




Universitetet
i Stavanger

DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

MASTEROPPGAVE

Studieprogram/spesialisering: Industriell Økonomi Kontraktstrategi & Risikostyring	Vårsemesteret, 2010 Åpen
Forfatter: Anders Bjelland	 (signatur forfatter)
Fagansvarlig: Terje Aven Veileder(e): Willy Røed (Proactima AS)	
Tittel på masteroppgaven: Sammenheng mellom risiko-og aktivitetsnivå. <i>En studie av en allment akseptert antagelse i risikoanalyser</i> Engelsk tittel: The connection between risk- and activity level. <i>A study of a common accepted assumption in risk analysis</i>	
Studiepoeng: 30	
Emneord: Risiko Risikoanalyse Risikoutvikling Risikonivå Aktivitetsnivå Lineær sammenheng	Sidetall: 94 Stavanger, 14. Juni 2010



Sammenheng mellom risiko- og aktivitetsnivå

En studie av en allment akseptert antagelse i risikoanalyser

av Anders Bjelland

Masteroppgave i industriell økonomi
Stavanger 2010



Universitetet
i Stavanger

Teknisk-naturvitenskaplig fakultet
Institutt for industriell økonomi, risikostyring og planlegging
Veileder: Professor Terje Aven

(blank side)

Sammendrag

I mange av risikoanalysene som utføres i dag ligger det til grunn en antagelse om at det eksisterer en form for fast sammenheng mellom risikonivå og aktivitetsnivå. Det er spesielt synlig i kvantitative risikoanalyser hvor man ofte bruker en statistisk ulykkesfrekvens sammen med et aktivitetsmål for å uttrykke risikoen for at en hendelse skal inntreffe. En følge av denne metodikken er at når aktivitetsnivået øker, øker også det uttrykte risikonivået. Antagelsen, som i rapporten refereres til som den *positive lineære sammenheng mellom risikonivå og aktivitetsnivå*, gir med andre ord uttrykk for at risikonivået er direkte proporsjonalt med aktivitetsnivået som legges til grunn.

Utgangspunktet for denne rapporten er en arbeidshypotese hvor den positive lineære sammenhengen anses for å være mangelfull og inneholde en rekke svakheter som bør adresseres. Hovedargumentene som legges til grunn for kritikken er blant annet at den positive lineære sammenhengen:

- ikke inkluderer andre faktorer enn aktivitetsnivået
- benytter statiske ulykkesfrekvenser til å beskrive en dynamisk verden
- bygger på en gjennomgående uavhengighetsantagelse mellom alle enheter som studeres
- gir uttrykk for en skjebnentalitet hvor risiko ikke kan styres

For å forsøke å bekrefte arbeidshypotesen er det utført regresjonsanalyser med ulykkes- og aktivitetsdata fra oljeindustrien, luftfarts- og veitrafikksektoren. I de 36 utførte analysene ble ikke den positive lineære sammenhengen observert én eneste gang. I 6 av analysene kunne man derimot observere en utvikling hvor en reduksjon i risikonivået var sammenfallende med en økning i aktivitetsnivået. Dataanalysen er entydig og gir grunnlag for å hevde at det ikke eksisterer en positiv lineær sammenheng i de tre sektorene.

Fra å avkrefte den positive lineære sammenhengen i de analyserte sektorene går rapporten videre og forsøker å svare på hva som kan forklare de utviklingene som kan observeres i de ulike sektorene. Resultatet av diskusjonen er at det kan vises til en rekke andre faktorer enn aktivitetsnivået som kontinuerlig bidrar til å påvirke risikoutviklingen. Felles for forklaringsfaktorene er at de er av allmenngyldig karakter, og kan tenkes å påvirke risikoutviklingen også i andre sektorer enn de tre som er analysert i rapporten.

På bakgrunn av rapportens funn er det til dels problematisk å bruke den positive lineære sammenhengen mellom risikonivå og aktivitetsnivå slik den brukes i dag. Rapporten foreslår avslutningsvis et eksempel på en mulig modifikasjon av den positive lineære sammenhengen som tar høyde for en del av kritikken som er reist i rapporten.

Fokuset frem i tid bør etter rapportens konklusjon dreie seg om å utbedre dagens metoder og modeller slik at de blir mer i takt med den komplekse og dynamiske verden som omgir oss. Det synes da å være høyst nødvendig å ta høyde for andre risikoinfluerende faktorer enn kun aktivitetsnivået.

(blank side)

Forord

Rapporten utgjør den avsluttende oppgaven i min mastergrad i industriell økonomi, med spesialisering i kontraktstrategi og risikostyring ved Universitetet i Stavanger. Studiet er tverrfaglig med emner som dekker teknologi, økonomi og ledelse, noe som også gjenspeiles i denne rapporten. Jeg har forsøkt å inkorporere litt ulike og kanskje utradisjonelle vinklinger i teksten underveis, med håp om å interessere potensielle lesere med ulik bakgrunn.

Oppgaven er gjennomført med veiledning fra Proactima AS, som på forespørsel fra undertegnede høsten 2009 kom med en idé til et mulig tema. Utgangspunktet var en oppgave basert på deres pågående prosjekt for Petroleumstilsynet om risikoen ved utslipp til sjø ved petroleumsvirksomhet i Lofoten og Barentshavet. Selv om nordområdene var inspirasjonskilden ved oppstart av oppgaven, har rapporten utviklet seg underveis i semesteret og fått en teoretisk vinkling som er uavhengig av prosjektet til Proactima.

Jeg har hatt fem spennende år ved Universitetet i Stavanger, som jeg kommer til å se tilbake på og huske for alle aktivitetene og utfordringene som jeg har fått tatt del i. I den anledning vil jeg gjerne takke alle som bidratt til å gjøre tiden ved UIS til en minnerik opplevelse.

Jeg vil gjerne takke Jan Erik Vinnem, Jan Terje Kvaløy og faglig veileder Terje Aven (alle UIS) for deres bidrag til masteroppgaven. Til slutt vil jeg uttrykke min takknemlighet til Proactima og spesielt veileder Willy Røed som har stilt opp gjennom hele semesteret. Veiledningen har vært uvurderlig, med kontinuerlig oppfølging og positiv kritikk gjennom hele prosessen. Oppgaven kunne ikke vært gjennomført uten deres bidrag.

Stavanger 14, juni 2010



Anders Bjelland

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	II
Forord	IV
Innholdsfortegnelse	V
Figurer	VII
Tabeller	VII
Forkortelser	VIII
1 Innledning	9
1.1 Bakgrunn	9
1.2 Formål	10
1.3 Problemstilling	10
1.4 Rapportens struktur	11
1.5 Metodikk og informasjonsgrunnlag	12
2 Risikofaglig fundament	13
2.1 Begreper og definisjoner	13
2.2 Risikoperspektiv	14
2.3 Sannsynlighetsperspektiv	15
2.4 Risikonivå.....	17
2.5 Indikatorer for risiko	17
3 Risikonivå og aktivitetsnivå	23
3.1 Lineære sammenhenger.....	23
3.2 Ulike modeller for risikoutvikling.....	24
3.3 Problematiske aspekter ved modeller for risikoutvikling.....	26
3.4 Eksempel på anvendelse av positiv lineær sammenheng.....	29
3.5 Opphavet til den positive lineære antagelsen	31
4 Dataanalysemetoder	33
4.1 Plotting av datapunkter.....	33
4.2 Lineær regresjon.....	33

5	Dataanalyse av offshore petroleumsindustri.....	42
5.1	Informasjonsgrunnlag	42
5.2	Risiko- og aktivitetsindikatorer	42
5.3	Resultater	44
5.4	Konklusjon.....	50
6	Dataanalyse av kommersiell luftfart.....	51
6.1	Informasjonsgrunnlag	51
6.2	Risiko- og aktivitetsindikatorer	51
6.3	Resultater	53
6.4	Konklusjon.....	55
7	Dataanalyse av veitrafikk	56
7.1	Informasjonsgrunnlag	56
7.2	Risiko- og aktivitetsindikator.....	56
7.3	Resultater	57
7.4	Konklusjon.....	59
8	Refleksjoner rundt teori og analyseresultater	60
8.1	Betydningen av de teoretiske argumentene og analyseresultatene	60
8.2	Hva ligger bak utviklingene som observeres?	62
9	Forklaringsfaktorer for risikoutvikling.	70
9.1	Generelle forklaringsfaktorer for risikoutvikling.....	70
9.2	Betydning for andre sektorer enn offshore, luftfart og veitrafikk.....	77
10	Forslag til alternativ metode og modell	79
10.1	Grunnleggende tanker om risikoinfluerende forhold.....	79
10.2	Forenkling av virkeligheten	80
10.3	Alternativ metode for å vurdere risikonivå	82
10.4	Analysemetoden strukturert	85
10.5	Matematisk modell for analyse av risikonivå over tid	86
11	Konklusjon	88
12	Forslag til videre arbeid	90
	Kilder	91

Figurer

FIGUR 1-1: RAPPORTENS STRUKTUR	11
FIGUR 2-1: SCENARIO FOR TAP AV PLATTFORM	21
FIGUR 2-2: RISIKOINDIKATORER FORTELLER NOE OM HISTORIEN, MENS RISIKO HANDLER OM FREMTIDEN	22
FIGUR 3-1: PÅVIRKELIG FREMTID	26
FIGUR 3-2: AKTIVITETSNIVÅETS DIREKTE OG INDIREKTE PÅVIRKNING AV RISIKONIVÅET	28
FIGUR 4-1: DATAPLOTT MED LINEÆR MODELL OG RESIDUALER	35
FIGUR 4-2: KONTROLL AV TYNGDEPUNKT OG VARIANS	38
FIGUR 4-3: KONTROLL AV UAVHENGIGHET	38
FIGUR 4-4: KONTROLL AV NORMALFORDELING	39
FIGUR 5-1: RISIKO- OG AKTIVITETSINDIKATOR FOR OLJEUTSLIPP	45
FIGUR 5-2: OLJEUTSLIPP PR. INNRETNINGSÅR	45
FIGUR 5-3: REGRESJONSMODELL FOR ANTALL OLJEUTSLIPP SOM FØLGE AV AKTIVITETSNIVÅ	46
FIGUR 5-4: ALLE HENDELSER DFU 1-11 I RNNP-PROSJEKTET	47
FIGUR 5-5: ALLE HENDELSER DFU 1-11 NORMALISERT MOT ANTALL INNRETNINGSÅR	47
FIGUR 5-6: REGRESJONSMODELL FOR DFU 1-11 I PERIODEN 2002-2008	48
FIGUR 6-1: RISIKO OG AKTIVITETSINDIKATOR FOR MEGET ALVORLIGE OG ALVORLIGE FLYULYKKER	53
FIGUR 6-2: MEGET ALVORLIGE OG ALVORLIGE ULYKKER PR. MILLION FLYTIMER	54
FIGUR 6-3: REGRESJONSMODELL FLYULYKKER NORMALISERT MED MILLIONER FLYTIMER	54
FIGUR 7-1: RISIKO OG AKTIVITETSINDIKATOR FOR VEITRAFIKK	57
FIGUR 7-2: ANTALL OMKOMNE NORMALISERT MED 100 MILL KM	57
FIGUR 7-3: REGRESJONSMODELL OMKOMNE I TRAFIKKEN	58
FIGUR 9-1: SAMMENHENG MELLOM TEORI, ANALYSE OG KONKLUSJON	77
FIGUR 10-1: OVERORDNET IDÉ OM RISIKOINFLUERENDE FAKTORER	79
FIGUR 10-2: FORENKLET IDÉ OM RISIKOINFLUERENDE FAKTORER	81
FIGUR 10-3: RISIKOINFLUERENDE FAKTORERS PÅVIRKNING PÅ GRUNNFREKVENSEN	83
FIGUR 10-4: AKTIVITETSEFFEKT OG FAKTOREFFEKT PÅ DET TOTALE RISIKONIVÅET	84
FIGUR 10-5: FREMGANGSMETODE FOR ANALYSE AV RISIKONIVÅ OVER TID	85

Tabeller

TABELL 3-1: GJENNOMSNITTLIG UTBLÅSNINGSFREKVENNS PR ÅR FORDELT PÅ TRE PERIODER (SINTEF)	30
TABELL 5-1: DEFINERTE FARE OG ULYKKESSITUASJONER KATEGORIER BRUKT I RNNP-PROSJEKTET	43
TABELL 5-2: AKTIVITETSINDIKATORER I RNNP-PROSJEKTET	43
TABELL 5-3: UTFØRTE REGRESJONSANALYSER I OFFSHOREINDUSTRIEN	44
TABELL 5-4: ALLE REGRESJONSANALYSER FOR PERIODEN 1996-2008 FOR OFFSHOREINDUSTRIEN	49
TABELL 5-5: ALLE REGRESJONSANALYSER FOR PERIODEN 2002-2008 FOR OFFSHOREINDUSTRIEN	49
TABELL 6-1: ULYKKEKATEGORIENE TIL NTSB	52
TABELL 6-2: ALLE REGRESJONSANALYSER NORSK OG AMERIKANSK LUFTFART	55
TABELL 7-1: REGRESJONSMODELLER FOR ALLE ANALYSER AV VEITRAFIKK	58
TABELL 8-1: POSITIV LINEÆR SAMMENHENG SOM UTGANGSPUNKT?	61
TABELL 9-1: RISIKOFYLTE PROSJEKT	75

Forkortelser

ATL	Autoriserte Trafikkskolars Landsforbund
CFIT	Controlled Flight Into Terrain
DFU	Definerte Fare- og Ulykkessituasjoner
DoE	Department of Energy
EGPWS	Enhanced Ground Proximity Warning System
ESC	Electronic Stability Control
FAR	Fatal Accident Rate
FoU	Forskning og Utvikling
FAA	Federal Aviation Administration
GPWS	Ground Proximity Warning System
HAZID	Hazard Identification
HMS	Helse, Miljø og Sikkerhet
HSE	Health & Safety Executive
HUMS	Health and Usage Monitoring System
ICAO	International Civil Aviation Organization
LTI	Lost Time Injuries
MTO	Menneske, Teknologi og Organisasjon
NAF	Norges Automobil Forbund
NTBS	National Transportation Safety Board
OLF	Oljeindustriens Landsforening
PTIL	Petroleumstilsynet
QRA	Quantified Risk Assessment
RNNP	Risikonivå Norsk Petroleum
ROV	Remotely Operated Vehicle
SFT	Statens Forurensingstilsyn
TØI	Transportøkonomisk Institutt
VHM	Vibration Health Monitoring

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Barentshavet og spesielt de kystnære områdene utenfor Lofoten har i de siste årene til stadighet vært i medias søkelys grunnet den pågående offentlige debatten om å åpne nye områder for petroleumsaktivitet. Interessentene i debatten er mange, og de representerer et bredt spekter av synspunkter.

I de berørte områdene er fiskerinæringen sentral og representerer store verdier og mange arbeidsplasser. I 2007 eksporterte Norge fiskeprodukter for over 37 milliarder kroner og sysselsatte over 22 000 mennesker. Så mye som 40-50 % av verdiskapningen i fiskerinæringen fant sted fra Nordlandskysten og opp mot grensen til Russland. Næringen uttrykker bekymring for den risikoen som utvidet petroleumsaktivitet vil pålegge dem. Det legges vekt på områdebegrensning som følge av seismikkskyting og sikkerhetssoner rundt installasjoner som kan utgjøre tap av verdifulle fangstområder, i tillegg til reduksjon av fiskebestanden som en mulig konsekvens av hydrokarbonutslipp. Det eksisterer også store fugleforekomster som er spesielt sårbare ved kystnære oljeutslipp.

For oljeindustrien utgjør Lofoten et område som har geologiske likhetstrekk med andre områder hvor kjente letemodeller har vist seg å være suksessfulle. Oljeproduksjonen i Norge har hatt en nedadgående trend siden toppåret i 2004. Det henger sammen med næringens manglende evne til å erstatte produksjon med nye reserver. Ikke siden 1997 har ressurstilveksten vært større enn produksjonen. Tiden fra et område åpnes for petroleumsaktivitet til et felt er i produksjon kan i de fleste tilfeller ta 10-15 år. For oljeindustrien er det således svært viktig å få tilgang til nye områder på det nåværende tidspunkt for å demme opp det forestående produksjonsfallet på norsk sokkel.

Forvaltningsplanen for Barentshavet og havområdene utenfor Lofoten skal revideres i 2010. Før politikerne vedtar en ny plan for området er det essensielt at underlagsmaterialet belyser alle relevante aspekter ved saken. Det er svært store verdier som står på spill, og derfor bør beslutningsgrunnlaget som legges til grunn også gjenspeile dette.

Et sentralt element i risikoanalysene og en eventuell konsekvensutredning som danner myndighetenes beslutningsgrunnlag, er å beskrive hvordan det samlede risikonivået for havområdet utvikler seg over tid og som en følge av aktivitetsnivået.

Denne rapporten fokuserer på sammenhengen mellom risikonivå og aktivitetsnivå. Temaet er relevant for fremtiden til nordområdene, men også for andre sektorer og bransjer hvor man er interessert i forholdet mellom risikonivå og aktivitetsnivå.

I svært mange risikoanalyser gjøres det antagelser om eller tas for gitt at det er en positiv lineær sammenheng mellom aktivitetsnivå og risikonivå (referert til i rapporten som den positive lineære sammenhengen). En slik antagelse gjøres ofte uten at man kommer med

understøttende begrunnelser, og vil i mange tilfeller utgjøre en forenkling i analysen som ikke nødvendigvis er teoretisk fundamentert.

Det er mange faktorer som kan tenkes å ha en innvirkning på en aktivitet slik at risikonivået over tid ikke vil ha en positiv lineær sammenheng med aktivitetsnivået. Erfaringsoverføring, myndighetenes reaksjoner og teknologiutvikling fremstår ex ante som eksempler på slike faktorer. Det er nok ikke mulig å predikere fremtiden med 100 % sikkerhet, men man skulle tro at man ved å heve ambisjonsnivået og se utover aktivitetsnivået vil være i stand til å gi bedre prediksjoner.

Rapporten vil adressere påstanden ovenfor og temaet om den positive lineære sammenhengen, og forhåpentligvis bidra i debatten om hvordan risikoanalyser over tid bør gjennomføres.

1.2 Formål

Rapportens formål er å gi et bidrag til hvordan risikoutvikling over tid kan analyseres, og således gi et bedre grunnlag til å fatte beslutninger under usikkerhet.

1.3 Problemstilling

Hovedproblemstillingen som skal besvares er følgende:

Er det grunnlag for å hevde at det ikke eksisterer en positiv lineær sammenheng mellom risikonivå og aktivitetsnivå i offshoreindustrien, luftfarts- og veitrafikksektoren?

Besvarelsen av problemstillingen kan minne om en hypotesetest, hvor man ikke ønsker å forkaste nullhypotesen med mindre resultatene man kommer frem til i sterk grad tyder på at alternativhypotesen er korrekt. Sammenligningen skal dog ikke tas lenger enn på det rent konseptuelle nivået.

H_0 : Det eksisterer en positiv lineær sammenheng mellom risiko- og aktivitetsnivå.

H_1 : Det eksisterer ikke en positiv lineær sammenheng mellom risiko- og aktivitetsnivå.

Hypotesen skal besvares gjennom å studere risikoindikatorer for de ulike sektorene sammen med tilhørende aktivitetsnivå og se hvilke sammenhenger man historisk sett kan observere.

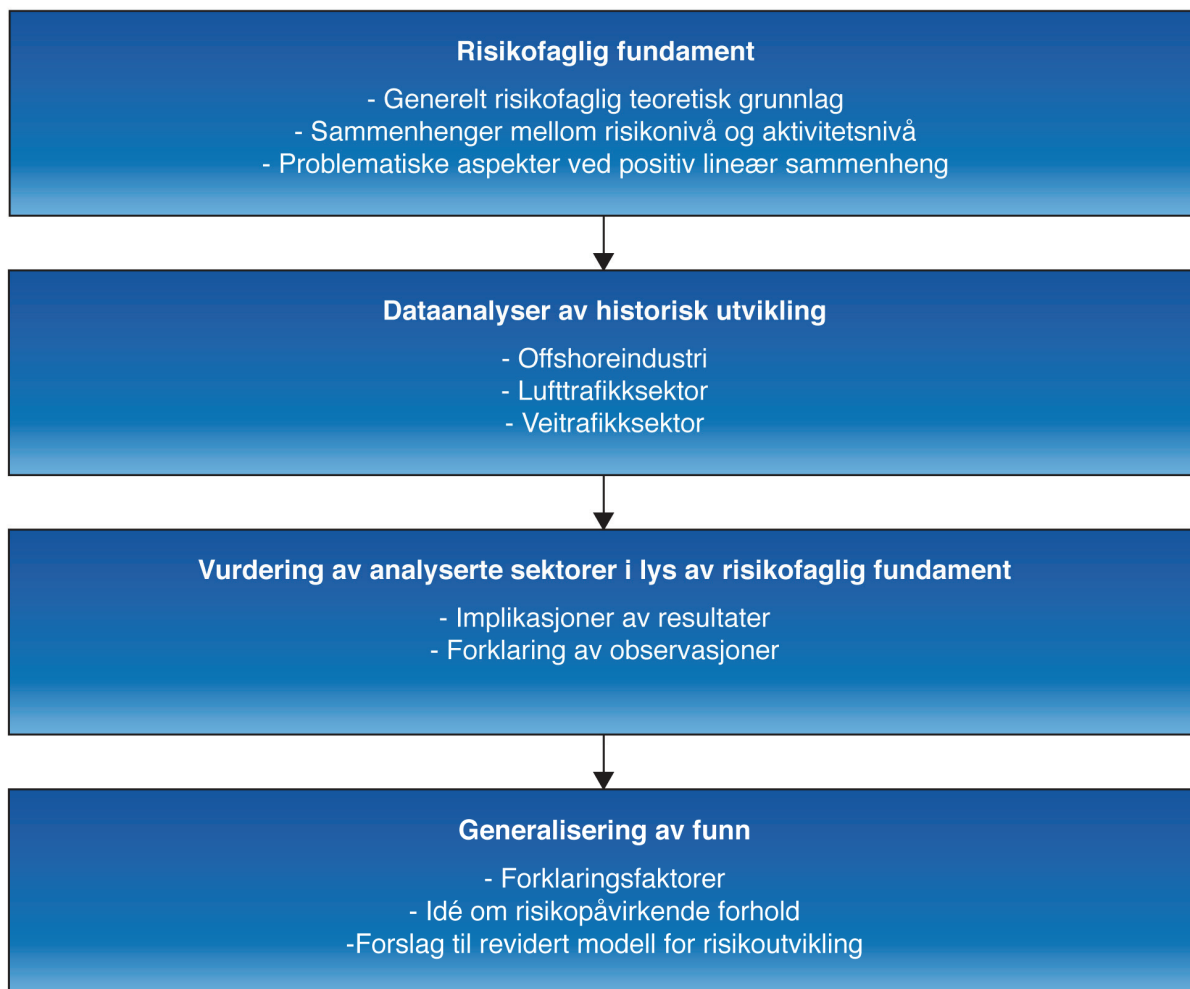
Hvis nullhypotesen forkastes skal rapporten gå videre og svare på følgende problemstilling:

Hva kan forklare den risikoutviklingen som faktisk kan observeres for de tre sektorene, og kan forklaringene generaliseres slik at de kan brukes på andre områder og danne grunnlag for en modell for risikoutvikling?

1.4 Rapportens struktur

Rapporten kan deles inn i fire deler, som vist i punktene nedenfor og i figur 1-1.

1. Et risikofaglig fundament til å basere oppgaven på, før det gis et innblikk i hva positiv lineær sammenheng mellom risikonivå og aktivitetsnivå innebærer. Dette for å belyse de problematiske aspektene ved den positive lineære sammenhengen.
2. En historisk risikoutvikling med tilhørende aktivitetsnivå innenfor ulike bransjer og sektorer analysert ved hjelp av risikoindikatorer og tilhørende aktivitetsindikatorer.
3. Implikasjoner av resultater og gjennomgang av bakenforliggende faktorer for de analyserte tre sektorer.
4. Generalisering av bakenforliggende faktorer og utvikling av modell basert på teori og analyse.



Figur 1-1: Rapportens struktur

1.5 Metodikk og informasjonsgrunnlag

For å besvare problemstillingene i rapporten kreves det et bevisst og helhetlig forhold til metodikk, som sørger for at innhenting av informasjon og gjennomføring av selve analysen kan utføres på en mest mulig rasjonell og fruktbar måte.

Samfunnsvitenskaplige fagmiljøer har i lange tider vært tilnærmet splittet i hovedgrupperingene som kvantitative og kvalitative metoder utgjør. Denne rapporten har ingen metodiske preferanser, men bruker en kombinasjon av overnevnte metoder for å belyse de ulike delene av problemstillingene slik forfatteren finner det mest hensiktsmessig.

Alternativhypotesen forsøkes bekreftet ved hjelp av kvantitativ metode. Det gjøres statistiske analyser av variabler som ut fra forfatterens standpunkt er beste tilgjengelige indikatorer for de bakenforliggende fenomenene som forsøkes skildret.

Datasettene som danner grunnlaget for de statistiske analysene er i all hovedsak innhentet fra de ulike sektorenes nasjonale tilsynsmyndigheter og utgjør i så måte grunnlaget for en eventuell offisiell statistikk for de aktuelle variablene. Dette er likevel ingen automatisk kvalitetsverifikasjon. Svært få datasett er fullkomne og bør derfor behandles deretter. Det er dog tvilsomt om andre kilder innehar et bedre datamateriale.

De resterende delene av rapporten benytter i all hovedsak kvalitative metoder hvor dokumentanalyse står sentralt, med utgangspunkt i faglitteratur og artikler fra anerkjente forfattere og utgivere. Enkelte steder i rapporten er det også benyttet ekspertvurderinger for å belyse spesielle emner.

2 Risikofaglig fundament

Risikofaget er som vitenskap fremdeles ungt og preges av faglig uenighet om definisjon av helt sentrale begreper og prinsipper. Det er i så måte nødvendig å legge til grunn et begrepsmessig fundament i rapporten for å sikre at forståelsen av innholdet samordnes med forfatterens intensjon. For enkelte lesere kan kapittel 2 i utgangspunktet være noe overflødig, mens andre blir stimulert til ettertanke. Etter hvert som man leser videre i rapporten vil man forhåpentligvis se at gjennomgangen og spørsmålene som stilles om sentrale definisjoner innenfor risikofaget er nødvendig for man skal kunne gi tilstrekkelige svar på problemstillingene.

2.1 Begreper og definisjoner

De viktigste definisjonene som legges til grunn i rapporten blir diskutert i kapittel 2 og 3 er gjengitt under. Øvrige definisjoner er kun gitt underveis i teksten.

Risiko

Risiko er definert som *"kombinasjonen av mulige fremtidige hendelser og tilhørende usikkerhet"* (Aven, Røed og Wiencke, 2008).

Risiko bør beskrives med perspektivet (A, C, U, P, K) hvor:

A uttrykker mulige fremtidige hendelser

C er mulige konsekvenser av disse hendelsene

U er tilhørende usikkerhet til både A og C

P er analytikerens sannsynligheter for C gitt K

K er bakgrunnskunnskapen som legges til grunn

Sannsynlighet

Sannsynlighet er *"en tankekonstruksjon som uttrykker analytikerens grad av tro om utfallet til en fremtidig hendelse"*. Tolkningen baserer seg på bayesiansk teori og antagelsen om at objektive sannsynligheter ikke finnes (Rausand og Utne 2009) & (Aven 2007).

Risikoindikator

Risikoindikator er *"en observasjon som sier noe om risiko"*.

Risikonivå

Det uttrykte risikonivået er *"den risiko som uttrykkes for en aktivitet på et gitt tidspunkt gjennom utvalgte risikoindikatorer."*

Positiv lineær sammenheng mellom risikonivå og aktivitetsnivå

Risikoutvikling over tid *"hvor risikonivået er direkte proporsjonal med aktivitetsnivået som legges til grunn"*.

Storulykke

Definisjonen av storulykker må sees i sammenheng med hvilken bransje eller sektor som analyseres. Generelt kan følgende definisjon av storulykke legges til grunn (Jersin 2003):

Ulykke som tilfredsstillende minst ett av følgende kriterier:

1. *Minst fem omkomne*
2. *Materielle skader for mer enn 30 mill. kroner*
3. *Store natur-/miljøskader i henhold til SFTs definisjoner*

For petroleumsindustrien er det naturlig å legge Petroleumstilsynets (PTIL) definisjon til grunn: *"Storulykke er en ulykke som innebærer tap, forårsaket av feil på én eller flere av systemets innebygde sikkerhets- og beredskapsbarrierer der minst fem personer eksponeres"* (Petroleumstilsynet 2009).

2.2 Risikoperspektiv

En av de mest utbredte definisjonene av risiko er ulike varianter av *"konsekvens x sannsynlighet"*. Perspektivet er orientert mot den statistiske forventningsverdien til de mulige utfallene til en handling.

Et kasino er for eksempel interessert i å vite at spillene de tilbyr har en positiv forventningsverdi for kasinoets del, og i så måte gir forventningsperspektivet en dekkende beskrivelse av spillets egenskaper. Selv om forventningsperspektivet i visse sammenhenger er tilstrekkelig, er det likevel for smalt til at definisjonen gir fruktbare tolkninger av risiko ved allmenn bruk av definisjonen. Påstanden er illustrert med følgende eksempel:

Man ønsker å studere risikoen for dødsfall i forbindelse med drift av et nytt atomkraftverk i sentral-Europa. Anlegget er bygget med moderne teknologi og har barriereelementer som sikrer "forsvar" i dybden. Følgelig er den beregnede sannsynligheten for nedsmelting og påfølgende utslipp av radioaktivt materiale svært lav. Ved å bruke forventningsperspektivet vil man ved å summere produktet av mulige konsekvenser og tilhørende sannsynligheter komme frem til at forventet antall omkomne er 0,001 pr år, noe som kan sies å være relativt lavt. Risikoen er pr definisjon 0,001 omkomne pr år, noe annet trengs ikke for å kommunisere risikoen.

Det er tvilsomt at tallet 0,001 er en tilstrekkelig beskrivelse av risikoen i eksemplet. Ved å fokusere på forventet antall omkomne og ikke ta hensyn til usikkerheten rundt de mulige fremtidige hendelsene og konsekvensene, klarer man ikke å formidle at en ulykke kan resultere i at 1 million mennesker eksponeres for stråledoser med høye dødelighetsrater¹.

