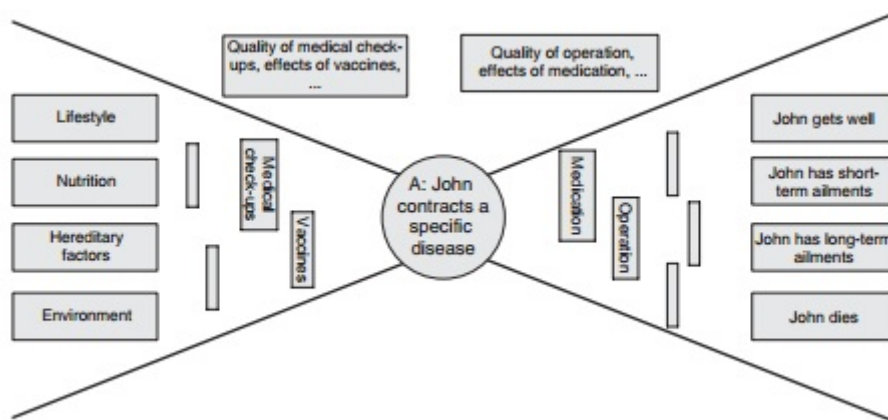
Med risikostyring forstås alle tiltak og aktiviteter som gjøres for å styre risiko. Risikostyring handler om å balansere konflikten mellom å utforske muligheter på den ene siden, og å unngå tap ulykker og katastrofer på den andre siden [8].

Ut fra figuren ovenfor er det klart at først skal konteksten bestemmes, deretter er det en risikovurderingsprosess bestående av tre deler: risikoidentifikasjon, risikoanalyse og risikoevaluering. Deretter skal risikoen håndteres.

### 2.5.2. Risikoanalyse

En risikoanalyse har som mål å kartlegge og beskrive risiko. Risikoanalysen skal fremvise et risikobilde. Dette bildet gir ofte visuell input til beslutningstakere, og gjør det enklere å få en oversikt over situasjonen. Et bow-tie diagram er et diagram som illustrerer det konseptuelle

bak en risikoanalyse, se Figur 1. For å eksemplifisere dette tar vi utgangspunkt i at hendelsen A er at en person (Ole) får en bestemt sykdom.

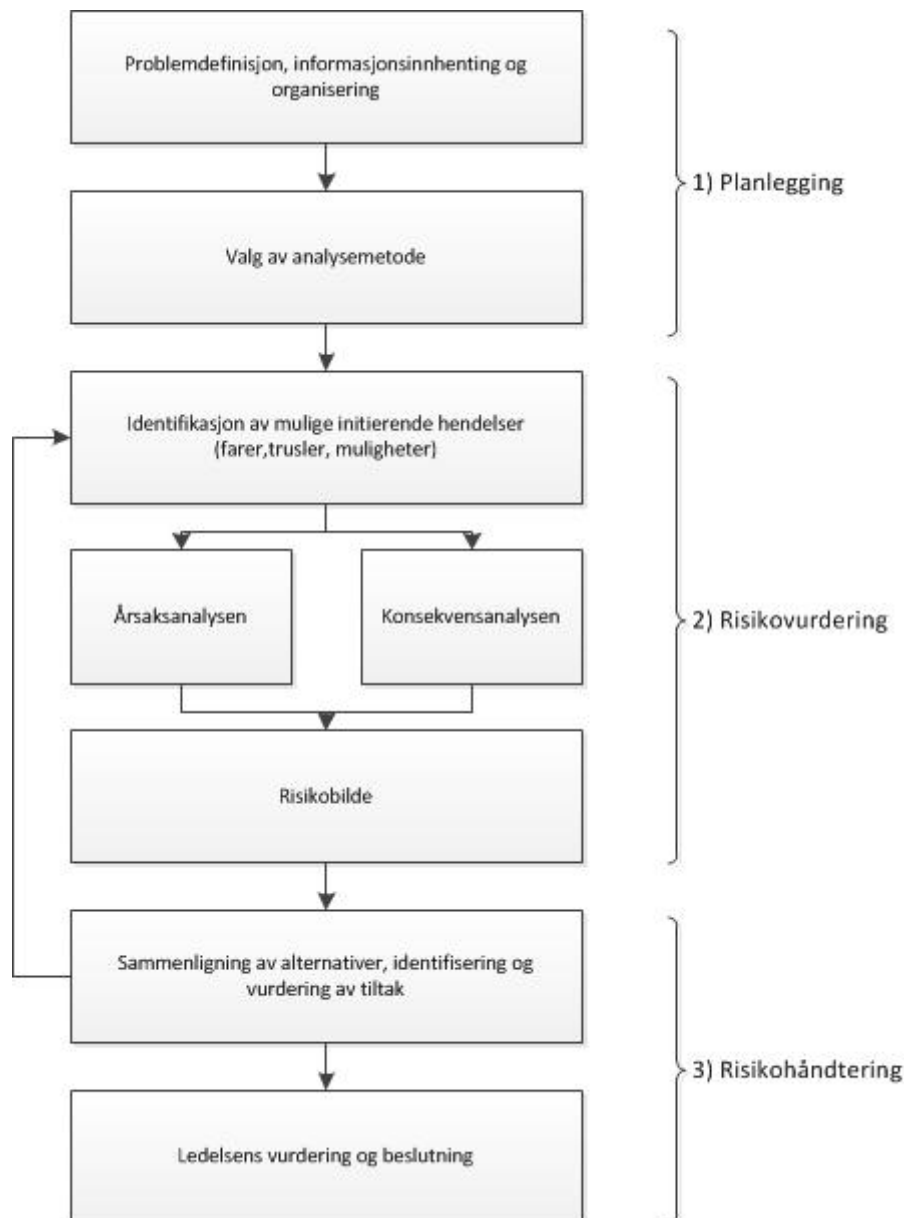


Figur 2 Figuren viser et bow-tie diagram [8]

Venstre side av figuren viser årsaksbildet som leder opp til hendelsen A. Høyre side beskriver de mulige konsekvensene av A. På venstre side er barrierer som skal hindre hendelsen A i å inntreffe: de sannsynlighetsreduserende eller forebyggende barrierene. Eksempler på slike barrierer er legesjekk, vaksiner og begrensning i eksponering av smittekilder. På høyre side er barrierer som skal hindre at sykdommen (hendelsen A) medfører alvorlige konsekvenser: de konsekvensreduserende barrierene. Eksempler på slike barrierer er medisiner og operasjon. Hvorvidt hendelsen A vil inntreffe, og godheten av de ulike barrierene, påvirkes av en rekke faktorer – de såkalte risikopåvirkende eller ytelsespåvirkende faktorene. Eksempler er: kvaliteten på legesjekkene; effektiviteten av vaksinen, medisinen og operasjonene; hva en vet om sykdommen og hva som forårsaker den; livsstil og kosthold; arv og gener [8]. I et bow-tie diagram kan en feiltreanalyse (FTA) benyttes til å kartlegge årsakene til topphendelsen (initierende hendelse / uønsket hendelse), og et hendelsestre (ETA) er den mest brukte metoden for å kartlegge mulige konsekvenser av topphendelsen [8].

Figur 3 under viser en fremstilling av risikoanalyseprosessens ulike trinn. Først er det en planlegging, der problemdefinisjon, informasjonsinnhenting og organisering pågår, samt valg av analysemetode, ut fra hvilken metode som er mest hensiktsmessig å gjennomføre. Deretter følger en risikovurdering der en identifiserer mulige initierende hendelser, som farer, trusler og muligheter. En prøver å identifisere årsaker som kan føre til at disse initierende hendelsene inntreffer, og om de skulle inntreffe, de mulige konsekvensene som kan følge. Resultatet av denne vurderingen kan oppsummeres i et risikobilde, ofte blir et bow-tie diagram brukt. Den initierende hendelsen er i midten, og mulige årsaker og konsekvenser er henholdsvis til

venstre og høyre. Forskjellige tiltak, både årsaks- og konsekvensreducerende tiltak og barrierer kan legges til på hver side, for å se hvordan det vil kunne påvirke risikoen. Deretter vil en sammenligning av alternativer, identifisering og vurdering av tiltak gjennomføres, før ledelsen går gjennom tiltakene som blir foreslått, før de vurderer og tar en avgjørelse. Den siste fasen kalles risikohåndtering.



Figur 3 Figuren viser risikoanalyseprosessens ulike trinn [8]

Ingen prosjekter er like, og avhengig av prosjektet, så er det ulike typer risikoanalyser som er mest hensiktsmessig. Det er flere kategorier av risikoanalysemetoder. Tidlig i et prosjekt der det er høy grad av usikkerhet, og prosjektmedlemmene ikke har fått definert et scope skikkelig, tyr de til en forenklet risikoanalyse. Dette er en veldig grov analyse på et

overordnet plan. Det utarbeides et grovt risikobilde uten bruk av formaliserte risikoanalysemetoder. Gruppen har blant annet idédugnad og gruppediskusjoner og risikoskalaen som brukes er grov. Denne metoden er høyst kvalitativ, og det stilles da krav til ekspertkunnskap blant deltakerne. God kjennskap til, og erfaring fra, fenomenet/prosjektet som skal forsøkes analyseres er fundamentalt viktig for å kunne avdekke svakheter og feller en kan gå i. Det er høy grad av samlokaliserte team der såkalt «rik» kommunikasjon er i fokus. Dette er møter ansikt-til-ansikt for å unngå flere usikkerheter, og for å sikre korrekt overføring av kunnskap og erfaringer [3], og for å unngå misforståelser. Leseren refereres til kapittel 3.6 for en grundig gjennomgang av prosjektkommunikasjon og potensielle fallgruver. Etter hvert som prosjektet gjennomføres og blir bedre definert og begrenset er det andre mer standard risikoanalysemodeller som trer frem. Dette er en mer formalisert fremgangsmåte og benytter anerkjente risikoanalysemodeller som for eksempel en grovanalyse, og resultatene av slike risikoanalyser fremstilles ofte i risikomatriser. I disse typene risikoanalyser kan man benytte seg av en kvalitativ og en kvantitativ fremgangsmåte, avhengig av hva som vil være mest hensiktsmessig med tanke på den typen analyse som benyttes. Dersom en har et prosjekt som er veldig godt definert og dokumentert, eller har tilgang til mye relevant data og/eller har lite usikkerhet, så kan en benytte seg av mer formelle modellbaserte risikoanalysemetoder som for eksempel hendelsestreanalyser for å beregne mulige konsekvenser, eller feiltreanalyser for å finne ut hvordan prosjektet kan feile. Dette krever mengder data som input til modellene, og er dermed en veldig kvantitativ fremgangsmåte. Det er ikke like stor krav til samlokaliserte team som i de mer kvalitative fremgangsmåtene, her kan en sitte spredt geografisk og kommunisere ved hjelp av mail, og lignende.

Tabell 2 Tabellen viser hovedkategorier av risikoanalysemetoder [8]

Hovedkategori	Fremgangsmåte	Beskrivelse
<b>Forenklet risikoanalyse</b>	Kvalitativ	Forenklet risikoanalyse er en uformell fremgangsmåte som kartlegger risikobildet ved hjelp av idédugnad og gruppediskusjoner. Risiko presenteres på en grov skala, for eksempel liten, moderat eller stor. Det gjøres ikke bruk av formaliserte risikoanalysemetoder
<b>Standard risikoanalyse</b>	Kvalitativ eller kvantitativ	Standard risikoanalyse er en mer formalisert fremgangsmåte der det benyttes anerkjente risikoanalysemetoder, for eksempel HAZOP og grovanalyse. Ofte fremstilles risiko i risikomatriser.
<b>Modellbasert risikoanalyse</b>	Kvantitativ	Modellbasert risikoanalyse bruker teknikker som for eksempel hendelsestreanalyse og feiltreanalyse til å beregne risiko.

For komplekse systemer som for eksempel prosessanlegg, offshoremoduler og andre lignende systemer med gass under trykk, høye temperaturer og mange sammenhenger mellom de ulike elementene kan det utføres CFD<sup>1</sup>-analyser i designfasen, for å simulere forskjellige gasspredninger av lekket gass under forskjellige forhold, gasskonsentrasjon og opphopning av gass. Det er også mulig å beregne trykkbølger og flammeakselerasjon i tilfelle antent gasslekkasje med påfølgende eksplosjon med programvare som for eksempel FLACS. All slik informasjon vil kunne bidra til å kunne ta beslutninger på et tidlig stadium og i noen tilfeller føre til en endring i design slik at de simulerte, og reelle, konsekvensene blir lavest mulig i tilfelle en uønsket hendelse skulle inntreffe. Forskjellige løsninger i design kan prøves ut under forskjellige forhold for å få optimal utforming av modulen. Det er derimot flere ulike usikkerhetsmomenter som må vurderes i slike tilfeller, som blant annet modellens nøyaktighet

<sup>1</sup> Computational Fluid Dynamics



og relevans, analytikerens bakgrunnskunnskap og med det analytikerens erfaring og antakelser, og input-parametre i modellen. Det må også tas høyde for variasjon i menneskers psykologi og oppførsel i nødsituasjoner, dette gjelder spesielt for evakueringssimuleringssituasjoner, men også operatørers reaksjonstid i tilfeller der det ikke er automatiske løsninger, men der operatøren aktivt må aktivere sikkerhetssystemer.

Ved å utføre en risikoanalyse kan en sammenligne forskjellige alternativer og løsninger ved å se på resultatet. En identifiserer faktorer, betingelser, aktiviteter, systemer, komponenter og lignende, som er viktige (kritiske) med tanke på risiko, og en demonstrerer effekten på risiko ved forskjellige tiltak [7]. Dette gir en basis for å velge mellom forskjellige løsninger og aktiviteter mens en er i planleggingsfasen av et system, og å velge mellom alternative designløsninger. Hvilke tiltak kan bli implementert for å gjøre systemet mindre sårbart sånn at det bedre kan tåle belastninger og påkjenninger. En risikoanalyse kan også bevise/påvise at krav fra det offentlige er møtt, og dokumentere et akseptabelt sikkerhets- og risikonivå [7].

### **2.5.3. Risikohåndtering**

Etter at det har blitt utført en risikoanalyse skal en beslutning tas. Avhengig av hvilket resultat risikoanalysen gir, har prosjektgruppen flere valg [2]. Prosjektgruppen kan:

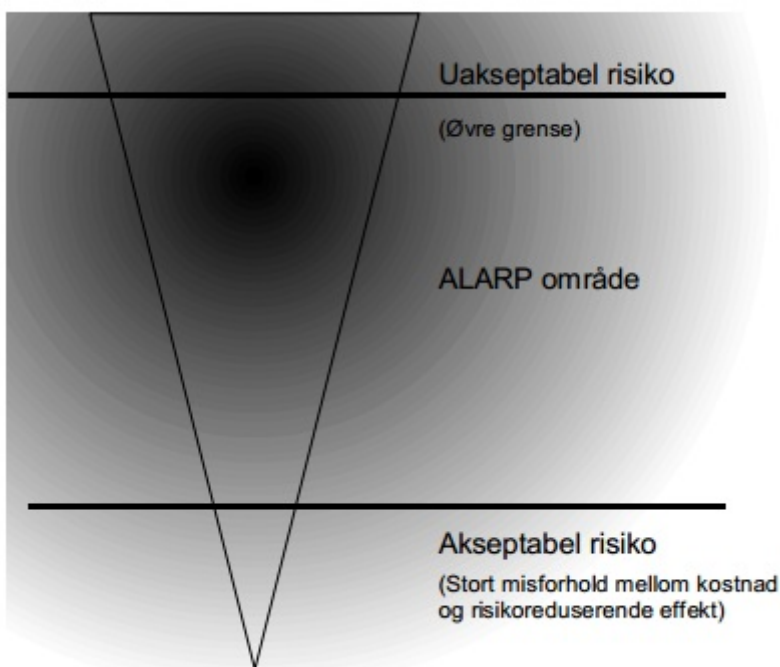
- Unngå risikoen helt. Hvis det fremkommer at risikoen er uakseptabel, kan prosjektgruppen velge å unngå helt risikoen ved å ikke gjennomføre prosjektet eller delprosjektet. I enkelte tilfeller, for noen risikoer kan dette bety at hele prosjektet blir skrinlagt.
- Redusere risikoen. Prosjektgruppen iverksetter tiltak for å redusere sannsynligheten eller usikkerheten/konsekvensen som er knyttet til den planlagte aktiviteten. Dette kan kreve ytterligere ressursbruk og økt kommunikasjon mellom partene.
- Akseptere risikoen. Risikoen har blitt gjennomgått og gruppen kommer fram til at dette er en risiko de er villig til å ta. Det er ofte slik at risikoer som aksepteres vanskelig kan reduseres eller unngås.
- Overføre risikoen. Risikoen kan deles med andre. Det kan være for eksempel å tegne forsikring, slik at forsikringsselskapet deler ansvaret. En annen mulighet kan være å tegne kontrakter med underleverandører slik at de tar på seg en viss del av ansvaret.
- Øke kunnskap og forskning. Dette vil redusere usikkerhetene, og også redusere risikoen. Det kan gjennomføres ulike typer simuleringer som kan predikere utfallet

med høyest sannsynlighet. Monte-Carlo-simuleringer er et eksempel på en slik type simulering.

Med denne vinklingen kan det virke som om risiko er noe utelukkende negativt. Dersom det skulle vise seg å være et stort oppsidepotensiale, må gruppen ta en vurdering om de ønsker å sette i gang tiltak for å forfølge risikoen, for å få de potensielle gevinstene.

#### 2.5.4. Risikoakseptkriterier

Etter at en risikoanalyse har blitt gjennomført, skal ledelsen vurdere om risikoen er akseptabel eller om det må ytterligere risikoreduserende tiltak til. Resultatet av en risikoanalyse sammenlignes med forhåndsbestemte akseptkriterier, som er slik at hvis verdien er under denne verdien, er risikoen akseptabel. I motsatt fall er risikoen uakseptabel, og risikoreduserende tiltak må iverksettes. Et eksempel på et slikt kriterium er: Frekvensen av hendelser i løpet av ett år som medfører tap av en sikkerhetsfunksjon, skal være høyst  $10^{-4}$  [19]. Dersom risikoanalysen kommer frem til en beregnet frekvens høyere enn dette, er risikoen uakseptabel, og dersom frekvensen er lavere er risikoen akseptabel [8]. Et annet eksempel på risikoakseptkriterie er ALARP-prinsippet (ALARP: As Low As Reasonably Practicable). Bruken av ALARP-prinsippet varierer noe innen industrien, se Figur 4 [10].



Figur 4 Figuren viser ALARP-prinsippet [10]

I noen sammenhenger brukes ALARP som eneste akseptkriterium, andre ganger i sammenheng med andre risikoakseptkriterier [10]. Risikoen skal reduseres så langt som

praktisk mulig. Dette innebærer at nytten med å innføre tiltaket skal vurderes i forhold til ulempen eller kostnaden ved å innføre tiltaket. ALARP-prinsippet innebærer «omvendt bevisbyrde», det vil si at identifiserte tiltak skal implementeres, *med mindre* det kan dokumenteres at det er et urimelig misforhold («gross disproportion») mellom kostnader/ulempen og nytte [8]. Dette er en type akseptkriterium og et prinsipp som er anvendelig for både mennesker, miljø og økonomi [10].