Risikodefinitjonen som rapporten legger til grunn og perspektivet for å beskrive risikoen (A, C, U, P, K), er bredere og søker å inkorporere usikkerhetene både i risikoanalysen og i risikokommunikasjonen.

¹ Tallverdiene presentert i eksempelet er basert på forfatterens subjektive vurdering, og er kun ment som en illustrasjon i et tankeeksperiment. Størrelsesordenen er likevel realistisk hvis man tar utgangspunkt i antall døde og stråleskadede fra Tsjernobylnkatastrofen i 1986.

2.3 Sannsynlighetsperspektiv

Det finnes flere perspektiv for hvordan begrepet sannsynlighet skal forstås. De ulike perspektivene legger forskjellige føringer for hvordan risiko kan analyseres. Det er vanlig å klassifisere hovedperspektivene som klassisk- og bayesiansk teori.

2.3.1 Klassisk perspektiv

Klassisk eller relativfrekvens sannsynlighetsteori bygger på Jacob Bernoullis (1654-1705) tanker og "de store talls lov", hvor teorien antar at det eksisterer sanne underliggende objektive sannsynligheter for en fremtidig hendelse, som man kan finne ved å utføre et uendelig antall forsøk. Resultatet i form av en sannsynlighetsverdi fra en risikoanalyse bør dermed sees på som analytikerens beste estimat for den sanne underliggende verdien. Som en naturlig følge blir usikkerhet dermed definert som avstanden mellom estimatet og den sanne underliggende verdien (Aven 2007).

En nødvendig forutsetning for å kunne beregne sannsynligheter under klassisk teori er at man enten har fullkommen kunnskap om fenomenet som man forsøker å beskrive, eller at man har tilgang på store mengder relevante data som man kan kjøre gjennom statistiske analyser. Problemet er at i den virkelige verden er fullkommen kunnskap normalt begrenset til spillsituasjoner. Man vet at sannsynlighetene for å trekke kløverfire i en normal kortstokk er $1/52$, men man vet ikke hva som er sannsynligheten for nedsmelting av en kjernekraftreaktor. Tsjernobykatakstrofen i 1986 og Three Mill Island-ulykken i 1979 er to ulykker som ikke nødvendigvis er relevante for de sikkerhetsutfordringene som kjernekraftindustrien står ovenfor i dag.

Storulykker er noe av det som risikoanalytikere i samfunnet legger ned mest ressurser i å analysere og forhindre. Konsekvensene av slike ulykker er ofte omfattende og preger store deler av omverden. Et eksempel på en storulykke er Piper Alpha ulykken på britisk side av kontinentalsokkelen i 1988, hvor 167 mennesker omkom. Heldigvis forekommer slike hendelser sjeldent, men det fører også til at man har svært lite data å basere analyser av storulykker på. Resultatet av manglende data er at risikoanalytikeren ofte blir handlingslammet.

2.3.2 Bayesiansk perspektiv

Bayesiansk, eller subjektiv sannsynlighetsteori som det også ofte kalles, representerer motstykket til klassisk teori. Det bayesianske perspektivet ble ikke introdusert i nevneverdig grad før i mellomkrigstiden, men har siden den gang fått en økende tilhengerskare. Perspektivet tar utgangspunkt i at det ikke finnes noen sanne underliggende verdier for at en hendelse skal inntreffe, kun grad av tro. Basert på denne tankegangen er det ikke naturlig å snakke om usikkerhet slik man definerer det i klassisk teori. Sannsynlighetstallet som blir presentert som resultat i en analyse representerer analytikerens usikkerhet knyttet til hva som vil skje i fremtiden (Aven 2007).

Når man med utgangspunkt i bayesiansk teori sier at sannsynligheten for at en hendelse skal inntreffe i løpet av det neste året er 90 %, uttrykker man sin personlige vurdering av usikkerheten knyttet til hva som vil skje i fremtiden. Usikkerheten man uttrykker kan

sammenlignes med at man forsøker å trekke ut en svart kule fra en lukket urne hvor det finnes 9 svarte kuler og en hvit kule (Aven 2007).

Med bayesiansk teori er man ikke lenger bundet til kun å studere fenomener som man enten har full kunnskap om, eller store mengder data. Ved å ta hensyn til kunnskapsmengden man har i form av harde data og mer kvalitative ekspertvurderinger kan analytikerens basert på bakgrunnsstoffet uttrykke sin grad av tro om de fremtidige utfallene til nærmest et hvilket som helst fenomen. Hvorvidt man skal velge å legge vekt på analysen vil som i alle andre sammenhenger være avhengig av analytikerens troverdighet og kunnskapsnivå.

2.3.3 Objektivitet i sannsynlighetsvurderinger

Ved første øyekast vil man kunne hevde at bayesiansk teori er fundert på synsing og mangler et objektivt referansepunkt. Dette er også ofte ankepunktet til dem som velger å holde fast ved klassisk teori. Likeledes trekker man frem klassisk teori som objektiv. Begge standpunktene mangler substans.

I forhold til bayesiansk teori hvor man går ut i fra at det ikke finnes noen sanne underliggende sannsynligheter, er det meningsløst å snakke om objektivitet. Innenfor dette tankesettet er sannsynligheter og risiko en abstrakt tankekonstruksjon som kun eksisterer hos den enkelte analytiker (Rausand og Utne 2009) & (Aven 2007).

I en klassisk kontekst er det også spekulativt å hevde at klassisk teori er objektiv. Selv om man baserer analysen på såkalte harde data, ligger det likevel menneskelig og derav subjektiv interaksjon i prosessene som leder til at akkurat de dataene blir samlet inn og brukt i analysen. For å resonnerer rundt objektivitet i klassisk teori kan man stille seg følgende spørsmål:

- Er det objektivt å velge ut et sett med data fra en database som viser antall dødsfall i norsk veitrafikk siden 1950 og hevde at dataene sier noe om den objektive risikoen for å dø det neste året i en trafikkulykke?
- Er det mindre objektivt å bruke de samme dataene, og i tillegg vektlegge andre relevante faktorer som ikke like lett lar seg kvantifisere?
- Har man ikke allerede gjort en inngripen i "objektiviteten" når man bestemmer hvilke data som skal samles inn og grupperes, og hvordan dette skal gjøres?
- Ligger det ikke personlige påvirkninger bak valg av analysemetode, og hvordan man velger å tolke og fremstille resultatene fra analysen?

Basert på spørsmålene ovenfor er det grunnlag for å hevde at objektivitet i forhold til sannsynlighetsteori er en irrelevant diskusjon. Bayesianerne tror ikke at det finnes noen objektive underliggende sannsynligheter, mens klassikerne ikke har noe grunnlag til å påberope seg objektivitet i sine analyser.

2.4 Risikonivå

Risikonivå er i likhet med andre begreper innenfor risikofaget delvis abstrakt og vanskelig å definere klart, og dermed tilsvarende vanskelig å få en forståelse for. PTIL definerer risikonivå som en *"angivelse av risiko som reflekterer statistisk risiko og opplevd risiko"* (Petroleumstilsynet 2009).

Forståelsen av risikonivå i denne rapporten er tilpasset rapportens definisjon av risiko og fokuset som legges på risikoindikatorer. Det uttrykte risikonivået defineres dermed som *"den risiko som uttrykkes for en aktivitet på et gitt tidspunkt gjennom utvalgte risikoindikatorer"*. Definisjonen er avhengig av at rapportens definisjon av risikoindikator legges til grunn.

Det risikonivået som indikeres kan være gjenstand for en klassifisering i diskrete intervaller som for eksempel høy, medium, lav osv. Inndelingen forekommer ofte i grovkornete kvalitative risikoanalyser og da for eksempel ved bruk av risikomatriser, trafikklys osv.

Klassifiseringen kan også gjøres med kontinuerlige numeriske intervaller, hvor det er av betydning om det er en ordinal- eller kardinalskala. Ved ordinalnivå rangerer man de ulike risikonivåene i forhold til hverandre, slik at risikonivå 100 representerer en større risiko enn risikonivå 10. Men tallstørrelsen sier ingenting om hvor stor denne forskjellen er. Ved rangering i kardinalnivåer vil risikonivå 100 representere en risiko som er 10 ganger større enn risikonivå 10.

2.5 Indikatorer for risiko

Risikoindikatorer er i de senere årene blitt et populært verktøy som brukes i stadig større utstrekning. Men det er ikke helt uproblematisk å ta risikoindikatorer i bruk. Ukritisk bruk av risikoindikatorer kan gjøre vondt verre. Det er derfor nødvendig med teoretisk refleksjon om emnet. Siden risikoindikatorer blir benyttet i denne rapporten, er påfølgende underkapitler et forsøk på å gi innsikt som kan stimulere til kritisk vurdering av risikoindikatorer.

2.5.1 Hva er en indikator og hva brukes de til?

Indikatorer brukes i stadig større grad til å måle ulike fenomener i næringslivet og samfunnet generelt. Men hva er egentlig en indikator og hvorfor benytter vi dem?

Begrepet indikator er sjeldent tilstrekkelig definert i ordbøker. En mulig definisjon av begrepet er *"Et verktøy for å finne ut om vi er på riktig kurs til rett tid gjennom å måle løpende måloppnåelse"* (NTNU 2010). Denne definisjonen er forretningsorientert og muligens litt snever for generell bruk, men definisjonen virker dog dekkende for påfølgende eksempler av ulike indikatorer.

En del butikker ser på andelen gjenkjøp av antall totale kjøp i en periode og bruker det som en indikator for blant annet kundetilfredshet og servicenivå.

Konsumprisindeksen er en indikator fra Statistisk Sentralbyrå som måler prisveksten hver måned. Den legges til grunn for økonomiske analyser og er viktig for Norges Bank når styringsrenten settes. Indeksen måler prisveksten etter at den har inntruffet og fungerer som en indikator for landets økonomiske tilstand. Offisielt har Norges Bank et inflasjonsmål på 2,5 % pr år og bruker dermed konsumprisindeksen som input i deres styringsmodeller.

Mange selskaper, og da spesielt i petroleumsnæringen, bruker indikatorer som i stor grad er sammenfallende med Fatal Accident Rate (FAR) og Lost Time Injuries (LTI), som et kvalitetsmål for selskapets risikostyringsarbeid. Man måler da antall dødsfall, fraværstid på grunn av skader, antall ulykker, tid mellom påfølgende ulykker osv., og normaliserer tallene ved å dividere antall hendelser med et passende aktivitetsmål. Raten man da får brukes til å vurdere selskapets ytelse og skaffe midler til ulike sikkerhetsrelaterte kampanjer, men også som grunnlag for å vurdere ansatte i forbindelse med personlige lønnsforhandlinger og opprykk.

2.5.2 Risikoindikator

En mulig definisjon av risikoindikator er *"en målbar/operasjonell variabel som kan benyttes til å beskrive tilstanden til et risikopåvirkende forhold (som er knyttet til risikoen gjennom en risikomodell)"* (Øien og Sklet 2001).

Overnevnte definisjon virker å ha utgangspunkt i klassisk sannsynlighetsteori. For å være mer i tråd med den bayesianske tilnærmingen i denne rapporten defineres risikoindikator som *"en observasjon som sier noe om risiko"*.

Bruken av risikoindikatorer har en nær sammenheng med begrensningene som ligger i tradisjonelle risikoanalyser. Oljeselskapene gjennomfører for eksempel omfattende kvantitative risikoanalyser før nye installasjoner blir satt i drift, og deretter periodiske analyser gjennom installasjonens levetid. Utfordringen med disse analysene er at de er svært ressurskrevende å gjennomføre, samtidig som de er foreldet den dagen de presenteres. Det er også vanskelig å ta frem en kvantitativ risikoanalyse (QRA) på 150 sider og bruke den aktivt som et styringsverktøy i det daglige arbeidet. Man har altså behov for et verktøy som er enkelt å holde à jour og bruke i hverdagen. Risikoindikatorer er i de fleste tilfeller tiltenkt en slik funksjon.

2.5.3 Ulike fortolkninger av indikatorer

Som vist i kapittel 2.5.1 brukes indikatorer i mange ulike settinger. I økonomifaget har man brukt indikatorer over lang tid. Etter økonomisk teori kan indikatorene deles inn i to hovedgrupper som enten ledende eller etterslepene indikatorer.

Ledende indikatorer har til hensikt å predikere en endring i fenomenet man forsøker å beskrive før selve endringen inntreffer. Ledende indikatorer brukes innenfor makroøkonomisk teori for å forsøke å forutse konjunktursvingninger før de faktisk inntreffer. Eksempler på ledende indikatorer til konjunktursvinger er aksjekursindekser som medsyklisk indikator og risikopremier i renter som motsyklisk indikator.

Etterslepende indikatorer har til hensikt å avsløre at en endring i fenomenet man forsøker å beskrive faktisk har skjedd. Etterslepende indikatorer i økonomien brukes ofte som bekreftelse på at man er i en spesiell konjunkturfase, og kan danne grunnlag for avgjørelser man tar for å møte konjunkturen på en best mulig måte. Eksempler på etterslepende indikatorer til konjunktursvingninger er inflasjonsrate som medsyklisk indikator og arbeidsledighetsrate som motsyklisk indikator (Steigum 2004).

Ved å skifte fokus fra konjunktursvingninger til prosessikkerhet, er ikke definisjonene ovenfor spesielt nyttige. Er det mulig ved hjelp av en indikator å si at risikoen for en prosessulykke er i ferd med å gå opp, før den faktisk har gått opp? Eller vil alle observasjoner som får analytikeren til å tro at risikoen er gått opp, være et resultat av at noe faktisk har skjedd med risikoen? Hvis man ikke kan bruke definisjonene av indikatorer fra økonomisk teori, hva er da en fornuftig inndeling?

Disse spørsmålene er en del av utfordringene som forskere står ovenfor når man nå forsøker å danne et faglig fundament for bruken og forståelsen av risikoindikatorer. Den faglige uenigheten kommer klart frem i en temautgave av journalen *Safety Science*, hvor risikoindikatorer og spesielt ledende versus etterslepende indikatorer i prosessindustrien debatteres inngående i 22 ulike artikler og kommentarer (Hale 2009). Det virker å være tydelig at fokuset på ledende og etterslepende indikatorer har sitt opphav i utspredelsen av økonomiske indikatorer. Men den gjennomgående fortolkningen av hva begrepene betyr er likevel forskjellig fra økonomisk teori.

I prosessikkerhetssammenheng sier en ledende risikoindikator noe om risikoen før en hendelse har inntruffet, men den gir ingen forvarsel om at risikoen vil endres. Den ville derfor innen økonomisk teori blitt karakterisert som etterslepende. Antall avvik fra vedlikeholdsplaner av et prosessanlegg ansees å være en ledende indikator for prosesshendelser. Tolket som en risikoindikator, er nok de fleste enige i at risikoen øker samtidig som det planlagte vedlikeholdet ikke blir utført, uavhengig i tid fra en eventuell prosesshendelse.

Etterslepende indikatorer innen prosessikkerhet sier noe om risikoen etter at en hendelse har inntruffet. Antall prosesslekkasjer er en typisk etterslepende indikator. En del av diskusjonen har dog dreid seg om hvorvidt en prosesslekkasje også er en ledende indikator for mer kritiske hendelser som brann og eksplosjon. I så tilfelle er diskusjonen av en mer relativistisk art (Dyreborg 2009).

2.5.4 Utfordringer knyttet til å finne gode risikoindikatorer

Det er ikke rett frem å finne gode risikoindikatorer som er enkle å implementere. Det bør foreligge en sammenheng av en eller annen form mellom det man observerer som risikoindikator og fenomenet man ønsker å si noe om. Antall kutt i fingrene under salatkutting på kjøkkenet på en offshore installasjon er ikke noen indikator for risikoen for storulykker på samme installasjon. Årsaken er enkel; det er ingen sammenheng mellom de to hendelsene som påvirker hverandre. Etter sannsynlighetsteori er hendelsene definert som uavhengige hendelser. Likevel brukes indikatorer som skissert ovenfor til stadighet for å beskrive risikoen for storulykker. Viser slike eksempler manglende kunnskaper, eller er det andre elementer som spiller inn?

Det skisserte eksemplet fra avsnittet over er satt på spissen, men er på ingen måter irrelevant i diskusjonen. I 2005 omkom 15 mennesker, samtidig ble over 170 mennesker skadet i eksplosjonen som fant sted på BPs raffineri i Texas City. Granskningsrapporten (Baker 2007) avdekket at man hadde et sterkt fokus på arbeidsulykker i form av å unngå fall, glatte underlag, kutt, klemskader osv. Samtidig avdekket rapporten at man ikke hadde ofret prosessikkerhet en tanke. BP fokuserte på indikatorer som målte fallskader og lignende, og registrerte over tid at antall arbeidsulykker hadde en nedadgående trend. Denne trenden ble ansett for å være generelt gjeldende for alle typer risikoer på anlegget, noe som i praksis betydde at ledelsen neglisjerte risikoen for proseshendelser og påfølgende storulykker. En av de bakenforliggende årsakene som Baker-rapporten avdekket var bruken av insentiver knyttet opp mot måling av arbeidsulykker.

En av de største utfordringene ved å bruke måleindikatorer er at de som stilles ansvarlig for resultatene, enten økonomisk eller omdømmemessig, vil ha insentiv til å fokusere oppmerksomhet, innsats og ressurser mot det som gir høyest personlig gevinst. Resultatet vil som regel være at man neglisjerer områder som ikke gir den samme gevinsten. Man får resultater på det man måler, men til hvilken pris? Dette er grunnleggende tanker fra insentivteori, mikroøkonomisk nytteteori og spillteori som det er nødvendig å ta høyde for og gjennomføre grundige vurderinger av ved valg av indikatorer. Spesielt viktig er det å foreta slike vurderinger hvis indikatorene også er knyttet til avlønningssystemet.

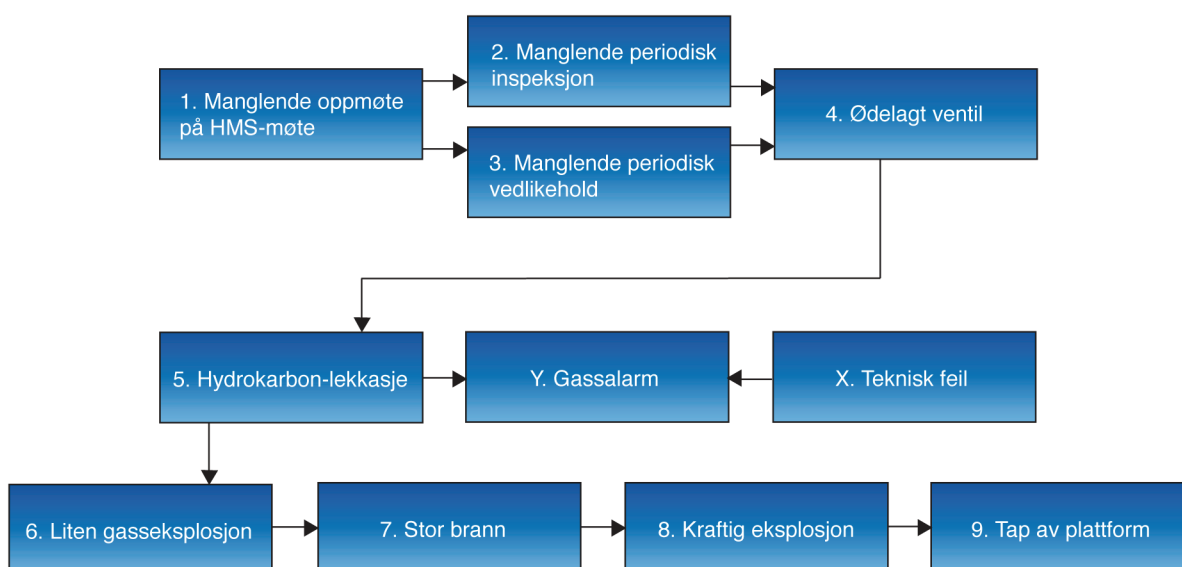
En siste utfordring ved valg av indikatorer som tas opp i denne sammenhengen er knyttet til hvor i hendesscenarioet risikoindikatoren befinner seg i forhold til den hendelsen man ønsker å si noe om risikoen til. Valget av risikoindikator er i mange tilfeller en avveining mellom flere funksjoner. På den ene siden ønsker man at det skal være en klar og nær kausal relasjon mellom risikoindikatoren og hendelsen man ønsker å si noe om. I tillegg ønsker man et tilstrekkelig antall hendelser for å kunne se trender i utviklingen, samtidig som det bør være en viss distanse i tid fra indikatoren til hendelsen, slik at man har mulighet til å respondere på indikatoren før det er for sent. I flere tilfeller vil mange av funksjonene som en god risikoindikator bør ivareta være gjensidig delvis utelukkende.

Dilemmaet fra forrige avsnitt kan enklere illustreres ved hjelp av et eksempel fra oljeindustrien. Figur 2-1 viser et scenario som starter med svakt oppmøte på et HMS-møte hvor man poengterer viktigheten av å gjennomføre periodisk kontroll og vedlikehold av det hydrokarbonførende anlegget på plattformen. Scenarioet slutter ved at plattformen kolliderer og synker ned i havet. For hver hendelse er det et utfallsrom som sørger for at det er en sannsynlighet for at neste hendelse i scenarioet kan inntreffe. Man kan dermed se på scenarioet som en lang rekke hendelser hvor sannsynligheten for at en hendelse skal inntreffe er betinget på om den foregående hendelsen er inntruffet. I scenarioet ønsker man å si noe om risikoen for å miste plattformen, hvorpå man benytter risikoindikatorer til å besvare spørsmålet. Basert på funksjonene spesifisert i forrige avsnitt, kan man spørre seg om det virkelig finnes en god risikoindikator i dette eksemplet?

Ved å velge kraftig eksplosjon som indikator for tap av plattformen har man plassert seg så nærme slutthendelsen som det er mulig å komme i scenarioet. Det burde ikke være noe tvil om at det er en nær sammenheng mellom hendelsene i node 8 og 9. Når en kraftig eksplosjon inntreffer, er det overveiende sannsynlig at plattformen går tapt. Det er likevel

åpenbart at valg av node 8 som indikator ikke er et godt valg. Indikatoren vil med stor sannsynlighet vise null hendelser over hele overvåkingsperioden og dermed ikke gi noe annet bidrag enn falsk trygghet. I tillegg vil man ved en hendelse kun ha en teoretisk liten mulighet til å respondere.

En annen mulig indikator er andelen av de planlagte periodiske vedlikeholdsjobbene som ikke blir utført. Også denne indikatoren har sine begrensninger, hvor den mest åpenbare er at den kausale avstanden mellom node 3 og node 9 i scenarioet er relativt lang, i tillegg vil ikke en slik vedlikeholdsplan være perfekt i den forstand at man sikrer at ulykker ikke inntreffer ved å følge den slavisk. Vedlikeholdsplaner skal også følges, forhåpentligvis vil man på de fleste plattformene derfor ikke finne noen hendelser i node 3. I så tilfelle er det ikke mulig å bruke manglende utførte vedlikeholdsjobber som indikator. Den eneste funksjonen til en god indikator som node 3 tilfredsstillende, er det potensielle handlingsrommet i tid fra mangelen oppstår til en eventuell ulykke inntreffer.



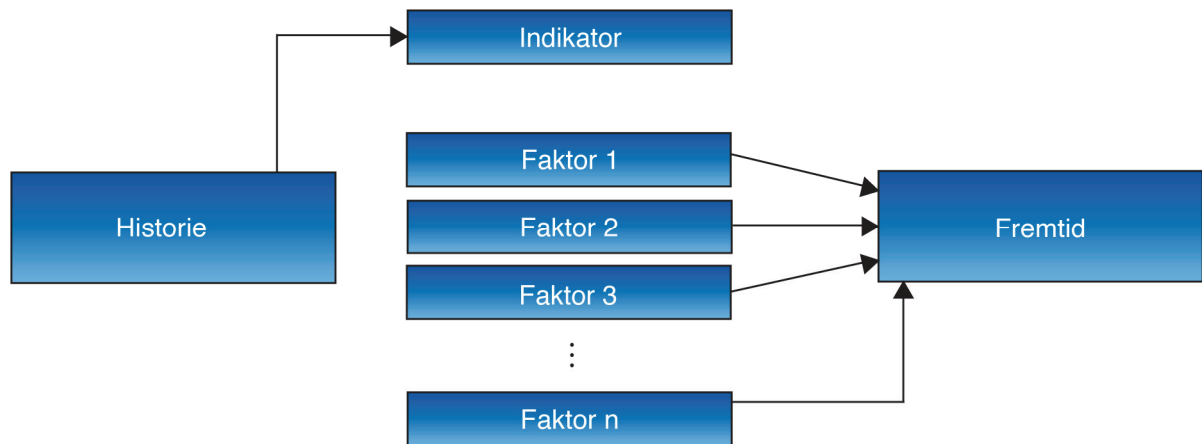
Figur 2-1: Scenario for tap av plattform

Antall mulige indikatorer kan rask elimineres ved å bruke samme tilnærming som i de foregående avsnittene. Som nevnt i kapittel 2.5.3 er antall hydrokarbonlekkasjer en typisk etterslepene indikator i prosess- og petroleumsindustrien. Hvis man har en lekkasje av et brennbart medium på en plattform, er det en mulighet for at man kan få en antenne som igjen kan bidra til eskalering. Dermed burde det ikke være noen tvil om den kausale sammenhengen mellom node 5 og node 9. Med hensyn til antall lekkasjer er det ikke like enkelt å komme med en konklusjon. Noen installasjoner har ikke en eneste lekkasje over en lang periode, i slike tilfeller er node 5 uegnet som indikator. For de installasjonene som derimot har hyppige lekkasjer av variable størrelser kan det dog være en god indikator å jobbe ut i fra. En annen fordel med hydrokarbonlekkasjer som indikator er at de som regel ikke blir forbigått i stillhet, de leder ofte til at evakueringsprosedyrene igangsettes og at årsaksundersøkelser gjennomføres, slik at man har mye informasjon når det først skjer en hendelse. Som scenarioet antyder kan antall hydrokarbonlekkasjer lettest fanges opp ved å

se på antall gassalarmer som utløses. Her må man likevel være oppmerksom på at det kan forekomme falske alarmer, samtidig som ikke alle lekkasjene fører til at en alarm blir utløst. Vedrørende muligheten til å respondere på en lekkasje, så kreves det et nyansert svar. Det er mange variabler som påvirker muligheten til å handle. En lekkasje kan, avhengig av lekkasjeraten, medium som lekker, avstand til nærmeste tennkilde, ventilasjon, mulighet for overrisling og lignende enten gi en umiddelbar eksplosjon eller fortsette til kilden er tom uten at antennelse finner sted. I de aller fleste lekkasjene har man dog et tidsrom til å iverksette tiltak for å bekjempe lekkasjen og unngå eskalering. Det skal også nevnes at hydrokarbonlekkasjer er en av indikatorene som det legges størst vekt på i risikonivåprosjektet for norsk sokkel (RNNP) som utføres av PTIL (Petroleumstilsynet 2009).

2.5.5 Risikofaglig problematikk knyttet til bruk av indikatorer

Det er ikke lett å finne indikatorer som er tilstrekkelig robuste etter funksjonskravene som ble satt i kapittel 2.5.4. Hvis man kommer over det hinderet, møter man på et mer fundamentalt problem innenfor risikoteori.



Figur 2-2: Risikoindikatorer forteller noe om historien, mens risiko handler om fremtiden

Når man ser bort fra spåkuler, baserer alle risikoindikatorer seg på observasjoner som er gjort i fortiden. For de fleste tilhengere av klassisk teori, utgjør ikke det noe problem. De er vant til å lete etter sannheten i gamle datasett. For bayesianere med samme definisjon av risiko som legges til grunn i denne rapporten, kreves det at man er nøye med å påpeke at historien kun er en del av informasjonsgrunnlaget som brukes for å si noe om risikoen som tilhører fremtiden.

Definisjonen sier at risiko er forbundet med fremtidige hendelser, mens risikoindikatorer pr definisjon består av det som har skjedd i fortiden. En utbredt analogi som ofte brukes for å illustrere paradokset, er at det er som å kjøre bil, mens man navigerer ved å se seg over skulderen og ut av bakvinduet. Det kreves ikke mye fantasi for å forstå at en slik metode er farlig, og har lite med god risikostyring å gjøre. Når man bruker risikoindikatorer må man derfor være ydmyk ovenfor at man ikke har full innsikt i fremtiden, det vil alltid være mange faktorer som en risikoindikator ikke kan fange opp, som illustrert i figur 2-2.

3 Risikonivå og aktivitetsnivå

Utgangspunktet for rapporten er hypotesen om at det ikke er en positiv lineær sammenheng mellom risikonivå og aktivitetsnivå. Hypotesen skal undersøkes ved hjelp av indikatorer fra ulike sektorer. Før selve analysene gjennomføres er det viktig å definere hva som menes med positiv lineær sammenheng, slik at alle har samme utgangspunkt til å følge analysen. Andre interessante aspekter er å finne ut hvor antagelsen om positiv lineær sammenheng stammer fra, og hvorfor det i utgangspunktet ikke er en god antagelse. Disse momentene og flere andre er forsøkt belyst i kapittelet.

3.1 Lineære sammenhenger

Før man definerer hva som menes med positiv lineær sammenheng mellom risikonivå og aktivitetsnivå, kan det være nyttig å først se på lineære sammenhenger i en generell kontekst.

3.1.1 Generelt om modeller og lineære sammenhenger

Hvis man tror at det eksisterer en sammenheng mellom to fenomener, vil man i de fleste tilfeller forsøke å kvantifisere sammenhengen ved hjelp av en modell. Modellen er da å anse som en *"deterministisk forenkling av virkeligheten"*. Det er ikke lett å finne frem til sammenhenger mellom ulike fenomener, og det er normalt enda vanskeligere å beskrive sammenhengene ved hjelp av en modell. Nå er det en gang slik at forskere trives med tilsynelatende umulige oppgaver. Det finnes flere modeller som forsøker å beskrive ulike fenomener enn det noen har oversikt over. Mange av disse kvantitative modellene er rent oppspinn, mens andre modeller er tilsynelatende geniale.

En modell som bygger på lineære sammenhenger består da av ett eller flere forklaringsfenomener som forklarer forekomsten til et responsfenomen, hvor hvert enkelt forklaringsfenomen er proporsjonalt forbundet til responsfenomenet.

Den kanskje aller mest kjente lineære modellen innen naturvitenskapen er Isaac Newtons andre lov, som sier at kraften som påvirker et legeme er proporsjonal med legemets akselerasjon. Modellen er svært enkel, og inngår i pensum i fysikk i den videregående skolen, så vel som på høyskoler og universiteter. Dette til tross for at den ikke er mer enn en tilnærming til virkeligheten slik den oppleves. Albert Einsteins relativitetsteori beviste at Newtons lover ikke er korrekte. Når de likevel brukes er det fordi at de nettopp er svært enkle, samtidig som de gir gode resultater for de fleste praktiske formål (Bjørkum 2003).

Som det går frem av eksemplet ovenfor er lineære modeller en av de enkleste formene for å beskrive kvantitative sammenhenger. Gitt at man kjenner legemets masse, og er i stand til å måle dets akselerasjon, kan man enkelt beregne hvor stor kraften er.

Ved å implementere den generelle tilnærmingen for modeller i risikokontekst, forsøker man nå å beskrive risikoen tilknyttet et fenomen slik som analytikeren ser den ved hjelp av en forklaringsvariabel. Risikoen som predikeres vil dermed i de enkleste lineære modellene være proporsjonal med forklaringsvariabelen på samme måte som i Newtons andre lov.

3.1.2 Risikonivå som en følge av aktivitetsnivå

Risikoutvikling er som tidligere poengtert hovedtema i denne rapporten. Når man skal studere risikoutvikling må man se på risikoen over en gitt tidsperiode for å kunne danne seg et bilde av utviklingen.

Det er i mange tilfeller interessant å studere risikonivå i seg selv, men tid som eneste variabel gir i de aller fleste tilfeller lite mening. Man kan for eksempel definere at antall dødsfall pr. år i fiskerinæringen er en indikator for risikoen tilknyttet næringen. Men det gir ikke noe videre kunnskap å sammenligne antall dødsfall i et år eller en periode uten å vite hva som ligger bak tallene. Når man knytter opp det man anser som en reell forklaringsvariabel til fenomenet man forsøker å beskrive, får man en potensielt slagkraftig modell som kan brukes til å predikere fremtiden.

Ved å anvende tankene om lineære sammenhenger fra forrige underkapittel kan man se på positiv lineær sammenheng mellom risikonivå og aktivitetsnivå som en modell for risikoutvikling over tid *"hvor risikonivået er direkte proporsjonal med aktivitetsnivået som legges til grunn"*.

3.2 Ulike modeller for risikoutvikling

For å få en bedre forståelse av risikoutvikling som en følge av aktivitetsnivå, gjennomgås en del matematiske sammenhenger og implikasjonene de medfører. Selv om modellene kan virke overforenkende i forhold til virkeligheten, gir de likevel innsikt til den overordnede problemstillingen.

3.2.1 Modell med uavhengighet mellom risikonivå og aktivitetsnivå

Hvis man tar utgangspunkt i at aktivitetsnivå er eneste tillatte forklaringsvariabel til risikoutviklingen og samtidig legger til grunn at risikonivået er uavhengig av aktivitetsnivået, har man en situasjon hvor risikoen er konstant over tid. Det innebærer at risikoen (R) som en funksjon av aktivitetsnivået (x) reduseres til (a) som en konstant verdi. Ligningen gir en graf som er en rett linje med verdien (a) for alle verdier av aktivitetsnivået (x).

$$R(x) = a \quad (3.1)$$

For de fleste reelle situasjoner vil det være en sammenheng mellom risikonivå og aktivitetsnivå tilknyttet aktiviteten. Ligning 3.1 vil i så tilfelle være et dårlig utgangspunkt for en generell modell.

3.2.2 Positiv lineær modell for risikonivå og aktivitetsnivå

Man kan endre modellen fra ligning 3.1 ved å erstatte antagelsen om uavhengighet med antagelsen om at det er en proporsjonal sammenheng mellom risikonivået og aktivitetsnivået. Det resulterer i at modellen blir utvidet med leddet (bx) hvor (x) fremdeles er aktivitetsnivået, og (b) er den positive proporsjonalitetskonstanten.

$$R(x) = a + bx \quad (3.2)$$

I utgangspunktet virker det logisk at en økning i aktivitetsnivået vil gjenspeiles med en tilsvarende økning i risikonivået. Hvis man ser bort fra det logiske utgangspunktet og går litt dypere inn i problemstillingen er det vanskelig å komme med noen teoretiske fundamenterte argumenter som støtter opp om modellen på generell basis. Den har en rekke svakheter som vil bli adressert senere i rapporten. Foreløpig oppfordres det til å akseptere påstanden og vurdere følgende tankeeksperiment:

Det nystartede selskapet Oil AS skal starte opp produksjon av to nærliggende oljefelt i et land uten tidligere erfaring og kunnskap om oljeutvinning. Selskapet bygger ut feltene samtidig med hver sin plattform som for alle praktiske forhold er identiske. Det utføres en risikoanalyse for en av plattformene som konkluderer med at forventet antall storulykker i henhold til PTILs definisjon er $1,0 \times 10^{-4}$ pr år. Det forventede antallet storulykker i havområdet som begge installasjonene tilhører antas dermed å være $2,0 \times 10^{-4}$ pr år. Mange vil være enig i at det er en rimelig antagelse som gjøres.

Ved å la Oil AS vokse over natten, har det nå fått 20 identiske installasjoner i nærliggende identiske oljefelter i det samme havområdet. Hvis man nå bruker samme metodikk som ovenfor, vil det nå være like rimelig å anta at det forventede antallet storulykker i havområdet er $2,0 \times 10^{-3}$ pr år? Spørsmålet vil bli ytterligere adressert i kapittel 3.3.

3.2.3 Andre modeller for risikonivå og aktivitetsnivå

Ved å akseptere at ligning 3.2 ikke er noen god tilnærming som generell modell for risikoutvikling, er det naturlig å se på andre modeller. Nedenfor er det listet opp noen generelle matematiske modeller, med samme terminologi som tidligere:

Andregrads modell: $R(x) = ax^2 + bx + c$

Tredjegrads modell: $R(x) = ax^3 + bx^2 + cx + d$

Eksponentiell modell: $R(x) = ae^x + b$

Logaritmisk modell: $R(x) = \ln(ax + b)$

Er noen av disse modellene et godt utgangspunkt for en generell modell?

Det finnes nok ikke et rasjonelt utgangspunkt for å hevde at risikonivået vil være en funksjon av kvadratet av aktivitetsnivået. Det er nok heller ikke rasjonelt å hevde at risikonivået har en eksponentiell utvikling som funksjon av aktivitetsnivået. Samme konklusjon gjør seg gjeldende for de andre modellene.

3.3 Problematiske aspekter ved modeller for risikoutvikling

Til nå har alt av enkle modeller blitt tilbakevist som mangelfulle. Finnes det noen mer komplekse matematiske modeller som beskriver den generelle sammenhengen mellom risikoutvikling over tid som funksjon av aktivitetsnivå? Hva er de tidligere nevnte ankepunktene knyttet til positivt lineære modeller?

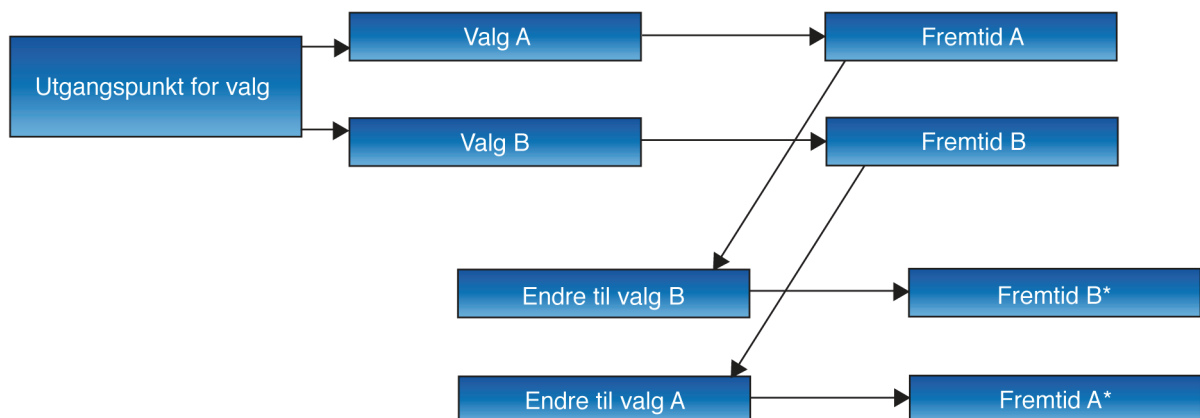
3.3.1 Problematiske aspekter ved modeller

Fundamentale naturlover gir i et naturvitenskapelig paradigme en absolutt og uangripelig sammenheng mellom ulike fenomener som er beskyttet av naturen selv. Dette er eksemplifisert tidligere med Newtons andre lov.

Det er dog ikke like uproblematisk å hevde at det finnes en absolutt sammenheng mellom risikoutvikling og aktivitetsnivå. En slik implikasjon vil bety at det er et underliggende fenomen som styrer menneskelige aktiviteter, som er slik at gitt et sett med menneskelige definisjoner av risiko og risikoindikatorer, så eksisterer det en generell lovmessig sammenheng mellom aktivitetsnivået og risikoutvikling.

Her kan man skimte diskusjonen mellom klassisk og bayesiansk sannsynlighetsteori som et element som kan trekkes inn. Det gir lite mening å lete etter absolutte universelle sammenhenger når man definerer sannsynlighet med individers grad av tro. Like meningsløst vil det ikke være hvis man tror det finnes sanne underliggende verdier.

I denne sammenhengen er det rimelig å trekke inn fremtidig skjebne som emne. Ortwin Renn innleder *"Risk Governance"* (Renn 2008), med å diskutere mulige og valgte handlinger. Renn påpeker at alle individer og enheter som står ovenfor en handling med mer enn ett valg, hvor det å gjøre ingenting også er et valg, er med på å forme fremtiden. Sett at man står ovenfor et valg mellom A og B, vil man ved å velge A også samtidig velge vekk den mulige fremtiden som B representerer. Oppdager man deretter at valget man tok var ugunstig, kan man i en del tilfeller få muligheten til å gjøre om valget. Men dette vil ikke være ekvivalent med om man hadde valgt B i utgangspunktet.



Figur 3-1: Påvirkelig fremtid

Figur 3-1 illustrerer eksemplet hvor to valg med muligheten til å endre valg underveis gir opphav til fire ulike fremtidsscenarioer. Her påvirker menneskene i stor grad deres egen skjebne. Som Renn konkluderer med, gir det lite mening å snakke om risiko hvis fremtidige hendelser er forhåndsbestemt.

Det foreligger altså ingen fastlagt skjebne, enhver har muligheten til selv å forme fremtiden. Det er dermed problematisk å snakke om risikoutvikling som en funksjon av aktivitetsnivå. Hvis det skulle eksistert et fast forhold mellom risikonivå og aktivitetsnivå, måtte det vært basert på underliggende egenskaper ved naturen som ikke påvirkes av menneskelige handlinger.

3.3.2 Problematiske aspekter med positivt lineære modeller

Modellen i ligning 3.2 er også beheftet med de samme problematiske aspektene som påpekt i avsnittet ovenfor. Men siden det er denne modellen som legges til grunn uten teoretisk grunnlag i mange analyser, gis den utvidet oppmerksomhet.

Det første eksemplet med Oil AS antydte at samlet forventet antall storulykker er dobbelt så stort for to identiske plattformer som det er for én plattform. Basert på at man har gjort risikoanalyse av én av plattformene, er den positive lineære sammenhengen avhengig av at absolutt alle forhold ved plattformene og omstendighetene er identiske. Det er vanskelig å skape tankeeksperimenter for reelle aktiviteter der man klarer å ivareta kravet om identiske forhold. Ved å tolke kravet på strengest mulig måte vedrørende oljeeventyret til Oil AS, betyr det at selskapet måtte gjennomført feltutviklingen samtidig i to parallelle univers med eksakte kopier av plattform, reservoar, mannskap og landbasert støtteapparat. Eksemplet er satt på spissen, men det bør poengtere at interpolering ikke er en god generell metode når man analyserer komplekse virkelige aktiviteter.

I det andre eksemplet med Oil AS hadde selskapet 20 identiske plattformer i det samme området. I den forbindelse ble det stilt spørsmål om det var rimelig å anta at forventet antall storulykker var 20-doblet til $2,0 \times 10^{-3}$ pr år. Man kan bruke samme argumentasjon som i forrige avsnitt til å hevde at det er en urimelig antagelse. Det finnes også andre argumenter som gir samme konklusjon.

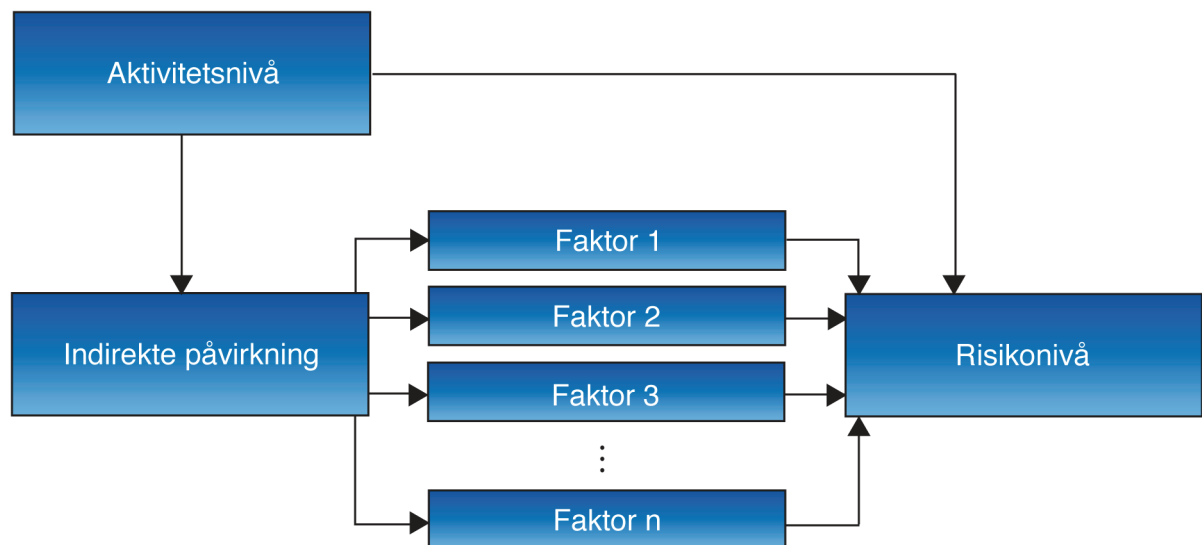
Når man lager en risikoanalyse for én enkelt spesifikk plattform, bør en god analyse baseres på informasjonen om selve plattformstrukturen, reservoar, operasjoner, mannskap, tilgjengelig utstyr, organisasjon, kompetanse, osv. Men ved å bygge 20 plattformer vil flere av parametrene som legges til grunn i risikoanalysen endres. Organisasjonen til Oil AS kan naturligvis ikke være den samme om man driver to oljefelt som det den er når man driver 20 felt. Det vil alltid være en rekke faktorer som påvirker analytikerens risikovurdering av et spesielt objekt som vil endres ved en endring i aktivitetsnivået.

Risikonivået er ikke uavhengig av aktivitetsnivået, og det vil derfor påvirke risikonivået direkte. Men aktivitetsnivået vil også påvirke risikonivået indirekte gjennom en rekke andre faktorer som selv påvirker risikonivået, som vist i figur 3-2. Den indirekte påvirkningen må i utgangspunktet antas å kunne være risikoreduerende. Det vil da hypotetisk sett være mulig at en økning i aktivitetsnivået gir en reduksjon i det totale risikonivået. I så tilfelle overstiger

den risikoreducerende indirekte effekten den motsatt rettede direkte effekten. Dette vil bli adressert ytterligere i kapittel 10.

3.3.3 Implikasjoner gitt av de problematiske aspektene

På dette stadiet kan det langt på vei konkluderes med at ingen modeller vil ha generell gyldighet da risikoutvikling ikke er underlagt noen naturlover. Man kan likevel ikke se bort fra at det er mulig å predikere risikoutviklingen innenfor ulike sektorer ved hjelp av spesielle modeller. Det virker imidlertid å være en forutsetning at slike modeller tar hensyn til mer enn aktivitetsnivåets ensidige direkte påvirkning av risikoutviklingen.



Figur 3-2: Aktivitetsnivåets direkte og indirekte påvirkning av risikonivået

3.4 Eksempel på anvendelse av positiv lineær sammenheng

Den positive lineære sammenhengen brukes ofte av risikoanalytikere i profesjonelle rapporter. Noen nevner svakhetene knyttet til sammenhengen, andre lar dem bli forbigått i stillhet, mens svært få begrunner hvorfor de baserer analysen på positiv lineær sammenheng. Eksemplet som gjennomgås er rapporten *”Frekvenser for akutte utslipp i Norskehavet”* (Sintef 2008), hvor PTIL er oppdragsgivere. Rapporten er valgt på bakgrunn av at den er offentlig tilgjengelig, utført av fagfolk, har sterkt fokus på positive lineære sammenhenger og har etter forfatterens oppfatning klare mangler.

3.4.1 Bruk av generiske frekvenser uten modifikasjoner

Rapporten beregner frekvenser for ulike typer akutte utslipp av olje og kjemikalier i Norskehavet. Det fokuseres i denne gjennomgangen kun på utblåsningsfrekvenser. Sintef benytter generiske utblåsningsfrekvenser som er hentet fra Scandpowers årlige datadossier, hvor det angis basisfrekvenser for ulike typer brønner og brønnoperasjoner. Frekvensene endrer seg fra hver utgivelse av rapporten fra Scandpower, hvor følgende årsaker oppgis:

- *Nye hendelser legges til i databasen og inkluderes i datagrunnlaget*
- *Frekvensene baseres på ulike tidsepoker og datagrunnlaget endres*
- *Trender endres eller utvikles (det tas hensyn til trender ved estimering av basisfrekvensene)*
- *Hendelser fjernes fra datagrunnlaget fordi de er mindre relevante eller irrelevante for Nordsjøen*

Alle overnevnte punkter virker å være fornuftige for å justere frekvensene slik at de er mest mulig relevante. Det er derimot ikke like fornuftig at Sintef videre konkluderer med at dataene fra Nordsjøen og videre internasjonal statistikk er representativt for Norskehavet uten å komme med et eneste spesifikt argument, slik de gjør i teksten:

”Det er foretatt en overordnet vurdering av hvorvidt det er spesielt regionale- og/eller feltspesifikke forhold i/ved Norskehavet som tilsier at det historiske datagrunnlaget ikke er representativt for Norskehavet. Konklusjonen av denne vurderingen er at det historiske datagrunnlaget, etablert med utgangspunkt i erfaringer fra Nordsjøen og internasjonal statistikk, vil være representativt også for Norskehavet. Det er derfor ikke foretatt noen justeringer av det historiske datagrunnlaget brukt for å etablere basisfrekvenser for ulike hendelser forbundet med operasjoner og aktiviteter i området.”

Det er mye mulig at det ligger en reell vurdering bak som tilsier at dataene er representative, men slik det fremstår i rapporten virker beskrivelsen ”overordnet vurdering” å være en forsvarsmekanisme fra forfatterne som ikke uten videre har noe reelt innhold.

3.4.2 Positiv lineær antagelse i Sintef-rapporten

Rapporten fra Sintef går videre ved å beregne den samlede utblåsningsfrekvensen for hele Norskehavet med dagens aktivitetsnivå, hvor de legger til grunn alle installasjonene og teller opp antall ulike brønner og gjør øvrige anslag for brønnoperasjoner. Deretter kombinerer man aktivitetsnivået med basisfrekvensene og finner frem til at den samlede

utblåsningsfrekvensen for Norskehavet er $2,9 \times 10^{-2}$ pr år. Sintef-rapporten begrunner beregningsmetodikken med antagelsen om fullstendig uavhengighet mellom hver enkelt brønn som en del av rapportens forutsetninger. Forutsetningen er vanlig i risikoanalyser, men det kan likevel stilles spørsmål til om det ikke egentlig eksisterer sterke avhengigheter mellom ulike brønner, plattformer og felt som det er helt nødvendig å ta hensyn til?

Samme beregning gjøres videre for tre ulike perioder frem i tid. Sintef-rapporten anser at det vil være betydelig usikkerhet knyttet opp til hvilket aktivitetsnivå man faktisk vil ha i de ulike periodene. Det gjennomføres derfor en form for sensitivitetsanalyse hvor man baserer analysene i hver av de tre periodene med tre ulike aktivitetsscenarioer. Resultatene fra beregningene i Sintef-rapporten er vist i tabell 3-1.

Periode	2008-2012	2013-2020	2021-2025
Fremtidsbilde 1	$2,9 \times 10^{-2}$	$2,5 \times 10^{-2}$	$1,9 \times 10^{-2}$
Fremtidsbilde 2	$3,4 \times 10^{-2}$	$3,4 \times 10^{-2}$	$2,5 \times 10^{-2}$
Fremtidsbilde 3	$4,0 \times 10^{-2}$	$4,3 \times 10^{-2}$	$3,3 \times 10^{-2}$

Tabell 3-1: Gjennomsnittlig utblåsningsfrekvens pr år fordelt på tre perioder (Sintef)

Sintef-rapporten baserer beregningene av de fremtidige utblåsningsfrekvensene på at det eksisterer en positiv lineær sammenheng. Ved å benytte basisfrekvenser som er beregnet av historiske data, og som i realiteten har begrenset verdi for området som studeres, forsøker rapporten å predikere utblåsningsfrekvensen 17 år frem i tid ved kun å ta høyde for aktivitetsnivået. Det er positivt at man legger ulike aktivitetsscenarioer til grunn, da man faktisk ikke vet hva det vil være. Det at man er observant på usikkerheten knyttet til fremtidig aktivitetsnivå samtidig som man tidlig i rapporten gjør leseren oppmerksom på at de generiske utblåsningsfrekvensene endres i hver utgave av Scandpower-rapporten, gjør at det fremstår som noe merkelig at man ikke inkluderer noen form for utviklingsanalyse for basisfrekvensene. Sintef avslutter kapittelet om utblåsning som vist nedenfor med et par linjer som viser at de er rimelig klar over svakhetene i metoden deres. Likevel forsøker de ikke å gjøre noe med svakhetene, eventuelt begrunne hvorfor de aksepterer dem. Det bidrar ikke til å skape videre tillit til innholdet som presenteres.

”Det er også i fremtidsmodellene antatt samme basisfrekvenser over hele perioden, og ikke tatt hensyn til eventuelle forandringer. Basisfrekvensene kan for eksempel bli redusert som resultat av for eksempel økt læring og forbedret teknologi.”

Det at Sintef er trukket frem er en tilfeldighet. Det kunne like gjerne vært et hvilket som helst annet selskap. Metodikken er i stor grad lik blant de fleste analytikere. Kritikken bør således oppfattes rettet mot metoden som benyttes i bransjen og ikke Sintef.

3.5 Opphavet til den positive lineære antagelsen

Eksemplet med Sintef-rapporten, og svært mange andre tilsvarende risikoanalyser viser at det eksisterer en utbredt bruk av metoder som bygger på den positive lineære sammenhengen. Denne rapporten har fokus på spørsmålene om ikke sammenhengen i seg selv er feil, og om hva som eventuelt kan utgjøre en forbedring. Men det hadde også vært interessant å finne ut hvorfor man faktisk bruker sammenhengen slik man gjør i dagens analyser. Det er foretatt søk i litteratur for å finne noen spor, men problemstillingen er svært lite beskrevet. Det har dog dukket opp noen mulige forklarende elementer i løpet av arbeidet med rapporten og samtaler om emnet med forskere og analytikere innenfor risikofaget. Rapporten foreslår følgende mulige elementer som delvis kan forklare opphavet til den positive lineære sammenhengen.

3.5.1 Søken etter det enkle

I starten av kapittel 3 ble generelle lineære sammenhenger omtalt og illustrert ved hjelp av Newtons andre lov. Når man forsøker å beskrive et fenomen, ligger det i menneskets natur å forsøke å gjøre beskrivelsen så kort og "enkel" som mulig. Det er som med matematiske bevis, desto kortere og mer kompakte de er, desto større estetisk verdi og flere superlativer til opphavsmannen. Ser man utover overfladiske egenskaper er det også klart at modellene som representerer en forenklet versjon av virkeligheten må være tilstrekkelig enkle for at de skal kunne brukes i praktiske sammenhenger. Den positive lineære sammenhengen danner grunnlag for en førstegradlikning som utgjør en kompakt og enkel modell.

3.5.2 Rasjonelt utgangspunkt og læring fra skolen

Den positive lineære sammenhengen kan også med første øyekast gi inntrykk av å være rasjonell. Dobler man aktivitetsnivået, dobler man risikoen. Tanken henger muligens sammen med folk flest sine relasjoner til sannsynligheter og egne erfaringer gjennom spill. Dobler man innsatsen i et terningspill med fastlagte parametre kan man forvente å doble tapet/gevinsten. Spesielt terningspill og lignende eksempler brukes ofte i grunnleggende kurs i sannsynlighet og statistikk i alt fra videregående skoler til universiteter.

Læring fra skolen bør også ta sin del av skylden for manglede risikoforståelse. Dette er eksemplifisert med tre kritiske forhold som er knyttet opp mot undervisningen:

1. Man lærer å bruke svært mange ulike verktøy i sannsynlighets og statistikkfaget til å løse oppgaver, men man lærer generelt alt for lite om forutsetningene som ligger bak verktøyene og presis tolkning av svarene. Resultatet er at mange verktøy blir brukt feil i analysene. Et eksempel er den utbredte misforståelsen blant økonomi- og ingeniørstudenter om hva et konfidensintervall egentlig betyr².

² Den riktige tolkningen av et utregnet 95 % konfidensintervall er at i det lange løp vil 95 % av slike konfidensintervall inneholde den sanne underliggende verdien for parameteren. Man kan ikke si noe mer spesifikt enn dette om det utregnede intervallet. Den mer allmenne og feilaktige fortolkningen innebærer at det er 95 % sannsynlighet for at akkurat det utregnede intervallet inneholder den underliggende sanne verdien for parameteren. Konfidensintervall er rent konseptuelt et vanskelig begrep som i svært mange tilfeller brukes feil.

2. Det man lærer på skolen henger fast i klassisk sannsynlighetsperspektiv og bidrar til å bygge opp myten om at risiko kan representeres med et enkelt tall. Konsekvensen er at det man ikke kan beregne blir ekskludert fra analysen. Man går dermed glipp av verdifull informasjon.
3. Med få unntak, baseres modellene på antagelsen om at det er uavhengighet mellom enhetene man studerer. Det er i seg selv ikke kritisk, men det er en viss fare for at man ikke utvikler evnen til å vurdere når det faktisk er greit å bruke uavhengighetsantagelsen. Den positive lineære sammenhengen er rasjonell i et klassisk perspektiv så lenge man kan hevde at det er uavhengighet mellom enhetene. Spørsmålet er om ikke det er litt naivt å legge til grunn en slik antagelse.

3.5.3 Heinrich-trekanten og risikodefinsjon

Den kjente Heinrich-trekanten (Heinrich 1931) som sier noe om den statistiske forekomsten av antall hendelser av ulik alvorlighetsgrad, har ofte blitt mistolket i forhold til intensjonene bak modellen. For problemstillingen i oppgaven er det spesielt oppfatningen om at det er en form for lovmessighet og et fast forhold mellom ulykkestypene som gir assosiasjoner og grunnlag til å lete etter lineære sammenhenger. Lovmessigheten vil også være et stort problem i forhold til diskusjonen om fastlagt fremtidig skjebne.

Den utbredte definsjonen av risiko som konsekvens \times sannsynlighet og bruken av forventningsverdier i analyser bidrar også til at den positive lineære antagelsen kan oppfattes som rasjonell. Men som vist i kapittel 2, er både risikodefinsjonen og implikasjonene den gir mangelfulle.

3.5.4 Mangel på noe bedre

Oppsummert fra avsnittene ovenfor har man at:

- Den positive lineære sammenhengen gir en enkel modell
- Svært mange analytikere er klassikere og tror risiko er et tall som må beregnes
- Mange analytiker har manglende forståelse av begrepet uavhengighet
- Flere modeller som Heinrichs trekant og definsjoner av risiko kan gi støtte til antagelsen om den positive lineære sammenhengen

Punktene ovenfor gir ikke noe eksakt svar på hvor antagelsen om den positive lineære sammenhengen kommer fra, men de kan bidra til å forklare hvorfor den blir brukt den dag i dag. I tillegg til punktene ovenfor, skal det presiseres at klassikere som er klar over manglene med den positive lineære sammenhengen og bayesianere som i utgangspunktet har helt andre preferanser, bruker modeller som er basert på sammenhengen rett og slett fordi de ikke har noe bedre alternativ. Får å bli kvitt ukritisk bruk av positive lineære modeller kreves det bedre skolering av en del analytikere under en felles oppdatert faglig plattform, noe som mest sannsynlig en lang vei å gå.

4 Dataanalysemetoder

Tallmaterialet som er samlet inn er analysert med direkte plotting av datapunktene og ved hjelp av en lineær regresjonsmodell med én forklaringsvariabel. Metodene er i stor grad komplementære. Mens plottingen av datapunktene kun gir et visuelt bilde av datasettene, beskriver regresjonsmodellene sammenhengene i datasettene rent kvantitativt.

4.1 Plotting av datapunkter

Direkte plotting av datapunkter er kanskje den aller enkleste analysemetodikken man kan bruke. Selv om den er enkel, er den ofte en av de viktigste kildene man har til å visualisere og oppdage sammenhenger, og bør derav alltid benyttes som et første steg i en analyseprosess.

Analysedelene av rapporten inneholder innledningsvis plott av utviklingen av antall registrerte observasjoner for risikoindikatoren over den tidsperioden det foreligger datamateriell for. Samtidig presenteres også et tilsvarende plott for utvikling av aktivitetsnivået for samme periode.