En annen mulighet er å bruke risikoindeksen FAR (Fatal Accident Rate, norsk: dødsrate). Denne raten beskriver forventet antall drepte pr. 100 millioner timer under eksponering, og risikoakseptkriterier formuleres i form av FAR-verdien. Det statistisk forventede antall omkomne i løpet av et år betegnes ofte PLL (Potential loss of life). Dersom en antar at det er  $n$  personer under risikoeksponering,  $t$  timer pr. år, blir sammenhengen mellom PLL og FAR [8]:

$$FAR = \frac{PLL}{nt} * 10^8$$

Den gjennomsnittlige sannsynlighet for å omkomme i en ulykke for en person, omtalt som AIR (Average Individual Risk) kan skrives som

$$AIR = PLL/n$$

Tabellen under viser observerte FAR-verdier for ulike aktiviteter.

Tabell 3 Tabellen viser observerte FAR-verdier [20]

Aktivitet	FAR-verdi
<b>Jordbruk og skogsbruk</b>	1,4
<b>Fiske og fangst</b>	8,0
<b>Oljevirkosomhet</b>	3,3
<b>Bygg og anlegg</b>	3,0
<b>Gruvedrift</b>	15

For offshoreinstallasjoner er det ulike yrkesgrupper med forskjellige eksponering for risiko, og det er naturlig å dele inn disse i undergrupper og beregne FAR-verdier for de ulike gruppene.

### 2.5.5. Risikomatrise

En risikomatrise er en enkel og visuell måte å presentere resultatene av en risikoanalyse på.

En risikomatrise inndeles i kategoriseringer av forventede konsekvenser og tilhørende sannsynlighet. Her er det vanligst å se kun på negative konsekvenser, men det er viktig å poengtere at konsekvensene også kan ha positivt utfall, oppsidekonsekvenser. Dette kalles en risiko- og mulighetsmatrise. Innenfor finansiell og økonomisk risikostyring er dette logisk å ha med, da en investering kan ha både positive og negative konsekvenser, etter hvert som markedene svinger begge veier.

	Negative konsekvenser			Positive konsekvenser		
	Store	Middels	Lave	Lave	Middels	Store
Høy sannsynlighet						
Middels sannsynlighet						
Lav sannsynlighet						

Figur 5 Figuren viser en risiko- og mulighetsmatrise

Figuren over viser et eksempel på en risiko- og mulighetsmatrise. Etter hvert som hendelser blir identifisert, tildeles de en sannsynlighet og en konsekvens. De forskjellige sannsynlighets- og konsekvenskategoriene varierer alt etter som hvilken type risiko som vurderes.

Risikoer som havner i rødt område, med middels til høy sannsynlighet for å inntreffe, og også middels til store konsekvenser er uakseptable, og det må gjøres umiddelbare tiltak for å få begrenset denne risikoen. Om det er snakk om en risiko i planleggingsfasen kan denne idéen/planen ikke tas videre før risikoen er redusert. Dersom risikoen havner i gult område, skal tiltak for å redusere risikoen vurderes. Risikoer som havner i grønt område er akseptable risikoer, og tiltak for ytterligere risikoreduisering kan vurderes. Likeledes vil det for positive konsekvenser være en gradering av risikonivået.

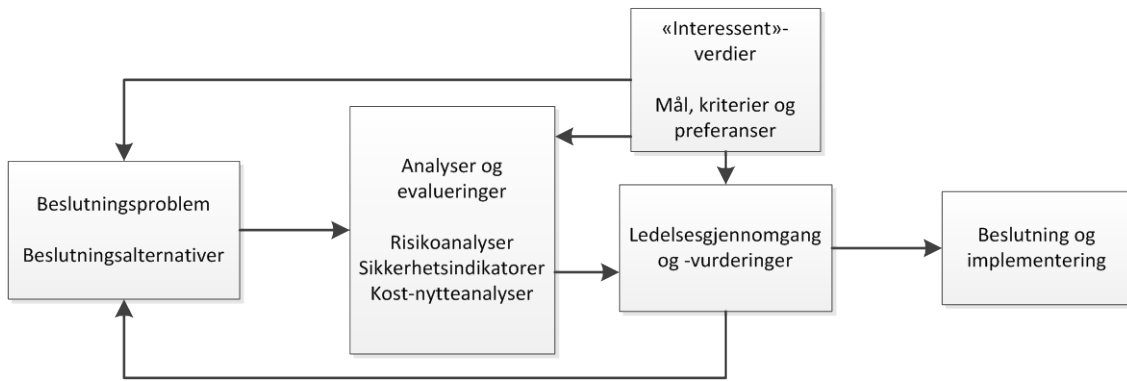
Kan en risikoanalyse gjennomføres dersom vi ikke har tilgang på mye historiske data? Ja, risikoanalyser kan alltid utføres. Risiko kan alltid uttrykkes, uavhengig av tilgangen på inngangsdata. Gjennom risikoanalysen uttrykkes den kunnskap og mangel på kunnskap en har om ulike størrelser. I et slikt tilfelle vil det imidlertid være vanskeligere å etablere gode prediksjoner, og usikkerhetene vil kunne være store [8].

### 2.5.6. Beslutning under usikkerhet

En generell modell for beslutning under usikkerhet er skapt av Aven [8]. En utfordring ved beslutninger under usikkerhet er at det er vanskelig å beregne konsekvensene av avgjørelser en må ta. Generelt inneholder beslutningsprosessen følgende elementer [8]:

1. Beslutningssituasjon og interessenter
  - Hva er problemstillingen?
  - Hva er alternativene?
  - Hva er rammebetingelsene?
  - Hvem berøres av beslutningen?
  - Hvem skal ta beslutningen?
  - Hva slags strategier brukes for å komme frem til en beslutning
2. Målsettinger, preferanser, godhetsmål
  - Hva ønsker de ulike interessenter?
  - Hvordan vektlegge de ulike goder og ulemper
  - Hvordan uttrykkes og kartlegges godheten av de ulike alternativer?
3. Bruk av ulike former for virkemidler, herunder ulike former for analyser som skal gi beslutningsunderlag
  - Risikoanalyser
  - Kost-nytteanalyser
  - Kost-effektivitetsanalyser
4. Gjennomgang og vurderinger av beslutningstaker. Beslutning

I Figur 6 vises en modell for beslutningstaking, basert på elementene ovenfor. Utgangspunktet er et beslutningsproblem, og ofte er det formulert som en oppgave å velge mellom ulike alternativer som på best mulig måte skal møte aktuelle mål og krav som er gitt. I en tidlig fase av prosessen vil det foreligge mange alternativer, mer eller mindre klart beskrevet. Ulike former for analyser og vurderinger gir underlag for å sortere disse og velge ut hvilke som skal bearbeides videre. Til slutt må beslutningstakeren gi en samlet vurdering av de ulike alternativer i lys av de begrensningene som ligger i underlaget, og de prioritering og mål som er gitt. Beslutningstakeren tar så en beslutning [8].



Figur 6 Figuren viser en modell for beslutning under usikkerhet [8]

Dette er en enkel modell av beslutningsprosessen. Modellen sier hvordan prosessen bør være. Dersom modellen følges, er prosessen dokumenterbar og sporbar. Modellen er imidlertid ikke særlig detaljert og spesifikk [8].

## 2.5.7. Standarder og retningslinjer

### 2.5.7.1. ISO 31000:2009

ISO 31000:2009 – Risikostyring – Prinsipper og retningslinjer, er en standard utgitt av ISO<sup>2</sup>. Den gir generelle prinsipper og retningslinjer for risikostyring. Denne internasjonale standarden kan brukes for alle typer risiko, enten den har positive eller negative konsekvenser. Standarden kan brukes gjennom hele livsløpet til en organisasjon og for en rekke aktiviteter, for eksempel strategier og beslutninger, drift, prosesser, funksjoner, prosjekter, produkter, tjenester og eiendeler.[9]. Når styring av risiko iverksettes og opprettholdes i henhold til ISO 31000:2009 gjør dette at organisasjonen for eksempel kan øke sannsynligheten for å nå sine mål, oppmuntre til proaktiv styring, gjøre seg kjent med behovet for å identifisere og håndtere risiko i hele organisasjonen, forbedre identifiseringen av muligheter og trusler, overholde relevante juridiske og forskriftsmessige krav og internasjonale normer, forbedre pålagt og frivillig rapportering, forbedre organisasjonens forvaltning, øke interessentenes tillit og tiltro, etablere et solid grunnlag for beslutningstaking og planlegging, forbedre kontroller, fordele og bruke ressurser for risikohåndtering på en effektiv måte, øke sin driftsmessige effektivitet og produktivitet, forbedre prestasjonen både innenfor sikkerhet og helse og innenfor miljøvern, forebygge tap og styre hendelser på en bedre måte, begrense tap til et minimumsnivå, forbedre organisasjonsmessig læring, og forbedre organisasjonens robusthet[9].

<sup>2</sup> International Standardization Organization

### **2.5.7.2. NORSOK Z-013**

NORSOK Z-013 er en standard utgitt av Standard Norge, og omfatter risiko- og beredskapsanalyser på norsk sokkel. Hensikten med denne NORSOK-standard er å etablere krav for effektiv planlegging, gjennomføring og bruk av risiko- og beredskapsanalyse. Bruk av risikoakseptkriterier er også behandlet slik at standarden dekker noen aspekter ved risikovurdering. Risikostyringsprosessen i NORSOK Z-013 er den samme som i ISO 31000:2009 med unntak av risikohåndteringsprosessen som utgår i NORSOK-Z-013.

### **2.5.7.3. NORSOK S-001**

Når det gjelder prosessanlegg og generell drift av anlegg på norsk sokkel, gir NORSOK S-001 retningslinjer og krav til prosessikkerhet, ledelse av teknisk sikkerhet, layout, gassdeteksjon, nødavstengingssystemer, branndeteksjon, tennkildekontroll og lignende [21].

### 3. Prosjektledelse

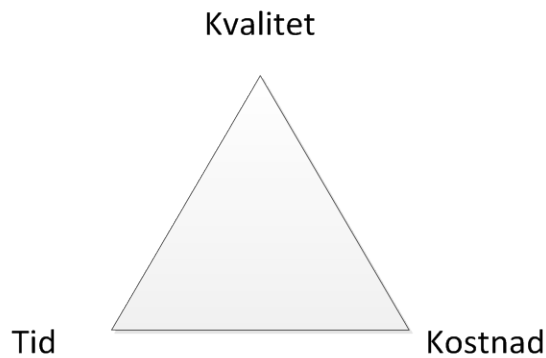
Det er mange definisjoner av hva et prosjekt er, men det som er felles for de fleste er at det er et avgrenset tiltak med et definert mål som gjennomføres innenfor en avtalt tidsramme, budsjettamme, med en midlertidig organisasjon. Et prosjekt dreier seg om å oppnå et forhåndsbestemt resultat/mål, løse et problem, tilfredsstillere et behov. [2, 3, 22, 23]. Prosjekter anses som unike i den forstand at de alltid i større eller mindre grad vil være forskjellige, selv om målet og leveransen er den samme, på grunn av at omgivelsene vil være forskjellige og den usikkerheten de opererer under vil variere [23].

Generelt sett, så starter prosjekter som resultat av en eller flere av følgende årsaker [2]:

- *Etterspørsel fra markedet* (for eksempel et supermarked åpner en ny butikk på grunn av etterspørsel)
- *Forretningsøymed* (for eksempel et universitet som starter et prosjekt for å igangsette nettstudier for å øke kundemassen/antall studenter og omsetningen sin). Dette gjelder spesielt for USA
- *Ønske fra kunde* (for eksempel et kraftselskap som starter et prosjekt for å lage en ny stasjon som leverer strøm til et nytt industriområde)
- *Teknologisk utvikling* (for eksempel blir det utviklet nye databrikker som skaper prosjekter for bedrifter for å lage neste generasjons datamaskiner)
- *Lovmessige krav* (for eksempel en malingsprodusent som starter et prosjekt for å danne retningslinjer for håndtering av farlig gods som følge av endringer i lovverket)
- *En krise* (for eksempel en nedgang i markedet som tvinger en bedrift til omstrukturering)

Det er tre konkurrerende faktorer som løpende må trekkes inn i prosjekter. Disse er tid, kostnad og kvalitet. Med kvalitet menes scope, kvalitet på produktet, sluttresultatet av prosjektet, funksjonalitet og egenskaper ved det. Med kostnad menes budsjettbegrensninger. De økonomiske rammene som ligger til grunn for selve prosjektet, både i form av tilgjengelig personell og andre utgifter. Med tid menes den tidsbegrensningen som gjelder for prosjektet. Forholdet mellom disse faktorene illustreres i scope-triangelet.





Figur 7 Figuren viser scope-triangelet

### 3.1. Prosessgrupper

Prosjektledelse består av 5 Prosessgrupper som beskrevet i Brun [24] og Wysocki [3].

- 1) Scoping: I denne prosessen ansettes det en prosjektleder, og det arbeides det for å få aksept for målsetning og omfang av prosjektet. Ikke alle prosjekter går videre til planleggingsfasen. Det legges arbeid i å identifisere klientens reelle behov. Prosjektleder må forhandle med klienten hvordan disse behovene kan imøtekommes, og dokumentere klientens behov og omfang av prosjektet, samt få aksept hos klient og styringsgruppe for det definerte omfanget av prosjektet. En klar forståelse av scopet er kritisk for planleggings- og igangsettingsfasen av prosjektet. Etter denne fasen skal prosjektgruppen ende opp med en POS<sup>3</sup> som bl.a. inneholder et gjennomføringsstudie som leder til en avgjørelse om prosjektet skal starte eller ikke. Det er i hovedsak to hovedspørsmål som skal besvares i scoping-prosessgruppen: «Hvilken forretningssituasjon er det som skal besvares?» og «Hva trenger vi å gjøre?» [3]. Ingen prosesser for planlegging og utførelse av prosjektet utføres i denne fasen.
- 2) Planlegging: I denne prosessen identifiseres arbeidet som må gjøres, nødvendige investeringer, kostnader, tid og ressurser for prosjektet må identifiseres og fås aksept for. Estimering av kostnader for arbeidskraft, utstyr og fasiliteter, materialer og kapital. Det skal lages en tidsplan og budsjett for prosjektet. Usikkerheter skal identifiseres så godt det lar seg gjøre, og det skal utarbeides en plan for usikkerhetshåndtering. Prosjektleder må få aksept for å iverksette prosjektet. For tradisjonelle prosjekter vil hele prosjektet bli planlagt i denne fasen, mens i agile prosjekter vil deler av prosjektet planlegges for hver iterasjon. Det er i hovedsak to

---

<sup>3</sup> Project Overview Statement

spørsmål som skal besvares i denne prosessgruppen: «Hva skal vi gjøre» og «Hvordan skal vi gjøre det». Planlegging av prosjektaktiviteter er nødvendig på et tidlig stadium, men det ikke nødvendig for prosjektsuksess å gjøre dette første gangen. I agile prosjekter er det en løkke fra utføring av prosjektarbeidet tilbake til planlegging for å endre planene underveis om nye variabler skulle dukke opp, usikkerheter blir identifisert og analysert på en slik måte at prosjektet må endre i planene sine. Planlegging i tidlig fase er en utfordring fordi prosjekter er komplekse tiltak med restriksjoner i tid, kostnader, ressurser og presise spesifikasjoner av produktet som skal leveres. Imidlertid er det begrensninger og usikkerheter som verken prosjektleder, kunde eller andre interessenter klarer å ha oversikt over på et tidlig stadium [4].

- 3) Igangsetting: Det planlagte arbeidet utføres. I denne prosessen skal prosjekt-teamet rekrutteres, prosedyrer og rutiner etableres og selve arbeidet av prosjektet utføres. Her skal avhengigheter og rekkefølge på aktiviteter identifiseres, og all tid som vil medgå til alle aktiviteter skal estimeres sammen med totale kostnader og øvrig ressursbehov for å gjennomføre prosjektet. Det skal i tillegg lages en prosess for endringshåndtering.
- 4) Oppfølging og kontroll: I denne prosessen skal den daglige driften i prosjektet skal følges opp og rapporteres, med hensyn på utført arbeid, kostnader og tidsbruk. Det er flere metoder å beregne disse på, både CPI og SPI (cost performance index og schedule performance index), som for eksempel BCWP (budgeted cost of work performed), ACWP (actual cost of work performed), BCWS (budgeted cost of work scheduled) og EAC (estimate at completion). Det er matematiske forhold mellom disse variablene, men de går ikke nærmere inn på i denne oppgaven. Dersom det avdekkes systematisk feil hvor avviket mellom planlagte kostnader og faktiske kostnader øker, må korrektive tiltak iverksettes. Usikkerheter underveis skal følges opp og rapporteres. Endringsforslag skal behandles. Problemsituasjoner som kan oppstå skal identifiseres og løsninger må utarbeides.
- 5) Avslutning: I denne prosessen skal en få oppdragsgivers aksept på at prosjektmålet er nådd. Prosjektresultatet overleveres, siste utbetalinger foretas og kontoer avsluttes. All avsluttende dokumentasjon skal gjøres.



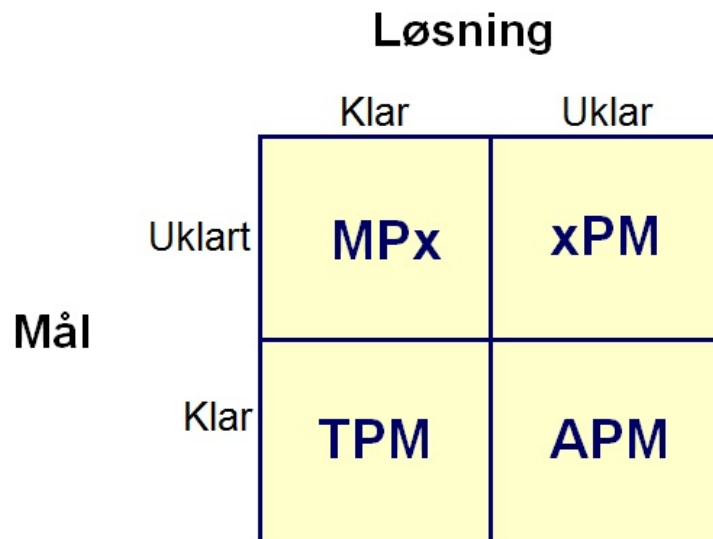
Figur 8 Figuren viser de 5 prosessgruppene

### 3.2. Interessenter

En hvilken som helst person eller gruppe som har interesse i prosjektet er en interessent. De som bidrar til prosjektet, påvirker prosjektet, og er derfor interessenter. De er ikke nødvendigvis villige interessenter, men de er likevel interessenter. De som blir påvirket av prosjektet er også interessenter. Ofte er de den samme gruppen som er grunnen eller årsaken til at prosjektet blir igangsatt, og i så tilfelle er de villige interessenter. Prosjektlederen må være klar over alle de ulike interessentene, og kommunisere effektivt for å sikre at alle interessentene er oppdatert med hvordan prosjektet går [3].

### 3.3. PMLC-modeller

Grovt sett kan prosjektledelsesmodeller deles inn i fire grupper. Tradisjonell prosjektledelsesmodell (TPM), agil prosjektledelsesmodell (APM) og ekstreme prosjektledelsesmodeller (xPM og MPx). Tradisjonelt sett har prosjekter med høy grad av forutsigbarhet og lav usikkerhet en prosjektledelsesmodell uten noen form for løkke eller sløyfe som tar prosessen til et tidligere stadium for revidering. Hvert steg, prosessgruppe, startes, utføres og avsluttes før en går videre til neste prosessgruppe [3]. Tradisjonelle prosjekter har ingen form for løkke, som gjør det mulig å gå tilbake til en tidligere prosessgruppe/fase, og gjøre om eller endre underveis i prosjektet. Slike prosjekter er mindre fleksible, og har ingen toleranse for endringer i scope underveis. Da må i så fall hele prosjektet starte på nytt fra første prosessgruppe. Figuren under viser et PMLC-landskap, som grovt illustrerer hvilken type prosjektledelsesmodell som er best egnet for prosjektet som skal gjennomføres, basert på hvor klart eller uklart mål og løsning er. Det kommer klart frem at et tradisjonelt prosjekt med klart mål og klar løsning, følger en tradisjonell prosjektledelsesmodell. Denne er best egnet i dette tilfellet. Agile prosjekter derimot har klart mål, men løsningen for å nå nettopp dette målet er ikke like klart.



Figur 9 Figuren viser PMLC-landskapet [3]

Det er ulike typer usikkerhet innen prosjektledelse. Det skilles mellom:

Usikkerhet: Mangel på informasjon, en måte å redusere usikkerheten på er å skaffe mer informasjon. Mangel på forutsigbarhet, kan redusere usikkerheten ved å øke sin egen evne til å predikere og estimere. [24]

Tvetydighet, tolkningsusikkerhet: Denne typen usikkerhet oppstår når ulike personer i prosjektgruppa, eller interessenter tolker samme informasjon på ulik måte. I dette tilfellet vil ikke nødvendigvis mer informasjon minske tvetydigheten.

Kompleksitet: Komplekse situasjoner er ikke nødvendigvis uklare eller uforutsigbare. De kan tvert imot være klart definert og forutsigbare, men mengden av faktorer, relasjoner, sekvenser osv. som må vurderes samtidig kan være så stor at det blir krevende å håndtere.

For å håndtere kompleksitet må man enten øke kapasiteten til å håndtere den, f.eks. gjennom å etablere regler og rutiner. En kan også redusere kompleksiteten, f.eks. ved å bryte ned et komplekst problem ned i mindre, mer håndterlige enheter, slik som arbeidsfordeling, markedssegmentering eller lignende [24].

Det er en positiv korrelasjon mellom kompleksitet og usikkerhet. Jo mer komplekst et prosjekt er, jo mer usikkerhet vil det være. Det vil da per definisjon være økt risiko i et (A,C,U)-risikoperspektiv.

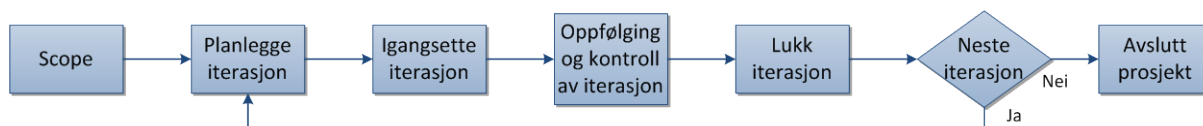
### 3.4. Agile prosjekter

Det som kjennetegner agile prosjekter er høy grad av usikkerhet ved oppstart, og ved hjelp av løkker i prosessgruppene kan et prosjekt bli mer dynamisk og komme fram til en løsning etter hver, enten ved hjelp av prototyping eller læring. Du kan ha et generelt mål du ønsker å jobbe mot, for eksempel ønsker du å ha et prosessanlegg med høy sikkerhet, og passiv brannbeskyttelse og gode muligheter for evakuering i tilfelle det skulle oppstå en nødsituasjon. I scoping-fasen så er målet ganske klart definert, men løsningen for å oppnå dette målet er ikke kjent, det er usikkerhet inne i bildet. Selve designet til prosessanlegget er ikke på plass, og arbeid med å planlegge rømningsveier og brannsikringsutstyr kan ikke gjøres til siste detalj i tidlig fase. Det er i hovedsak to typer agile prosjektledelsesmodeller, og disse kalles iterative og adaptive prosjektledelsesmodeller.

#### 3.4.1. Iterativ PMLC

Karakteristikk ved en iterativ modell er at løsningen er kun delvis avklart ved prosjektstart. Hovedfunksjoner i produktet er gjerne kjent, men ikke i dybden. En del «features» er uavklart. Med features menes detaljer, egenskaper eller funksjonaliteter ved produktet som skal produseres. Ofte gjelder dette programvare, en vet for eksempel ikke nøyaktig hvordan det endelige brukergrensesnittet skal se ut. Prosessen for hvordan en skal utvikle produktet når en bare får avklart features, er kjent. Ofte brukes det prototyper som modeller og simuleringer for å få avklart endelig produktløsning. I slike iterative modeller er gruppen med planlegging og iverksettelse kjørt flere ganger med en feedback-løkke der her repetisjon er en iterasjon. For hver iterasjon søker en å oppnå gradvis skarpere definisjon av produktet som skal leveres, og når klientbehovet er tilstrekkelig oppfylt kan siste fase av en iterasjon føre til avslutning av prosjektet [24]. Dette står i kontrast til tradisjonelle, såkalte lineære, prosjektledelsesmodeller der hele leveransen skjer i siste fase. Styrker ved iterativ modell er at klienten kan følge utviklingen av løsninger og foreslå forbedringer, det gis rom for endringer i scope mellom iterasjoner og tilpasning til endrede forretnings- og markedsforhold. Svakheter er at en trenger en mer aktivt involvert klient enn det som trengs ved lineære modeller. Det er større behov for samlokaliserte team og implementering av midlertidige løsninger kan være problematisk. En iterativ løsning vil være best egnet når:

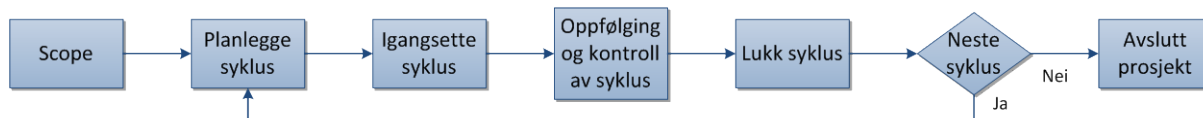
- Det er middels til høy usikkerhet om hva prosjektet skal levere (produktet)
- Det er lav usikkerhet om hvordan prosjektet skal utvikle det (prosessen)



Figur 10 Figuren viser prosessene i en iterativ prosjektledelsesmodell[3]

### 3.4.2. Adaptiv PMLC

En adaptiv prosjektledelsesmodell har en syklisk struktur, og en grov overordnet plan der detaljplaner utføres kun for hver syklus. Løsningen er lite kjent, det er usikkerhet med hensyn på prosjektleveransen og delfunksjoner og features. Det er også usikkerhet med hensyn på prosessen for hvordan en skal utvikle produktet. En adaptiv prosjektledelsesmodell går fra syklus til syklus basert på begrenset spesifisering om løsningen. Hver syklus lærer fra den foregående og gir input til den neste i et forsøk på å konvergere til en løsning. Når en løsning er funnet som i tilstrekkelig grad tilfredsstillende klientbehov kan siste fase av en syklus føre til avslutning av prosjektet. I scope-fasen settes avgrensningene og høynivåparametre for prosjektet. Antall sykluser og sykluslengder bestemmes også i scope-fasen med foreløpige målsetninger. Detaljplaner utarbeides i forkant av hver syklus. Styrker er at det brukes minimalt med tid på ikke-verdiskapende planarbeid. En unngår tidsbruk til å prosessere scope-endringsforespørsler, og planlegge usikkerhet. Det produseres maksimal verdi for klient innen de gitte tids- og kostnadsrammene. Svakheter er at denne modellen avhenger av meningsfull klientinvolvering, og en kan ikke ved prosjektoppstart angi nøyaktig hva som blir levert ved prosjektslutt.



Figur 11 Figuren viser prosessene i en adaptiv prosjektledelsesmodell[3]

### 3.5. Tidlig fase

Hva menes egentlig med tidlig fase? Det finnes mange definisjoner på dette, blant annet:

*“The process and activities that lead to, and immediately follow, the decision to undertake feasibility studies and to execute the main project” [25].*

Vanlige problemer i tidlig fase er mangel på eksakt kunnskap/informasjon, som bidrar til økt usikkerhet. Det er også mange interessenter, spesielt i store og komplekse prosjekter, og det å

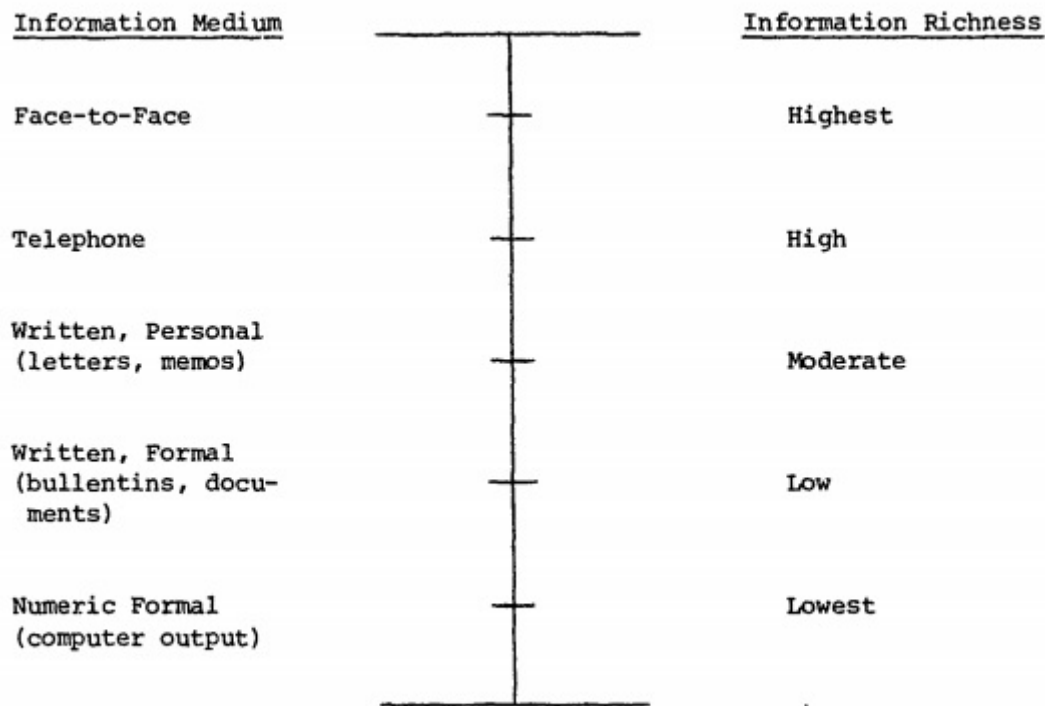
få innsikt i deres roller og interesser kan vise seg å være problematisk på et tidlig stadium i prosjektet. Prosjektusikkerheten er på sitt høyeste tidlig i prosjektets levetid.

I scope-fasen gjøres det som nevnt en gjennomføringsstudie som leder til en avgjørelse om prosjektet skal starte eller ikke. Tidlig fase av prosjektet er etter denne definisjonen definert som alle prosesser og aktiviteter som leder fram til, og følger umiddelbart etter, avgjørelsen til å utarbeide en gjennomføringsstudie, og å igangsette prosjektet. Dette betyr også at tidlig fase inkluderer tiden før en bestemmer seg for å faktisk gjennomføre prosjektet [25]. Sammen med gjennomføringsstudien gjøres også en verdianalyse, formulering av prosjektmål etc. i denne fasen. Noe som karakteriserer tidligfase er at den er lite forutsigbar og at utviklingen mot den endelige beslutningen skjer stegvis [23]. I prosjektlivssyklus-sammenheng, består prosjekter av 5 prosessgrupper: scope, planlegging, igangsetting, overvåking og monitorering, og avslutning. I denne oppgaven menes scope- og planleggingsfasen når begrepet tidligfase brukes. Den drives frem av en beslutningsprosess og en analytisk prosess som går parallelt, med påvirkning fra ulike interessenter, politisk tautrekking, medieeksponering, offentlig debatt, og så videre [23].

### **3.6. Kommunikasjon og håndtering av usikkerhet i prosjekter**

I komplekse prosjekter med høy grad av usikkerhet er det alltid viktig å ha kontroll på kommunikasjonen mellom prosjektmedlemmene. Kommunikasjon står sentralt i all usikkerhetshåndtering, men kommunikasjonsformen må tilpasses den type usikkerhet vi står overfor [24]. Riktig type informasjon og riktig mengde informasjon er kritisk. Prosjektledere har typisk en hektisk hverdag og det er lite hensiktsmessig å komme med så mye data at det blir uoversiktlig, og nyanser kan bli borte i mengdene. På den andre siden er det kanskje ikke slik at en prosjektleder skal sitte med numeriske data og store mengder tekstbasert informasjon. Han eller hun får gjerne oppdatert informasjon om prosjektets gang via rikere medier, som for eksempel videooverføring, telefon eller grafiske presentasjoner og fremstillinger. Denne måten å kommunisere på kan være med å redusere eventuelle ambiguiteter og usikkerheter. Ikke bare kan du få umiddelbar respons, men du kan også se personens reaksjon på informasjonen på kroppsspråket, ansiktsuttrykket og lignende. Selv om ansikt-til-ansikt er den optimale måten å kommunisere på, er det ikke alltid mulig å gjennomføre.

Det skiller mellom to typer kommunikasjon, mager og rik [26]. Figuren under viser eksempler på typer medier og tilhørende grad av «rikhet»:



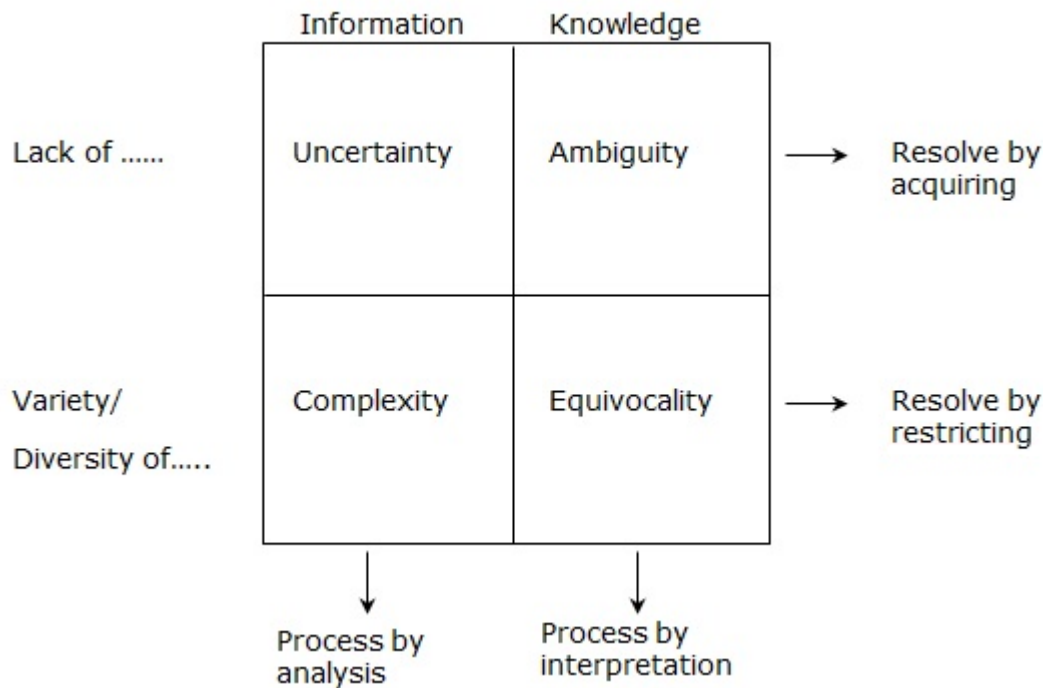
Figur 12 Figuren viser informasjonsmedier og tilhørende informasjonsrikhet [27].

Numeriske resultater med kun tall er den magreste formen for informasjon. Jo mer personlig og mer bruk av bilder og kroppsspråk som er involvert i overføring av beskjedene, jo «rikere» er kommunikasjonsformen. Den aller rikeste formen for kommunikasjon er ansikt-til-ansikt. Når en kommuniserer på denne måten kan man få umiddelbar tilbakemelding, og en kan også se ansiktsreaksjonene idet meldingen blir sendt. Dette er den optimale måten å kommunisere på, men det lar seg ikke alltid gjøre i praksis [3]. Siden figuren over ble utviklet, har det kommet nye kanaler, etter at internett har blitt mer anvendt i kommunikasjon. E-post har sine fordeler, det er rask overføring av informasjon, men det har også sine ulemper. Enkelte får veldig mange e-poster i løpet av en dag, og kanskje den viktige meldingen som skal gjennom, ikke er blant de mest synlige i innboksen til den som skal motta informasjonen, den blir rett og slett borte i «støyen» av andre e-poster [3]. E-post er også mye kortere og mer konsis enn en voicemail, men den klarer ikke på samme måte å formidle tonen i meldingen som gis.

I tidlig fase av et prosjekt er det mye møtevirksomhet mellom interessentene, og dette er en rik form for kommunikasjon. Personene kommuniserer ansikt til ansikt, og reduserer



sannsynligheten for misforståelser. Kroppsspråk og ansiktsuttrykk hjelper til å få frem beskjednen slik den er tenkt fra avsender.



Figur 13 Figuren viser Zacks typologi for kunnskapsmangel [28]

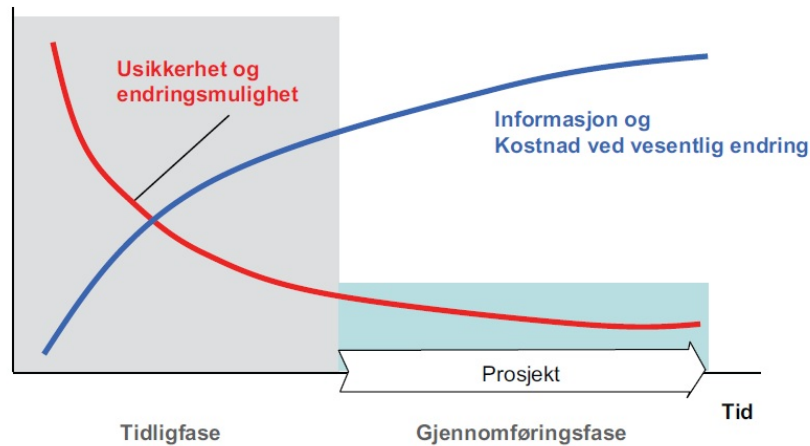
Figuren viser hvordan en kan unngå eller redusere forskjellige former for usikkerhet. Hvis det er mye mangler i datagrunnlaget eller i kunnskapsgrunnlaget kan usikkerheten reduseres ved å bruke flere ressurser på å innhente mer data, eventuelt å gjennomføre flere analyser. Om det er et veldig komplekst prosjekt med alt for mye informasjon å holde styr på i denne fasen, kan denne formen for usikkerhet reduseres ved restriksjoner. Et eksempel kan være å utelukke enkelte deler av prosjektet for denne gang, for så å komme tilbake til det ved et senere stadium. På denne måten kan usikkerheten reduseres ved at kompleksiteten blir mindre, og mer håndterlig. Tolkingsusikkerhet og tvetydighet løses ved å tolke grundigere. Mer informasjon til denne typen usikkerhet vil ikke nødvendigvis redusere usikkerheten. En mer interpretiv tilnærming er ønskelig.