Allerede med historiske observasjoner av risikoindikator og aktivitetsindikator kan man langt på vei trekke konklusjoner om hvorvidt utviklingen er lineær. Vurderingen blir likevel mer hensiktsmessig hvis man går videre og ser på normaliserte plott for tidsperioden. Normalisering vil si at man plottet antall observasjoner av risikoindikatoren som en rate av aktivitetsnivået. For eksempel: Hvis man plottet antall drap som skjer i Norge pr million innbyggere i løpet av et år, utgjør det en rate. En slik rate kan brukes til sammenligning med andre land for å vurdere om Norge er et farlig land å bo i relativt til landene man sammenligner seg med. Det ville ikke gitt mye mening å direkte sammenligne antall drap i Tyskland med 80 millioner innbyggere med tilsvarende tall i Norge, men rater fungerer altså ypperlig til denne type sammenligninger. For å verifisere antagelsen om positiv lineær sammenheng, bør plottene av rater være tilnærmet perfekte horisontale rette linjer over hele tidsperioden. Begrunnelsen er som poengtert ovenfor at når man bruker rater så justerer man for variasjon i aktivitetsnivået, med positiv lineær sammenheng er i så fall risikonivået gitt som en konstant rate over tid.

4.2 Lineær regresjon

Lineær regresjon går ett steg videre fra plott av rater, ved å si noe om hvor sterke sammenhenger man eventuelt har, i tillegg til å beskrive sammenhengene matematisk. Men hva er egentlig lineær regresjon og hvordan skal man tolke resultatene som analysene gir?

4.2.1 Hva er lineær regresjon?

Når man har to variabler som man tror det er en sammenheng mellom, er man ofte interessert i å finne ut hvordan sammenhengen er. Som påpekt ovenfor kan man plote dataene og tyde grafer. Et annet alternativ er å trekke en rett linje fra venstre til høyre i dataplottet på en slik måte at selve linjen totalt sett dekker datapunktene best mulig. Ved

deretter å måle og beregne helningsvinkel og skjæringspunktet med y-aksen kan man finne en lineær modell for datapunktene tilsvarende likning 3.2. Man har i så fall utført en enkel manuell lineær regresjon av datapunktene. Hvor god den lineære modellen er, vil avhenge av hvordan spredningen av datapunktene er i utgangspunktet. Hvis datapunktene danner en hesteskoform, er ikke en lineær modell spesielt gunstig. Modellen vil også være avhengig av oppløsning og nøyaktighet i plotting og avlesning av verdier, og ikke minst vil den være avhengig av vedkommende som tegner den rette linja. 10 forskjellige personer vil mest sannsynlig tegne 10 forskjellige linjer som de mener beskriver datapunktene best mulig.

Regresjonsmodellen trenger ikke å være lineær, den kan meget godt ha form som en andregradsfunksjon, eksponentialfunksjon osv. I denne rapporten er det kun fokusert på lineære modeller.

Selv om man legger en bayesiansk tankegang til grunn, kan man likevel benytte de samme statistiske verktøyene til analyse som man gjør i klassisk teori. Forskjellen vil i all hovedsak ligge i fortolkningen av resultatene, og til tider i bruken av ulike begrepsapparat. Rapporten bygger på den bayesianske tankegangen, likevel vil det i gjennomgangen av den lineære regresjonsmodellen til tider bli brukt begreper som formelt sett hører hjemme i klassisk teori, dette for å gjøre innholdet lettere tilgjengelig for en større lesergruppe.

4.2.2 Enkel lineær regresjonsmodell

Det er gitt en kort introduksjon til lineær regresjon. For å komme videre må selve modellen som analysen bygger på defineres formelt. Modellen er gitt ved likning 4.1.

$$\gamma_i = \alpha + \beta x_i + \varepsilon_i \quad (4.1)$$

(γ_i) = Stokastisk responsvariabel

(x_i) = Forklaringsvariabel

(β) = Stigningsstall

(α) = Konstantledd

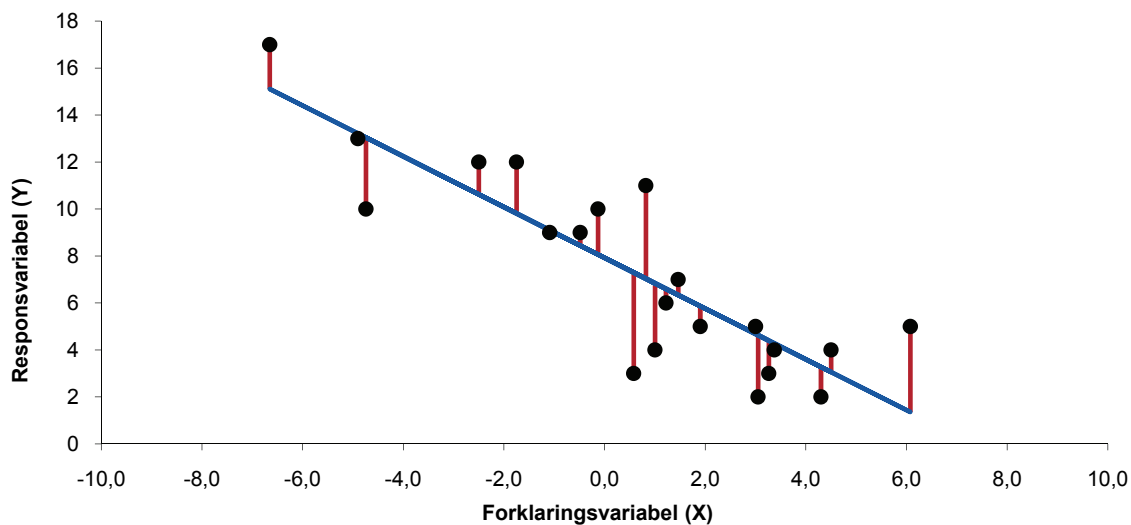
(ε_i) = Stokastisk støyledd (residual)

I modellen antar man at den stokastiske responsvariabelen (γ_i) er relatert til forklaringsvariabelen (x_i) , hvor (β) er stigningstallet i modellen som sier noe om hvordan (x_i) er relatert til (γ_i) . (α) er en konstant verdi i modellen i likhet med (a) i likning 3.2. (ε_i) er et stokastisk støyledd i modellen som skal "absorbere" naturlig variasjon i dataene og fenomenene som studeres. I modellen er det en forutsetning at residualene (ε_i) er uavhengige identisk fordelte normalfordelte variabler med konstant varians σ^2 og hvor tyngdepunktet i fordelingen er 0. $\sim N(0, \sigma^2)$ (Walpole, et al. 2007) & (Aven 2007).

Det er logisk at residualene i snitt må ha verdien 0, for ikke å gi systematiske feil i modellen. Kravet om normalfordeling er nødvendig for å kunne beregne konfidensintervall for (β) hvor man er avhengig av å bruke T-fordeling.

Regresjonsmodellen er illustrert i figur 4.1. De sorte punktene er enkeltobservasjoner av forklaringsvariabelen (X_i) og responsvariabelen (Y_i). Den blå linjen er den regresjonsmodellen som best beskriver sammenhengen mellom (X_i)'ene og (Y_i)'ene. Avstanden fra hvert enkelt datapunkt og vertikalt opp/ned til regresjonslinjen er residualen til observasjonen. Residualene er markert med røde linjer i figuren.

Med selve modellen formelt definert, ligger neste utfordring i å finne frem til konstantleddet (α) og stigningstallet (β) som best beskriver den lineære sammenhengen mellom datapunktene. Siden (α), (β) og (σ) er ukjente, er det videre arbeidet i en klassisk kontekst en estimeringsprosess.



Figur 4-1: Dataplott med lineær modell og residualer

4.2.3 Beregning av konstantledd og stigningstall i modellen

Man kan bruke tegnetometoden som skissert ovenfor, men det vil ikke finnes noen måte å verifisere at svaret man kommer frem til er den beste lineære tilpasningen til datasettet som man kan gjøre. Men det finnes heldigvis enkle og slagkraftige metoder for å finne beste modell.

Utgangspunktet for å finne den beste linjetilpasningen er målet om at residualene samlet sett skal være minst mulig. Det er ekvivalent med å si at man ønsker at modellen $Y_i = \alpha + \beta X_i$ skal forklare mest mulig av variasjonen i datasettet.

Residualen (e_i) er altså definert som det vertikale avviket mellom et datapunkt og regresjonslinja. Den matematiske definisjonen av det beregnede residualen er gitt ved:

$$e_i = Y_i - \hat{Y}_i$$

hvor (Y_i) er observert verdi i datasettet og (\hat{Y}_i) er tilhørende predikert verdi fra modellen. Målet er å minimere residualene i modellen samlet sett, men som man kan se av definisjonen av residualen kan man få summen av residualene til å bli 0 ved å ha samtidige store negative og positive avstander fra regresjonslinjen. Modellen vil i så fall være dårlig tilpasset, noe som skyldes utfordringer med absoluttverdier. Den enkleste løsningen på

problemet er å endre målet til å minimere summen av de kvadratiske avvikene fra regresjonslinja. Man får da følgende uttrykk som skal minimeres:

$$SSE = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - a - bx_i)^2$$

Uttrykket minimeres ved å partiellderivere SSE med hensyn på konstantleddet og deretter med hensyn på stigningstallet.

$$\frac{\partial(SSE)}{\partial a} = -2 \sum_{i=1}^n (Y_i - a - bx_i) = 0 \quad \frac{\partial(SSE)}{\partial b} = -2 \sum_{i=1}^n (Y_i - a - bx_i)x_i = 0$$

Begge de deriverte uttrykkene settes lik 0, før ligningssettet løses med hensyn på (a) og (b). Det gir følgende løsninger:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(Y_i - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

$$a = \bar{Y} - b\bar{x}$$

Ved beregning av regresjonslinjen finner man først stigningstallet, som deretter benyttes til å beregne konstantleddet. Avhengig av antall observasjoner (n) kan det være tidkrevende å utføre regneoperasjonene manuelt. Regresjonsmodellene som er presentert i denne rapporten er beregnet ved hjelp av regresjonsverktøy inkludert i Excel.

4.2.4 Konfidensintervall for β og modellens signifikans

Regresjonslinjen som beregnes er i klassisk sannsynlighetsperspektiv et estimat for den sanne underliggende lineære funksjonen som er ukjent. Med dette utgangspunktet er det naturlig å forsøke å beskrive størrelsen på usikkerheten i estimatet av β , noe som kan gjøres ved å beregne et konfidensintervall for β . Et smalt 95 % konfidensintervall vil si at man er rimelig sikker på at estimatet ligger tett opp til den sanne underliggende verdien av β .

Den bayesianske fortolkningen bygger fremdeles på grad av tro. Mer spesifikt grad av tro om hvilken verdi størrelsen β vil anta. Intervallet uttrykker dermed i denne settingen en øvre og en nedre grense, hvor analytikeren tror at det er 95 % sannsynlighet for at β vil anta en verdi som ligger innenfor intervallet. Begrepet konfidensintervall brukes videre i rapporten, selv om bayesiansk fortolkning ligger til grunn.

Konfidensintervallet kan også brukes til å vurdere om modellen er signifikant. Hvis det beregnede 95 % konfidensintervallet inneholder 0, betyr det at man ikke kan forkaste nullhypotesen $\beta=0$ på 5 % signifikansnivå. Det er dermed ikke grunnlag i dataene til å påstå at $\beta \neq 0$. Med $\beta=0$ er modellen redusert til konstantleddet, og man kan dermed ikke hevde at det er en lineær sammenheng mellom respons- og forklaringsvariabelen. Betydningen av et

slikt tilfelle i analysene vil være at man statistisk sett ikke kan hevde at det er en lineær sammenheng mellom det modellerte risiko- og aktivitetsnivået.

Excel beregner konfidensintervall med det konfidensnivået som man måtte ønske, i tillegg kan man også avgjøre om modellen er signifikant ved å se på p-verdien. En analog tolkning av å bruke et 95 % konfidensintervall til hypotesetest vil være å forkaste nullhypotesen hvis p-verdien er mindre enn 0,05. Det matematiske utgangspunktet for beregning av konfidensintervall for β ved hjelp av T-fordeling er gitt ved:

$$\frac{B - \beta}{\sqrt{\frac{1}{n-2} \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - a - bx_i)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}} \sim t_{(n-2)}$$

4.2.5 Hvor godt passer regresjonslinjen til datapunktene?

For å finne den optimale lineære regresjonslinjen til datasettet tok man utgangspunkt i å minimere summen av de kvadratiske avvikene (SSE). Men selve størrelsen SSE sier ingenting alene om modellen er god eller ikke. Ved å relatere støyen (SSE) i datasettet til den totale variasjonen (SST) i dataene, får man en relativ størrelse mellom 0 og 1 for støyleddets betydning. Resten av variasjonen forklares da med selve modellen (SSR). En god modell med høy forklaringsgrad har dermed en verdi for R^2 som er størst mulig.

Matematisk formulering er gitt nedenfor:

$$SST = SSE + SSR$$

$$SST = \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2$$

$$SSE = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2$$

$$SSR = \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2$$

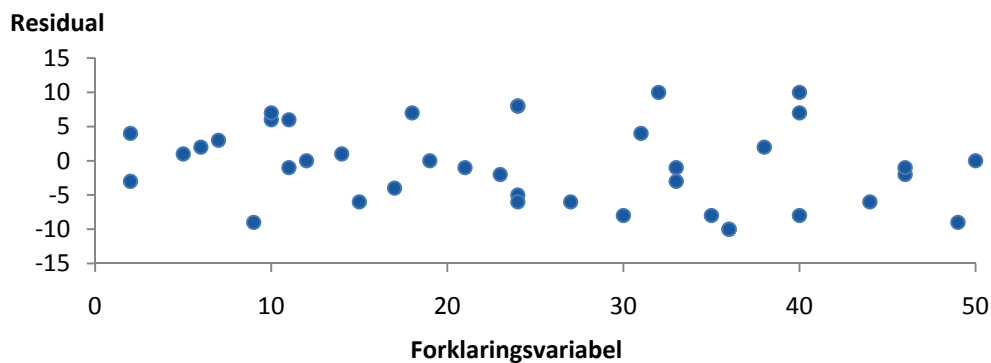
$$R^2 = \frac{SSR}{SST} = 1 - \frac{SSE}{SST}$$

4.2.6 Kontroll av modellforutsetningene

For at modellen skal kunne benyttes som forutsatt, stilles det forskjellige krav til residualene som bør kontrolleres.

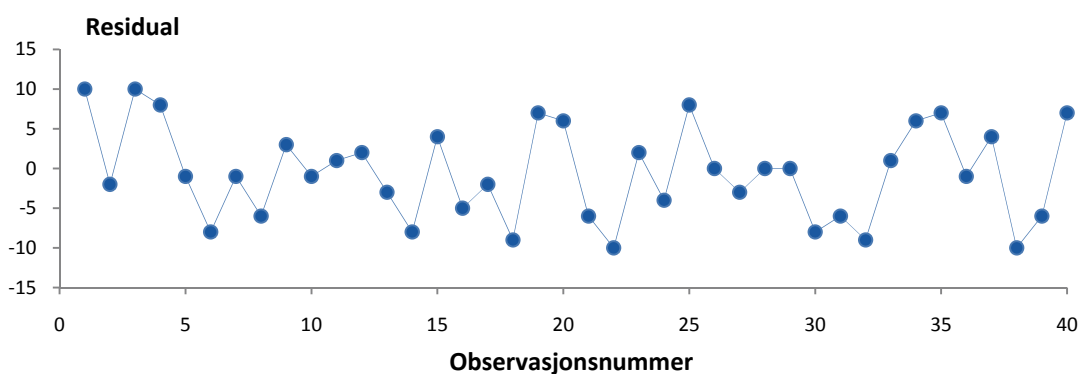
1. Residualene skal være fordelt med tyngdepunkt lik 0 og konstant varians σ^2
2. Residualene skal være uavhengige av hverandre
3. Residualene skal være normalfordelte

Av kravene nevnt ovenfor er det mest kritisk at residualene er uavhengige av hverandre, mens det er tilstrekkelig at residualene har en fordeling som er tilnærmet normalfordelt. Man sjekker kravene ved hjelp av plott som illustrert i figurene 4.2 - 4.4.



Figur 4-2: Kontroll av tyngdepunkt og varians

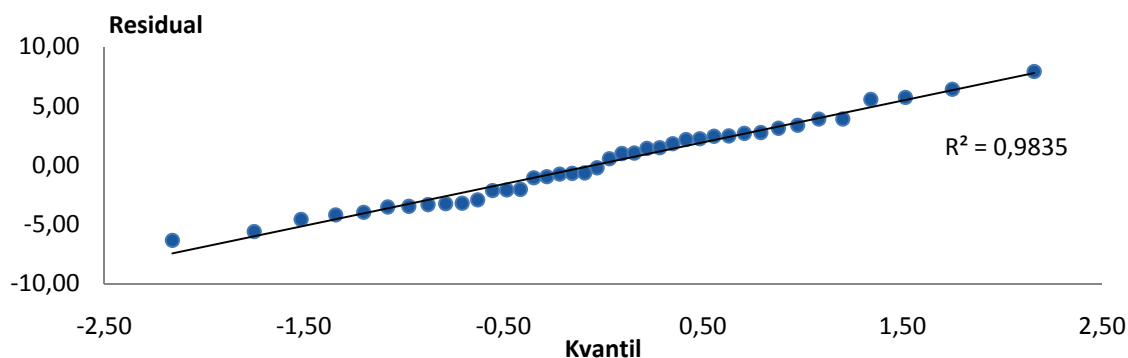
Figur 4.2 viser et plott av residualene og forklaringsvariabelen. Det bør være minst mulig mønster i plottet, og punktene bør ligge noenlunde likt fordelt på begge sider av $Y=0$, slik som figuren viser. Hvis så er tilfelle er kravet om tyngdepunkt lik 0 og konstant varians σ^2 oppfylt.



Figur 4-3: Kontroll av uavhengighet

I figur 4.3 er residualene plottet etter observasjonsnummer med linjer mellom punktene. Også her bør plottet se helt tilfeldig ut, uten at man kan spore et spesielt mønster. I så tilfelle er kravet om uavhengighet mellom residualene oppfylt. Hvis man derimot ser tydelige mønstre/trender, tyder det på avhengigheter mellom residualene. I klassisk kontekst betyr avhengigheter at konfidensintervallene i modellen blir presentert som smalere enn det de

egentlig er, samtidig som man vil få en for liten p-verdi og verdien for R^2 vil bli høyere enn det den egentlig er. I et bayesiansk perspektiv vil avhengigheter bety at vår grad av tro om hvilke verdier de ulike størrelsene vil anta er svekket, det samme vil da også gjelde for analyseresultatene. I analysen senere i rapporten vil det bli gjort en kvalitativ vurdering om residualplottene til hver enkelt regresjonsmodell viser tegn til avhengigheter. Vurderingen vil bli gitt på en skala fra 0 til 10 hvor 10 tilsvarer full avhengighet.



Figur 4-4: Kontroll av normalfordeling

Figur 4.4 viser et normalplott av residualene, hvor residualene er sortert etter størrelse og plottet mot tilhørende normalkvantiler. Hvis punktene ligger på en rimelig rett linje som i figuren, er kravet om normalfordeling oppfylt.

4.2.7 Tolkning av resultater med hensyn til positiv lineær sammenheng

For å kunne konkludere om det eksisterer en positiv lineær sammenheng mellom risikonivå og aktivitetsnivå stilles det en del krav til resultatene av regresjonsanalysen, hvor alle kravene som er listet opp nedenfor i rimelig stor grad må være oppfylt.

1. Modellen må ha et positivt stigningstall.
2. Stigningstallet må være signifikant forskjellig fra 0
3. Konstantleddet må være lik 0
4. Forklaringsgraden R^2 må være over 0,5
5. Modellens gyldighetsområde må vurderes

Alle kravene vil bli gjenstand for en skjønnsmessig vurdering opp mot analyseresultatene, hvor det også tas høyde for eventuell påvirkning som skyldes avhengigheter i residualene.

Regresjonsmodellene man ender opp med er basert på historiske data, og taler strengt tatt om forhold som tilhører fortiden. Hvorvidt man skal velge å vektlegge resultatene i en reell risikovurdering som omhandler fremtiden vil avhenge av ens tro på metoden og de ulike modellenes evne til å forklare variasjonen i risikonivået.

Positivt stigningstall

Med positiv lineær sammenheng er det underforstått at en økning i aktivitetsnivå er sammenfallende med en økning i risikonivået. For en modell med risikoindikator som

responsvariabel på y-aksen, og aktivitetsnivået som forklaringsvariabel på x-aksen vil en slik sammenheng som søkt ovenfor kreve at stigningstallet er positivt. Et negativt stigningstall vil være synonymt med at en økning i aktivitetsnivået statistisk sett sammenfaller med en reduksjon i risikonivået. Selv om sistnevnte også er en lineær sammenheng, er den ikke en del av problemstillingen i rapporten, da det er en negativ lineær sammenheng.

Den positive verdien som stigningstallet har, vil i modellen være et uttrykk for hvor mange hendelser i henhold til risikoindikatoren som vil inntreffe pr. enhet av aktivitetsnivået. Denne størrelsen vil naturligvis variere alt etter hvilke indikatorer og fenomener som studeres.

Stigningstall signifikant forskjelling fra 0

Hvis stigningstallet er lik 0, reduseres modellen til å bli en rett linje med verdi tilsvarende konstantleddet. Risikonivået vil i en slik situasjon være uavhengig av aktivitetsnivået. For å være "relativt" sikker på at stigningstallet er ulikt 0, gjennomføres det en hypotesetest på 5 % signifikansnivå hvor målet er å forkaste nullhypotesen, og konkludere med at stigningstallet er signifikant forskjellig fra null.

Konstantledd lik 0

Når man ikke har noen aktivitet, synes det å være en logisk forutsetning at risikonivået er null. Implikasjonen er i så fall at modellen må ha et konstantledd som er lik 0. Samme forutsetning gjelder også når man ser på risikoen gitt ved to forskjellige aktivitetsnivå, hvor det ene aktivitetsnivået er nøyaktig dobbelt så stort som det andre. For at en dobling i aktivitetsnivået skal føre til en dobling i risikonivået, kreves det at konstantleddet er lik 0. Dette er en streng fortolkning, men man kan også godta verdier for konstantleddet som er svært små relativt til produktet av stigningstallet og gjennomsnittsverdien til forklaringsvariabelen i gyldighetsområdet til modellen. For det siste tilfellet vil konstantleddets påvirkning være svært liten, og en dobling i aktivitetsnivået vil for alle praktiske formål føre til en fordobling av risikonivået.

Det er mulig å sette konstantleddet til å være 0 før analysen utføres i Excel, men det binder opp analysen, og gir i mange tilfeller svært dårlige linjetilpasninger. Man vinner ingenting ved å tvinge konstantleddet til å være 0, da dette er et spesialtilfelle av at konstantleddet står fritt til å variere. Man mister derimot muligheten til å finne absolutt beste linjetilpasning.

Forklaringsgraden R^2 over 0,5

Det er et åpenbart krav at modellens evne til å forklare variasjonen i datasettet må være høy. Men hva som egentlig er høyt, er et relativt spørsmål som er gjenstand for en skjønnsmessig vurdering. I denne rapporten er kravet til forklaringsgraden satt til 0,5. Kravet er satt relativt lavt i forhold til det man ofte kan forvente i en enkel regresjonsmodell. Begrunnelsen er at noen av analysene er basert på få observasjoner, hvor det kan være avhengigheter i residualene (ex ante antagelse). I tillegg er det et ønske om å gi regresjonsmodellen en svært god mulighet til å bekrefte en eventuell positiv lineær sammenheng hvis den faktisk foreligger.

Modellens gyldighetsområde

Et generelt utgangspunkt for statistiske tester er at man kun har grunnlag til å uttale seg om det området som man har data for. For analysene i rapporten vil det si at modellene ikke er gyldige når aktivitetsnivået beveger seg fra nedre observasjonsgrense og ned mot 0 observasjoner. Samme konklusjon er gjeldende fra øvre observasjonsgrense og opp mot et uendelig antall observasjoner. Modellen er også svekket når man kun har observasjoner som er gruppert med stort spenn mellom gruppene. I slike tilfeller vil T-test av forskjeller mellom grupper være å foretrekke fremfor enkel lineær regresjonsanalyse.

4.2.8 Statistisk versus kausal sammenheng

Selv om man i en del tilfeller kan observere noe som kan se ut som en klar sammenheng mellom respons- og forklaringsvariabelen i en regresjonsmodell, betyr ikke det at det eksisterer et årsak/virkningsforhold mellom variablene. Det kan også skyldes en felles underliggende faktor som påvirker begge variablene slik at regresjonsmodellen gir en svært høy forklaringsgrad.

Et eksempel på overnevnte er prisen på to dagligvarer som begge øker jevnt i henhold til den generelle inflasjonen for matvarer som utgjør den felles underliggende variabelen. Ved å lage en regresjonsmodell hvor den ene av dagligvarene er responsvariabel og den andre er forklaringsvariabel kan man tolke en høy forklaringsgrad til at det eksisterer et årsak/virkningsforhold mellom prisene på dagligvarene, selv om varene for alle praktiske formål er perfekt uavhengige.

Høy forklaringsgrad betyr ikke at det eksisterer en kausal sammenheng, men åpner bare for muligheten til at det kan gjøre det.

4.2.9 Hypotesen i rapporten versus hypotesetesten i regresjonsmodellen

Utgangspunktet i oppgaven er som tidligere nevnt alternativhypotesen om at det ikke eksisterer en positiv lineær sammenheng mellom risikonivået og aktivitetsnivået i de ulike sektorene. Om nullhypotesen blir forkastet, og man velger å hevde at alternativhypotesen fra kapittel 1.3 er riktig, avhenger av de samlede resultatene fra alle analysene, og avgjøres ved en samlet skjønnsmessig vurdering senere i rapporten.

Overnevnte utgangshypotese må ikke forveksles med hypotesetesten som gjennomføres i forbindelse med regresjonsanalysen. Sistnevnte er en ren teknisk hypotesetest som forteller om den enkelte modell er statistisk signifikant, og sier isolert sett ingenting om problemstillingen i rapporten.

5 Dataanalyse av offshore petroleumsindustri

Kapittelet gir først en introduksjon til datamaterialet og indikatorene før dataanalysene som er gjennomført for petroleumsindustrien presenteres. Hensikten med analysene er å vurdere utviklingen i petroleumsindustrien i lys av problemstillingen i kapittel 1.3 og opp mot kravene som er satt for positive lineære sammenhenger i kapittel 4.

5.1 Informasjonsgrunnlag

For analyse av offshore petroleumsindustri er det innhentet bakgrunnsinformasjon fra PTIL som benyttes når de utarbeider sin årlige RNNP-rapport. (Petroleumstilsynet 2009). Dataene stammer fra rapporten som ble utgitt våren 2009 og inkluderer hendelser på norsk sokkel i perioden 1996 - 2008. Data for 2009 var ikke tilgjengelige når denne rapporten ble skrevet.

RNNP-prosjektet ble iverksatt for å forsøke å kartlegge risikonivået på norsk sokkel på en mest mulig objektiv måte (Vinnem 2007). Før RNNP var det stor uenighet mellom fagforeningene og operatørselskapene om utviklingen på sokkelen. Fagforeningene mente at sikkerhetsarbeidet på installasjonene ble nedprioritert og at det var en reell økning i risikonivået, mens operatørselskapene på sin side hevdet at risikoen hadde en nedadgående trend, noe de begrunnet med stadig færre rapporterte personskader. Det eksisterte med andre ord et reelt behov for en tredjepartsvurdering for å skape nødvendig tillit til resultatene for de involverte partene.

Den første RNNP-rapporten (pilotprosjektet) ble utgitt våren 2001. Arbeidet startet allerede som en forstudie høsten 1999, hvor de endelige metodene og prinsippene som rapporten skulle baseres på ble klarlagt høsten 2000. Pilotprosjektet omfattet da årlige hendelses- og eksponeringsdata for perioden 1996-2000. Det bør påpekes at datamateriellet i de første RNNP-rapportene kan være noe unøyaktig da operatørene ikke viste at de skulle samle inn data og rapportere til myndighetene. Dette gjorde at man måtte gå tilbake i interne arkiver for å finne frem relevante data. Det bør også legges vekt på at prosjektet var i en utviklingsfase i de første årene. Et eksempel på overnevnte er at overvåkingen og rapporteringen av skip på kollisjonskurs femdoblet seg fra 2000 til 2002, noe som er knyttet opp til tilknytningen av stadig flere installasjoner til Statoils overvåkningsstasjon på Sandsli. Generelt har alle indikatorene vært relativt stabile med hensyn til store sprang i dataene siden 2002.

I tillegg til dataene fra RNNP-rapporten er det innhentet statistikk for antall akutte oljeutslipp over 1m^3 som er rapportert inn til kystverkets beredskapsavdeling i perioden 1996 – 2008 (Kystverket 2010).

5.2 Risiko- og aktivitetsindikatorer

PTIL har stort fokus på storulykker, men hvor kommer egentlig RNNP-prosjektet inn i bildet da det ikke direkte observerer storulykker, og hvilke indikatorer er det relevant å analysere i rapporten?

5.2.1 Hovedindikatorerne i RNNP-prosjektet

I analysen av petroleumsindustrien er det tatt utgangspunkt i et bredt spekter av indikatorer fra hydrokarbonlekkasjer til helikopterhendelser. Bakgrunnen for valget stammer fra den underliggende idéen i RNNP-prosjektet. Hovedformålet med prosjektet er å kartlegge risikonivået med hensyn på storulykker på norsk sokkel, og om mulig sette inn korrigerende tiltak. Som diskutert tidligere forekommer det sjeldent storulykker på norsk sokkel. Ser man bort fra helikopterulykker, må man tilbake til West Vanguard ulykken i 1985 for å finne en ulykke med dødelig utfall som klassifiseres som storulykke etter PTILs definisjon.

RNNP favner dermed bredt for å fange opp tendenser i forekomsten av hendelser som i seg selv ikke er storulykker eller har dødelig utfall, men som kan ha potensial til å utvikle seg til en storulykke. Man bruker de ulike hendelsene som indikatorer for å si noe om risikoen for storulykker, og legger særlig vekt på 11 definerte fare og ulykkessituasjoner (DFU) som vist i tabell 5-1.

DFU nr:	Risikoindikator
1	Ikke antent hydrokarbonlekkasje
2	Antent hydrokarbonlekkasje
3	Brønnspar/tap av brønnkontroll
4	Brann/eksplosjon i ikke-prosess områder
5	Skip på kollisjonskurs
6	Drivende gjenstand
7	Kollisjon med feltrelatert fartøy/-innretning/-skyttel-tanker
8	Skade på plattformkonstruksjon/stabilitets-/forankrings/posisjoneringfeil
9	Lekkasje fra undervanns produksjonsanlegg-/rørledning-/stigerør/-brønnstrømsrørledning/-lastebøye/-lasteslange
10	Skade på undervanns produksjonsutstyr/-dykkerutstyr /-operasjoner forårsaket av fiskeredskaper
11	Evakuering (føre var/nødevakuering)

Tabell 5-1: Definerte fare og ulykkessituasjoner kategorier brukt i RNNP-prosjektet

I tillegg til DFU'ene i tabell 5-1 er det i forbindelse med RNNP-prosjektet og i denne rapporten studert data for alvorlige personskader og helikopterhendelser i hendelseskategori 2.