Tabell 4 Tabellen forklarer hovedforskjellene mellom rik og mager kommunikasjon [27]

Rik kommunikasjon	Mager kommunikasjon
Tale, tonefall, ansiktsuttrykk, kroppsspråk, ansikt-til-ansikt. Evne til å formidle mange typer informasjon, og hurtig formidle ny mening. Effektiv for å formidle informasjon med høy grad av ambiguitet, der det er lite rom for misforståelser. Kan bidra til unødvendig data som kan lede til forvirring.	Tall, tekst. Evne til å formidle få typer informasjon. Effektiv i prosjekter med lite usikkerhet, der oppgavene er i stor grad kjent, og vel forstått og det kun er basisinformasjon som skal formidles. Gir ikke nok mening for klarifisering der det er høy ambiguitet i bildet.

I scope- og planleggingsfasen er prosjektet fortsatt i et veldig tidlig stadium, og mye av arbeidet er fortsatt på tegnebrettet. Det er vanlig å anta at usikkerheten er på sitt høyeste i starten av et prosjekts tidlige fase. Sikkerheten om det endelige utfallet av prosjektet er dermed på sitt laveste i denne fasen. Etter hvert som prosjektet utføres, vil usikkerhetene bli mindre. Mulighetene for interessentene til å påvirke sluttresultatet uten å påføre prosjektet ekstra kostnader er høyest tidlig i prosjektfasen. Etter hvert som prosjektet utføres, vil muligheten til å gjøre endringer bli lavere, og kostnadene ved korrektive tiltak vil øke med tid, slik som vist i Figur 14. Det skal gjøres en del kritiske valg i tidlige fase som setter grunnlaget for hvordan det endelige resultatet blir, for eksempel valg av konsept og kompliserte, komplekse tekniske løsninger som for eksempel hvilke kjemiske reaksjoner skal finne sted i et prosessanlegg. På ide- og konseptstadiet kan en fritt sjonglere med ulike strategiske løsninger på et gitt problem, men etter hvert som tiden går vil det være mer utfordrende å gjøre dette. Det blir vanskeligere, og i økende grad dyrere å gjøre vesentlige endringer i et prosjekt desto senere en i prosessen en befinner seg [23]. Derfor er det viktig å ta tak i de store og utfordrende problemene som konseptvalg så tidlig som mulig, og ha ekstra fokus på å redusere usikkerheten så mye som mulig, og få så mye informasjon som mulig. Dersom det gjøres «kloke» valg i tidlige fasen kan et slikt anlegg bygges med innebygget sikkerhet fra starten av. Det kan resultere i lavere risiko for alvorlige ulykker når anlegget kommer i driftsfase, og det vil kunne være enklere å vedlikeholde, og dersom det skulle skje en lekkasje, vil konsekvensene ikke være så alvorlige sammenlignet med et utslipp fra et anlegg der innebygget sikkerhet ikke er i fokus i like stor grad. Underveis i gjennomføringen og utviklingen av et prosjekt blir det vanskeligere å

installere tiltak for innebygd sikkerhet. Mange viktige beslutninger blir gjort tidlig i designfasen og kostnadene ved å endre noe på design øker etter hvert som prosjektet går videre til neste prosessgruppe, som vist i Figur 14.



Figur 14 Figuren viser mulighet til å gjøre endringer over tid i et prosjekt [23]

I planleggingsfasen er det et økende behov for informasjon og usikkerhetshåndtering. Det skal legges mer detaljerte planer, slik at når prosjektet skal igangsettes, så er det på et så godt grunnlag som mulig. I agile prosjekter er det løkker tilbake til planleggingsfasen, så etter hvert som prosjektet går så kan hver iterasjon gå tilbake til planleggingsfasen, oppdatere prosjektdeltakerne med ny informasjon og utarbeide planleggingen videre, ut fra ny informasjon, resultater av analyser og lignende. Det vil etter hvert bli økende detaljeringsgrad og presisjonsnivå på informasjonen.

Siden det er store usikkerheter knyttet til agile prosjekter, vil det være naturlig å uttrykke sannsynligheter ved hjelp av intervall, og siden det ofte er prosjekter som per definisjon er unike, og agile prosjekter er ofte høyst innovative, så er det ofte lite datagrunnlag eller historikk å basere seg på, fordi det ikke har vært gjort mange ganger før. Da vil eksperter bidra med sine subjektive kvalitative vurderinger i en risikoanalyseprosess.

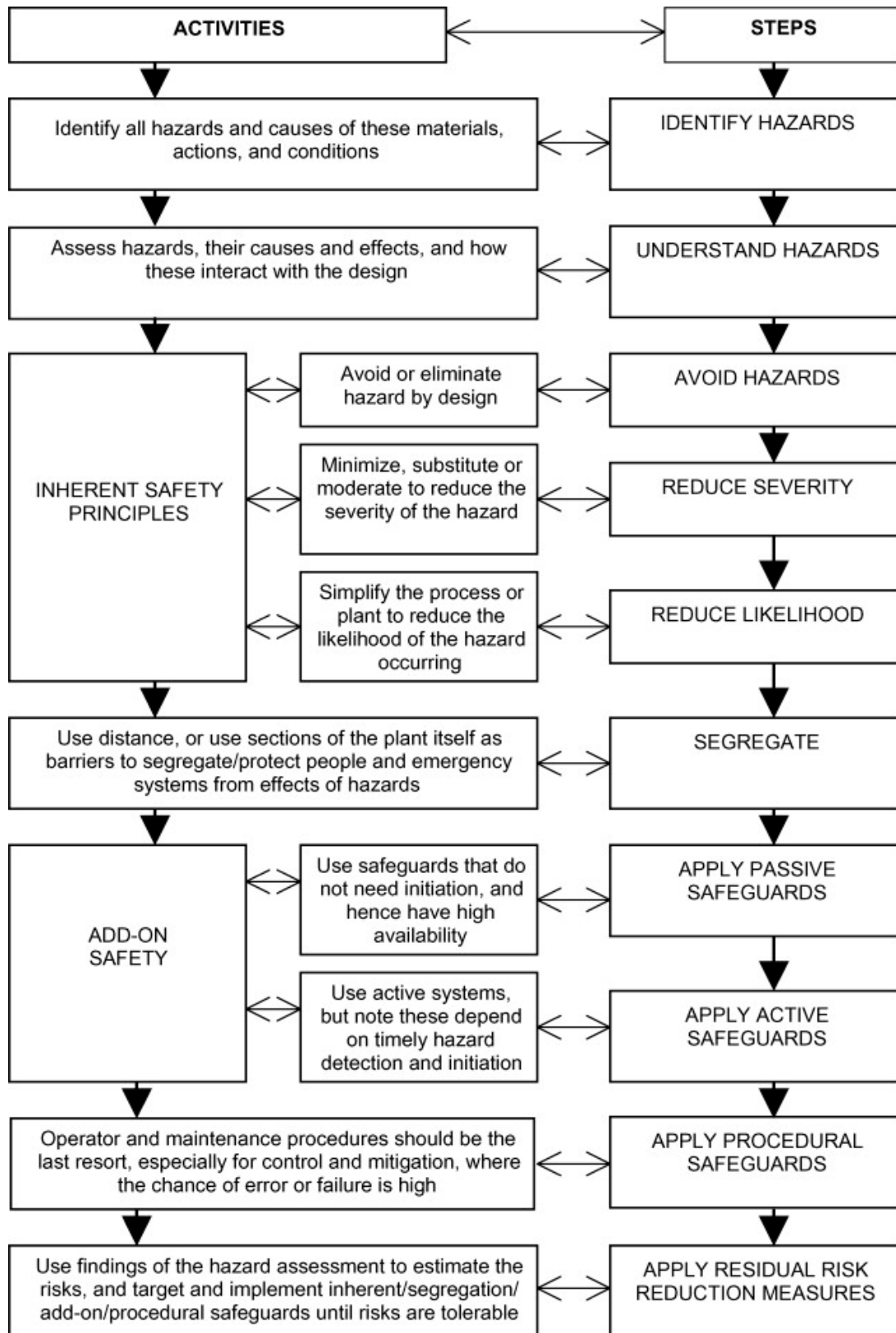
## 4. Innebygget sikkerhet

Menneskelig svikt, både under vedlikehold, som for eksempel at en ventil blir satt inn feil vei etter en rutineoperasjon, og feil begått av operatører som jobber med utsatte systemer, for eksempel brudd på prosedyrer, slik at farlige situasjoner oppstår, og feil på utstyr er alle store kilder til ulykker [1]. Terminologien innebygget sikkerhet (engelsk: inherently safer design), som ble lansert av Trevor Kletz på slutten av 1970-tallet, har siden tidlig på 1990-tallet vært anerkjent som den mest hensiktsmessige tilnæringsmåten til kjemisk prosessindustri, og forskere basert på den store mengden artikler som er publisert og presentert på konferanser siden da [29]. Kletz mener at i stedet for å holde farene under kontroll ved å legge til beskyttende utstyr bør en bruke innebygget sikkerhet så lenge det er praktisk gjennomførbart [1, 30, 31]. Kletz nevner at etter en ulykke blir en fare avdekket, enten fordi det er opplagt at denne faren er der, eller den blir identifisert gjennom en HAZOP. Tiltakene for å håndtere denne faren danner et hierarki, som i dag er allment anerkjent i teorien, om ikke alltid i praksis [31]:

- Når det er mulig burde en unngå faren ved å bruke innebygget sikkerhet [31].
- Dersom dette ikke er praktisk gjennomførbart, (det vil si, enten umulig å gjøre med dagens kunnskap, eller så dyrt å gjennomføre at det er en stort misforhold mellom kostnaden og risikonivået jf. ALARP-prinsippet som beskrevet i kapittel 2), bør en prøve å holde faren under kontroll ved å legge til passivt utstyr, det vil si utstyr som ikke inneholder bevegelige deler eller som ikke trenger å bli aktivert verken manuelt eller automatisk [31].
- Det tredje valget er å legge til beskyttende utstyr som inneholder bevegelige deler eller er aktivert automatisk. Uheldigvis kan utstyret svikte eller det kan være skrudd av eller neglisjert, eller det kan oppstå en tilfeldig feil ved utstyret siden det sist ble testet, men dersom testing av utstyret er tilstrekkelig er dette lite sannsynlig [31].
- Det fjerde valget er å stole på valg operatører gjør. Uheldigvis er det flere måter en operatør kan svikte på: Det kan være at han eller hun ikke har blitt fortalt hva som skal gjøres, han eller hun kan ha glemt prosedyren, kan ha vurdert faresituasjonen til å være mindre viktig enn den er, kan ha blitt distraheret av mer viktige oppgaver, eller kan ha blitt skadet av en initierende eksplosjon, brann eller giftig utslipp [31].

Det er flere mellomliggende stadier i dette hierarkiet, og Figur 15 viser en systematisk tilnærming til skadeforebygging. Med denne tilnærmingen er den foretrukne rekkefølgen på

tiltakene (fra mest effektiv til minst effektiv) innebygget sikkerhet, passiv sikkerhet, aktiv sikkerhet og prosessuell sikkerhet [32].



Figur 15 Figuren viser Kletz' systematiske tilnærming til innebygget sikkerhet og skadeforebygging (hierarki) [1, 32]

Detaljene innen innebygget sikkerhet om blir nevnt under, forsikrer at designere av prosessanlegg gjør det på en så sikker og vennlig måte som mulig.

#### 4.1. Trevor Kletz' prinsipper om innebygget sikkerhet

Et av målene med å designe med innebygget sikkerhet, også kalt vennlighet, er å gjøre anlegget brukervennlig. Å redusere/eliminere sannsynligheten for en uønsket hendelse., og å gjøre anlegget fleksibelt, slik at det kan tåle avvik fra normal ytelse fra vedlikeholdsarbeidere og operatører uten alvorlige konsekvenser for sikkerhet og effektivitet. Konseptet er å unngå faresituasjoner, framfor å holde faren under kontroll [31].

Det lar seg ikke gjøre å ha et prosessanlegg hvor en ikke kan forvente at noen ting feiler, altså å oppnå 100 % pålitelighet er i praksis umulig. Mye farlig materiale som skal håndteres, gjerne under høyt trykk. Innebygd sikkerhet vil redusere eller eliminere faren fullstendig.

For å bygge/ferdigstille et prosessanlegg med *innebygget sikkerhet*, er det hensiktsmessig å planlegge for dette så tidlig i prosjektfasen som overhodet mulig. I kapittel 3 er det beskrevet hvordan en tidlig beslutning om å bestemme eller avgjøre elementer innen innebygget sikkerhet er optimal, på grunn av den høye fleksibiliteten og den relativt lave kostnaden sammenlignet med å gjøre dette på et senere stadium i prosjektet.

Følgende eksempler på implementering av tiltak som gir innebygget sikkerhet er inspirert av Kletz and Amyotte [1].

Vennlige anlegg inneholder lave beholdninger av farlige materialer, så lite at det ikke gjør noe om hele beholdninger lekker ut. Det du ikke har, kan ikke lekke. Dette kalles *intensivering eller minimering*. Dersom intensivering ikke er mulig, er et alternativ *substitusjon*: det vil si å bytte ut det farlige stoffet med et tryggere og mindre farlig stoff. På denne måten kan det bli mulig å bytte ut brennbare kjølevæsker og andre kjemikalier med ikke-brennbare stoffer, farlige produkter med ufarlige produkter, og bytte ut prosesser som krever farlige råmaterialer med prosesser som ikke krever dette.

Intensivering, når det er praktisk gjennomførbart, er et bedre tiltak enn substitusjon fordi det er en større reduksjon i kostnader. Hvis mindre materialer er til stede, trenger vi færre rør, tanker, strukturer og fundamenter. Dette kan igjen føre til reduserte kostnader under drift som følge av lavere ressursbehov. Det vil også være lavere kompleksitet i anlegget. Kompleksitet er en kilde til usikkerhet.

Et annet alternativ til intensivering er *demping/moderering* ved å bruke et farlig materiale under minst mulig farlige omgivelser. For eksempel kan flytende klorin være lagret som nedkjølte væsker under atmosfærisk trykk i stedet for å være trykksatt under romtemperatur. Moderering er noen ganger det motsatte av intensivering, for hvis målet er å gjøre en kjemisk reaksjon mindre ekstrem, kan det kreve større lagring/beholdere eller en større beholdning. Når en skal designe vennlige anlegg med innebygget sikkerhet må en inngå kompromisser ved å se på de forskjellige mulighetene. En risikoanalyse er velegnet for å gi beslutningsstøtte, og for å vurdere godheten av ulike alternativer man står overfor.

En annen måte å få innebygget sikkerhet på, er å *endre design eller omstendighetene rundt de kjemiske reaksjonene* som finner sted, som for eksempel å endre temperatur, eller rekkefølgen på de forskjellige operasjonene, framfor å legge til beskyttende utstyr som kan feile eller bli neglisjert i tilfelle en uønsket hendelse. Dersom vennlig utstyr lekker, vil det være ved en lavere utslippsrate som er relativt enkelt å stoppe og få kontroll over.

Intensivering, substitusjon, demping/moderering, begrensning av effekter og simplifisering bidrar til økt grad av innebygget sikkerhet fordi de unngår alvorlige situasjoner framfor å begrense dem ved å legge til sikkerhetsutstyr i ettertid. Innebygget sikkerhet betyr at anlegget i seg selv er sikkert i måten det opererer på, og ikke fordi utstyr har blitt lagt på i ettertid for å gjøre det sikkert.

Enkle anlegg er mer vennlige enn komplekse anlegg fordi det er færre muligheter for feil, uønskede hendelser og svikt av utstyr. De er også billigere både å bygge, og er billigere i drift. *Simplisitet* gir enkle anlegg, og mindre kompleksitet impliserer også mindre usikkerhet, som igjen etter Avens risikotankegang gir lavere/reduert risiko. [7]. Med simplisitet vil det bli enklere å regne ut avhengigheter mellom komponenter, slik at kompleksiteten blir lavere. Det medfører igjen en reduksjon i usikkerheten sammenlignet med et anlegg som ikke har Kletz' prinsipper implementert. I et A,C,U-risikoperspektiv vil dermed risikoen bli redusert som en følge av reduksjonen i usikkerhet. Hovedgrunnen for økt kompleksitet i design av prosessanlegg er behovet for å legge til utstyr for å kontrollere faresituasjoner. Andre grunner for kompleksitet er som følger:

- a) Designprosedyrer som ikke klarer å avdekke og identifisere farer og operasjonelle problemer før sent i prosjektfasen. Når de blir avdekket er det umulig å avdekke farene, og det eneste som lar seg gjøre er å legge til utstyr for å kontrollere dem, og dermed øke kompleksiteten.

- b) Et ønske om fleksibilitet. Store multistrømsanlegg med mange overganger og ventiler slik at flere typer væsker kan flyte gjennom alle typer rør, øker antall potensielle lekkasjepunkter og sannsynligheten for feilmontering av ventilene er til stede.
- c) Mange installerte ekstradeler på prosesslinjen med tilhørende isolasjon og overgangsventiler.
- d) Insistering på å følge regler og praksis som ikke lenger er nødvendig.
- e) Vår egen intoleranse av risiko. Har vi gått for langt? Her menes det at en installerer mindre beskyttende utstyr og heller aksepterer en høyere grad av risiko.

Det er fire hovedprinsipper i innebygget sikkerhet, og disse er nevnt i tabellen under [32]:

Tabell 5 Tabellen viser de fire hovedprinsippene i innebygget sikkerhet [32]

Prinsipp	Beskrivelse
<b>Minimering</b>	Bruke mindre mengder av farlig materiale, når bruken av slike materialer ikke kan bli unngått eller eliminert. Utfør en farlig prosedyre så få ganger som mulig når prosedyren er uunngåelig.
<b>Substitusjon</b>	Bytt ut en farlig substans med en mindre farlig substans eller prosessrute med en som ikke involverer farlig materiale. Bytt ut en farlig prosedyre med en som er mindre farlig
<b>Moderering</b>	Bruk farlig materiale i sin minst farlige tilstand eller identifiser prosesseringsmuligheter som involverer mindre alvorlige prosesseringstilstander
<b>Simplifisering</b>	Design prosesser, prosessutstyr og prosedyrer for å eliminere muligheten for feil ved å eliminere overdreven bruk av påbygget sikkerhetsutstyr og beskyttende utstyr

Utstyr og tiltak kan selvfølgelig bidra til flere aspekter som nevnt for å høyere grad av innebygget sikkerhet. Intensivering og substitusjon gir oftere et tryggere anlegg fordi det blir mindre behov for å legge til beskyttende utstyr. Andre ganger må en velge mellom, for eksempel, å bruke et farlig råmateriale i en prosess som er veldig kontrollert, og å bruke et ufarlig råmateriale i en prosess som er mindre kontrollert.

Vennlige anlegg er designet slik at en unngår «domino-effekter», slik at for eksempel en brann i et område ikke fører til brann i det neste området, ved hjelp av for eksempel



inndelinger og åpne rom mellom moduler slik at ikke brannen kan spre seg, eller hvis brennbart materiale blir håndtert, så er anlegget utendørs slik at ikke det kan føre til store konsentrasjoner av gass, store nok til å starte en eksplosjon dersom en tennkilde skulle være til stede. Med åpne anlegg kan eventuelle lekkasjer bli dispergert av naturlig ventilasjon.

Vennlige anlegg er designet slik at *feilaktig montering* er enten umulig, eller veldig vanskelig. For eksempel bør ventiler designes slik at feilmontering ikke lar seg gjøre, dette vil være den beste metoden. Med vennlig utstyr er det lett å se umiddelbart om deler har blitt montert korrekt, eller hvilken posisjon ventilene står i, åpen eller lukket. For eksempel bør ventiler være merket sånn at det er opplagt om en montering skjer feil vei.

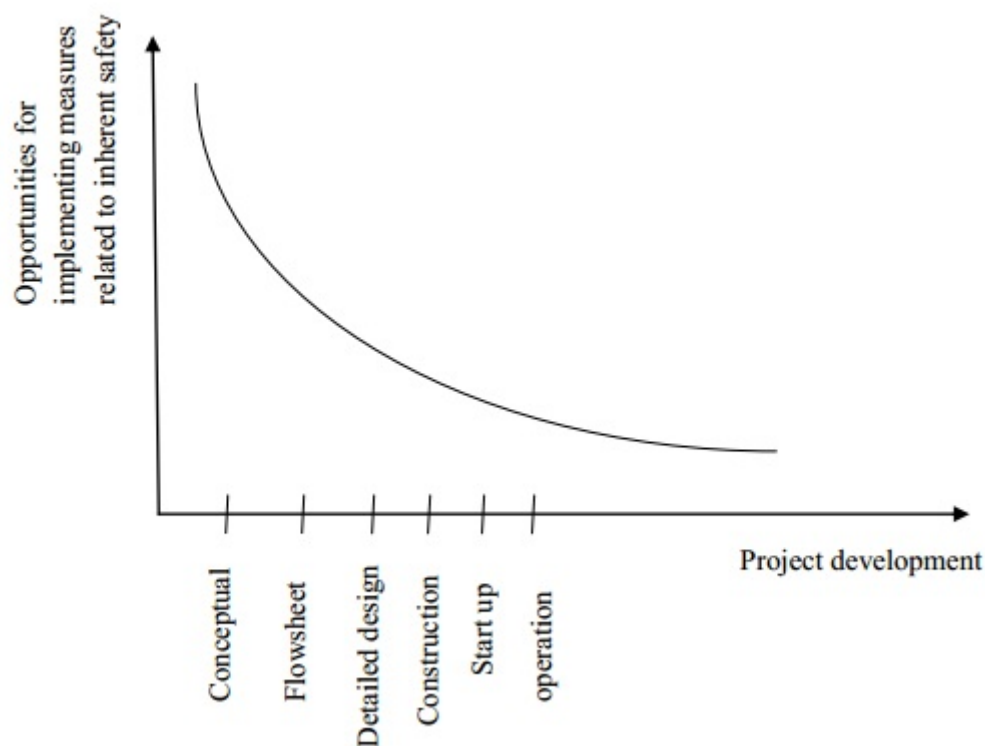
Hvis en ikke kan unngå farlige situasjoner, og må legge til beskyttende utstyr, så bør de så langt det lar seg gjøre være passivt utstyr i stedet for aktivt eller prosessuelle. For eksempel, for å forebygge eller redusere skade fra flammer, er en aktiv metode et brannsprinkleranlegg som spylers området med vann, og som er aktivert automatisk ved hjelp av en flamme- eller varmedetektor. En prosessuell metode er sprinkleranlegg som er aktivert av en operatør. Utstyret kan feile, eller være skrudd av og operatøren kan svikte. Brannisolasjon er passivt, den er umiddelbart tilgjengelig som en barriere mot varme, og trenger ikke aktivering.

Tabell 6 viser hvilke stadier der funksjoner for innebygget sikkerhet bør vurderes.

Tabell 6 Tabellen viser i hvilket prosjektstadium hver funksjon for innebygget sikkerhet bør vurderes

	Feature	Conceptual stage	Flowsheet stage	Line diagram stage
1	Intensification	X	X	
2	Substitution of chemistry	X		
2	Substitution of auxiliary materials		X	
3	Attenuation	X	X	
4	Limitation of effects by equipment design		X	X
4	Limitation of effects by changing reaction conditions	X	X	
4	Simplification	X	X	
5	Avoiding knock-on effects by layout	X	X	
5	Avoiding knock-on effects in other ways		X	X
6	Making correct assembly impossible			X
7	Making status clear			X
8	Tolerance			X
9	Ease of control	X	X	
10	Computer control		X	X
11	Passive features		X	X

Figur 16 under viser hvordan mulighetene for å installere innebygde sikkerhetsfunksjoner reduseres etter hvert som prosjektet utvikles. Når en boks er markert med en X så betyr dette at funksjonen må vurderes i det gitte stadiet. For konseptfasen som går under tidlig fase inngår intensivering, substitusjon av kjemikalier som mer involvert i prosessen, demping og moderering, begrensning av effekter ved å endre forholdene reaksjonene skal foregå på, unngå dominoeffekter ved design og utforing, og å gjøre det enkelt å kontrollere. Som figuren under viser, vil det bli vanskeligere å installere funksjoner som gir innebygget sikkerhet, jo lenger ut i prosjektet man kommer. Dette er også forklart nærmere i kapittel 4.

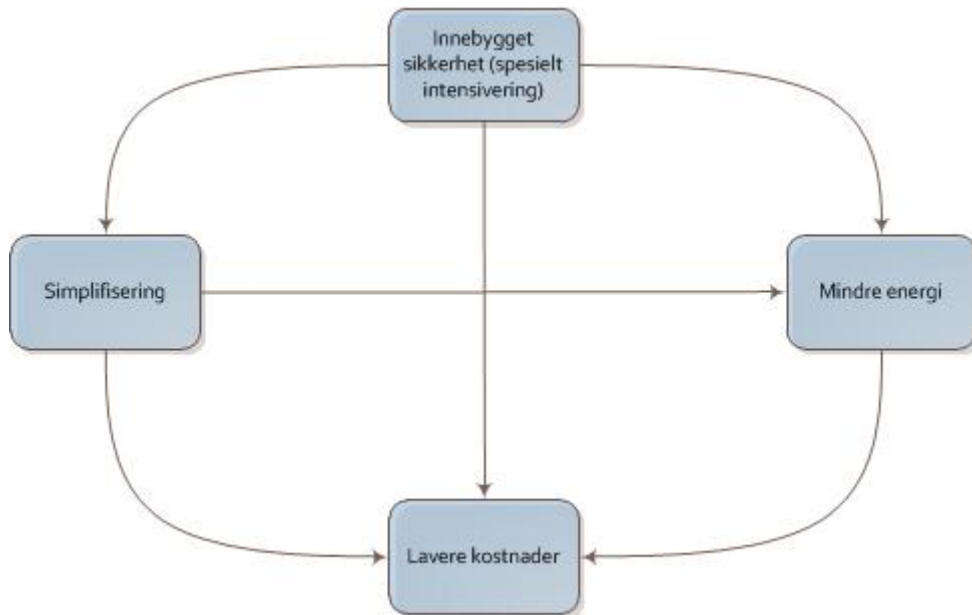


Figur 16 Figuren viser at det blir vanskeligere å installere funksjoner som gir innebygget sikkerhet jo lenger ut i prosjektet man er [1].

## 4.2. Fordeler ved å operere sikkert

Anlegg med innebygget sikkerhet er vanligvis billigere enn konvensjonelle anlegg fordi de ikke trenger så mye ekstra sikkerhetsutstyr. Sikkerhet skal ikke være tilleggsutstyr, men heller en integrert del av anlegget fra designfasen. Det er flere måter å spare penger på ved å ha innebygget sikkerhet. Det vil være mindre behov for lagring av stoffer, siden lagerbeholdning skal være redusert til et minimum. Det vil også være mindre kostnader knyttet til vedlikehold av sikkerhetsutstyr som for eksempel brann- og gassdetektorer, avlastningsventiler, brannisolering, sprinkleranlegg og annet brannutstyr, da det strebes etter å ha innebygget sikkerhet framfor å ha slike aktive og passive sikkerhetsutstyr så langt det lar seg gjøre [1], slik som det er beskrevet i forrige kapittel. Hvis inventaret kan reduseres, vil den største økonomiske besparelsen mest sannsynlig ligge i en reduksjon av størrelsen på anleggselementer (reaktorer, destillasjonskolonner, varmevekslere, lagringstanker og lignende), og en tilsvarende reduksjon i rørsystemene, strukturene og fundamentene. Mye av kostnadene for et kjemisk prosessanlegg ligger i ingeniørarbeidet for strukturell design og deler [1]. Denne prosessen kan bli mindre kompleks som følge av innebygget sikkerhet. Da vil det kreve mindre mengder med rør, materiale og vedlikehold som igjen billigere å drifte.

Siden beholdningene av farlig materiale er holdt på et minimum, vil den potensielle energien i tilfelle en ulykke skulle skje, være tilsvarende redusert til et minimumsnivå. Figuren under illustrerer en sammenheng mellom innebygget sikkerhet, simplifisering, reduksjon i energi og lavere kostnader, fra Kletz and Amyotte [1].



Figur 17 Figuren viser fordeler ved å ha innebygget sikkerhet [1]

Det økonomiske aspektet ved å miste kunder som følge av tapt renommé etter en ulykke som viser seg å være en følge av forsømt sikkerhetsarbeid er også verdt å merke seg.

### 4.3. Bhopal

En av de verste ulykkene innen kjemisk industri skjedde 3. desember i Bhopal, i det sentrale India. Et anlegg som produserte insektmiddel hadde en lekkasje av metylisocyanat (MIC), som spredte seg ut fra anlegget og forgiftet over 2000 mennesker. De offisielle tallene sier 2.153 omkomne, men uoffisielle estimer er mye høyere. I ettertid har Union Carbide sagt at totalt 3.800 omkom i katastrofen [33]. I tillegg ble omtrent 200.000 personer skadd. De fleste omkomne og skadde bodde i en brakkeby i nærheten av anlegget. Årsaken til ulykken var kontaminering av en MIC tank med flere tonn vann og kloroform. Dette forårsaket en voldsom reaksjon i tanken, og kom ut av kontroll, og trykket og temperaturen økte. Trykkavlastingsventilen åpnet seg, og MIC-avdamping/-gasser ble sluppet ut i atmosfæren. Utstyret som skulle forhindre eller minimere utslippet fungerte dårlig, eller ikke i det hele tatt. Kjølesystemet som skulle kjøle tanken var skrudd av, skrubbing-systemet som skulle

absorbere avdampingen/gassen var ikke tilgjengelig, og flaring-systemet som skulle brenne gass som kom forbi skrubbing-systemet var ikke i bruk [30].

Dette er et alvorlig eksempel på manglende innebygget sikkerhet. Det en kan ta med seg fra denne ulykken er at materialet som lekket var ikke et sluttprodukt eller en råvare, men et mellomprodukt, og selv om det var praktisk å oppbevare dette, var det ikke essensielt. Etter Bhopal valgte selskapet, Union Carbide, og andre selskaper å redusere sine beholdninger av MIC og andre farlige mellomprodukter. Ett år etter ulykken hadde Union Carbide redusert beholdningen med 75 %. Med mindre eller ingen beholdning av det farlige stoffet vil det ikke kunne lekke og påføre like mye skade som den skjebnesvangre dagen. Det samme gjelder for mennesker. Mennesker som ikke er der, vil ikke kunne bli drept. Dødsfallene i Bhopal kunne vært kraftig redusert om det hadde vært forbudt for brakkebyer å bli satt opp så nært anlegget. Dette er selvfølgelig litt vanskeligere å gjennomføre med brakkebyer enn med permanente bosetninger. Dette kunne vært løst ved å enten forby bygging i nærheten, eller selskapet kunne ha kjøpt opp land i nærheten og gjerdet det inn hvis nødvendig. MIC ble lagret på anlegget, men hvis MIC hadde vært blandet på stedet, ville det ikke vært nødvendig med lagring, siden det ville kunne blitt brukt samtidig som det ble lagd, og ført inn i prosessen gjennom et rør. Om røret skulle bli ødelagt ville det i verste fall ha lekket noen få kilo av stoffet. Det var også kjent at vann og MIC ville forårsake en voldsom reaksjon om de ble blandet, så de to stoffene skulle aldri ha vært i nærheten av hverandre, slik at en slik kontaminering kunne ha funnet sted. Som nevnt var kjøleanlegget, flare- og skrubbing-systemene ikke fungerende da lekkasjen fant sted. I tillegg ble den høye temperaturen og det høye trykket ignorert fordi instrumentene som målte disse var kjent for å være upålitelige [30]. Flaring-systemet var skrudd av, og det var et valg ledere har tatt. Det tyder på en mangel på forståelse av konsekvensene dette kunne medføre. Kjøleanlegget, skrubbing- og flare-systemene var mest sannsynlig ikke store og kraftige nok til å redusere mengdene som ble sluppet ut. Dette viser viktigheten av å ha korrekt dimensjonerte sikkerhetssystemer. Det spekuleres også i at ulykken skyldes sabotasje, at noen med vilje har tilsatt vannet, men den som eventuelt har sabotert har nok ikke forstått hvor alvorlig konsekvensene ville bli [30]. Med en grundigere planlegging, der innebygget sikkerhet hadde vært i fokus fra før anlegget ble bygd kunne kanskje denne ulykken ha vært langt mindre alvorlig. Den farlige reaksjonen som fant sted, samt den store lekkasjen ut i atmosfæren ville kunne vært unngått.

## 5. Observasjoner knyttet til risiko, prosjektledelse og innebygget sikkerhet

Basert på relevant litteratur og vitenskapelige artikler innen risikoanalyse og –styring, prosjektledelse og innebygget sikkerhet som har blitt gjennomgått og beskrevet i de foregående kapitlene vil jeg i dette kapitlet skrive om observasjoner av svakheter, spesielle utfordringer, og lignende, som jeg har funnet vedrørende forskjellige aspekter knyttet til min oppgave. Jeg trekker spesielt frem utfordringer ved bruk av risikoanalyse i agile prosjekter, utfordringer ved presentasjon av risiko, beslutning under usikkerhet, kommunikasjon, kilder til usikkerhet, og sannsynligheter. Det trekkes også frem utfordringer som ligger i agile prosjekters natur, utfordringer som er til stede i tidlig fase. Når målet om å ha høy grad av innebygget sikkerhet, er dette også noe som krever en diskusjon.

### 5.1. Utfordringer ved bruk av risikoanalyse i agile prosjekter

I dette kapitlet tenker jeg å skrive om spesielle utfordringer ved risikoanalyseprosessen, og å understreke viktigheten av å kommunisere resultatet og vurderingen av usikkerhetene tilbake til prosjektgruppen for å kunne ta bedre beslutninger underveis.

I en risikoanalyse er det ofte fokus på sjeldne hendelser, for eksempel en dødsulykke, en ulykke som gir brudd på en hovedsikkerhetsfunksjon og lignende. Risikoanalysen skal uttrykke usikkerheten om / sannsynligheten for at denne hendelsen inntreffer, og da kommer spørsmålet om presisjon i denne angivelsen. Verdiene som settes, avhenger selvfølgelig av de forutsetningene og antakelsene analysen bygger på, og hvem som utfører analysen. Presisjonen i resultatene kan det derfor stilles spørsmål ved [8]. Ved gjennomføring av risikoanalyse i tidlig fase av agile prosjekter er det store usikkerheter knyttet til løsning av oppgaven/problemstillingen/prosjektet, og dermed er det vanskelig å ta beslutninger, spesielt de som ligger litt lenger frem i tid, uten å ha stort sprik i de forventede resultatene. Det vil ofte være subjektive vurderinger i slike prosjekter, og sannsynligheter blir da fremstilt som et prediksjonsintervall  $[a,b]$ . Et prediksjonsintervall på  $\pm 40\%$  vil si at dersom forventet kostnad blir 100 MNOK, vil et prediksjonsintervall være  $[60M, 140M]$ . Det betyr at prosjektgruppen mener at sluttkostnaden vil havne i dette intervallet med en viss sannsynlighet, for eksempel 0,90. Etter hvert som mer informasjon blir kjent, vil dette intervallet snevres inn, og det blir større nøyaktighet. Det er dermed naturlig å ta mindre steg av gangen og ta en iterasjon/syklus når ny informasjon blir kjent for prosjektgruppen.

For å gjennomføre en modellbasert risikoanalyse som for eksempel en FTA krever det ekspertkunnskaper. Systemet som skal vurderes må beskrives så nøyaktig som mulig for å få de beste mulige resultatene. Den som utfører analysen må samarbeide med personer med god kjennskap til systemet som skal analyseres. Sannsynligheter må så tilegnes, og disse må også behandles. I prosjekter med høy grad av usikkerhet og kompleksitet kan det være en dissens / uenighet blant eksperter [12]. Det er usikkerhet i modeller, i data-input og kvaliteten. Med modellusikkerhet menes egnetheten til modellen, om den er passende for det systemet/fenomenet som analyseres. Innad i modellen, og spesielt i CFD-modeller er det matematiske og numeriske tilnærminger i beregningene i modellen, samt antakelser og validering av modellen. Med datausikkerhet menes ukomplette, upresise og inkonsekvente data, manglende og utilgjengelig data, og vagheter og uegnethet i input-data. Med kvalitetsusikkerhet menes manglende kunnskap og kjennskap til et system, feil i fareidentifikasjoner og feil i identifisering av konsekvenser og deres interaksjoner [34].

## 5.2. utfordringer ved presentasjon av risiko

En veldig vanlig måte å presentere resultatet av en risikoanalyse på, er å lage en risikomatrise. Sannsynlighet og konsekvens settes opp på hver sin akse, og deles inn i kategorier. Det kan hende at uheldig presentasjon av en risikomatrise kan føre til misforståelser, feilaktig konklusjon av analysen og feil formidling av informasjonen slik den er tenkt. Følgende eksempel på uheldig bruk av risikomatrise er hentet fra Aven, Røed [8]: Som et eksempel, la oss tenke oss at vi gjennomfører en risikoanalyse av kritiske funksjoner/systemer. Dette eksempelet er generisk og er overførbart til andre sammenhenger, også til prosjekter i olje- og gassindustrien. Gruppen setter opp en risikoanalyse og presenterer resultatene som vist i Figur 18. Konsekvenser og frekvenser blir kategorisert på en skala fra 1 til 5. En risikoindeks fastsettes med basis i produktet av sannsynlighetskategori og frekvenskategori. Da blir laveste risiko representert med tallet 1, og høyeste risiko representert med tallet 25, se figuren. Det er fokus på ulike risikoreducerende tiltak i analysen, og de to pilene viser virkningen av disse tiltakene. La oss tenke oss at analysen skal brukes til å velge ett av disse tiltakene for implementering. Tiltak 1 er vurdert til å redusere frekvensen (sannsynligheten) fra mer enn 1 per år til mindre enn en gang per 500. år. Tiltak 2 reduserer frekvensen for flere døde fra 1-3 ganger per 500. år til mindre enn en gang per 500. år (gitt forutsetninger og antakelser i analysen). Det antas at andre faktorer som kostnad, miljøeffekter osv. ikke vurderes i analysen. Da ser vi at tiltak 1 gir en risikoreduksjon på 4 «risikopoeng». Tilsvarende gir tiltak 2 en risikoreduksjon på 5 «risikopoeng». Forskjellen på de to tiltakene fremstår som liten,

men la oss tenke oss at analysegruppen ut fra dette anbefaler å implementere tiltak 2, siden det ut fra analysen gir størst risikoreduksjon.