For å normalisere dataene for de ulike DFU'ene, innhentes det hvert år ulike typer eksponeringsdata. Aktivitetsindikatorerne er vist i tabell 5-2.

AKT nr:	Aktivitetsindikator
1	Innretningsår
2	Km rørledninger
3	Produksjonsvolum
4	Antall borede brønner
5	Arbeidstimer
6	Dykketimer
7	Timer og antall helikopterflyvninger

Tabell 5-2: Aktivitetsindikatorer i RNNP-prosjektet

5.2.2 Analyserte indikatorer i rapporten

Det er gjennomført analyser av mange ulike risikoindikatorer for å gi et bredt perspektiv, noe som er spesielt viktig når det er en relativt lang kausal avstand fra indikatorhendelsene til risikoen som forsøkes beskrevet. I tillegg til å bruke et bredt utvalg av indikatorer er det gjort skjønnsmessige vurderinger om hvilke indikatorer som muligens kan avsløre trender ut i fra antall observasjoner som er gjort av den enkelte indikatoren. Dette fordi det gir liten mening å studere trender i indikatorer hvor det forekommer svært få hendelser hvert år. Tabell 5-3 viser kombinasjonene av risiko- og aktivitetsindikatorer som er benyttet for å undersøke om det kan påvises positive lineære sammenhenger i petroleumssektoren.

Analyse	Risikoindikator	Aktivitetsindikator
1	Oljeutslipp	Innretningsår
2	DFU 1-11	Innretningsår
3	DFU 1-11	Arbeidstimer
4	Hydrokarbonlekkasjer	Produksjonsinnretninger
5	Brønnhendelser totalt	Antall borede brønner
6	Brønnhendelser fra prod.brønner	Antall borede produksjonsbrønner
7	Brønnhendelser fra letebrønner	Antall borede letebrønner
8	Personskader totalt	Arbeidstimer
9	Personskader flyttbare innretninger	Arbeidstimer flyttbare innretninger
10	Personskader prod.innretninger	Arbeidstimer prod.innretninger
11	Helikopterhendelser totalt	Flytimer totalt
12	Helikopterhendelser tilbringertjeneste	Flytimer tilbringertjeneste
13	Helikopterhendelser skytteltrafikk	Flytimer skytteltrafikk

Tabell 5-3: Utførte regresjonsanalyser i offshoreindustrien

Kun analyse 1 og 2 vil bli presentert i sin helhet, mens resultatene fra alle analysene vil bli oppsummert i tabell 5-4. Analysene i tabell 5-4 er utført med data fra perioden 1996-2008, med unntak av analysene av helikopterhendelser hvor det kun foreligger data tilbake til 1999. For å ta høyde for de mulige svakhetene i dataene i RNNP i perioden 1996-2001, er det i tillegg utført regresjonsanalyser for perioden 2002-2008. Resultatene fra sistnevnte analyse er oppsummert i tabell 5-5.

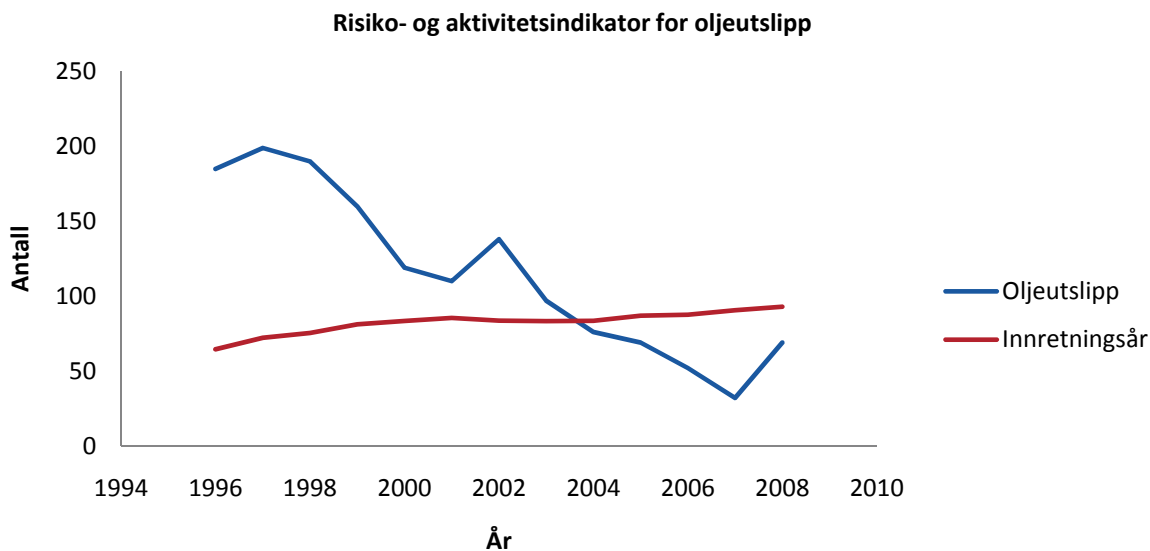
5.3 Resultater

5.3.1 Antall oljeutslipp normalisert med antall innretningsår

Alle oljeutslipp over 1m^3 som er rapportert fra offshoreindustrien til kystverket inngår i oversikten som er vist i figur 5-1. Rapporteringen dekker havområdene Skagerrak, Nordsjøen, Norskehavet og Barentshavet. De aller fleste observasjonene er dog gjort i Nordsjøen og Norskehavet. Det har vært en markant nedadgående trend i antall utslipp fra ca 200 utslipp pr år i 1996 til et gjennomsnitt på ca 55 utslipp pr år i perioden 2005-2008.

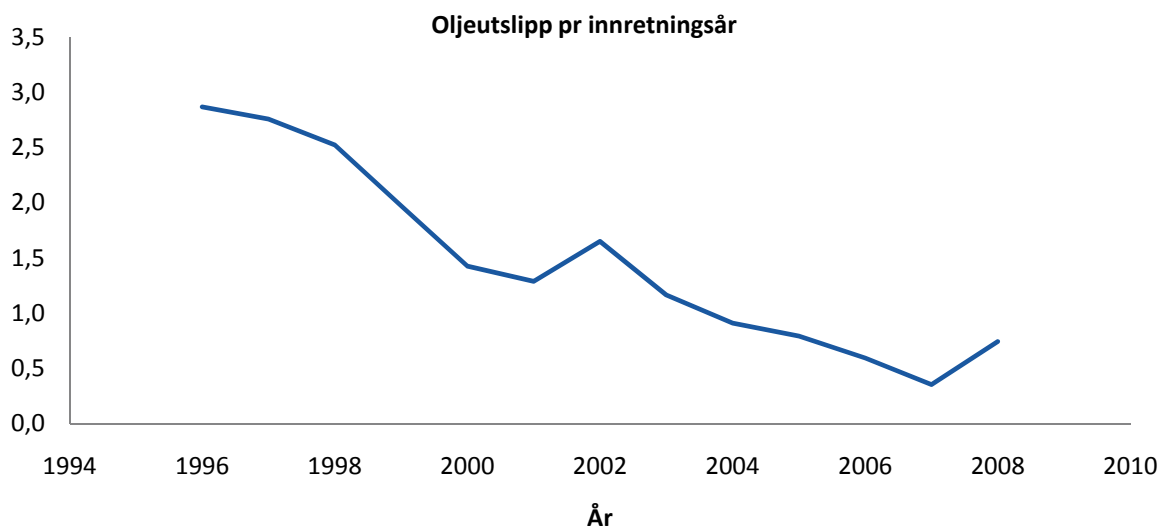
Samtidig som antall utslipp har gått betraktelig ned, har det vært en jevn økning i aktivitetsnivået målt i totalt antall innretningsår på norsk sokkel i den samme perioden. Endringen i aktivitetsnivået utgjør en økning på ca 45 % fra 1996 til 2008. Om antall innretningsår er den mest hensiktsmessige aktivitetsindikatoren for oljeutslipp kan

diskuteres. Det mest åpenbare alternativet er å normalisere med antall arbeidstimer. For regresjonsanalysen vil forskjellen være marginal, da antall arbeidstimer er sterkt korrelert med antall innretningsår, og har opplevd en rimelig lik utvikling i perioden.



Figur 5-1: Risiko- og aktivitetsindikator for oljeutslipp

Når antall oljeutslipp har en nedadgående trend og antall innretningsår har en jevn oppadgående trend, vil antall oljeutslipp pr. innretningsår vise en sterk nedadgående tendens som vist i figur 5-2. I 1996 forekom det ca. 3 hendelser pr. innretningsår, mens det i perioden 2005-2008 i gjennomsnitt har vært ca. 0,6 utslipp pr. innretningsår. Nedgangen er statistisk signifikant. Raten av oljeutslipp pr. innretningsår danner ikke en rett linje i perioden 1996 - 2008, og oppfyller dermed ikke kriteriet for å utgjøre en positiv lineær sammenheng mellom risikonivå og aktivitetsnivå i henhold til diskusjonen i kapittel 4.1.

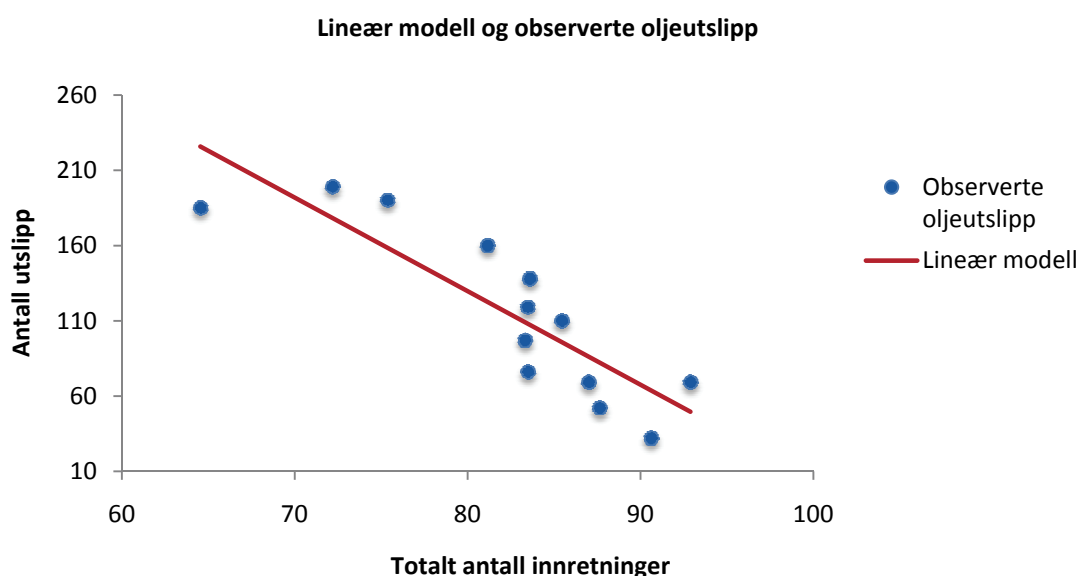


Figur 5-2: Oljeutslipp pr. innretningsår

Regresjonsanalysen med antall oljeutslipp som responsvariabel og antall innretningsår som forklaringsvariabel gir følgende hovedresultater:

Lineær modell	$Y = - 6,22 x + 627$
Forklaringsgrad R^2	0,74
P-verdi modell	0,0001
Residualplottvurdering (0-10)	3

95 % konfidensintervall	Nedre grense	Øvre grense
Konstantledd	427	827
Stigningstall	-8,64	-3,80



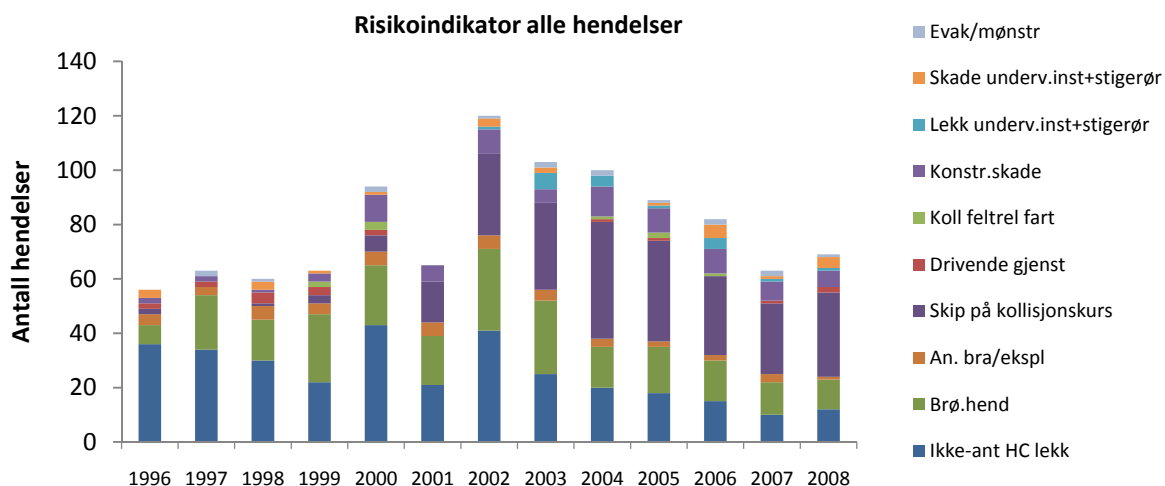
Figur 5-3: Regresjonsmodell for antall oljeutslipp som følge av aktivitetsnivå

Den nedadgående trenden fra 1996 er i henhold til regresjonsanalysen statistisk signifikant. Modellen har en høy forklaringsgrad på 0,74 og peker klart i retning av at en økning i aktivitetsnivået er sammenfallende med en reduksjon i antall oljeutslipp. På bakgrunn av det negative stigningstallet oppfyller ikke modellen de kravene som er satt til en positiv lineær sammenheng mellom risikonivå og aktivitetsnivå i henhold til kapittel 4.2.7. Resultatene tilsier derimot at det eksisterer en negativ lineær sammenheng mellom risikonivået og aktivitetsnivået.

Det skal presiseres at sammenhengen mellom antall utslipp og samlet utslippsvolum er svak. I de fleste årene har det samlede volumet av utslippene vært noenlunde stabilt rundt 300 m^3 pr. år, mens det i 2007 ble sluppet ut over 4400 m^3 olje bare i lastebøyeulykken ved Statfjord A. 2007 er da det året i datasettet hvor det forekom færrest utslipp.

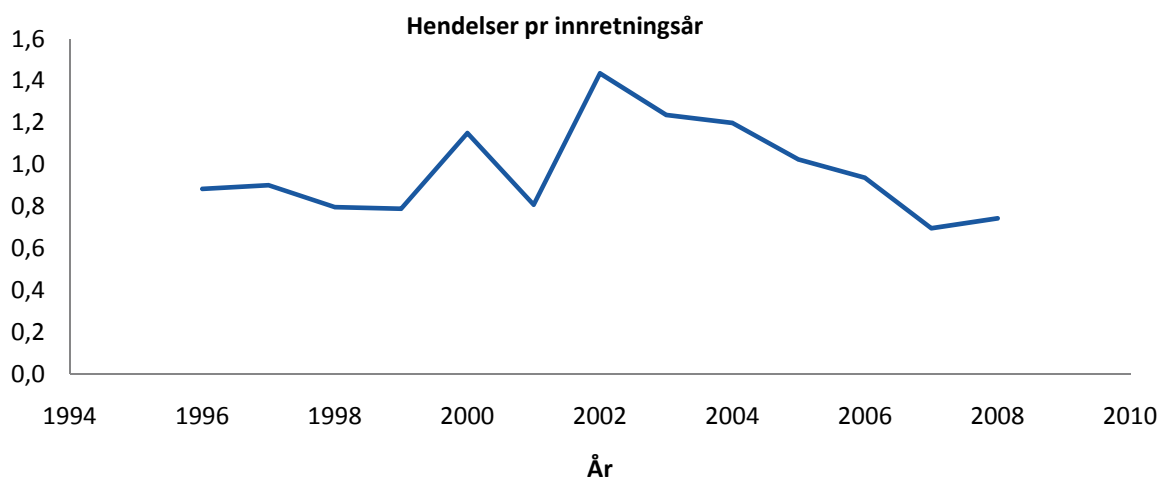
5.3.2 Alle hendelser DFU 1-11 normalisert med antall innretningsår

Alle observasjoner av definerte fare og ulykkesituasjoner 1-11 i henhold til RNNP-prosjektet er plottet i figur 5-4. Plottet viser en økning i antall hendelser fra 1996 til 2002 og deretter en jevn reduksjon i antall hendelser fra 2002 til 2008. Som nevnt innledningsvis i kapittelet er det visse svakheter i datamaterialet i perioden 1996-2001. Den signifikante økningen i antall observasjoner av skip på kollisjonskurs kan ikke forklares med en faktisk økning i skip som er på kollisjonskurs. Årsaken er nok som tidligere nevnt et resultat av bedre overvåkning og rapportering. De samlede hendelsene for DFU 1-11 er normalisert med antall innretningsår, som har samme utvikling som tidligere vist i figur 5.1.



Figur 5-4: Alle hendelser DFU 1-11 i RNNP-prosjektet

Kombinasjonen av trekantfordelingen av antall hendelser og en jevn stigning i aktivitetsnivået gjør som figur 5-5 viser, at antall hendelser pr. innretningsår før 2002 flater ut og indikerer en fast rate, mens det observeres en sterk nedadgående trend hvor raten er halvert fra 2002 til 2008. Ut fra observasjonene kan det ikke konkluderes med at det foreligger en positiv lineær sammenheng for hele perioden i henhold til krav fra kapittel 4.1.

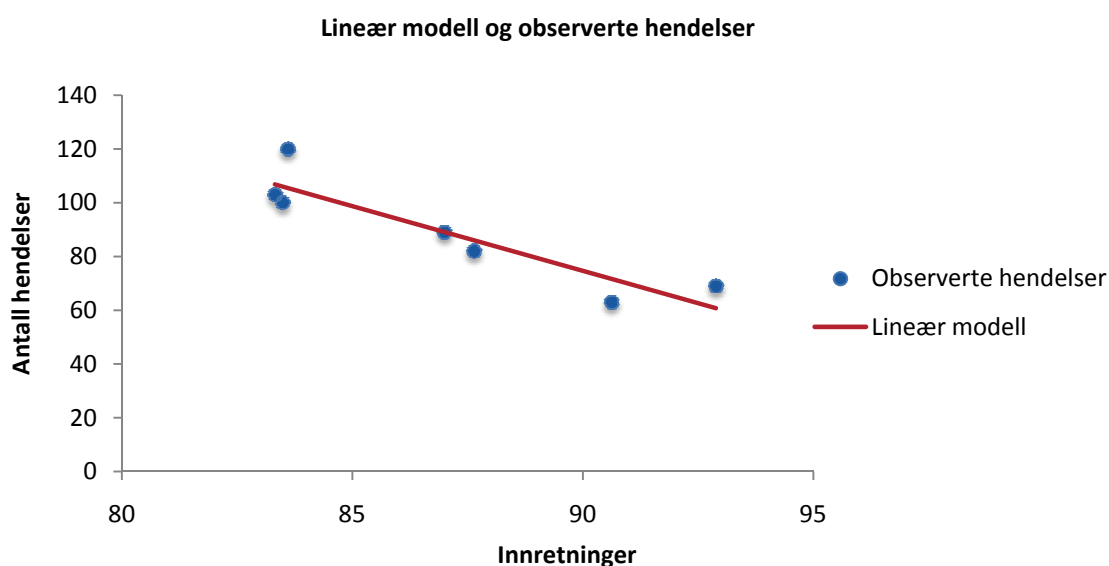


Figur 5-5: Alle hendelser DFU 1-11 normalisert mot antall innretningsår

Det går tydelig frem av figur 5-5 at en lineær regresjon av alle hendelser fra 1996 til 2008 vil gi en svært dårlig linjetilpasning. Resultatene fra overnevnte analyse er gjengitt i tabell 5-4. Regresjonsanalysen med DFU 1-11 som responsvariabel og antall innretningsår som forklaringsvariabel som vist nedenfor er derfor presentert for perioden 2002-2008 hvor det eksisterer en klar nedadgående trend.

Lineær modell	$Y = - 4,81 x + 508$
Forklaringsgrad R^2	0,82
P-verdi modell	0,0046
Residualplottvurdering (0-10)	3

95 % konfidensintervall	Nedre grense	Øvre grense
Konstantledd	286	729
Stigningstall	-7,36	-2,26



Figur 5-6: Regresjonsmodell for DFU 1-11 i perioden 2002-2008

Den nedadgående trenden fra 2002 er i henhold til regresjonsanalysen statistisk signifikant. Modellen har en høy forklaringsgrad på 0,82 og peker klart i retning av at en økning i aktivitetsnivået er sammenfallende med en reduksjon i totalt antall observerte hendelser av DFU 1-11. På bakgrunn av det negative stigningstallet oppfyller ikke modellen de kravene som er satt til en positiv lineær sammenheng mellom risikonivå og aktivitetsnivå i henhold til kapittel 4.2.7. Resultatene tilsier derimot at det eksisterer en negativ lineær sammenheng mellom risikonivået og aktivitetsnivået.

Ved å samle observasjoner gjort av DFU 1-11 og normalisere med antall innretningsår har modellen lav oppløsning, hvor kombinasjonene av enkelt DFU'er og aktivitetsindikatoren ikke er optimale ut i fra informasjonen som foreligger i RNNP-prosjektet. Dette er likevel gjort for å vise et helhetsbilde, og som tabell 5-4 viser, gir ikke analysene av de enkelte DFU'ene et spesielt mer nyansert bilde, tendensene er i stor grad sammenfallende med det som er vist for alle DFU'ene samlet.

5.3.3 Analyse 1-13 basert på perioden 1996-2008

Risikoindikator	Aktivitetsindikator	a	b	P-verdi	R ²	Pl.vurd (0-10)	Lineær sammenheng
Oljeutslipp	Innretningsår	627	-6,21	0,0001	0,74	3	Klart negativ
DFU 1-11	Innretningsår	7,43	0,87	0,2723	0,11	5	Nei
DFU 1-11	Mill.arbeidstimer	66,4	0,39	0,8129	0,00	4	Nei
Hydrokarbonlekkasjer	Prod.innretninger	83	-0,92	0,0234	0,39	5	Svak negativ
Brønnhendelser totalt	Antall borede brønner	10,4	0,05	0,6125	0,02	3	Nei
Brønnhendelser fra prod.brønner	Ant. Produksjonsbrønner	-3,98	0,13	0,1708	0,16	4	Nei
Brønnhendelser fra letebrønner	Antall letebrønner	1,77	0,08	0,2065	0,14	4	Nei
Personskader totalt	Mill.arbeidstimer	65	-0,66	0,5447	0,03	5	Nei
Personskader flyttbare innretninger	Mill.arbeidstimer flyttbare innretninger	5,12	1,21	0,1869	0,15	4	Nei
Personskader prod.innretninger	Mill.arbeidstimer prod.innretninger	58	-1,13	0,2917	0,10	5	Nei
Helikopterhendelser totalt	1000.flytimer totalt	-1,04	3,87	0,6147	0,03	5	Nei
Helikopterhendelser tilbringertjeneste	1000.flytimer tilbringertjeneste	-42,7	4,99	0,6030	0,04	5	Nei
Helikopterhendelser skytteltrafikk	1000.flytimer skytteltrafikk	13,15	1,01	0,9224	0,00	4	Nei

Tabell 5-4: Alle regresjonsanalyser for perioden 1996-2008 for offshoreindustrien

5.3.4 Analyse 1-13 basert på perioden 2002-2008

Risikoindikator	Aktivitetsindikator	a	b	P-verdi	R ²	Pl.vurd (0-10)	Lineær sammenheng
Oljeutslipp	Innretningsår	588	-5,89	0,1097	0,43	3	Nei
DFU 1-11	Innretningsår	508	-4,81	0,0046	0,82	3	Klart negativ
DFU 1-11	Mill.arbeidstimer	295	-5,92	0,0017	0,88	6	Klart negativ
Hydrokarbonlekkasjer	Prod.innretninger	452	-6,36	0,0026	0,86	4	Klart negativ
Brønnhendelser totalt	Antall borede brønner	-3,46	0,14	0,5808	0,07	6	Nei
Brønnhendelser fra prod.brønner	Ant. Produksjonsbrønner	-39,7	0,43	0,0344	0,62	5	Svak positiv
Brønnhendelser fra letebrønner	Antall letebrønner	2,51	0,02	0,6995	0,03	3	Nei
Personskader totalt	Mill.arbeidstimer	87,1	-1,38	0,1777	0,33	4	Nei
Personskader flyttbare innretninger	Mill.arbeidstimer flyttbare innretninger	5,05	0,93	0,1237	0,41	3	Nei
Personskader prod.innretninger	Mill.arbeidstimer prod.innretninger	112	-3,14	0,0493	0,57	3	Svak negativ
Helikopterhendelser totalt	1000 flytimer totalt	-421	13,76	0,2089	0,29	4	Nei
Helikopterhendelser tilbringertjeneste	1000 flytimer tilbringertjeneste	-506	17,45	0,1109	0,43	5	Nei
Helikopterhendelser skytteltrafikk	1000.flytimer skytteltrafikk	-1,30	3,23	0,8051	0,01	4	Nei

Tabell 5-5: Alle regresjonsanalyser for perioden 2002-2008 for offshoreindustrien

5.3.5 Oppsummering av analysene

For regresjonsanalysene som er gjennomført for perioden 1996-2008 som vist i tabell 5-4, er det kun sammenhengen mellom oljeutslipp og innretningsår som har forklaringsgrad over 0,5. Modellen er statistisk signifikant, og viser en negativ lineær sammenheng. Ellers er også modellen med hydrokarbonutslipp normalisert med antall produksjonsinnretninger statistisk signifikant. Forklaringsgraden er 0,39 og også denne modellen viser en negativ lineær sammenheng. For sistnevnte modell observeres det svake avhengigheter i residualene, noe som svekker modellen og klassifiseringen som signifikant. Alle de andre modellene har lav eller svært lav forklaringsgrad og er ikke statistisk signifikante.

For analysene gjennomført for perioden 2002-2008 som vist i tabell 5-5, ser man at det er 3 negative signifikante sammenhenger hvor alle har høy forklaringsgrad. Selv om det er en del avhengigheter i residualene til noen av disse modellene, er p-verdiene så lave at det fremdeles vil være rimelig å karakterisere disse som signifikante. Modellen med antall brønnhendelser fra produksjonsbrønner normalisert med antall borede produksjonsbrønner viser en positiv lineær sammenheng. Forklaringsgraden er 0,62 og modellen er i utgangspunktet statistisk signifikant med p-verdi på 0,0345. Men ved å ta hensyn til avhengighetene til residualene i modellen kan det ikke konkluderes med om modellen er signifikant eller ikke, den vil mest sannsynlig ligge helt i grenseland med et signifikansnivå på 5%. Man ser også fra tabell 5-5 at modellens konstantledd er høyt i forhold til kombinasjonen av stigningstallet og gjennomsnittet av antall observasjoner, noe som betyr at en dobling i aktivitetsnivået ikke er i nærheten av å gi en dobling av risikonivået når man legger det nåværende aktivitetsnivået til grunn. Ellers er ingen av modellene i tabell 5-5 signifikante.

5.4 Konklusjon

Det er gjennomført totalt 26 ulike regresjonsanalyser for offshore petroleumsindustri. Av disse 26 analysene er det kun én analyse som viser en svak positiv lineær sammenheng mellom risikonivå og aktivitetsnivå etter kriteriene i kapittel 4. Til gjengjeld viser 4 analyser en klar negativ lineær sammenheng, mens ytterligere to analyser viser en svak negativ lineær sammenheng. De resterende 19 analysene viser ingen tegn til lineær sammenheng mellom risikonivå og aktivitetsnivå.

På bakgrunn av analyseresultatene er det grunnlag for å hevde at det ikke eksisterer en positiv lineær sammenheng mellom risikonivå og aktivitetsnivå for offshore petroleumsindustri.

6 Dataanalyse av kommersiell luftfart

Kapittelet gir først en introduksjon til datamaterialet og indikatorene før dataanalysene som er gjennomført for luftfartsindustrien presenteres. Hensikten med analysene er å vurdere utvikling i luftfartsindustrien i lys av problemstillingen i kapittel 1.3 og opp mot kravene som er satt for positive lineære sammenhenger i kapittel 4.

6.1 Informasjonsgrunnlag

Det er hentet inn data fra norske og amerikanske tilsynsmyndigheter for å gjennomføre analysen av luftfartsindustrien. Dataene for norsk luftfart er gjort tilgjengelig av analyseavdelingen i Luftfartstilsynet, og er hentet fra en presentasjon om norske flysikkerhetsresultater som ble avholdt under luftfartskonferansen 3.-4. februar 2010 (Luftfartstilsynet 2010). Dataene inneholder oversikt over alvorlige ulykker med og uten omkomne for perioden 1994-2008, med tilhørende aktivitetsindikatorer.

Dataene fra norsk luftfartsindustri er ikke tilstrekkelige for å gjennomføre en omfattende analyse med mulighet til å vise eventuelle trender, til det er de gjennomgående ulykkesratene for lave. For å skaffe et bredere grunnlag til å trekke konklusjoner fra er det også innhentet data fra amerikansk luftfart.

Dataene fra amerikansk luftfart er hentet fra National Transportation Safety Board (NTSB), som er ansvarlig for gransking av alle transportulykker på amerikansk jord som ikke er av militær art. Datasettet som er benyttet i analysene dekker ulike ulykkeskategorier og tilhørende aktivitetsindikatorer for perioden 1989 – 2008 (NTSB 2009).

6.2 Risiko- og aktivitetsindikatorer

For luftfart vil det være mest hensiktsmessig å studere alvorlige ulykker, det vil si ulykker som har dødelig utfall, eller har potensial til å utvikle seg videre til ulykker med fatale konsekvenser. I likhet med indikatorene for oljeindustrien er hovedfokuset under analysen rettet mot storulykker.