		Consequence – number of fatalities					
		Cate- gory	≤ 5 1	6–50 2	51–300 3	301–1000 4	>1000 5
Probability	> once per year	5	5	10	15	20	25
	1–3 times per 10 years	4	4			16	20
	1–3 times every 100 years	3	3	6	9	12	15
	1–3 times every 500 years	2	4	4			10
	< once every 500 years	1	1	2	3	4	5

Difference: 4 (between 16 and 20)

Difference: 5 (between 10 and 15)

Figur 18 Figuren viser uheldig bruk av risikomatriksen, eksempel 1 [7]

Figur 19 viser det samme eksemplet, men nå er midtpunktet i sannsynlighets- og konsekvenskategoriene representert i stedet for kategoriene 1-5. vi ser at midtpunktet i frekvenskategoriene er omtrent i henhold til en logaritmisk skala, det vil si at de øker med omtrent en ti-gang for hver kategori. Tilsvarende ser vi at midtpunktet i konsekvenskategoriene øker med omtrent en fem-gang for hver kategori. Det betyr at de ikke er logaritmiske, men nær-logaritmiske. La oss tenke oss at analysegruppen uttrykker risiko som produktet av konsekvens og frekvens, det vil si forventet antall drepte i løpet av et år (PLL). Da får vi risikotallene i matrisen. La oss nå sammenligne de to tiltakene ut fra disse risikotallene. Tiltak 1 reduserer forventet antall drepte per år fra 130 til 13, det vil si en reduksjon av PLL på 117. Tilsvarende reduserer tiltak 2 PLL fra 4.8 til 1.2, det vil si en reduksjon av PLL på 3.6. Her ser vi at forskjellen i risikoreduksjon for de to tiltakene er svært stor. I dette tilfellet ville det vært opplagt for analysegruppen å anbefale å implementere tiltak 1, siden forskjellen i risikoreduksjon for de to tiltakene er svært stor.



Probability	Consequence – number of fatalities					
	Per year	≤ 5 2.5	6–50 28	51–300 175	301–1000 650	>1000 1.200
> once per year	2	5	56	350	1300	2400
1–3 times per 10 years	0.2	0.5	0.56	3.5	13	24
1–3 times every 100 years	0.02	0.05	0.112	0.17	0.65	1.2
1–3 times every 500 years	0.004	0.01	0.028	0.17	0.65	1.2
< once every 500 years	0.001	0.0025	0.028	0.17	0.65	1.2

Annotations in the table:  
 - A callout box labeled "Difference: 117" points to the difference between 1300 and 130 in the 10-year probability row.  
 - A callout box labeled "Difference: 3.6" points to the difference between 0.112 and 0.028 in the 500-year probability row.  
 - Arrows point downwards from the 1300 and 1.200 cells in the first row to the 13 and 1.2 cells in the 500-year row.

Figur 19 Figuren viser uheldig bruk av risikomatriksen, eksempel 2 [7]

For en risikopresentasjon av et komplekst system, er det bedre å presentere ved hjelp av mange bilder, figurer og modeller, framfor å ha en rapport med store mengder tekst. Det kan være greit med mye tekst i en rapport, men det må være tilhørende grafikk. Dette hjelper både for å illustrere poenget fra avsender, og bidrar også til å redusere eventuell ambiguitet og tvetydighet siden det er en rikere form for kommunikasjon.

### 5.3. utfordringer ved kommunikasjon

Dersom en komplisert idé, tanke eller formidling av annen sort blir overført med fattig eller mager media, kan det hende at det ikke er tilstrekkelig med kun tekstbasert overføring av kunnskap. Slik kommunikasjon kan inneholde for lite informasjon til at mottaker korrekt kan gjengi informasjonen. Det er for eksempel vanskelig å formidle et designforslag uten rikere medier, som bilder, video, og lignende. Dersom det er en problemstilling som krever en diskusjon mellom to eller flere parter, er det også problematisk for eksempel å sende e-post frem og tilbake.

En utfordring kan i tillegg være at den som skal motta beskjeden ikke har kompetansen og kunnskapen som er nødvendig for å forstå innholdet i beskjeden som overføres.

Prosjektleder er lite tjent med å få all mulig oppdatering fra alle deler av prosjektet. Prosjekter kan ha opptil flere tusen involverte fra toppnivå til det laveste plan, og selv om prosjektlederen ønsker kontinuerlig oppdatering kan dette være en utfordring i praksis. Rapporter fra prosjektets delprosjekter går oppover i et hierarki. Om hver enkelt person skulle rapportere direkte til prosjektleder ville det blitt alt for mye informasjon å ta inn over seg. Prosjektlederen er uansett nødt til å ha denne informasjonen, for det kan hende at det er

prosjektkritisk informasjon. Mellomledere i prosjektet fungerer som et mellomledd i videreformidling av denne informasjonen.

Om prosjektgruppen skal diskutere problemstillinger med høy grad av ambiguitet kan kommunikasjon være utfordrende, og det er flere nyanser som kan avklares best med bruk av rike medier som for eksempel møter ansikt-til-ansikt. Dersom en eller flere i prosjektgruppen ønsker å hurtig formidle en ny mening er det også enklest å gjøre dette ansikt-til-ansikt. Dette fører til mindre rom for misforståelser.

I dagens samfunn, der folk flytter over landegrensene oftere enn før, er det ikke uvanlig at en har personer med mange ulike nasjonaliteter som arbeider på samme sted, og forskjellig morsmål. Kunnskaper i prosjektspråket, for eksempel engelsk, er kanskje ikke helt gode, og en kunnskapsoverføring kan kanskje ikke være helt optimal ved bruk av magre medier. Bilder, derimot, er en rikere måte å kommunisere på, og er også mer intuitiv for enkle beskjeder, som for eksempel å gi beskjed om faresituasjoner som følge av glatt underlag, og lignende.

I tradisjonelle prosjekter der det som regel er liten usikkerhet i tidlig fase, så er ofte mager kommunikasjon nok, men i agile prosjekter er det anbefalt å kommunisere med rik kommunikasjon i større grad.

#### **5.4. utfordringer ved sannsynligheter**

Hvilken sannsynlighet er det snakk om i analysen? Som nevnt i kapittel 2 er det flere typer av sannsynlighet, hver med sine karakteristikk. Om resultatet av en risikoanalyse er ment å gi grunnlag for beslutninger, er det veldig viktig at beslutningstakeren er innforstått med hvilken sannsynlighet det er, hva det er den beskriver og hvordan man har kommet fram til den. Og, den som skal ta beslutning må vite hva det er som menes med sannsynligheten som er oppgitt. Er det en frekvensbasert sannsynlighet, klassisk sannsynlighet eller en med en referanse til en standard?

Analytikerens bakgrunnskunnskap vil skinne gjennom ved subjektive sannsynlighetsvurderinger, basert på hans/hennes erfaringer og kunnskaper, og det vil kunne være usikkerhet skjult i bakgrunnskunnskapen. Hvis et lignende prosjekt har blitt utført før, er det bakgrunnskunnskaper som kan ligge til grunn for en bedre vurdering av subjektive sannsynligheter enn dersom det er et radikalt nytt prosjekt som aldri har blitt utført før, og der det er lite bakgrunnskunnskaper å basere sannsynlighetsvurderingen sin på.

## 5.5. utfordringer ved agile prosjekter

Det ligger i agile prosjekters natur at løsning ikke klart definert. Dette byr naturligvis på store usikkerheter når det kommer til estimering av kostnader og tidsbruk. Dersom ikke det gjennomføres flere iterasjoner der nyervervet kunnskap vil det kunne føre til store feil og avvik i kostnader. I slike prosjekter er det også høy grad av nytenkning og innovasjon. Det er mindre muligheter for å bruke datagrunnlag fra tidligere erfaringer fra lignende prosjekter.

Det er ikke sikkert at en har finansiell støtte gjennom hele prosjektet. Dersom prosjektet går sin gang, med dårlig planlegging og usikkerhetshåndtering kan det hende at sponsorer trekker seg ut av prosjektet, og tar med seg kapital slik at videre prosjektgjennomføring blir umulig.

Rammebetingelser kan endre seg, og da er det viktig at bedriften har rutiner og prosedyrer på plass for å redusere konsekvensene av slike endringer.

## 5.6. utfordringer ved å ta beslutninger under usikkerhet

Når det kommer til typiske input-verdier til en QRA-analyse, som for eksempel tid til gassdeteksjon, antall personer i modulen når ulykken inntreffer, antall umiddelbare dødsfall, og lignende, vil det i flere tilfeller være analytikerens bakgrunnskunnskap som legger grunnlag for disse verdiene, og det vil kunne være usikkerheter skjult i bakgrunnskunnskapen. Dersom det viser seg at antakelsene som gjøres er gale, kan resultatet være at utfallet av den predikerte størrelsen er overraskende i forhold til de tildelte sannsynlighetene [35].

Resultatet av en risikoanalyse vil være et hjelpemiddel for en beslutningstaker å gjøre sine valg. Det er ikke en fasit på hva som er rett eller galt. Resultatet må evalueres og vurderes av ledelsen før en beslutning tas, slik det er forklart tidligere, og vist i Figur 6.

Dersom det gis klarsignal til å gjøre en stor modifikasjon tidlig i prosjektet og det jobbes med dette, så vil det begrense muligheten til å gjøre store endringer senere. Senere endringer vil også koste betydelig mer enn om de blir gjort tidlig i prosjektet. Beslutningstaker har dermed et press på seg. Det forventes at den beslutningen som tas tidlig, med bakgrunn i store usikkerheter, analytikerens bakgrunnskunnskap og erfaring i tillegg til en evaluering og vurdering fra ledelsen, er den riktige for prosjektet. En forhastet beslutning kan føre til unødvendige og feilaktige beslutninger som påfører kostnader. Det er derfor spesielt viktig med en grundig gjennomgang av ledelsen i prosjektets tidlige fase.

I spesielt innovative prosjekter vil det kunne være andre ting å tenke på. For, eksempel: det tas en beslutning om å erstatte en kjemisk prosess med en annen, som skal være mindre farlig.

Denne prosessen kan være ny og lite utprøvd. Langtidsvirkningene av eventuelle utslipp kan være alvorlige. Dette er noe som ikke vites helt sikker på det tidspunktet beslutningen tas. Ellers, kan det forekomme ukjente usikkerheter, som i eksempelet tidligere om at norske oljeinstallasjoner kunne bli et populært mål for internasjonal terrorisme.

### **5.7. utfordringer i tidlig fase**

I situasjoner med høy usikkerhet vil sannsynlighetene ofte være subjektive. Mangel på identiske prosjekter tidligere og lite datagrunnlag for beregning av sannsynligheter gjør at sannsynlighetene er subjektive i større grad. Det er eksperters vurderinger av situasjonen, og deres bakgrunnskunnskaper og erfaring som ligger til grunne for sannsynlighetene som brukes i risikoanalysen. Dersom en setter opp et prediksjonsintervall vil dette i tidlig fase være et forholdsvis stort intervall. Etter hvert som usikkerheten bearbeides og ny og bedre informasjon blir inkludert og analysert vil dette intervallet kunne bli smalere, og det vil bli større nøyaktighet rundt predikeringen av forhåndsbestemte verdier som for eksempel kostnad av et prosjekt eller et delprosjekt. Spesielt med agile prosjekter er det at selve løsningen for å nå målet er ikke helt klart fra begynnelsen av prosjektet, så dette er også en utfordring.

### **5.8. Er spørsmålet om å ha høyest grad av sikkerhet ivaretatt?**

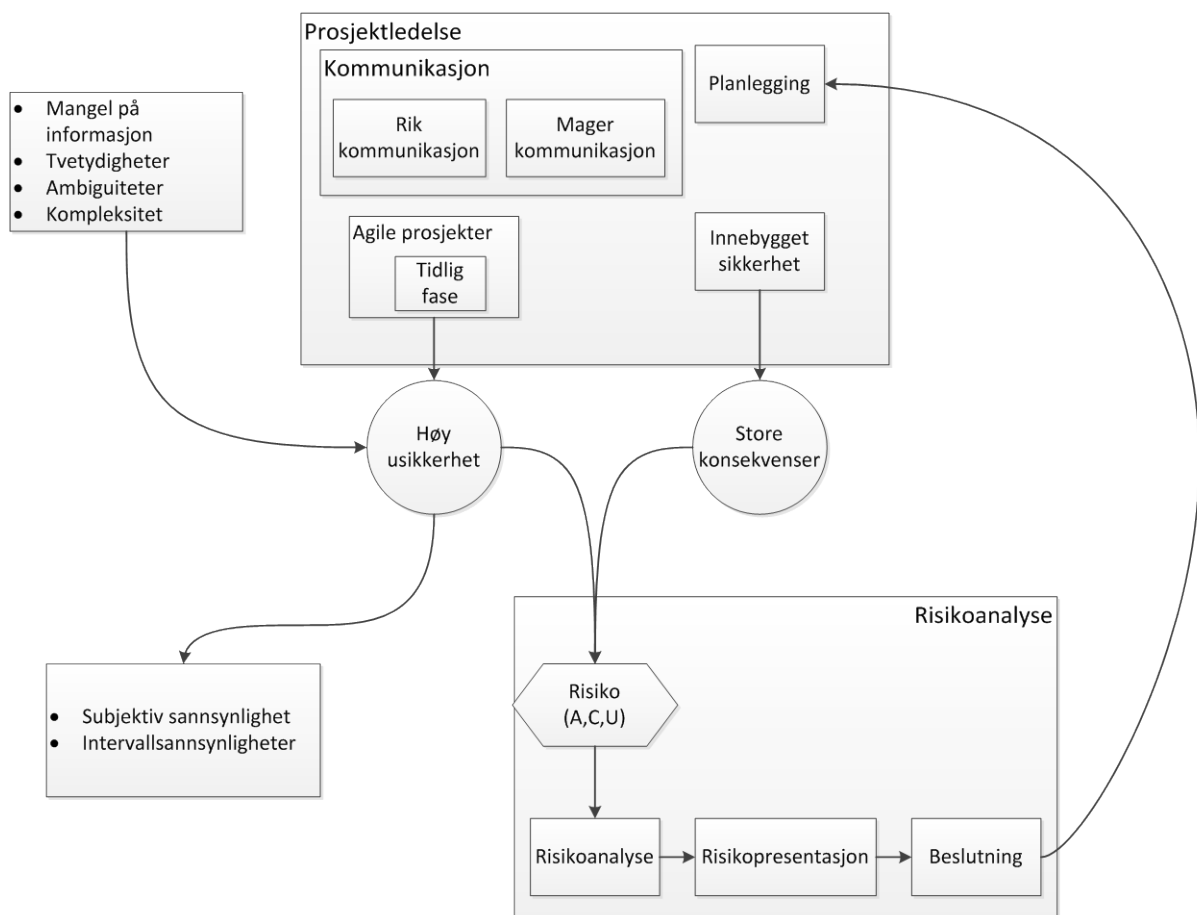
Det er nevnt tidligere i oppgaven at for best mulig å implementere tiltak for å øke den innebygde sikkerheten, så bør dette gjøres tidligst mulig for å spare arbeid og kostnader. For å forsikre seg om at prosjektet som gjennomføres innehar størst mulig grad av innebygget sikkerhet må en stille seg spørsmål om de ulike aspektene ved innebygget sikkerhet er ivaretatt. Dersom målet om å designe sikrest mulig er det nødvendig å stille seg spørsmålet så tidlig som mulig i planleggingsfasen.

- Kan ytterligere intensivering gjennomføres?
- Kan ytterligere substitusjon gjennomføres?
- Kan ytterligere demping/moderering gjennomføres?
- Kan effektene begrenses?
- Kan ytterligere simplifisering gjennomføres?
- Er det gjort arbeid for å unngå dominoeffekter?
- Er det gjort så mye som mulig for å få umuliggjort ukorrekt montering av deler?

Dersom disse spørsmålene blir stilt i tidlig fase kan ideene om innebygget sikkerhet bli ført videre inn i planleggingsfasen.

## 5.9. Sammenheng mellom de involverte aspektene som er nevnt

For å få en oversikt over aspektene som ligger til grunn for mitt forslag til en ny modell i kapittel 6, er det nødvendig med en oversikt som vist i Figur 20. Viktige funksjoner i prosjektledelse i tidlig fase er kommunikasjon mellom de involverte. Det må være riktig form for kommunikasjon, for å kommunisere mest mulig effektivt, og for å unngå misforståelser. Se kapittel 3 for mer informasjon om optimal kommunikasjon for å overføre forskjellig type informasjon. Agile prosjekter har som kjent flere kilder til usikkerhet. Siden det er karakteristisk for slike prosjekter å ha høy grad av innovasjon og nytenking er det begrenset med informasjon fra tidligere lignende prosjekter, og det vil være mangel på data, eller dataene som er tilgjengelig er ikke egnet for det nye prosjektet. Det vil også kunne være ambiguiteter og tvetydigheter som krever avklaring i tidlig fase. God kommunikasjon er her viktig. Sannsynligheter som brukes for å beskrive slike usikkerheter er ofte subjektive sannsynligheter som nevnt i kapittel 2.

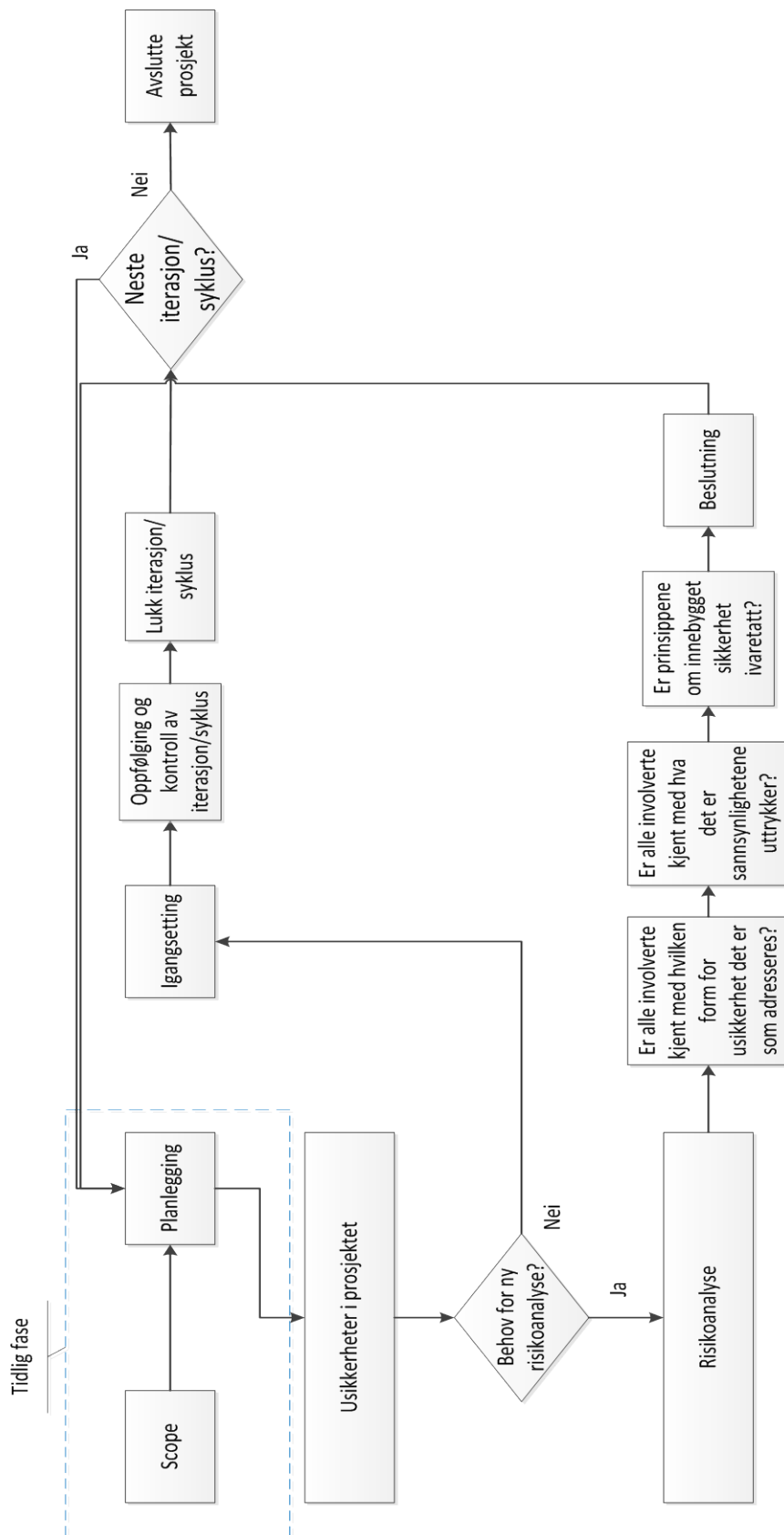


Figur 20 Figuren viser sammenhenger mellom prosjektledelse, risikoanalyse og tilhørende aspekter som planlegging, kommunikasjon, usikkerhet, sannsynligheter og innebygget sikkerhet.

Med denne modellen forsøker jeg å illustrere sammenhenger mellom risikoanalyse og tidlig fase i prosjektledelse. Innen prosjektledelse er kommunikasjon et sentralt begrep, der det skilles mellom rik og mager kommunikasjon, og kommunikasjon er viktig på alle nivå i prosjektledelse. I oppgaven fokuseres det på planlegging i tidlig fase av agile prosjekter som vist i figuren over. I tidlig fase av agile prosjekter er det høy usikkerhet. Det er både mangel på informasjon, det kan være tvetydigheter, ambiguiteter og kompleksitet. Disse usikkerhetene beskrives ved hjelp av sannsynligheter. I slike prosjekter der det er lite datagrunnlag for å beregne frekvensbaserte sannsynligheter vil det kunne være subjektive sannsynligheter. Oppgaven tar for seg innebygget sikkerhet. Det som karakteriserer planlagte anlegg der en ønsker høy grad av innebygget sikkerhet, er at det er potensielt store og alvorlige konsekvenser forbundet med eventuelle ulykker, derfor er det en sammenheng mellom innebygget sikkerhet og store konsekvenser. Dermed har vi både høy usikkerhet og store konsekvenser forbundet med slike prosjekter. I et A,C,U-risikoperspektiv er dette per definisjon risiko, og det kan da utføres en risikoanalyse. Resultatet av risikoanalysen presenteres for en prosjektgruppe, og etter en grundig evaluering og vurdering av ledelsen, tas det en beslutning. Denne beslutningen gir input til planleggingsfasen igjen slik som vist i figuren. Figuren gir en oversikt over hvordan de ulike aspektene som har blitt beskrevet i oppgaven henger sammen.

## 6. Forslag til forbedringer

Etter en gjennomgang av litteraturen, og basert på de utfordringene som har blitt identifisert i kapittel 5, ser jeg et behov for et flytskjema som adresserer disse utfordringene i tidlig fase. Det fremstilles forslag til en modell som viser den agile prosjektlivssyklusen, pluss en ekstra løkke som viser risikoanalysens bidrag til prosjektet. I planleggingsfasen er det flere aspekter som adresseres, og figuren retter seg kun mot risikoanalyse-delen av denne prosessen. De andre aktivitetene i denne prosessen forløper som normalt, og forbedringene som foreslås retter seg mot risikoanalysene som gjennomføres i planleggingsfasen. Etter at risikoanalysen er utført, må det være ekstra fokus på å informere de involverte i prosjektet om hvilke kilder til usikkerheter som ligger til grunne, og hva som er grunnen til at de er der, hva kan gjøres for å redusere dem, og hvordan ta beslutninger under usikkerhet. Det følges av en prosess der sannsynlighetene som brukes for å beskrive disse usikkerhetene vurderes. Den som skal ta beslutning må være fullstendig oppdatert på hvilke sannsynligheter det er som brukes i analysen, og hva som ligger til grunne. Er sannsynlighetene subjektive eller objektive? Er det historiske data som legger grunnlaget eller er det analytikerens erfaring og bakgrunnskunnskap som er basis? Det må også være klart hva det egentlig er sannsynligheten uttrykker. Deretter kommer en prosess der Kletz' prinsipper om innebygget sikkerhet ligger i fokus, og når målet er høy grad av innebygget sikkerhet så kommer det frem i denne prosessen. Det fremstilles et forslag til en sjekklister som ivaretar disse prinsippene, og sikrer at fokuset på innebygget sikkerhet blir tatt med i beslutningsprosessen, som igjen gir input til den tidlige fasen av slike prosjekter. Det forutsettes at risikoanalysen blir gjort etter beste evne med alle tilgjengelige ressurser, og at antakelsene som blir gjort er fornuftige.



Figur 21 Figuren viser et forslag til en modell for risikoanalyse, og beslutningsstøtte i tidlig fase, der det forsikres om at usikkerhetene blir forstått, sannsynlighetene blir forstått, og Kletz' prinsipper om innebygget sikkerhet er ivaretatt for å kunne ta en beslutning på best mulig grunnlag.



Dersom denne modellen følges, vil beslutningstakerne kunne ta en beslutning på best mulig grunnlag, og sikre seg at spørsmålet om innebygget sikkerhet blir ivaretatt gjennom prosjektets livssyklus.

En mer detaljert beskrivelse av de ulike prosessene av modellen kommer i de følgende underkapitlene.

### **6.1. Forslag til en ny modell for beslutningstaking ved hjelp av risikoanalyse i tidlig fase av agile prosjekter der et mål er å ha så høy grad av innebygget sikkerhet som mulig.**

De syv øverste boksene i den foreslåtte figuren representerer klassisk prosjektlivssyklus for agile prosjekter, der det er en løkke tilbake til planleggingsprosessen etter hver iterasjon/syklus. Det som omtales som tidlig fase i denne oppgaven, scope og planlegging, er markert med en blå stiplet boks. Det er i agile prosjekters natur at til dels store usikkerheter er fremtredende, og mye av planleggingen i tidlig fase er preget av denne usikkerheten. Det er som tidligere nevnt usikre størrelser knyttet til ulike aspekter i denne fasen, og disse usikkerhetene er beskrevet med sannsynligheter, og da ofte som prediksjonsintervaller. Dersom det ikke er behov for en risikoanalyse går prosjektsyklusen videre til igangsetting av prosjektet. Dette er en svært lite sannsynlig situasjon, og det vil i omtrent alle tilfeller være behov for en risikoanalyse. Etter at risikoanalysen er gjennomført på en tilfredsstillende måte, må det bli enighet i prosjektgruppen hvilke typer usikkerheter det er som er adressert, og hva som menes med de sannsynlighetene som er brukt for å beskrive disse. Deretter må det stilles spørsmål for å sikre seg at målet om å ha høyest mulig grad av innebygget sikkerhet er ivaretatt. Når disse prosessene er gjennomført, kan prosjektlederen eller en annen beslutningstaker ta en beslutning basert på resultatet av analysen. Beslutningen som blir tatt gir input til planleggingsfasen i tidlig fase, slik at en kan gjøre endringer i planen i lys av en ny og oppdatert risikoanalyse. Det vil fortsatt være usikkerheter, så prosjektgruppen må igjen ta en vurdering om risikoen skal analyseres videre. Dersom det viser seg at det er behov for en ny analyse, må denne risikoanalyseprosessen gjentas, og usikkerhetene og sannsynlighetene må igjen analyseres og vurderes. Hvis ikke, så kan prosjektet gå videre, og inn i igangsettingsfasen. Det vil igjen på et senere tidspunkt, i en senere syklus/iterasjon igjen komme et spørsmål om det er behov for en ny risikoanalyse.

### **6.1.1. Er alle involverte kjent med hvilken form for usikkerhet det er som adresseres?**

Når en skal drøfte usikkerhetene som er til stede, så må det være enighet om hva som er kilden til usikkerhet; kompleksitet, ambiguitet, tvetydighet eller usikkerhet. Når denne usikkerheten skal kommuniseres, skal best mulig kommunikasjonsmetode benyttes for å unngå misforståelser, og for å forsikre at informasjonen overføres slik den er tenkt fra avsender. Det er også viktig her at det kommer klart frem hva som ligger til grunn for usikkerheten. Er det mangel på data? Er det dårlig data? Er det motstridende meninger fra eksperter? De som til slutt skal ta beslutninger basert på en risikoanalyse er nødt til å vite hva kilden til usikkerhet er. Det skal også i denne fasen identifiseres måter for å redusere usikkerheten. Enten en tolkning av allerede eksisterende data, eller tiltak for å få et bedre datagrunnlag i form av ny informasjon. Det er også viktig at den informasjonen som brukes, er nyttig og relevant.

### **6.1.2. Er alle involverte kjent med hva det er sannsynlighetene uttrykker?**

Dersom en skal ta en beslutning på grunnlag av resultatet av en risikoanalyse, kan det i mange tilfeller være store summer som står på spill. Den som skal ta beslutninger trenger å forstå hva som menes med sannsynlighetene som oppgis, og hva sannsynlighetene adresserer. Hva er det sannsynlighetene sier, og hvordan er sannsynlighetene beregnet? Er det store mengder historiske data som er grunnlaget, der en kan bruke statistiske modeller for å beregne en frekvensbasert sannsynlighet  $P_f$ , eller er det en mer subjektiv sannsynlighet med for eksempel en referanse til en standard.

### **6.1.3. Er prinsippene om innebygget sikkerhet ivaretatt?**

For å sikre seg at Kletz' prinsipper om innebygget sikkerhet blir ivaretatt gjennom hele tidligfasen, fremmes det et forslag til en sjekklister som kan fange opp dette under tidligfasen.

Et forslag til en sjekklister for å fange opp dette, er vist i Tabell 7.

Tabell 7 Tabellen viser et forslag til en sjekkliste for å ivareta Kletz' prinsipper om innebygget sikkerhet i tidligfasen

Kletz' prinsipper	Er fenomenet diskutert, forstått og ivaretatt?		
	Ja	Nei, trenger avklaring	Ikke relevant
<b>1. Intensivering/minimering</b>			
<b>2. Substitusjon</b>			
<b>3. Damping/moderering</b>			
<b>4. Begrensing av effekter</b>			
<b>5. Simplisitet</b>			
<b>6. Unngå dominoeffekter</b>			
<b>7. Umuliggjøre ukorrekt montering</b>			

I denne sjekklisten skal prosjektgruppen gå gjennom punkt for punkt, og bestemme om Kletz' prinsipper om innebygget sikkerhet blir tatt med i planleggingen. Dersom gruppen er enig om at fenomenet er diskutert, forstått av samtlige involverte, og implementert om det er mulig, skal det krysses av i boksen for «Ja». For eksempel, dersom intensivering, det vil si at det skal brukes mindre av et stoff, blir diskutert av gruppen, alle forstår hva som menes med det og hvilke følger det får, og dette blir ivaretatt, enten i form av implementering der og da, eller inkludert i senere stadier av prosjektlivssyklusen. Det samme gjelder for resten av punktene i denne sjekklisten. Om så ikke er tilfelle, så skal neste boks kalt «Nei, trenger avklaring» krysses av for. Eksempler på tilfeller der det skal krysses av for «Nei, trenger avklaring», kan være situasjoner der eksperter er uenige om hva som er mest hensiktsmessig å gjøre. Slike uenigheter må avklares før prosessen kan gå videre. Et annet eksempel kan være at gruppen ikke har vurdert et eller flere av prinsippene i det hele tatt. Det kan i enkelte tilfeller være hensiktsmessig å vente til et senere stadium i prosjektlivssyklusen med å implementere noen av disse tiltakene. Det vil i så fall være et eksempel på avklaring. Det viktige er i hvert fall at prosjektgruppen og ledelsen er enige om hva som er den beste løsningen. I tilfeller der prinsippet ikke er relevant, eller er umulig å gjøre noe med, skal boksen for «Ikke relevant» krysses ut. Med en grundig gjennomgang av denne sjekklisten med grunnlag i resultatet av risikoanalysen, og før beslutningstaking og videre planlegging blir prinsippene om innebygget sikkerhet ivaretatt på best mulig måte.

Det optimale er om alle prinsippene er krysses av for «Ja», eller «Ikke relevant». Dersom noen av prinsippene ikke er forstått, diskutert eller implementert så må dette gjennomgås i

beslutningsprosessen, jf. Avens modell for beslutning under usikkerhet som ble beskrevet i kapittel 2. Den samme sjekklisten må gjennomgås i hver syklus for å sikre en kontinuerlig ivaretagelse av Kletz' prinsipper.

#### **6.1.4. Beslutning**

Når prosjektgruppen har gått gjennom sjekklisten for innebygget sikkerhet skal det tas en beslutning basert på resultatet av analysen, en grundig gjennomgang av usikkerhetene og sannsynlighetene samt en gjennomgang av den foreslåtte sjekklisten for ivaretagelse av innebygget sikkerhet. Avens modell for beslutning under usikkerhet [8] legger et grunnlag for denne prosessen, der interessentverdiene også spiller inn og analysen knyttes opp mot mål, kriterier og preferanser.

For de punktene i sjekklisten i forrige del som ble klassifisert som «Nei, må avklares», så skal dette gjennomgås og vurderes av ledelsen som en del av beslutningsprosessen. Dersom det skal besluttes at et tiltak for innebygget sikkerhet ikke skal implementeres, må dette begrunnes.

### **6.2. Kommentarer til modellen**

Den foreslåtte modellen i kapittel 6 gjelder spesielt for agile prosjekter, men kan også brukes i tradisjonelle prosjekter der det krever ekstra fokus på usikkerheter og sannsynligheter. Det er en glidende overgang fra det som omtales som tidlig fase, til senere prosjektstadier. Etter hvert som tiden går, vil en få bedre datagrunnlag i form av mer innhentet informasjon, en vil ha brukt tid på å analysere usikkerheter og få redusert noe av usikkerhetene gjennom gjentatte iterasjoner/sykluser. Med slike tilbakevendende sløyfer blir det en gradvis overgang fra tidlig fase til senere fase. Etter som prosjektet går vil usikkerhetsnivået reduseres sammen med muligheten for å gjøre endringer, som vist i Figur 16, og det må av prosjektgruppen vurderes i hver enkelt iterasjon/syklus om det skal gjøres større endringer i designet. Det medfører også større kostnader å gjøre større endringer i designet senere i prosjektets livssyklus. Etter en viss tid vil det være mindre gunstig å foreslå endringer i design, det vil si etter at prosjektet går forbi tidligfasen og inn i en detaljert engineering-fase, eller selve konstruksjonsfasen der anlegget faktisk bygges.

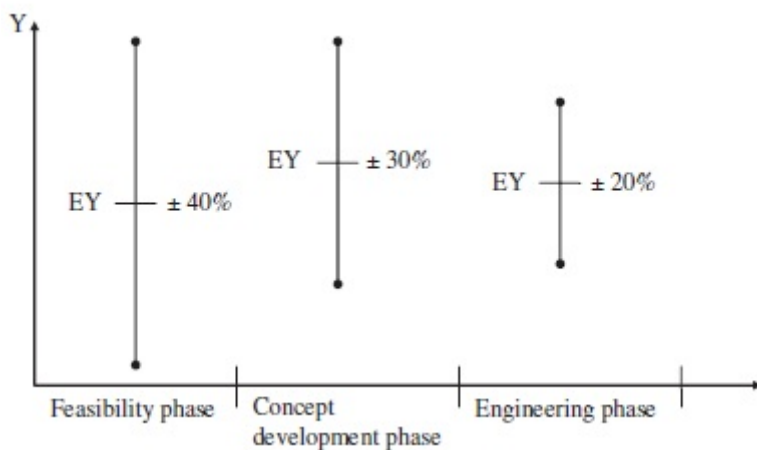
For prosjekter som går over en lengre tidsperiode, må netto nåverdi av kontantstrøm inkluderes for å finne den løsningen som lønner seg i dag. Dersom det skal planlegges langt frem i tid, er detaljnivået som tas med i planleggingen begrenset. Det vil være grove beregninger av det forventede kostnadsnivået, og kostnadene kan uttrykkes som et

prediksjonsintervall  $[a, b]$  med utgangspunkt i forventet verdi. Dersom det gjøres kostnadsberegninger for kortere tidsaspekt for å ta en beslutning, så må flere detaljer inkluderes, men da blir kompleksiteten høyere. Det må da legges større vekt på evaluering av ledelsen før en beslutning tas.

I modellen som er foreslått i oppgaven er det ingen slike fastsatte kriterier for hvilke grenser av usikkerhet som skal definere om man er i tidlig fase eller ikke. Det er en glidende overgang fra tidlig fase til senere faser.

## 7. Diskusjon

Andre prosjektmodeller har en klarere definisjon om hva som defineres som tidlig fase, spesielt gjelder dette tradisjonelle prosjekter som ikke har løkker. Et eksempel som kan trekkes frem fra industrien er en grov inndeling som har vært brukt av Statoil. Det er en inndeling i tre faser: Feasibility, concept og detailed engineering, og det brukes tre kategorier av usikkerhetsintervaller. I det som i denne oppgaven har blitt omtalt som Scope og planlegging, kalles her feasibility og concept-fasen. De senere fasene der detaljert engineering finner sted kalles engineering-fasen. Hvis  $Y$  er en forhåndsdefinert variabel, som for eksempel kostnad, tidsbruk og lignende, og  $EY$  er den forventede verdien av  $Y$ , så er akseptabel prediksjonsintervall 40% fra forventet verdi i feasibility-fasen, 30% i konseptutviklingsfasen og 20% i engineering-fasen. Figur 22 viser dette, og er hentet fra Flage and Aven [18] og er basert på Hjorteland, Aven [36].