6.2.1 Norsk luftfart

Ser man på ruteflyging i Norge i perioden 1994-2009 har det totalt vært 10 alvorlige ulykker, uten at det har ført til fatale konsekvenser. Antall ulykker pr. år ligger da jevnt i intervallet 0-3. Det er positivt at det skjer forholdsvis få ulykker, men det gir lite kunnskap å studere trender i utviklingen når ulykkesnivået er så lavt. En lignende situasjon har man også for helikopterflyging offshore, hvor det har vært totalt 3 ulykker i perioden 1994-2009, deriblant Norneulykken i 1997 hvor 12 mennesker omkom.

Luftfartstilsynet opererer også med en kategori som omtales som *annen kommersiell flyging*. Den inkluderer all kommersiell flyging unntatt ruteflyging, charterflyging og offshoreflyging. Det vil si flyskoler, godstransport, ambulansflyging, redningstjeneste osv. Selv om aktivitetsnivået er lavt i forhold til ruteflyging, er det observert ca. 4 ulykker pr. år i snitt i

perioden 1994-2009. Tallmaterialet ligger helt i grenseland av hva som er forsvarlig å basere en analyse på, men det er likevel gjennomført en analyse hvor dataene er normalisert med antall flytimer.

Det finnes generelt lite relevant data som sier noe om utviklingen i storulykkerisikoen for norsk luftfart. Det hadde vært ønskelig med et større utvalg av risikoindikatorer på et mer detaljert nivå, hvor forekomsten av hendelser pr. år er høyere, samtidig som det er en kausal sammenheng mellom indikatorene og storulykker. RNNP-prosjektet er en nærliggende sammenligning å gjøre. Det skal sies at Luftfartstilsynet også fører statistikk over andre hendelser, men grunnet store endringer i klassifisering og innhenting av data i de siste årene er det ikke mulig på nåværende tidspunkt å basere en analyse på disse, men de representerer en mulighet for mer detaljerte analyser i fremtiden.

6.2.2 Amerikansk luftfart

Dataene for amerikansk luftfart gjelder for fartøy som opererer under CFR 121-klassifiseringen, og begrenser seg til kommersiell ruteflyging med fly som tar 10 passasjerer eller flere. I likhet med norsk luftfart studeres det alvorlige ulykker som ligger tett opp mot storulykkedefinisjonen. Sammenlignet med norsk luftfart er det i den amerikanske luftfarten et høyt antall ulykker, noe som muliggjør at man kan observere enkelte trender i dataene.

NTSB deler ulykkene inn i ulike kategorier som vist i tabell 6-1. Disse kategoriene er lagt til grunn for analysen av dataene fra amerikansk luftfartsindustri, hvor meget alvorlige ulykker og alvorlige ulykker er studert under ett. Antall millioner flytimer er brukt som aktivitetsindikator for alle analysene. I tillegg var det planlagt å bruke antall millioner flyavganger som alternativ aktivitetsindikator for alle analysene, men på grunn av tett gruppering av dataene i to separate grupper er det utelatt. Å foreta en regresjonsanalyse med et slikt utgangspunkt vil være analogt med å tegne en linje mellom to punkter. Modellen vil ha svært høy forklaringsgrad, men et tilsvarende lite aktivitetsområde hvor man er i stand til å uttale seg noenlunde troverdig om sammenhengen mellom fenomenene. En T-test hvor man ser på avvik mellom grupper vil være en mer fornuftig fremgangsmetode i denne situasjonen.

Kategori	Beskrivelse
Meget alvorlige og alvorlige ulykker	En ulykke hvor minst ett av kriteriene er oppfylt: <ul style="list-style-type: none"> - Et CFR 121 fly er havarert - Flere dødsfall uten omfattende flyskader - Minst én alvorlig skade og omfattende flyskader
Personskader	Ikke dødelig ulykke, uten omfattende flyskader hvor minst én person er alvorlig skadet
Flyskader	En ulykke uten dødsfall og alvorlige personskader, hvor flyet får omfattende skader.

Tabell 6-1: Ulykkeskategoriene til NTSB

Det skal nevnes at innsamling og registrering av data nok har forandret seg mellom 1989 og 2008, noe som spesielt vil ha innvirkning på kategoriene personskader og flyskader. Når man bare ser på personskader, kan en ulykke være at en enkelt person faller og skader seg stygt uten at det har noe med selve flyet å gjøre. Kategorien er i så måte ikke representativ i ønsket om å beskrive storulykkerisikoen. Flyskader vil unektelig være tettere knyttet opp til

storulykkerisikoen, men også her er det meget mulig at rapporteringsgraden har økt betraktelig i løpet av tidsperioden, noe som vanskeliggjør en eventuell analyse. Kategorien med meget alvorlige og alvorlige ulykker er knyttet opp til totalhavarier, ulykker hvor flere omkommer samtidig og ulykker hvor både fly og personer blir skadet. Samlet sett betyr det at sistnevnte kategori har en mye tettere kobling opp mot storulykker, og på grunn av alvorlighetsgraden til dels er skjermet fra en økning i selve rapporteringsgraden.

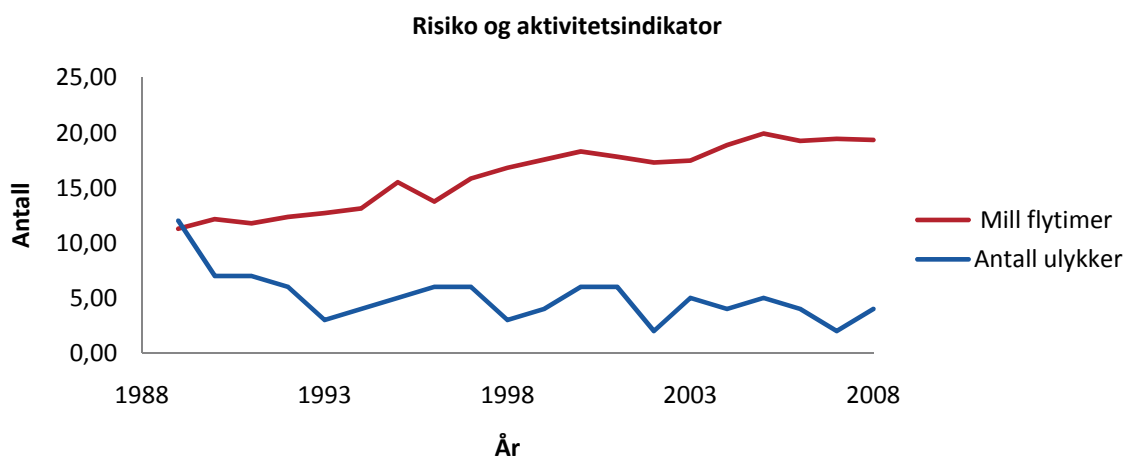
6.3 Resultater

Kun resultatet av analysen av meget alvorlige og alvorlige ulykker fra amerikansk luftfart presenteres i sin helhet, de øvrige resultatene er oppsummert i tabell 6-2.

6.3.1 Meget alvorlige og alvorlige ulykker normalisert med millioner flytimer

Antall ulykker som er klassifisert i kategorien meget alvorlige og alvorlige ulykker har hatt en svak negativ trend siden 1989, hvor det var 12 ulykker, til å ligge mellom 2 og 6 ulykker for den resterende delen av perioden. Det er ut fra tallmaterialet umulig å si om 1989 var et ekstremår, eller om det er representativt for de foregående årene. Utviklingen er vist i figur 6-1. Aktivitetsnivået har steget jevnt i hele perioden fra 11,3 mill flytimer i 1989 til 19.4 mill flytimer i 2008.

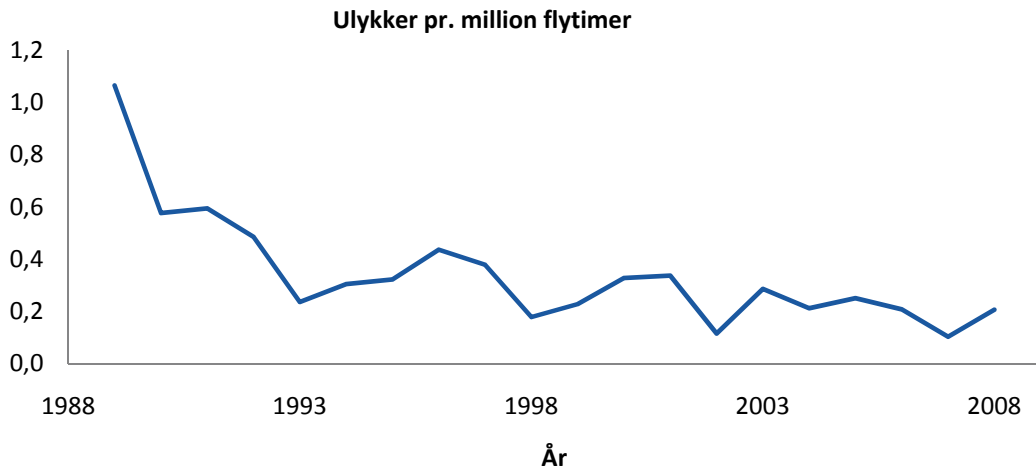
Flytimer er den standardiserte aktivitetsindikatoren for luftfartsindustrien. En stor andel av ulykkene inntreffer dog i forbindelse med avgang og landing, og vil i så tilfelle i stor grad være uavhengig av distansen man flyr. Etter hvert som man flyr stadig lengre distanser pr. tur vil ikke utviklingen av antall flytimer nødvendigvis være sterkt korrelert med antall avganger. Det mest korrekte på sikt vil nok være å legge begge aktivitetsindikatorene til grunn.



Figur 6-1: Risiko og aktivitetsindikator for meget alvorlige og alvorlige flyulykker

Med den jevnt avtagende trenden for antall ulykker og et jevnt stigende antall flytimer, vil antall ulykker normalisert med antall flytimer vise en relativ sterk avtagende tendens. Som vist i figur 6-2, kan man se at ulykkesraten har vært gjenstand for en reduksjon fra ca 1,1 i 1989 til et snitt på 0,2 for de siste syv årene. Også her må det poengteres at året 1989

muligens er en ekstremobservasjon. Om man ekskluderer observasjonen i 1989 er det fremdeles en signifikant nedgang fra 1990.

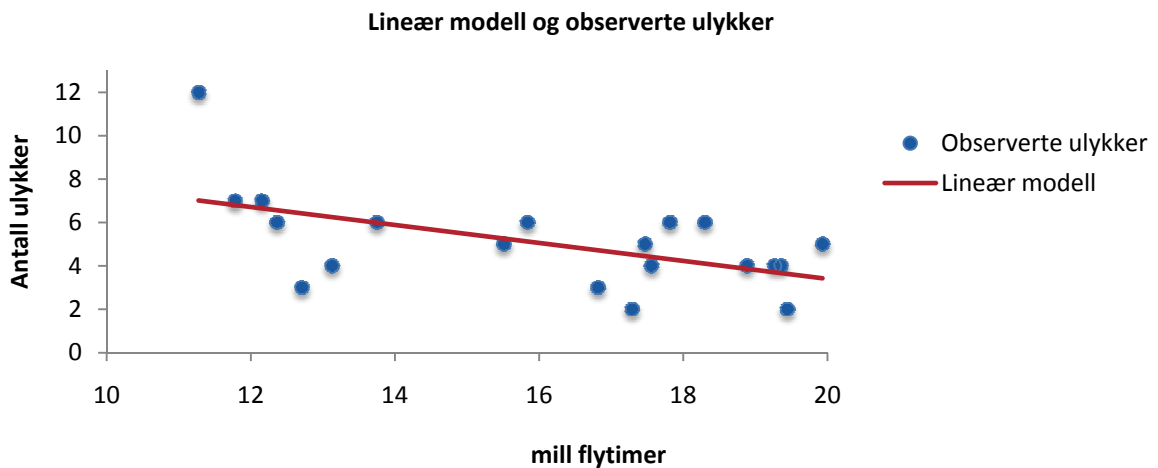


Figur 6-2: Meget alvorlige og alvorlige ulykker pr. million flytimer

Resultatene fra den lineære regresjonsmodellen med antall ulykker som responsvariabel og millioner flytimer som forklaringsvariabel er vist nedenfor:

Lineær modell	$Y = 11,69 - 0,41x$
Forklaringsgrad R^2	0,31
P-verdi modell	0,0114
Residualplottvurdering (0-10)	1

95 % konfidensintervall	Nedre grense	Øvre grense
Konstantledd	6,65	16,72
Stigningstall	-0,7233	-0,1



Figur 6-3: Regresjonsmodell flyulykker normalisert med millioner flytimer

I likhet med dataplottene viser regresjonsmodellen en negativ lineær sammenheng, hvor et økende antall flytimer er sammenfallende med en reduksjon i antall observerte ulykker. Sammenhengen er statistisk signifikant med en p-verdi på 0,011, hvor residualene vurderes

å være nesten perfekt uavhengige. Svakheten til modellen er den relativt lave forklaringsgraden på 0,31. På bakgrunn av det negative stigningstallet oppfyller ikke modellen de kravene som er satt til en positiv lineær sammenheng mellom risikonivå og aktivitetsnivå i henhold til kapittel 4.2.7. Resultatene tilsier derimot at det eksisterer en negativ lineær sammenheng mellom risikonivået og aktivitetsnivået.

6.3.2 Alle resultater norsk og amerikansk luftfart

Risikoindikator	Aktivitetsindikator	a	b	P-verdi	R ²	Pl.vurd (0-10)	Lineær sammenheng
Ulykker annen kommersiell luftfart NO	1000 flytimer	4,10	0,011	0,7595	0,01	2	Nei
Meget alvorlige og alvorlige ulykker USA	Mill. flytimer	11,69	-0,41	0,0114	0,31	1	Svak negativ
Personskader USA	Mill. flytimer	6,04	0,54	0,2286	0,08	7	Nei
Flyskader USA	Mill. flytimer	-14	1,90	0,0008	0,47	4	Svak positiv

Tabell 6-2: Alle regresjonsanalyser norsk og amerikansk luftfart

6.3.3 Oppsummering av analysene

Regresjonsanalysen fra annen norsk kommersiell luftfart viser ingen tegn til positiv lineær sammenheng, men det skjer relativt få ulykker pr. år, noe som gjør det vanskelig å se trender, og dermed også vanskelig å konkludere om risikoutviklingen. For de andre analysene er det blandede resultater. I ulykkeskategorien for personskader er forklaringsgraden svært lav og modellen er ikke signifikant. Her anses også rapporteringen i perioden 1989 til 2008 å være skiftende, med stadig større rapportering i de senere årene. Analysen av flyskader viser at det eksisterer en statistisk signifikant positiv lineær sammenheng mellom antall flyskader og antall flytimer. Modellen har forklaringsgrad 0,47 med relativt brukbare residualplott. I forhold til kriteriene i kapittel 4.2.7 er det først og fremst konstantleddet i modellen som er ankepunktet. Også for sistnevnte analyse er det en antagelse om økt rapporteringsgrad i de siste årene som svekker modellen.

6.4 Konklusjon

De fire analysene av norsk og amerikansk luftfart gir til dels ulike resultater. En av analysene peker i retning av svak negativ lineær sammenheng, mens en annen analyse peker i retning av en svak positiv lineær sammenheng. Den svake positive lineære sammenhengen fra flyskademodellen mangler likevel litt på kravene til forklaringsgrad og konstantledd for å kunne utgjøre en klar positiv lineær sammenheng mellom risikonivå og aktivitetsnivå. Totalt sett peker resultatene i vidt forskjellige retninger, og gir dermed ikke støtte til noen former for sammenheng mellom risikonivå og aktivitetsnivå

På bakgrunn av analyseresultatene er det grunnlag for å hevde at det ikke eksisterer en positiv lineær sammenheng mellom risikonivå og aktivitetsnivå for luftfartsindustrien.

7 Dataanalyse av veitrafikk

Kapittelet gir først en introduksjon til datamaterialet og indikatorene før dataanalysene som er gjennomført for veitrafikksektoren presenteres. Hensikten med analysene er å vurdere utvikling i veitrafikken i lys av problemstillingen i kapittel 1.3 og opp mot kravene som er satt for positive lineære sammenhenger i kapittel 4.

7.1 Informasjonsgrunnlag

Analysen av veitrafikk i Norge er basert på statistikk som er frigitt av Vegdirektoratet, og som nylig er brukt i deres historieprosjekt. Datasettet går originalt tilbake til starten av 1900-tallet med oversikt over antall omkomne. Det er en del mangler i dataene og aktivitetsnivået er ikke inkludert før 1966. Analysen er av denne grunn gjennomført for perioden 1966-2008. Aktivitetsindikatoren i det frigitte datasettet fra Vegdirektoratet er basert på trafikantundersøkelser utgitt i den årlige publikasjonen "*Bil og Vei*" (Opplysningsrådet for veitrafikk 2010).

7.2 Risiko- og aktivitetsindikator

I likhet med analysene av oljeindustri og luftfart er det ønskelig å ha fokus på storulykker. I forhold til veitrafikk er dette i de fleste tilfeller ensbetydende med bussulykker og massekollisjoner med mange omkomne. Heldigvis er slike hendelser sjeldne, i tillegg gir ikke datasettet mulighet til å skille på antall omkomne i én enkelt ulykke. Som tidligere benyttes dermed indikatorer på et lavere nivå enn storulykker.

Det er gjennomført analyser med *antall omkomne*, *antall hardt skadede* og *antall ulykker* som risikoindikatorer. Alle risikoindikatorene er kombinert med antall 100 mill. kjørte kilometer pr. år og antall 10 000 registrerte kjøretøy som aktivitetsindikatorer. Aktivitetsindikatorene er i stor grad korrelerte og gir i all hovedsak like resultater ved regresjonsanalysene.

I indikatoren *antall omkomne* inkluderes alle som omkommer innen 30 dager etter at vedkommende har vært involvert i en alvorlig ulykke, hvor ulykken antas å være hovedårsaken til dødsfallet. Antall omkomne er den mest stabile og pålitelige risikoindikatoren i analysen av veitrafikk, da det er begrensede muligheter for underrapportering, samtidig som definisjonen er lite endret over tid. Hva som er nødvendig for å klassifiseres som hardt skadet eller utgjøre en ulykke er mer avhengig av menneskelig vurdering og antas å være mer ustabil over tid, samtidig som det er større rom for underrapportering.

Aktivitetsindikatorene er basert på antall registrerte kjøretøy, hvor antall kilometer årlig beregnes basert på antall kjøretøy og den estimerte gjennomsnittlige kjørelengden for alle kjøretøy. Den gjennomsnittlige kjørelengden er estimert ved bruk av nevnte trafikantundersøkelser. Også for veitrafikk er det viktig å være observant på problemstillingen med å bruke fornuftige aktivitetsindikatorer. For veitrafikk er lokal spredning av kjøretøy og trafikkmengde på veinettet også viktig. For eksempel vil kødannelse

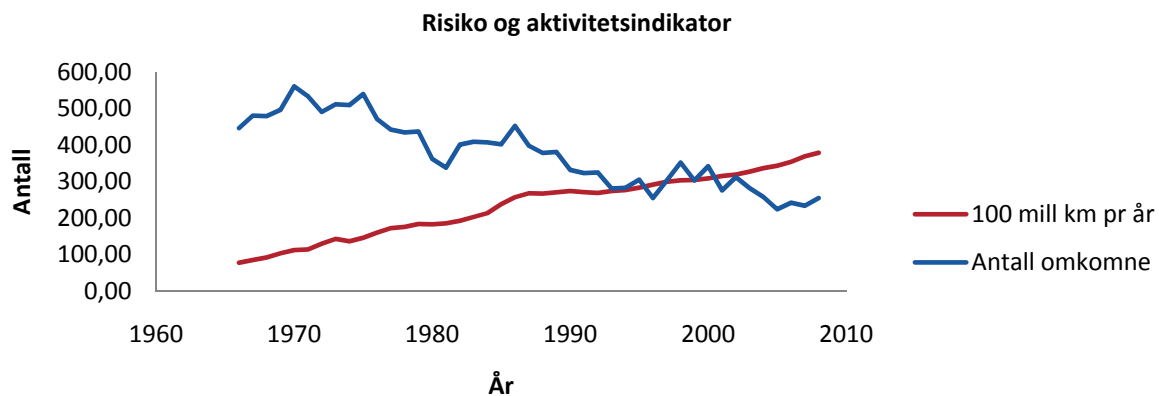
ved svært høy trafikk tetthet i stor grad eliminere dødsulykker. Slike faktorer gjør analysen av veitrafikk svært kompleks. I denne rapporten er analysene holdt på et overordnet nivå, hvor overnevnte faktor og lignende er ekskludert.

7.3 Resultater

Kun analysen av antall omkomne som risikoindikator og antall 100 mill. kilometer som aktivitetsindikator er vist i sin helhet. De resterende analysene er gjengitt i tabell 7-1.

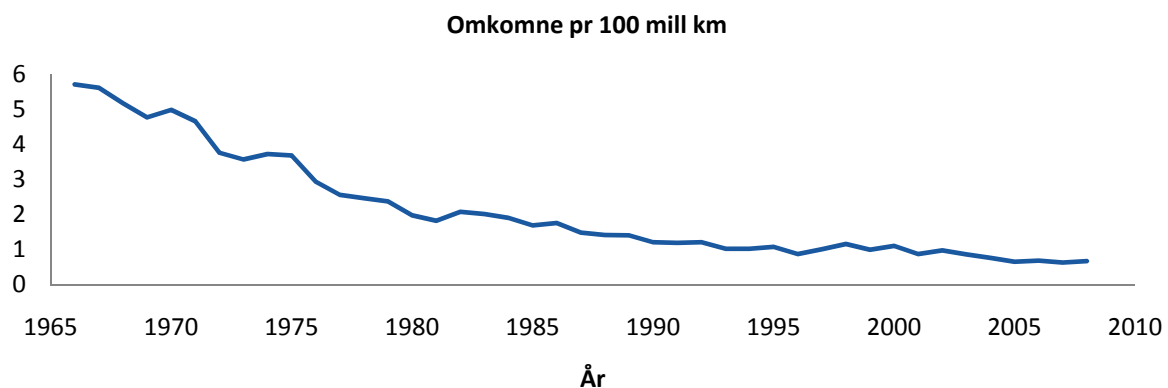
7.3.1 Antall omkomne normalisert med antall millioner kilometer

Det har vært observert en nedadgående trend med antall omkomne i veitrafikken fra et nivå med ca. 500 omkomne pr. år i årene rett før og etter 1970 til et nivå med ca. 250 omkomne pr. år de siste 5 årene. Utviklingen i risikonivået og aktivitetsnivået er vist i figur 7-1. I samme periode har aktiviteten på norske veier økt fra ca 80 000 mill. km pr. år i 1966 til 380 000 mill. km pr. år i 2008. Det utgjør nesten en femdobling av veitrafikken i løpet av en tidsperiode på 42 år.



Figur 7-1: Risiko og aktivitetsindikator for veitrafikk

Kombinasjonen av den langsiktige nedadgående trenden i antall omkomne og den jevne stigningen i aktivitetsnivået gjør at antall omkomne normalisert med antall 100 mill. km viser en signifikant nedadgående trend for hele perioden som vist i figur 7-2.

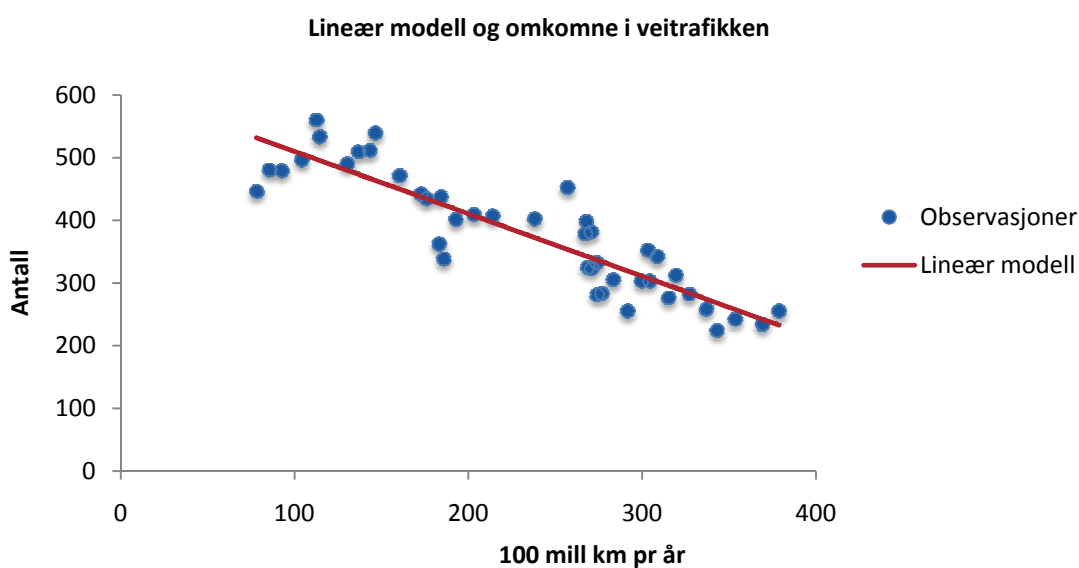


Figur 7-2: Antall omkomne normalisert med 100 mill km

Resultatene fra den lineære regresjonsmodellen med antall omkomne som responsvariabel og millioner kilometer som forklaringsvariabel er vist nedenfor:

Lineær modell	$Y = -x + 609$
Forklaringsgrad R^2	0,81
P-verdi modell	0,0000
Residualplottvurdering (0-10)	2

95 % konfidensintervall	Nedre grense	Øvre grense
Konstantledd	571	647
Stigningstall	-1,14	-0,84



Figur 7-3: Regresjonsmodell omkomne i trafikken

Regresjonsmodellen viser at det er en statistisk sammenheng mellom variablene, hvor en økning i aktivitetsnivået er sammenfallende med en reduksjon i antall omkomne. Modellen har forklaringsgrad på 0,81 og er statistisk signifikant. På bakgrunn av det negative stigningstallet oppfyller ikke modellen de kravene som er satt til en positiv lineær sammenheng mellom risikonivå og aktivitetsnivå i henhold til kapittel 4.2.7. Resultatene tilsier derimot at det eksisterer en klar negativ lineær sammenheng mellom risikonivået og aktivitetsnivået.

7.3.2 Alle analyser av veitrafikk

Risikoindikator	Aktivitetsindikator	a	b	P-verdi	R^2	Pl.vurd (0-10)	Lineær sammenheng
Omkomne	Millioner kilometer	609	-1	0,0000	0,81	2	Klart negativ
Omkomne	10 000 kjøretøy	625	-1,4	0,0000	0,81	2	Klart negativ
Hardt skadede	Millioner kilometer	5081	-12,6	0,0000	0,89	7	Svak negativ
Hardt skadede	10 000 kjøretøy	5273	-18,1	0,0000	0,89	7	Svak negativ
Ulykker	Millioner kilometer	8584	-0,46	0,5892	0,01	2	Nei
Ulykker	10 000 kjøretøy	8646	-0,80	0,5071	0,01	2	Nei

Tabell 7-1: Regresjonsmodeller for alle analyser av veitrafikk

7.3.3 Oppsummering av analysene

Som det fremgår av tabell 7-1 er resultatene for de ulike risikoindeksene tilnærmet uavhengige av om kilometer eller kjøretøy brukes som aktivitetsindikator. Dette stemmer overens med den tette korrelasjonen mellom indeksene som ble påpekt i kapittel 7.2.

Analysen av hardt skadede viser en negativ lineær sammenheng mellom aktivitetsnivået og risikonivået. Sammenhengen er signifikant og har en forklaringsgrad på hele 0,89. Sammenhengen er likevel klassifisert som svak negativ på grunn av relativt store avhengigheter i residualplottene som dermed svekker modellen. Det skal også nevnes at kategorien hardt skadede er en sammenslått kategori av de tidligere kategoriene meget alvorlig skadet og alvorlig skadet.

Antall ulykker på norske veier har holdt seg relativt stabilt i perioden 1966 til 2008, mens aktivitetsnivået har økt kraftig. Modellen med ulykker som responsvariabel er ikke signifikant, og har en forklaringsgrad på kun 0,01. Selv om tendensen i modellen er negativ, er den for svak til å trekke noen konklusjoner ut fra analysen. Ulykker er også en relativt svak risikoindeks over en så lang tidsperiode på grunn av skiftende oppfatninger av hva som klassifiseres som en ulykke og ikke minst hva som rapporteres inn. Her vil forsikringsavtaler også spille inn og påvirke dataene.

7.4 Konklusjon

Alle de 6 analysene viser en negativ lineær langsiktig tendens. Analysene for antall omkomne og hardt skadede er signifikante og har høy forklaringsgrad. Ingen analyser viser en positiv lineær sammenheng mellom risikonivå og aktivitetsnivå. Regresjonsmodellene er basert på 43 år med observasjoner, og er med det de mest omfattende analysene utført i denne rapporten.

På bakgrunn av analyseresultatene er det grunnlag for å hevde at det ikke eksisterer en positiv lineær sammenheng mellom risikonivå og aktivitetsnivå i veitrafikksektoren i Norge.

8 Refleksjoner rundt teori og analyseresultater

Argumenter mot positiv lineær risikoutvikling er presentert, dataanalyser er utført, men hva så? Hva betyr argumentene og resultatene som er kommet frem? Hvilke implikasjoner gir analyseresultatene? Hvorfor observerer man de resultatene som man gjør? Overnevnte spørsmål forsøkes forklart i dette kapitlet.

8.1 Betydningen av de teoretiske argumentene og analyseresultatene

Nedenfor gis den samlede konklusjonen for dataanalysene, hvor denne videre sammenlignes med konklusjonen for argumentene mot positiv lineær sammenheng som tidligere ble presentert. Fra konklusjonene går man videre til å se på implikasjoner av resultatene som er kommet frem.

8.1.1 Analyseresultatene

Analysene av de tre sektorene er i stor grad sammenfallende. Ingen av de 36 analysene som er gjennomført tilfredsstillende kravene som er satt for å kunne klassifiseres som en positiv lineær sammenheng mellom risikonivå og aktivitetsnivå. De aller fleste analysene er ikke signifikante, noe som betyr at man statistisk sett ikke kan hevde at det er en lineær sammenheng mellom variablene i det hele tatt. 6 av de 36 analysene viste derimot en klar negativ lineær sammenheng mellom risikonivå og aktivitetsnivå.