Figur 22 Figuren viser usikkerhetsintervaller i ulike prosjektstadier, hentet fra [18]

Det er klart at usikkerheten reduseres progressivt gjennom livssyklusen i dette perspektivet, og når usikkerheten blir såpass redusert at det er 20% slingsmonn på hver side av forventet verdi så tas beslutningen om å starte detaljert engineering og konstruksjonen [36].

Som et eksempel, la oss definere en variabel  $Y$ , som er total kostnad på prosjektet. Dersom forventet sluttkostnad er  $EY = 100$  MNOK, vil det i feasibility-fasen være et prediksjonsintervall på  $\pm 40\%$  fra forventet verdi, altså vil intervallet være  $[60,140]$ . I neste fase, konseptutviklingsfasen, vil dette intervallet være  $\pm 30\%$ , intervallet snevres altså inn til  $[70,130]$ . Etter hvert når usikkerhetene blir behandlet og kostestimatene kan reduseres til  $\pm 20\%$ , altså  $[80,120]$ , tas det et valg om å enten avslutte prosjektet, eller å gå inn i detaljert engineering-fase der kostnadene ved modifikasjoner generelt er mye høyere enn i

planleggingsfasen [18]. I dette rammeverket er det kun en type usikkerhet, nemlig epistemisk, altså mangel på informasjon. Det er en forenkling, da det vil være flere kilder til usikkerhet til stede. Leseren refereres til [5] for en større diskusjon om dette i en risikokontekst.

Du kan ha 20% variasjon på en variabel, som for eksempel systempålitelighet, mens andre variabler kan samtidig være både 30% og 40%, som for eksempel forventet sluttkostnad. Det er da ikke mulig å konstatere nøyaktig at en er i feasibility- eller konseptfasen, kun basert på usikkerhetsintervallene.

Om denne måten å dele inn på med skarpe skiller mellom kategoriene er den beste måten å se på dette på, er oppe til diskusjon. Leseren refereres til [18] for en diskusjon rundt dette. Modellen som er foreslått i kapittel 6 ser bort fra forhåndsdefinerte usikkerhetsintervaller. Det vil med forhåndsdefinerte usikkerhetsintervaller bli et for ensidig fokus på usikkerhetsreduksjon framfor en vurdering av fordeler og ulemper [18].

Det er vanskelig å fremstille komplekse interaksjoner på en enkel måte. Forenklinger er ofte ikke optimalt når det kommer til presentasjon av, og forklaring av systemer med komplekse interaksjoner. Teknisk personell er ofte ikke gode til å formidle budskap. I de fleste tilfeller vil de vil heller bruke tiden sin på å ta et dypdykk i tekniske detaljer som de jobber med [3]. For at et team skal være effektivt så må de kommunisere effektivt med hverandre. For noen vil dette være en utfordring, og for andre vil det komme med øvelse. Prosjektlederen må jobbe med effektiv kommunikasjon på tvers av disipliner, og også med eksterne interessenter for å få optimalt resultat [3].

Resultatene av analysen gjelder for en modell, en simplifisering av den virkelige verden, og ikke selve verden [37]. Det kan gjennomføres mange modellbaserte risikoanalyser på datamaskiner, som igjen vil kunne simulere hendelser et meget høyt antall ganger. Det vil kunne bli generert frekvensbaserte sannsynligheter, men det vil være gjeldende for en hypotetisk situasjon. Det vil imidlertid være av begrenset nytteverdi for bruk i den virkelige verden.

Risikonivået kan reduseres veldig om en legger stor vekt på å implementere innebygget sikkerhet. Dersom en bestemmer seg for å bruke et «tryggere» stoff enn et farlig et, kan det hende at prisen for dette stoffet er høyere enn det potensielt farlige, og det er noe som må tas i betraktning når dette spørsmålet skal vurderes. Ledelsens vurdering og evaluering spiller igjen en viktig rolle. Dessuten vil anlegg med store beholdninger med antennbart, sprengfarlig

materiale kunne være et yndet terrormål, da de potensielle negative konsekvensene kan være enorme, både i tap av menneskeliv, materielle skader og økonomiske konsekvenser. Med lavere beholdninger av materiale (minimering), vil de potensielle skadene være redusert, og med det vil anlegget være av lavere interesse for terrorister. Terrorister vil ikke nødvendigvis være klar over hvilke anlegg som er mer eller mindre sikre enn andre. Dersom nye sikre anlegg får omtaler i media om hvordan beholdningen av farlige stoffer er redusert til et minimum vil det være mindre tiltalende for terrorister å utføre angrep på anlegget, og det kan muligens argumenteres med at risikoen for terrorangrep mot installasjonen er redusert. Det skal nevnes at det er utfordrende å utføre en risikoanalyse for terrorangrep, for de mulige konsekvensene kan være ekstreme, og det vil være dårlige prediksjoner av faktiske skader og tap av liv. Dessuten er det store usikkerheter i det underliggende fenomenet. Historisk data er også begrenset [38].

Den som utfører risikoanalysen kan ha en forutinntatt holdning eller mening, og på den måten påvirke resultatet av analysen ved å gjøre antakelser som fremmer hans/hennes syn. Det er derfor viktig med en uavhengig utførelse av risikoanalysen. Et annet eksempel kan være at en interessent er en politiker eller annen offentlig person som bruker prosjektet for å fremme sin posisjon, eller det kan være at han/hun bruker sin makt for å motarbeide prosjektet.

Forskjellig terminologi i «risikoverdenen» og «prosjektledelsesverdenen» kan være en kilde til forvirring. Når en beslutning skal tas må de involverte være klar på hvilken terminologi som brukes og hva som menes med den for å unngå misforståelser som i verste fall kan skade prosjektet. For ingeniørdisipliner er det vanlig å omtale risiko som noe negativt, så selve risikobegrepet får noe negativt assosiert med seg. Faktum er at «risiko» slår begge veier, så en risiko som kan slå ut som noe positivt, omtales som en «mulighet». Noe annet som betyr det samme er en «positiv risiko» eller «oppsiderisiko». Avhengig av hvilket miljø en er vant med å operere i, finansindustrien, prosjektledelse, akademisk risikostyring, og lignende, så er det forskjellig terminologi som er rådende. Dersom en fra et prosjektmiljø skal lese rapporter fra et annet miljø kan det være forvirrende dersom ulik terminologi blir brukt. Dette gjelder spesielt for risikodefinsjonen, da noen definerer risiko forskjellig. Et perspektiv er A,C,P-perspektiv, et annet er A,C,U-perspektiv. Når slike grupper skal snakke om risiko, eller andre begreper som har ulike definisjoner, må det være på det rene hva det er som menes.

Når det kommer til subjektive vurderinger med bakgrunn i analytikerens erfaring og bakgrunnskunnskap vil dette kunne variere fra person til person. To personer fra ulik



bakgrunn som skal jobbe sammen med en risikoanalyse og tilegne usikkerheter subjektive sannsynligheter trenger nødvendigvis ikke å komme frem til det samme resultatet. Ens arbeidserfaring og utdanningsnivå vil reflekteres i det de kommer frem til. Dersom disse ekspertene har store sprik i sine vurderinger vil det være en kilde til usikkerhet, som må tas tak i. Sett fra en beslutningstakers perspektiv tar det seg ikke bra ut om to eksperter er uenige om sannsynlighetene som danner grunnlag for risikoanalysen. Han eller hun vil da være nølende med å ta sin beslutning, grunnet uenighet blant ekspertene. Derfor er det spesielt viktig at metoden som har blitt brukt for å beregne sannsynlighetene, og hvilken kunnskap og erfaring som ligger til grunn, blir kommunisert overfor beslutningstakeren og hans ledergruppe.

Spesielt i innovative prosjekter, som for eksempel agile prosjekter, vil det være store usikkerheter knyttet til løsningen, og disse usikkerhetene er ofte grunnen til eventuell uenighet blant ekspertene. Derfor er det viktig at usikkerhetene bearbeides systematisk og kontinuerlig.

Det å vite hvordan en skal vurdere ulike typer sannsynligheter og hva de uttrykker er vanskelig å kreve fra samtlige deltakere i et prosjekt. Det er urimelig å forvente at alle involverte skal være oppdatert i det akademiske miljøet innen risikostyring og prosjektledelse. Det kan tenkes at det er tilstrekkelig at prosjektlederen og eventuelt andre beslutningstakere er kjent med slike uttrykk, som er beskrevet tidligere, som ellers kan overlates til akademikere. Det er derimot kritisk at risikoanalytikerne klarer å kommunisere til beslutningstakerne og ledelsen hvilke sannsynligheter som brukes og hvordan de har kommet fram til disse verdiene. Her er det viktig med en dialog og bruk av rike kommunikasjonsmedier som for eksempel videokonferanse eller møter ansikt-til-ansikt. Prosjektlederen må kunne skille mellom informasjon som er relevant og informasjon som er overflødig på det aktuelle tidspunktet.

## 8. Konklusjon

Hovedbidraget i denne oppgaven er en modell som, hvis fulgt, passer på at spørsmålet om å ha innebygget sikkerhet blir ivaretatt gjennom den tidlige fasen av agile prosjekter, samt at beslutningstakeren alltid er oppdatert på usikkerhetene og sannsynlighetene som er brukt i risikoanalysen i forkant.

I tidlig fase er det ikke hensiktsmessig å ta med alle mulige detaljer i planleggingen, på grunn av det store avviket som kan oppstå siden prediksjonsintervallene er store. Etter hvert som flere iterasjoner/sykluser blir gjort, vil mer data bli innsamlet og mer kunnskap og informasjon blir tilgjengelig. Når det da senere i prosjektlivssyklusen skal gjøres planlegging vil det kunne bli økt kompleksitet, siden flere detaljer da blir inkludert i prosessen. Økt kompleksitet er en kilde til usikkerhet. Når usikkerheten blir større, vil også risikoen bli større i et A,C,U-risikoperspektiv.

Den som tar en beslutning på bakgrunn av en risikoanalyse med påfølgende vurdering av usikkerhet og sannsynlighet for å ivareta innebygget sikkerhet i planleggingsprosessen i tidlig fase av agile prosjekter, må vite hva som er grunnlaget for, eller kilden til ulike typer usikkerheter. Det må også være på det rene hvilke antakelser, om noen, som har blitt gjort for å beregne sannsynlighetene som beskriver disse usikkerhetene. Er sannsynlighetene rent objektive basert kun på data tilgjengelig, eller ligger det en mer subjektiv vurdering bak? Hvilke antakelser og bakgrunnskunnskaper danner basis for denne sannsynligheten? Dette er spørsmål som beslutningstakeren må vurdere før han eller hun tar en beslutning. Ved å følge modellen sikres det at dette blir ivaretatt.

Når en risikoanalyse skal gjennomføres så er det flere kilder til usikkerhet. For å utrede og redusere noe av denne usikkerheten så er det forskjellige måter som er optimal fremgangsmåte. Dersom en kilde til usikkerhet er mangel på informasjon, vil en måte å redusere denne usikkerheten på være å bruke ressurser på å innhente mer informasjon. For andre tilfeller vil det være nødvendig med en grundigere tolkning eller analyse av informasjonen som er tilgjengelig.

For andre kilder til usikkerhet kan kommunikasjon med hjelp av rike medier være med å redusere usikkerhetene. Videokonferanser er et hjelpemiddel som kan være med å redusere noe av usikkerheten som kan fremkomme i kommunikasjon. Spesielt gjelder dette når ambiguitet og tvetydighet er en kilde til usikkerhet, da personene som er involvert kan se hverandre og tyde kroppsspråk, tonefall, og lignende. Det har i løpet av de siste tiårene vært

en enorm revolusjon når det kommer til kommunikasjonsteknologi. Videokonferanser blir brukt hyppig i prosjektarbeid, og denne formen for rik kommunikasjon bidrar til å redusere kilder til usikkerhet. Den som sender en beskjed over en videokonferanse for eksempel vil kunne tyde kroppsspråket til den som mottar beskjeden, og dersom noe skulle være uklart i denne meldingsoverføringen så kan mottaker enkelt utrede dette slik at beskjeden blir mottatt slik den er tenkt fra avsender. Ambiguitet og tvetydighet er eksempler på kilder til usikkerhet som, med den voksende teknologien, blir redusert i større grad enn tidligere. Siden det ofte er høy grad av innovasjon og nytenking i agile prosjekter, er det ofte lite datagrunnlag å basere objektive sannsynligheter på. Det vil være større grad bruk av subjektive sannsynligheter for å beskrive usikkerhetene. Med tiden vil mer innsamling av informasjon bidra til at nøyaktigheten blir større, og eventuelle prediksjonsintervaller blir mindre. Den som skal ta beslutning på bakgrunn av resultatet av en risikoanalyse, må vite hva som menes med den sannsynligheten som oppgis, og hvordan man har kommet frem til den. Han eller hun må vite om sannsynligheten er fremkommet kun ved hjelp av data og rent objektive observasjoner, eller om det er en mer subjektiv sannsynlighet der analytikerens personlige vurderinger og bakgrunnskunnskap spiller inn og bidrar til vurderingen av sannsynligheten. Det må legges særlig vekt på kommunikasjonen av denne informasjonen fra analysegruppen til beslutningstakeren.

Det må være enighet om terminologien som brukes i prosjektgruppen. Risiko- og prosjektmiljøene kan ha til dels ulike terminologier på samme fenomener. For å unngå at dette blir en kilde til usikkerhet, så må gruppen på forhånd være enig om terminologien som brukes.

Hvis sjekklisten som er foreslått blir fulgt, kan prosjektgruppen være sikker på at ingen aspekter ved Kletz' prinsipper om innebygget sikkerhet blir glemt, og anlegget/installasjonen som blir bygd, er bygd sikrest mulig.

## 9. Referanser

1. Kletz, T. and P. Amyotte, *Process plants: A handbook for inherently safer design. Second edition*. 2010: CRC.
2. Gardiner, P.D., *Project Management - A strategic planning approach*. 2005, Palgrave Macmillan.
3. Wysocki, R.K., *Effective project management: traditional, agile, extreme*. 2011: Wiley.
4. Perminova, O., M. Gustafsson, and K. Wikström, *Defining uncertainty in projects – a new perspective*. International Journal of Project Management, 2008. **26**(1): p. 73-79.
5. Aven, T., *Foundations of risk analysis*. 2003: Wiley.
6. Aven, T., *Some reflections on uncertainty analysis and management*. Reliability Engineering & System Safety, 2010. **95**(3): p. 195-201.
7. Aven, T., *Risk analysis: assessing uncertainties beyond expected values and probabilities*. 2008: Wiley.
8. Aven, T., W. Røed, and H.S. Wiencke, *Risikoanalyse*. 2008, Universitetsforlaget.
9. ISO, *NS-ISO 31000:2009 Risikostyring - Prinsipper og retningslinjer*. 2009.
10. NORSOK, *NORSOK Z-013 Risiko- og Beredskapsanalyse*. 2001: Standard Norge.
11. Aven, T., *On how to define, understand and describe risk*. Reliability Engineering & System Safety, 2010. **95**(6): p. 623-631.
12. Aven, T. and O. Renn, *On the Risk Management and Risk Governance of Petroleum Operations in the Barents Sea Area*. Risk Analysis, 2012. **32**(9): p. 1561-1575.
13. Brun, E., A.S. Saetre, and M. Gjelsvik, *Classification of ambiguity in new product development projects*. European Journal of Innovation Management, 2009. **12**(1): p. 62-85.
14. Brun, E., *What is "Fuzziness" - or "the Unknown" - at the Front End of New Product Development Projects?* 2011.
15. Aven, T. and G. Reniers, *How to define and interpret a probability in a risk and safety setting*. Safety Science, 2013. **51**(1): p. 223-231.
16. Aven, T., *Quantitative risk assessment: the scientific platform*. 2011: Cambridge University Press.
17. Aven, T., *Interpretations of alternative uncertainty representations in a reliability and risk analysis context*. Reliability Engineering & System Safety, 2011. **96**(3): p. 353-360.
18. Flage, R. and T. Aven, *On treatment of uncertainty in system planning*. Reliability Engineering & System Safety, 2009. **94**(4): p. 884-890.
19. PTIL. *FORSKRIFT OM UTFORMING OG UTRUSTNING AV INNRETNINGER MED MER I PETROLEUMSVIRKSOMHETEN (INNRETNINGSFORSKRIFTEN)*. 2012 [cited 2013 16.05.2013]; Available from: <http://www.ptil.no/innretningsforskriften/category380.html>.
20. Aven, T., *Pålitelighets- og risikoanalyse*. 2006: Universitetsforlaget.
21. NORSOK, *NORSOK S-001 - Technical Safety*. 2008, Standard Norge.
22. Hobbs, P., *Prosjekstyring*. 1998.
23. Samset, K., *Generelt om prosjekter og utfordringer i tidligfasen*. 2007.
24. Brun, E., *Forelesningsnotater Prosjektledelse 2*. 2012: Universitetet i Stavanger.
25. Kolltveit, B.J. and K. Grønhaug, *The importance of the early phase: the case of construction and building projects*. International Journal of Project Management, 2004. **22**(7): p. 545-551.
26. Daft, R.L. and R.H. Lengel, *Organizational information requirements, media richness and structural design*. Management science, 1986. **32**(5): p. 554-571.
27. Daft, R.L. and R.H. Lengel, *Information richness. A new approach to managerial behavior and organization design*. 1983, DTIC Document.
28. Zack, M.H., *The role of decision support systems in an indeterminate world*. Decision Support Systems, 2007. **43**(4): p. 1664-1674.
29. Gupta, J.P., *A course on Inherently Safer Design*. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 2000. **13**(1): p. 63-66.

30. Kletz, T., *What went wrong? Case histories of process plant disasters and how they could have been avoided*. 2009: Butterworth-Heinemann.
31. Kletz, T., *Inherently Safer Design—Its Scope and Future*. *Process Safety and Environmental Protection*, 2003. **81**(6): p. 401-405.
32. Amyotte, P.R. and R.K. Eckhoff, *Dust explosion causation, prevention and mitigation: An overview*. *Journal of Chemical Health and Safety*, 2010. **17**(1): p. 15-28.
33. Carbide, U. *Bhopal Information Center - Chronology*. 2013 2013 [cited 2013 25.april]; Available from: <http://www.bhopal.com/chronology>.
34. Ferdous, R., et al., *Analyzing system safety and risks under uncertainty using a bow-tie diagram: An innovative approach*. *Process Safety and Environmental Protection*, 2013. **91**(1–2): p. 1-18.
35. Flage, R. and T. Aven, *Expressing and communicating uncertainty in relation to quantitative risk analysis*. *Reliability & Risk Analysis: Theory & Application*, 2009. **2**(13): p. 9-18.
36. Hjorteland, A., T. Aven, and R. Østebø, *Uncertainty treatment in production assurance analyses throughout the various phases of a project*. *Reliability Engineering & System Safety*, 2007. **92**(10): p. 1315-1320.
37. Aven, T. and J. Kørte, *On the use of risk and decision analysis to support decision-making*. *Reliability Engineering & System Safety*, 2003. **79**(3): p. 289-299.
38. Aven, T., *Misconceptions of risk*. 2011: Wiley.