Problemstillingen i rapporten spør om det er grunnlag for å hevde at det ikke eksisterer en positiv lineær sammenheng mellom risikonivå og aktivitetsnivå i de tre sektorene. Konklusjonene gitt i analysekapitlene er entydige, og opprettholdes også for en samlet konklusjon for dataanalysene. *Det er grunnlag til å hevde at det ikke eksisterer en positiv lineær sammenheng mellom risikonivå og aktivitetsnivå i offshoreindustrien, luftfarts- og veitrafikksektoren.*

8.1.2 Ex ante argumenter versus analyseresultater

Fra de problematiske aspektene ved modeller for risikoutvikling som ble diskutert i kapittel 3.3 har man følgende hovedargumenter som ble gjennomgått i detalj:

- Det finnes ingen absolutt sammenheng mellom risikonivå og aktivitetsnivå
- Det finnes ingen fastlagt fremtidig skjebne. For at det skal være fornuftig å snakke om risiko i det hele tatt, fordrer det at man kan påvirke det som skjer frem i tid, og derav i ulik grad er i stand til å styre risikoen.

Med utgangspunkt i de overnevnte hovedargumentene finnes det ingen fast sammenheng mellom risikonivå og aktivitetsnivå. Hvis man derimot fremdeles er overbevist om at det eksisterer en slik absolutt sammenheng, er det kun den positive lineære sammenheng som det etter diskusjonen i kapittel 3.2 i utgangspunktet er rasjonelt å legge til grunn. For den positive lineære sammenheng er det to tilleggsargumenter som på et konseptuelt nivå bidrar til å gjøre modellen urealistisk for alle reelle situasjoner. Argumentene er tidligere diskutert i kapittel 3.3:

- Det eksisterer ikke perfekt uavhengighet mellom hver enkelt enhet som samlet sett utgjør det totale aktivitetsnivået
- Aktivitetsnivået antas å påvirke en rekke faktorer som igjen påvirker risikonivået, og dermed "forstyrrer" aktivitetsnivåets direkte ensidige påvirkning av risikonivået

Allerede i kapittel 3.3 ble det konkludert med at de teoretiske refleksjonene tilsier at det ikke eksisterer noen generelle modeller av risikonivå og aktivitetsnivå, hvor generell modell også inkluderer den positive lineære sammenhengen. Ex ante argumentene og dataanalysene er sammenfallende, og gir dermed grunnlag til å svare på rapportens problemstilling:

Basert på teori og dataanalyser konkluderer rapporten med at det er grunnlag for å hevde at det ikke eksisterer en positiv lineær sammenheng mellom risikonivå og aktivitetsnivå i offshoreindustrien, luftfarts- og veitrafikksektoren.

8.1.3 Implikasjoner av resultater

Hvis man velger å legge vekt på rapportens konklusjon, gir det en del implikasjoner som må vurderes for de tre sektorene.

Konklusjonen undergraver fundamentet som en stor del av dagens risikoanalyser er bygd på, og som en følge av dette også virkelighetsoppfatningen til mange av analytikerne som benytter seg av positiv lineær sammenheng. Man skal ikke se bort fra at det kan føre til sterk opposisjon mot slutningene og rapporten generelt.

En av følgene vil være at allerede utførte risikoanalyser som benytter at det er en positiv lineær sammenheng mellom risikonivå og aktivitetsnivå, uten å begrunne at det er et fornuftig valg, vil svekkes og miste troverdighet. Svekkes en rapport nok, vil det være naturlig å legge den til side og utføre analysene på nytt med et annet utgangspunkt.

For analyser som skal utføres i fremtiden, vil implikasjonene være at med mindre man kan begrunne at det er fornuftig å legge til grunn en positiv lineær sammenheng mellom risikonivå og aktivitetsnivå for aktivitetene som analyseres, er utgangspunktet at en slik sammenheng ikke eksisterer. For en del risikoanalytikere betyr dette at "bevisbyrden" endres fra slik den er i dag, som skissert i tabell 8-1. Dette vil medføre at analysene blir mer krevende å utføre for den enkelte analytiker.

Teoretisk fundament	Positiv lineær sammenheng som utgangspunkt for analyse		Ikke positiv lineær sammenheng som utgangspunkt for analyse	
Antagelse brukt i rapport	Positiv lineær sammenheng	Ikke positiv lineær sammenheng	Positiv lineær sammenheng	Ikke positiv lineær sammenheng
Krav som stilles til bruk av antagelse i rapporten	Vurdering av aktivitetsnivå.	Det må gjøres vurderinger av alle faktorer som tenkes å kunne påvirke risikonivået i fremtiden for å kunne gjennomføre en analyse og si noe om risikoutvikling.	- Begrunnelse for bruk av positiv lineær sammenheng som utgangspunkt for aktuell aktivitet og analyse - Vurdering av aktivitetsnivå	Det må gjøres vurderinger av alle faktorer som tenkes å kunne påvirke risikonivået i fremtiden for å kunne gjennomføre en analyse og si noe om risikoutvikling.

Tabell 8-1: Positiv lineær sammenheng som utgangspunkt?

8.2 Hva ligger bak utviklingene som observeres?

Hovedproblemstillingen er besvart. Kapittel 8 kunne vært navngitt konklusjon og dermed avsluttet rapporten før denne seksjonen. Når rapporten likevel går videre, er det for å forsøke å benytte de tankene som er gjort om risikopåvirkende forhold. Det videre arbeidet gjøres med utgangspunkt i figur 3-2 fra side 28, hvor det legges til grunn at risikonivået påvirkes av en rekke bakenforliggende faktorer. Første steg blir dermed å se på hvilke faktorer som kan forklare utviklingen som kan observeres i de tre sektorene. Det presiseres at faktorene som presenteres i stor grad er basert på forfatterens subjektive oppfatninger og er ikke et resultat av kvantitative eller kvalitative undersøkelser. Den enkelte leser må selv vurdere enkeltfaktorenes signifikans, i så måte er hovedhensikten å gi et innblikk i hva som kan tenkes å ha en påvirkningskraft.

8.2.1 Offshore petroleumsindustri

Det er mange ulike faktorer som antas å bidra til å redusere risikonivået på norsk sokkel, hvor en god del av faktorene hører hjemme i flere ulike overordnede kategorier. De to første punktene som er beskrevet nedenfor er spesifikke faktorer, mens de påfølgende punktene ser på de ulike aktørene som overordnede kategorier.

Læring og kunnskapsdeling fra hendelser

Læring er kanskje en av de viktigste faktorene som kan bidra til å redusere risikonivået på sokkelen. Man lærer av å gjøre ting rett, men man lærer ofte aller mest av å gjøre ting feil. Det er et paradoks at det som regel er de største ulykkene, med de største menneskelige konsekvensene, som bidrar til å redusere risikonivået mest for alle andre i etterkant av ulykken.

Store ulykker etterfølges i all hovedsak av granskninger hvor ulike interessenter stiller krav til å finne de bakenforliggende årsakene. Funnene man gjør i granskninger strekker seg ofte langt utover de direkte ulykkesårsakene. For norsk petroleumsvirksomhet er nok Kielland-ulykken i 1980, Piper Alpha-ulykken i 1988 og Norneulykken i 1997 de ulykkene som har satt dypest spor i bransjen og i stor grad endret holdningene til sikkerhet over de siste 30 årene.

Oljeselskapene er i de siste årene blitt bedre til å følge opp mindre alvorlige hendelser som kan forekomme på nær daglig basis, ved å bruke hendelsesrapporteringssystemer for å samle inn relevant informasjon og distribuere dem til rette vedkommende. Dette fører til at flere enn de få personene som var direkte involvert i hendelsen kan dra nytte av erfaringen som gjøres. Det skal nevnes at det eksisterer utfordringer knyttet til tilgjengelighet og sortering av relevant informasjon til rett person til rett tid, men bedre software og synergiene knyttet til utviklingen av nyere "business intelligence"-strukturer gjør at utviklingen går rette veien. Læring fra hendelser har også et potensial til å bli fanget opp av andre operatører og leverandører i industrien gjennom selskapenes samarbeid som eiere i de ulike lisensene. I tillegg blir hendelser hvor PTIL kommer med uttalelser, pålegg eller kommentarer offentliggjort slik at også eksterne aktører kan lære av hendelsene.

Teknologiutvikling

Teknologiutvikling kan bidra til å gjøre at ulykker ikke inntreffer i den forstand at løsningene er mer pålitelige/ har færre svake punkter. I tillegg kan for eksempel økt automatisering føre til at mennesker ikke er i umiddelbar nærhet og blir skadet hvis noe først går galt. Spesifikt for petroleumsindustrien vil bedre pålitelighet til de enkelte barriereelementene kombinert med flere ledd av barrierer kunne føre til at konsekvensen av en brønnehendelse ikke blir like stor som den kunne ha blitt med et eldre teknologinivå.

Det ble tidligere i rapporten diskutert rundt utviklingen av skip på kollisjonskurs på sokkelen. Konklusjonen var at den registrerte oppgangen i perioden 2000-2002 ikke er reell, men skyldes økt rapportering som følge av bedre overvåkning. Bedre radarsystemer og sentraliserte overvåkningssystemer representerer teknologiutvikling som bidrar til å oppdage skip på kollisjonskurs tidligere, med muligheten til å iverksette tiltak for å påkalle oppmerksomheten til fartøyet, og eventuelt i siste instans evakuere installasjonen. I tillegg bidrar teknologien til å gi oppmerksomhet til problemet og derav muligheten til å forebygge. Også økt bruk av integrerte operasjoner og muligheten til å følge operasjoner med en stor fagstab fra land, sammen med kommunikasjonsfordelene det innebærer, er et steg i riktig retning for å styre aktivitetene på en mer effektiv måte og samtidig redusere risikoen.

Myndighetenes påvirkning

De norske myndighetene stiller en rekke krav til operatørselskapene i forhold til sikker drift og analyser/dokumentasjon ved utbygginger. I seg selv er ikke kravene direkte påvirkende faktorer, men når kravene blir fulgt opp av Petroleumstilsynet som kontrollør og håndhevende myndighet, bidrar det til at selskapene velger å innordne seg i større grad enn det de ville ha gjort uten PTILs nærvær. Spesielt viktig er myndighetenes evne og vilje til å pålegge aktører produksjonsbegrensninger og ilegge dem bøter for manglende oppfyllelse av regelverket, da det gir selskapene insentiver til å jobbe med sikkerheten selv om de skulle ha svært lite interesse av å gjøre det selv. Dette temaet vil også bli gjennomgått senere i kapittelet.

Selve tilsynsmyndigheten PTIL ble etablert i 2004 og er underlagt Arbeidsdepartementet, mens myndigheten tidligere lå hos Oljedirektoratet. Etter erfaringer fra Storbritannia med endring av tilsynsmyndighet fra Department of Energy (DoE) til Health & Safety Executive (HSE) for britisk sokkel i kjølvannet av Piper Alpha-ulykken, kan det pekes på flere fordeler med å ha en uavhengig tilsynsmyndighet med kun ett fokusområde. I Norge er det også PTIL som står bak RNNP-prosjektet og er dermed en premissgiver for en del av selskapenes læring og fokus i sikkerhetsarbeidet.

Menneskenes påvirkning

Risikoanalyser har utviklet seg fra å i stor grad kun fokusere på tekniske faktorer og barrierer, til også å inkludere organisatoriske og menneskelige faktorer. Selv om utviklingen har gått gradvis siden 70-tallet, er det ikke før i de senere årene at man virkelig har sett nytten av å inkludere andre enn kun tekniske aspekter. Granskningsrapporten etter Piper Alpha – ulykken (Lord Cullen 1990), oppdaget en rekke feil og mangler som antas å ha spilt en rolle under ulykken, hvor faktorene i all hovedsak var av organisatorisk eller menneskelig

karakter. Petroleumstilsynet har også innsett viktigheten av å se helheten, og bruker blant annet MTO-metodikken som standard granskningsmetodikk.

Operatørene på norsk sokkel har også tatt inn over seg MTO-tankegangen. Bransjen har riktignok vært kjent for de mange prosedyrene og for å benytte seg av omfattende systemer for arbeidstillatelse over lang tid, mens innsatsen rettet mot menneskelige aspekter har i mange tilfeller blitt latterliggjort. Spesielt er rigide HMS-regler som instruerer folk om å ha lokk på kaffekoppen, parkere bilen ved å rygge inn på parkeringsplassen og å holde seg i rekkverket når man går i trapper, elementer som er blitt kritisert for å gi grobunn for frustrasjon og ta fokus vekk fra viktige aspekter.

De siste 5-10 årene har mange av operatørene utvidet det menneskelige aspektet fra å tvinge inn overnevnte regler som i stor grad virker mot sin hensikt, til å skolere menneskene ved hjelp av ulike utdanningsprogrammer, og gi dem et sett med enkle verktøy slik at de selv er i stand til å oppdage potensielt farlige forhold. Mye av gevinsten kommer i form av reduksjon av arbeidsrelaterte skader, uten nevneverdig sammenheng med storulykker. Men man bør ikke utelukke at et større fokus på sikkerhet og potensielle farer i hverdagen også kan gi et positivt bidrag til å redusere storulykkerisikoen i sin helhet.

Organisasjonspåvirkning fra operatørsynsvinkel

Oljeselskapene på norsk sokkel er kjent for å ha en sikkerhetsorientert organisasjonskultur som overgår nesten alle andre bransjer, med mulige unntak som kjernekraftindustrien og luftfartsindustrien. Om toppledelsen i selskapene er genuint opptatt av risikoen arbeiderne utsettes for eller ikke, skal det ikke spekuleres noe videre i. Det skal heller vises til en mekanisme som gjør at selskapene er villige til å satse på HMS-styring selv om de ikke skulle være opptatt av det.

Operatørene møter stadig tøffere krav fra myndighetene i forhold til HMS og spesielt i forhold til storulykkerisiko. De største oljeselskapene har vært på norsk sokkel over lengre tid og følger i all hovedsak de pålegg og retningslinjer som kommer fra myndighetene. Oljeselskapene har også en viktig rolle som oppdragsgiver til å stille krav til underleverandørene om å ivareta sikkerheten på en tilfredsstillende måte. Nå finnes det ingen kontrakter som er perfekte, og for de fleste leverandører vil kostnader til HMS-aktiviteter som er pålagt av operatørene gå utover bunnlinjen.

Løsningen for både myndighetene og operatørene i sin streben etter å sørge for at sikkerhetsarbeidet blir utført tilfredsstillende, er å gi insentiver som sørger for at aktørene selv er best tjent med å satse på sikkerhet. Myndighetene har sanksjonsmuligheter mot operatørene ved å kunne tvinge dem til å stenge ned produksjonen ved enkelte installasjoner, eventuelt gi dem bøter. I tillegg kan de enkelte operatørene bli utestengt fra eventuelle utlysingsrunder til nye lisenser. Da kan det bli veldig dyrt å forsøke å spare kostnader på HMS-styring.

Etter spillteoretiske resonneringer vil operatørene velge å følge kravene som er stilt til dem så lenge de beregner at den diskonterte nåverdien av å følge regelverket til evig tid er større enn den diskonterte nåverdien av å "jukse", hvor det å "jukse" gir en umiddelbar høyere gevinst, men deretter en straffe verdi til evig tid. Utfallet vil i det teoretiske eksemplet

avhenge av diskonteringsrenten, sannsynlighetene for at ulykker skal inntreffe i tilfelle man "jukser" eller ikke, og sannsynlighetene for at man skal bli oppdaget og straffet (Watson 2008). Selv om teorien er komplisert og kanskje hypotetisk, er viktigheten av sanksjonsmulighetene som presenteres høyst reelle, da de er med på å gi oljeselskapene sterke insentiver til å følge opp stadig nye krav fra myndighetene. Samme type mekanismer finnes også i kontraktsrelasjonene mellom operatør og leverandør, selv om de i de fleste tilfellene er svakere enn de overnevnte insentivene, da leverandørens tidshorison er mye kortere enn det de er for operatørene, i tillegg er de relative verdiene mye lavere.

Andre interessenter

Fagforeningene spiller en viktig rolle som talerør for arbeidernes sak. Safe og Industri & Energi har spilt en større rolle de siste 10-15 årene ved å være en krevende motpart til oljeselskapene og Oljeindustriens Landsforening (OLF). Det er tidligere nevnt at fagforeningene var en av aktørene for å få startet opp RNNP-prosjektet, som er et av de viktigste tiltakene som er gjennomført i industrien i løpet av de siste 10 årene. De siste årene har fagforeningene også vært et kritisk talerør i forbindelse med Statoils omorganisering av plattformpersonell som en følge av fusjonen mellom Statoil og Hydro og den påfølgende effektiviseringsprosessen. Fagforeningenes press for stadig sikrere arbeidsforhold virker å være et positivt bidrag til å redusere risikonivået.

Medias påvirkning er den siste faktoren som trekkes frem. Det antas at media i likhet med myndighetssanksjoner har en preventiv virkning ovenfor operatørene. Med store fremskritt innenfor informasjonsteknologi og sosiale medier, spres informasjon om manglende oppfølging av krav og regler svært raskt. Media utøver da et sterkt press på operatørene i den forstand at media har alle muligheter til raskt å ødelegge et selskaps omdømme, og i tillegg vri fokus slik at de tvinger myndighetene i større grad til å komme på banen. Man skal ikke gå mange år tilbake i tid før tilgangen på informasjon både fra det offentlige og det private var nærmest ikke-eksisterende i forhold til det som anses å være dagens standard. Et eksempel på overnevnte er Stavanger Aftenblad som nesten "daglig" legger ut en artikkel på sine hjemmesider om en evakueringsalarm som har gått i Nordsjøen. Et annet aktuelt eksempel er live-feed fra utblåsningen i Mexicogulven etter Deepwater-Horizon ulykken som BP gjorde tilgjengelig på internett.

8.2.2 Kommersiell luftfart

Mange av de overordnede faktorene fra offshoreindustrien er også relevante for kommersiell luftfart. Gjennomgangen vil dermed bli mer konsentrert.

Læring av hendelser

Vulkanutbruddet på Eyjafjallajökli på Island i 2010 er en nylig hendelse som kan brukes som eksempel på læring innen luftfartsindustrien. For 30 år siden var man ikke klar over de mulige farene som finmalt askestøv fra vulkanutbrudd representerte for luftfartøyene. Kunnskapen kom som en konsekvens av tidligere hendelser. Det kan spesielt trekkes frem British Airways flyvning fra London til Auckland New Zealand i 1982, hvor flyet av type Boeing-747 med 263 personer om bord fløy gjennom en askesky etter utbruddet på Mount Galunggung, Indonesia (Wikipedia 2010). Alle de fire motorene sluttet å virke som følge av

askepartiklene, samtidig som flyet ble utsatt for sandblåsning utvendig. Selv om akkurat denne hendelsen endte bra, da man klarte å starte et par av motorene igjen og nødlande i Indonesia, kunne det fått fatale følger. Med den kunnskapen man opparbeidet seg om farene ved å fly i askeskyer etter vulkanutbrudd, har man nå muligheten til å unngå at slike situasjoner kan oppstå ved å midlertidig stenge og om dirigere lufttrafikken. Flystans er ubeleilig for folk flest, men det er et resultat av mer kunnskap som bidrar til å redusere risikonivået.

Teknologiutvikling

I rapporten *"Helikoptersikkerhetsstudie 3"* (Sintef 2010), som er utarbeidet på oppdrag fra oljeindustrien, vurderer Sintef at risikoen for alvorlige helikopterhendelser i offshorerelatert trafikk i Nordsjøen er redusert med 16 % fra perioden 1990-1998 til 1999-2009. Et av punktene som legges til grunn er introduksjon av nye helikoptertyper med nyeste tilgjengelig teknologi. Et annet punkt som trekkes frem er systemer som Health and Usage Monitoring System (HUMS) og Vibration Health Monitoring (VHM) for overvåkning av fartøyvibrasjoner. Vibrasjoner kan for eksempel være en følge av skader på rotorblad som gir ubalanserte bevegelser. Desto tidligere man kan oppdage slike skader, desto større muligheter har man til å agere og hindre at de utvikler seg til en større hendelse.

I likhet med helikoptertrafikken er det naturlig å legge til grunn at utviklingen av nye fly også bidrar til å redusere risikonivået. Ny teknologi gjør at nye fly i større grad er konstruert etter forholdene og kravene som stilles til kommersiell luftfart i dag, mens de eldre flyene i den grad det er mulig er modifisert over tid. Hvis man godtar at nye flytyper er sikrere enn eldre, vil man få en jevn reduksjon i risikonivået etter hvert som flyparken fornyes over tid.

For flytrafikken kan man trekke frem innføringen av de første systemene for varsling av terreng, Ground Proximity Warning System (GPWS) for rute-fly som ble innført fra 1974 etter krav fra Federal Aviation Administration (FAA) i USA (Skybrary 2010). Systemet har redusert antall ulykker som kategoriseres som "Controlled flight into terrain" (CFIT). Dette er ulykker hvor flyene fungerer slik som de skal, men hvor besetningen ikke er klar over reell avstand til terrenget og hindre, og havarerer som følge av kollisjon. En stor del av ulykkene skjer når flyene er på innflyvningskurs i nærheten av flyplassen. Innføringen av GPWS førte nesten til en umiddelbar halvering i antall CFIT-relaterte ulykker. Utviklingen av systemet til Enhanced GPWS (EGPWS) i løpet av 90-tallet har ytterligere forbedret trenden.

Aktørbildet

I likhet med aktørbildet som ble presentert for offshoreindustrien er det for kommersiell luftfart en rekke aktører som antas å påvirke risikoutviklingen i næringen. For ikke å gjenta de samme argumentene som ble presentert for offshoreindustrien nevnes hovedaktørene i korte trekk.

Luftfartstilsynet er overvåkende og regulerende tilsynsmyndighet, med mulighet til å sanksjonere mot flyselskapene.

Avinor er ansvarlig for å avvikle flytrafikken på en sikker og effektiv måte i Norge, og er en uavhengig aktør i forhold til flyselskapene, hvor de overvåker og regulerer luftrommet med flygeledertjenesten.

Det er en rekke fagforeninger for både flygeledere, piloter og kabinansatte som utøver press mot både flyselskapene og regulerende myndigheter. Her bør det dog tas høyde for at de mange arbeidskonfliktene og til dels ulovlige lønnstreikene som har preget industrien i løpet av de siste 15 årene ikke har bidratt til å rette fokus mot å redusere risikoen i bransjen. Det skal også nevnes at flyselskapene i motsetning til oljeselskapene sliter med å skape vedvarende gode resultater. Kostnadskutt er i mange tilfeller løsningen, men det er som oftest ikke sammenfallende med en reduksjon av risikonivået.

For luftfartsindustrien har det også vært en utvikling i forhold til hensynet man har tatt til tekniske, menneskelige og organisatoriske aspekter og faktorer i forbindelse med design av systemer, prosedyrer og lignende. Fra å tidligere bruke systemer som baserer seg på at menneskene som opererer dem ikke gjør feil, ser man nå i større grad hele bildet, og forsøker å ta høyde for både menneskelige, tekniske og organisatoriske feil. Utviklingen er i stor grad sammenfallende med den som tidligere er beskrevet for offshoreindustrien (ICAO 2009).

8.2.3 Veitrafikk

Veitrafikk som sektor er i de fleste tilfeller markant forskjellig fra offshoreindustri og luftfartssektoren. Mens man tidligere har sett på få aktører som er nøye regulert, med tilsynsmyndigheter som spiller en aktiv overvåknings- og sanksjonsrolle, går man nå over i en sektor med flere millioner aktører som ikke er like nøye regulert, med svakere overvåkning og liten sannsynlighet for at små overtredelser blir oppdaget og straffet. Incentivene for å kjøre med lav risiko er svært ulike hos aktørene, hvor noen føler at de har veldig mye å tape, mens andre benytter kjøretøy som fluktreddskap i forbindelse med annen alvorlig kriminalitet og har alt å "vinne" på å ta høy risiko. For hver enkelt trafikant er læringseffekten av andre ulykker marginal.

Betydningen av flere av faktorene som er omtalt fra de andre sektorene kan med første øyekast virke å være marginalisert, samtidig er nedgangen i antall omkomne i veitrafikken i perioden udiskutabel i absolutte tall, og i enda sterkere grad bekreftet når man justerer for aktivitetsnivået. I analysen ble det påpekt at antall ulykker i svært stor grad har vært på et stabilt nivå siden 1966, mens antall omkomne og hardt skadede er redusert kraftig. Det kan tolkes som at risikonivået er noe redusert som en følge av at ulykkeratene er redusert, mens hovedeffekten kommer i form av redusert konsekvens når en ulykke først inntreffer.

Mens offshorevirksomhet og luftfart kan være vanskelig å få grep om, er litt av verdien med å se på veitrafikk at faktorene som bidrar til å redusere risikonivået er lett tilgjengelige for folk flest. De ulike faktorene er inndelt i overordnede kategorier i henhold til standard analyse av veitrafikk, hvor kategoriene er trafikant, vei og kjøretøy. Det er ikke vanntette skott mellom kategoriene, samtidig som en del aktører som myndigheter og andre interesseorganisasjoner utøver innflytelse innen flere av kategoriene.

Trafikantrelaterte tiltak

De siste årene har sjåføropplæringen i Norge gjennomgått store endringer i forhold til krav som stilles for å kunne øvelseskjøre, og krav til obligatoriske timer som må gjennomføres for å kunne kjøre opp. Sjåførene antas å ha bedre forutsetninger når de slippes ut i trafikken i dag, enn det de hadde før siste trafikkreform ble innført.

Når man har forutsetningene som skal til for å kunne opptre sikkert i trafikken, må det følges opp med tilsvarende holdninger for at det skal gi betydelige resultater. Utviklingen har gått mot et generelt mer risikobevist samfunn. I en undersøkelse av risikofaktorer i svensk biltrafikk vises det til at 15 % av alle bilførere brukte bilbelte i 1970, mens det tilsvarende tallet i 2005 var 92 % (Elvik, et al. 2009). Det er også lagt ned mye penger i holdningskampanjer for å redusere kjøring i påvirket tilstand, og overholdelse av fartsgrenser. Kombinert med økt mengde veitrafikk kontroll og økte gebyrer for overtredelse har det medført at adferden i trafikken trolig er endret til det positive over de siste 40 årene.

Veirelaterte tiltak

Veistandarden i Norge blir jevnt over bedre fra tiår til tiår. Påstanden kan nok være vanskelig å akseptere for dem som daglig kjører på veier av dårlig standard, men i den store sammenhengen er det lite tvil om at det stadig går fremover. Nye veier bygges med mye høyere standard enn det de ble på 60-tallet. Gamle rasutsatte veier blir sikret med nett og fjellbolter, eller erstattet helt av nye veier som er bedre tilpasset i terrenget eller lagt i tunnel. Motorveiene bygges ut og erstatter eldre veier med dårligere standard, samtidig som en stadig større andel av veinettet blir opplyst.

Det ble tidligere nevnt at selv om ulykkesratene har gått ned, skyldes nok den største delen av reduksjonen i antall dødsfall at konsekvensene gitt at en ulykke inntreffer er redusert. I den sammenheng passer økt bruk av midtdelere svært godt inn. I en situasjon hvor en bilfører mister kontroll over kjøretøyet og er på vei over i motsatt kjørefelt og mot møtende trafikk, kan midtdeler være forskjellen på liv og død, ikke bare for møtende trafikanter, men også for bilføreren som mister kontrollen.

Vegvesenet håndhever også rimelig strenge regler for hva som er tillatt å sette opp av reklame- og informasjonsskilter i nærheten av veiene, da slike elementer blir ansett for å fjerne oppmerksomheten fra trafikken.

Den positive omtalen av utviklingen av veistandarden er et uttrykk for at utviklingen går rette veien og bør anses som en reell risikoreduserende faktor. Hvorvidt utviklingen går raskt nok og om rette elementer prioriteres er en annen diskusjon som er utenfor denne rapportens omfang.

Kjøretøyrelaterte tiltak

Kjøretøyene har i løpet av de siste tiårene utviklet seg svært mye. Det skilles gjerne mellom konsekvensreduserende tiltak gitt at en ulykke inntreffer, og tiltak som skal bidra til å forhindre at ulykker i det hele tatt inntreffer.

Av de konsekvensreducerende tiltakene kan det nevnes enkle, men effektive tiltak som kollisjonspute, nakkestøtte, sidekollisjonsbeskyttelse og bilbelte. I tillegg er selve konstruksjonsteknologien endret, slik at nye biler deformeres mer i en kollisjon enn biler produsert etter eldre teknologi. Det kan i utgangspunktet virke litt selvmotsigende, men innsikten ligger i å forstå mekanikken når en bil kolliderer. Desto mer av fronten på bilen som trykkes inn og deformeres, uten at førerhuset knuses, desto flere millisekunder tar det før bilens hastighet er null. Når deakselerasjonen tar lengre tid, reduseres også de potensielt dødelige kreftene som virker på personene i kjøretøyet.

Noen av de viktigste kjøretøyrelaterte tiltakene bidrar til å forhindre at ulykker oppstår, i tillegg til at de også kan bidra til å redusere konsekvensene av ulykker. Et eksempel som de fleste er godt kjent med er blokkeringsfrie bremsesystemer eller ABS-bremser, som kan redusere bremselengden drastisk sammenlignet med en bilfører som blokkerer hjulene under nedbremsing. Electronic Stability Control (ESC) er et annet kjøretøyrelatert tiltak som i likhet med ABS-bremser hjelper føreren med å opprettholde kontrollen over kjøretøyet i vanskelige situasjoner. ABS og ESC er for øvrig som brødre å regne i forhold til den bakenforliggende teknologien. ESC systemets oppgave er å redusere skrens og opprettholde førerens mulighet til å manøvrere kjøretøyet. I følge Euro NCAP som sikkerhetstester og graderer bilmodeller, er skrens årsak til ca 40 % av veitrafikkulykkene med dødelig utfall. Videre hevdes det at ESC-systemer reduserer skrensrelaterte ulykker med ca 25 % til 35 % (EuroNCAP 2010).

Det er vist til en rekke nye teknologier som er utviklet i løpet av de siste tiårene som har redusert risikonivået i veitrafikken. Men det er ingen grunn til å tro at man har nådd et sikkerhetsmessig tak. En god del av dagens bilpark mangler en del av tiltakene, det vil føre til at den naturlige utskiftningen av bilparken frem i tid kan bidra til å redusere risikonivået videre. I tillegg ligger det mest sannsynlig mer teknologi og venter på å bli implementert i masseproduserte konsumentkjøretøy. Eksempler på slike er alkoholssystemer som hindrer fører med promille å starte kjøretøyet. Et annet eksempel er "intelligente" styresystemer som måler fart og avstand til kjøretøyet foran og justerer denne hvis man kommer for nærme. Et mindre "intelligent" system varsler sjåføren om samme problem med lyd- eller lyssignal. I tillegg kan det også tenkes at kjøretøyene frem i tid blir utstyrt med systemer som forhindrer føreren å kjøre over fartsgrensen.

Aktørene i veitrafikken

Det ble tidligere poengtert at enkeltaktørene i veitrafikken opplever minimal direkte læring fra en vilkårlig ulykke som inntreffer. Læring for enkeltaktørene blir mer indirekte å regne, og kommer som tiltak som blir implementert fra myndighetene i form av Samferdselsdepartementet og Vegdirektoratet. Læringen går også til bilprodusentene som i enkelte tilfeller må tilpasse seg myndighetskrav med for eksempel bilbelte, mens de i andre tilfeller utvikler nye løsninger på sikkerhetsproblemer på eget initiativ.

Både myndighetene og bilprodusentene påvirkes også av andre interesseorganisasjoner og forskningsinstitusjoner i forhold til tiltak med både vei, sjåføropplæring og kjøretøy. Eksempler på slike aktører er kjente organisasjoner som Trygg Trafikk, Norges Automobil Forbund (NAF), Autoriserte Trafikkskolers Landsforbund (ATL) og Transportøkonomisk Institutt (TØI).

9 Forklaringsfaktorer for risikoutvikling.

Ved gjennomgang av de tre sektorene i kapittel 8 ble det presentert en rekke faktorer som kan bidra til å forklare hvorfor man i ulik grad observerer en reduksjon i antall hendelser både i absolutte verdier og relativt til aktivitetsnivået. Analyseresultatene som ligger til grunn i rapporten har kun gyldighet for de aktuelle sektorene som er analysert. Spørsmålet videre blir da om man kan benytte de bakenforliggende faktorene til å vurdere risikoutviklingen også i andre sektorer?

9.1 Generelle forklaringsfaktorer for risikoutvikling

For å svare på spørsmålet ovenfor, kan det være hensiktsmessig å se på ulike potensielle forklaringsfaktorer i et generelt perspektiv, uten å knytte de opp til en spesiell sektor eller bransje. Noen av faktorene ble diskutert for de spesielle sektorene i kapittel 8, mens andre ikke har vært nevnt til nå. De ulike faktorene er også her ment å være forfatterens forslag til hva som generelt kan tenkes å bidra til å påvirke risikonivå. Gjennomgangen er ikke ment å være uttømmende eller fokusert på spesielle faglige teorier. Til det er fagspekteret som faktorene tilhører for bredt til at det vil være hensiktsmessig å inkludere i oppgaven.

9.1.1 Læring

Læring kan defineres som en *”prosess hvor mennesker og organisasjoner tilegner seg ny kunnskap, og endrer sin atferd på grunnlag av denne kunnskapen”* (Jacobsen og Thorsvik 2007). I organisasjonssammenheng oppnår man etter definisjonen læring i en risikokontekst blant annet ved å studere hendelser, finne underliggende årsaker og finne og iverksette tiltak som skal forhindre at lignende hendelser skjer igjen.

En forutsetning for at organisasjonen skal være i stand til å lære av sine hendelser, er at enkeltindividene som utgjør organisasjonen er i stand til å lære på individnivå. Individer lærer gjennom både direkte erfaringer og indirekte gjennom andre individer. Det kan være spesifikk kunnskap om et aktuelt emne, men også generell kunnskap fra for eksempel skolegang som påvirker vedkommendes atferd og handlinger.

En annen forutsetning for at man skal kunne oppnå reelle læringseffekter i en organisasjon er at den kunnskapen som skapes hos enkeltindivider og i mindre arbeidsteam kan eksternaliseres og utnyttes effektivt for virksomheten som helhet. Et eksempel i en risikokontekst kan være et arbeidslag på en oljeplattform som oppdager at en prosedyre for vedlikehold av en sikkerhetsventil er mangelfull, i den forstand at hvis man følger prosedyren er det en reell fare for lekkasje av hydrokarboner. Så lenge arbeidslaget er klar over farene vil de opptre på en trygg måte. Men uten en effektiv og strukturert kanal for å videreføre informasjonen til resten av organisasjonen, forblir læringen minimal.

Man oppnår også læring gjennom en mer offensiv og proaktiv tilnærming ved å analysere et system og finne potensielle trusler før de får sjansen til å utvikle seg til hendelser. Proaktiv håndtering av potensielle farer er selve hovedformålet med risikoanalyser. Oppdager man potensielle trusler i en risikoidentifiseringsprosess (HAZID) har man i de fleste tilfeller mulighet til å agere før trusselen får utvikle seg til en uønsket hendelse.

Alle organisasjoner og sektorer oppnår læring på et eller annet nivå, hvor ulike organisasjoner vil ha ulike evner til å skaffe ny kunnskap og nyttegjøre seg av den. For den risikorelaterte læringen ønsker man at den i størst grad skal være drevet av proaktive analyser fremfor reaktive ulykkesgranskninger. Læring fremstår dermed som en av de fremste risikoreduserende faktorene, men det er betinget på at sektorene eller organisasjonene viser evne og vilje til å lære.

9.1.2 Teknologeutvikling

Læring som ble diskutert ovenfor kan være en av drivkreftene bak utvikling av ny teknologi. Hvis man oppdager at utstyr ikke fungerer tilstrekkelig har man i enkelte tilfeller incentiver til å utvikle nytt utstyr for å løse problemet. Teknologeutvikling som risikoreduserende faktor omfatter flere ulike grener.

Teknologeutvikling kan bidra med små gradvise forbedringer, for eksempel som en liten forbedring i pålitelighet til en sikkerhetsventil, eller små forbedringer i designløsninger som kan føre til at et system konstrueres med færre svake punkter enn tidligere.

Ny teknologi kan bidra til å erstatte mennesker med maskiner i potensielt farlige situasjoner. Da går man over fra små forbedringer til helt nye teknologisystemer og metoder for å gjøre den samme jobben som tidligere, men på en sikrere måte. Et eksempel er bruk av roboter til å undersøke og desarmere/detonere bomber og landminer. Et annet eksempel er å benytte fjernstyrte undervannsfartøyer (ROV) til å utføre operasjoner på stort havdyp i stedet for å bruke dykkere.

Det er mulig å redusere risikonivået ved å implementere andre konsekvensreduserende tiltak som beskytter menneskene ved eksponering. Det kan være personlig verneutstyr, eller fysiske barrierer som hindrer at individer blir eksponert for den frigjorte energien.

Teknologeutvikling kan også føre til risikoreduksjon i den forstand at man helt eller delvis kan forlate den tidligere aktiviteten som var forbundet med vesentlige farer fordi ny teknologi eller oppdagelser gjør den risikofylte aktiviteten overflødig. Et eksempel er basert på et fremtidsscenario som pr. tid er noe urealistisk, hvor man klarer å skape store mengder energi ut av fusjonsprosesser uten fare for radioaktiv avfall fra fisjonskraftverk, eller utslipp av klimagasser fra gass- og kullkraftverk.

9.1.3 Organisasjonsstruktur

Strukturen er selve ryggraden til en organisasjon. Det er de formelle strukturene som angir organisasjonens hierarkiske inndeling, ansvarsfordeling, kommunikasjons- og rapporteringslinjer. Videre har selve strukturen en avgjørende betydning for om man vil lykkes innenfor den bransjen man opererer i (Jacobsen og Thorsvik 2007).

Man skiller gjerne mellom to ytterpunkter, hvor det ene ytterpunktet er en tradisjonell byråkratisk struktur med lang vertikal vei fra arbeiderne på gulvet og opp til toppledelsen. Slike organisasjoner har i de fleste tilfeller sentraliserte beslutningstakere og drives i det daglige ved utstrakt bruk av regler og prosedyrer for hvordan saker skal behandles. Arbeiderne i organisasjonen er som regel sterkt spesialiserte innenfor sitt fagfelt, og er

plassert i den formelle organisasjonsstrukturen med både overordnede og underordnede klart definert.

Det andre ytterpunktet er såkalte organiske eller innovative organisasjoner. Organiske organisasjoner er kjennetegnet ved at de er relativt flate, med kort vertikal vei fra arbeiderne til ledelsen. Beslutningsmyndigheten er desentralisert og ikke preget av regler og prosedyrer. Kommunikasjonen går både horisontalt og vertikalt i organisasjonen, og de ansatte har stor frihet til å arbeide slik de selv finner det mest hensiktsmessig for å løse problemene de står ovenfor.

Det er svært få organisasjoner som passer helt inn i de to ytterpunktene som er skissert ovenfor. De aller fleste har ulike trekk fra de rene organisasjonsstrukturene. I et risikofaglig perspektiv er organisasjonsstrukturen interessant fordi den har en betydning for hvordan en organisasjon vil tilpasse seg til hendelser i omgivelser og ny kunnskap.

Byråkratiorganisasjonens styrke er at den ved hjelp av regler og prosedyrer kan behandle mange like saker og få samme resultat i hver sak på en kostnadseffektiv måte. Den utbredte bruken av prosedyrer er i en risikokontekst et positivt bidrag for å sikre etterlevelse, samtidig utgjør det også en svakhet i den forstand at organisasjonen er tungrodd. Informasjonen genereres på bunn i den vertikale strukturen og reduseres når den går linjeveien opp til ledelsen. Effekten er at organisasjonen bruker lang tid på å utnytte ny informasjon og implementere nye tiltak, samtidig som man mister mye kunnskap underveis, med den fare for å basere beslutninger på et utilstrekkelig grunnlag som det representerer.

I den organiske organisasjonen er situasjonen snudd på hodet. Her ligger konkurransefortrinnet i innovasjonsevnen og evnen til raskt å tilpasse seg og agere på ny informasjon, noe som også er svært positivt i en risikokontekst. Svakheten blir da tilsvarende den reduserte evnen organisasjonen vil ha til å innføre og overholde prosedyrer for å sikre etterlevelse.

Hvordan en organisasjon er strukturert, har altså direkte betydning for hvordan organisasjonen evner å lære, iverksette tiltak og følge regler og prosedyrer. Dette vil da videre ha en betydning for hvordan organisasjonen bidrar til risikoutviklingen i sektoren, hvor det kan knyttes spesiell interesse opp mot hvordan organisasjonen forsøker å kombinere effektiv læring og fremdeles sikre etterlevelse av regler.

9.1.4 Bransjestruktur

Med bransjestruktur menes hvordan ulike organisasjoner i en sektor forholder seg til hverandre med hensyn til forskning og utvikling (FoU), læring og eventuelt deling av det kommersielle markedet.

Man kan studere bransjestruktur i to dimensjoner, hvor den første dimensjonen omhandler grad av åpenhet mellom organisasjonene. Det ene ytterpunktet er da fullstendig åpenhet mellom organisasjonene, mens det motsatte ytterpunktet innebærer fullstendig lukkede organisasjoner. Det er nok ingen bransjer som passer hundre prosent i de stereotypiske kategoriene, men man kan argumentere for at forskningsinstitusjoner og offentlige foretak plasseres nærmest den åpne enden av skalaen, eller i det minste så burde de gjøre det.

Kunnskapsdeling mellom organisasjoner kan for eksempel være et resultat av felles prosjekter mellom to eller flere parter for å nå et større mål enn det organisasjonen kan oppnå på egenhånd. På den lukkede enden av skalaen kan man forvente å finne for eksempel legemiddelprodusenter, hvor den største delen av verdien av selskapene er knyttet opp mot patenter og lignende.

Den andre dimensjonen som inkluderes i bransjestruktur er enkeltorganisasjonenes markedsrett i bransjen. Fra et mikroøkonomisk perspektiv er det ene ytterpunktet fullkommen konkurranse hvor markedsretten er marginalisert, og det andre ytterpunktet er monopol hvor en aktør oppnår full markedsrett (Varian 2006). Ytterpunktene av markedsrett nås forøvrig sjelden. Et monopol vil ikke ha interesse av å implementere nye teknologier og tiltak med mindre det øker den profitten som organisasjonen allerede opplever eller eventuelt truer hele monopolstatusen. En bedrift som opererer i fullkommen konkurranse er nødt til stadig å tilpasse seg for i det hele tatt å få solgt en eneste enhet av det den produserer, og har dermed sterkere insentiver til å følge utviklingen i bransjen. Oligopol, som er en markedsstruktur som ligger i nærheten av monopol, har i enkelte tilfeller litt av de samme trekkene som monopol. Noe som i noen tilfeller skyldes dannelsen av en form for karteller som opererer som monopolaktør i markedet. Det kan vises ved hjelp av spillteori at problemet med dannelsen av karteller kun er relevant når det er få store oligopolaktører i markedet (Watson 2008).

I en risikokontekst ønsker man at informasjon om hendelser og ny teknologi raskt skal bli tilgjengelig til alle organisasjonene i bransjen. Fri flyt av informasjon og samarbeid mellom organisasjoner er drivkrefter for å maksimere samlet læring og utvikle ny teknologi. Det er også viktig å ta hensyn til de markedsmessige effektene. Som antydning ovenfor vil selskaper i en monopolsituasjon være svært nølende til å bruke ressurser på risikostyring med mindre fraværet av risikostyring truer monopolstatusen, det samme vil for øvrig gjelde for selskaper i fullkommen konkurranse. Forskjellen ligger i at en monopolbedrift i de fleste tilfeller vil ha større økonomisk evne til å tåle konsekvensene av manglende risikostyring. I tillegg kan det være vanskeligere for myndigheter å gripe inn mot den eneste markedsaktøren i en sektor, eksemplifisert med NSB, enn det vil være å gripe inn mot et busselskap for samme type overtredelse. I så måte vil bransjestrukturen, hvor spesielt grad av åpenhet og til dels markedsrett være en faktor som påvirker risikoutviklingen for bransjen i sin helhet. Bransjestruktur bør dermed vurderes spesielt i hvert enkelt tilfelle for å påvise eventuelle effekter.

9.1.5 Organisasjonskultur

Organisasjonskultur er i likhet med organisasjonsstruktur en viktig faktor som former en organisasjon. Mens organisasjonsstrukturen ser på de mer formelle sidene av et selskap, går organisasjonskulturen over i de mer uformelle aspektene hos selskapet. Med organisasjonskultur menes *"de grunnleggende antakelsene, verdiene og normene som over tid utvikler seg og manifesterer seg i en organisasjon"*. Når en organisasjon opplever suksess med den kulturen som er utviklet, vil den i de fleste tilfeller holde på kulturen og sørge for å sosialisere nyansatte slik at de tilpasser seg de til samme antagelsene, verdiene og normene.

Det er mange elementer som påvirker hvordan organisasjonskulturen utvikler seg. I boken *"Hvordan organisasjoner fungerer"* (Jacobsen og Thorsvik 2007), legges det vekt på

nasjonale kulturtrekk, ledernes - og bransjens påvirkning. Når man skal gjøre en vurdering av organisasjonskulturen vil det være essensielt å ta høyde for alle elementene, samtidig som det i størst grad er ledernes påvirkning som vil utgjøre en forskjell mellom ulike organisasjoner i samme bransje.

Lederne i en organisasjon går foran som et eksempel og er i høyeste grad premissgivere for hvilken kultur som vokser frem i organisasjonen. De ansatte vil studere og legge vekt på hva lederne sier, hva de gjør, hvilke holdninger og verdier de utstråler, hvilke atferder de velger å belønne/straffe og hvordan de håndterer kritiske situasjoner.

Sikkerhetskultur er en del av det som samlet utgjør et selskaps organisasjonskultur. Hvilken sikkerhetskultur som råder i en organisasjon er sterkt avhengig av kunnskapen og holdningene til organisasjonens øverste ledere og øvrige medlemmer med stor uformell autoritet.

Selv om man har et helhjertet engasjement for å bygge en sterk sikkerhetskultur, er det ingen garanti for at man vil lykkes. I tillegg til vilje må man ha den nødvendige kunnskapen for å være i stand til å sette fokus på de rette elementene. Som eksempel kan det trekkes frem at ensidig fokus på kun tekniske barrierer i en organisasjon for å forhindre ulykker, vitner om manglende totalforståelse for risikopåvirkende forhold. Således er det nødvendig å ha en helhetlig forståelse, for eksempel gjennom et MTO-perspektiv. Det trengs også en god posisjon kløkt hvis man skal lykkes med å utvikle en sikkerhetsorientert organisasjonskultur som de ansatte velger å ta en aktiv del i. Her trekkes det paralleller til diskusjonen om rigide HMS-regler fra kapittel 8.2.1 som i mange tilfeller virker mot sin hensikt.

Organisasjonskulturen påvirker hvilke holdninger og fokus organisasjonens medlemmer har i forhold til risikorelaterte aktiviteter. Kulturen er dermed også en viktig faktor i forhold til å påvirke risikonivået over tid. Organisasjonskulturen kan føre til en reduksjon eller økning i risikonivået, alt avhengig av den underliggende kulturen.

9.1.6 Finansiell tilstand

Den økonomiske tilstanden til en organisasjon spiller en direkte betydning for hvor risikovillig organisasjonen er. Påstanden er illustrert med påfølgende eksempel.

Et stort og solid selskap med en sunn økonomi vil normalt kun investere i prosjekter som beregnes med positiv forventet nåverdi, og dermed tilfredsstiller de avkastningskrav som organisasjonen har. Men sett at det samme selskapet sliter økonomisk og er på rask vei mot konkurs, hvor den reelle tilstanden til selskapet kun er kjent innad i selskapets ledelse. Selskapet har tid til å forsøke et nytt prosjekt før konkursen er et faktum. Det eneste aktuelle prosjektet som har mulighet til å redde selskapet har spesifikasjonene som vist i tabell 9-1.

Forventet nåverdi for dette prosjektet er -48,5 millioner NOK. Etter samme investeringskriterium som brukt ovenfor bør ikke selskapet investere i dette særdeles risikable prosjektet. Men på grunn av den finansielle tilstanden, vil selskapets ledelse i midlertidig alltid foretrekke å satse på prosjektet selv om det har negativ forventet nåverdi. Hvis de ikke satser vil de garantert gå konkurs, selskapets ledelse og eiere har med andre ord

ingenting å tape, men alt å vinne på å satse på det siste risikable kortet (Brealey, Myers og Allen 2006).

Prosjektresultat	Sannsynlighet	Nåverdi av prosjektresultat	Konsekvens for selskapet
Suksess	0,01	1000 mill NOK	Unngår konkurs
Fiasko	0,99	-150 mill NOK	Går konkurs

Tabell 9-1: Risikofylte prosjekt

Eksempelet er litt ekstremt og er rettet mot finansiell risiko, men konseptet om at finansiell ustabilitet gir opphav til risikosøkende atferd vil være gjeldende også for andre områder enn kun finansiell risiko.

Sett at det samme selskapet som skissert ovenfor driver en fabrikk som de ikke selv eier, men hvor de mottar en fast månedlig kompensasjon for arbeidet. For kompensasjonen de mottar er det etter kontrakten mellom partene et krav om at selskapet skal utføre alt løpende vedlikehold av fabrikk for å sikre effektiv og sikker produksjon. Selskapet er fremdeles i vanskeligheter og trenger å spare kostnader for ikke å gå konkurs i løpet av relativt kort tid. Ved ikke å utføre vedlikehold det kommende året vil selskapet klare å rette opp i økonomien og legge grunnlaget for videre drift. Hvis det dog skjer en alvorlig ulykke som en følge av manglende vedlikehold vil firmaet miste kontrakten umiddelbart og gå konkurs. Ved ikke å utføre vedlikehold er det 80 % sannsynlighet for at en alvorlig ulykke vil inntreffe i løpet av året, mens den samme sannsynligheten er 0,001 % hvis fabrikk vedlikeholdes som normalt. Selskapet vil i denne situasjonen ha sterke insentiver til å gamble med ikke å utføre vedlikehold, noe som gir dem 20 % sannsynlighet til å unngå konkurs. Også i dette eksemplet har de ingenting å tape, da alternativet er å garantert gå konkurs. Forskjellen er at i tillegg til den finansielle risikoen som selskapet utsetter fabrikkieren for, fører den finansielle ustabiliteten også til at ulykkesrisikoen øker i svært stor grad. Selskapet gambler ikke bare med penger, men også med menneskeliv.

Et selskaps finansielle tilstand kan spille en stor rolle for hvordan selskapet opptrer i forhold til valg av prosjekter det vil inngå, og viljen det har til kutte kostnader på vedlikehold og andre risikoreduserende aktiviteter. Man skal være spesielt varsom med selskaper som er på rask vei mot konkurs eller allerede balanserer på kanten av stupet.³

9.1.7 Konjunktursvingninger

Konjunktursvingninger som skift i aktivitetsnivået i økonomien kan gi store utslag for folk flest, med for eksempel høy arbeidsledighet som en av de største samfunnsutfordringene. Men konjunktursvingninger kan også bidra som en risikoinfluerende faktor med hensyn til storulykker. I forrige underkapittel ble et selskaps finansielle tilstand ansett for å være en potensiell risikopåvirkende faktor. Det ble trukket frem at det er spesielt stor usikkerhet rundt hva som egentlig er rasjonelle handlinger til selskaper som er på vei mot konkurs. Lavkonjunkturer er i så måte en trigger til den mekanismen som ble beskrevet, da lavere aktivitetsnivå, færre kontrakter å kjempe om og lavere kontraktsmarginer alle er faktorer som øker et selskaps konkurssannsynlighet.

³ I en økonomisk sammenheng kan man si at slike selskaper har en meget høy diskonteringsrente. De verdsetter med andre ord dagens payoff langt sterkere enn morgendagens payoff. Det er i de fleste tilfellene ikke et godt utgangspunkt verken i en kontraktsrelasjon eller i en risikokontekst.

Konjunktursvingninger kan også føre til andre mer opplagte konsekvenser. I høykonjunkturer hvor aktivitetsnivået er svært høyt må mange aktører takke nei til oppdrag fordi de ikke har stor nok kapasitet. I mange tilfeller vil man også velge å benytte dårligere kvalifisert arbeidskraft og muligens bruke dårligere og mindre egnet utstyr til å likevel utføre de oppdragene som man normalt ikke har kapasitet til. Bruk av urutinert personell, som kanskje mangler helt essensiell kompetanse sammen med utrangert utstyr vil i mange tilfeller lede til et høyere risikonivå.

En annen effekt ved høykonjunkturer er at hver time som man ikke utnytter 100 % har svært høy alternativkostnad. Det vil si at man har insentiver til å jobbe svært raskt, utsette tidkrevende vedlikehold og presse de ansatte til å jobbe lengre dager. Alle disse effektene kan tenkes til å bidra til å øke risikonivået.

Konjunktursvingninger fremstår som en risikopåvirkende faktor, som det må tas høyde for, både med hensyn til lav- og høykonjunkturer. Hvor relevant konjunktursvingninger er, avhenger av bransjen og de ulike organisasjonene. I tillegg vil styrken av konjunkturen være avgjørende, det vil være forskjeller mellom minimumet som skal til for at Norges Bank kaller fasen for høykonjunktur og en konjunkturfase hvor hele landet går på turbo døgnet rundt.

9.1.8 Myndighetenes påvirkning

Myndighetenes påvirkning på risikonivået er som tidligere diskutert i kapittel 8.2.1 en signifikant faktor for risikonivået. Som lovgiver setter myndighetene premissene som de ulike aktørene har å forholde seg til, og kan med dette styre risikonivået i ulike retninger.

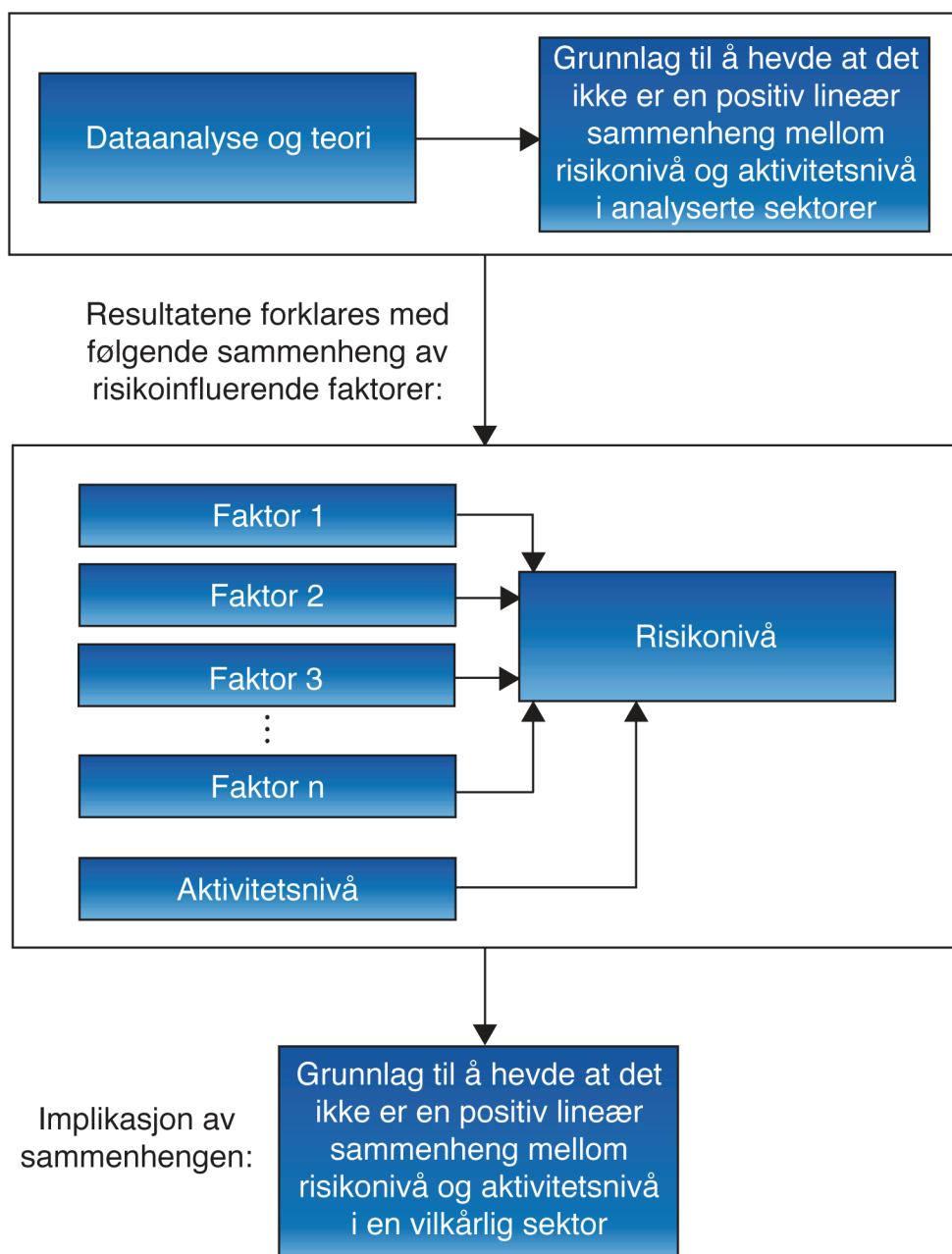
Når lovene og forskriftene er på plass vil det være opp til håndhevende etater å sørge for at aktørene etterlever gjeldene reglement. Denne tilsynsfunksjonen ligger hos politiet for de mer allmenne lovene, mens spesielle tilsynsetater overvåker deler av virksomheten til organisasjoner som faller inn under deres ansvarsområde. Fremveksten av tilsynsetater skjer gradvis sammen med at det offentlige lærer at det enkelte område må reguleres. For eksempel ble Oljedirektoratet som den første spesialiserte organisasjonen som skulle regulere petroleumsvirksomheten på norsk kontinentalsokkel ikke opprettet før i 1972, mens den første letebrønnen på norsk sokkel ble boret i 1966.

Effektiviteten til de ulike tilsynsetatene vil være en kombinasjon av deres evne til å avdekke manglende etterlevelse, og sanksjonsmulighetene som etatene har til rådighet. Det skal også nevnes at den enkelte tilsynsetat har stor individuell påvirkningskraft uavhengig av lovverk, noe som gir seg utslag i aktivitetsnivået opp mot å bidra til å finne og utvikle sikrere løsninger og fungere som en kunnskapsrik sparring-partner for aktørene i sektoren.

Hvis man tar utgangspunkt i dagens situasjon for en vilkårlig tilsynsetat, vil etaten kunne påvirke utviklingen i risikonivået i begge retninger. Hvis man på den ene siden velger å legge ned tilsynsetaten vil det mest sannsynlig føre til en økning i risikonivået. Hvis man derimot gir etaten mer ressurser, større handlingsrom og flere glupe hoder vil det gi gode utsikter til å redusere risikonivået.

9.2 Betydning for andre sektorer enn offshore, luftfart og veitrafikk

De teoretiske refleksjonene og dataanalysene som ble presentert tidligere i rapporten la grunnlaget for konklusjonen i kapittel 8.1. Videre ble det presentert en rekke faktorer som kunne bidra til å forklare resultatene som er observert, hvor utgangspunktet var en bakenforliggende idé om risikoinfluerende sammenhenger. Resonnementet er skissert i figur 9-1.



Figur 9-1: Sammenheng mellom teori, analyse og konklusjon

Forklaringsskissen viser en sammenheng mellom risikoinfluerende faktorer som ikke er basert på eller tilpasset til de analyserte sektorene. Flere av faktorene som ble diskutert for de analyserte sektorene i kapittel 8, ble også gjennomgått i generelle ordelag i kapittel 9, hvor en fremtredende egenskap ved faktorene er at de er mer allmenngyldige enn bransjespesifikke. Det vil si at hvis man godtar den skisserte sammenhengen mellom risikoinfluerende faktorer som gjeldende for veitrafikk, bør man også godta at sammenhengen er gjeldende for en vilkårlig sektor.

Mer spesifikt kan man si at hvis man godtar at teknologiutvikling er en risikopåvirkende faktor i veitrafikksektoren, må man også godta at teknologiutvikling er en generell risikopåvirkende faktor. Sier man ja til den første påstanden og nei til den andre påstanden, hevder man i realiteten at teknologiutvikling som risikoinfluerende faktor er en unik egenskap ved veitrafikken. Sistnevnte påstand vil nok møte svært lite støtte.

Det skal poengteres at det ikke er gjort noen form for kvantitativ vurdering av graden av påvirkning for teknologiutviklingen i de ulike sektorene i rapporten. Selv om teknologiutvikling kan være en svært viktig forklaringsfaktor i veitrafikken, trenger den ikke å være mer enn en marginal faktor i en annen vilkårlig sektor, hovedpoenget er at man i utgangspunktet likevel aksepterer den som en mulig faktor.

Ved å godta modellen som en generell forklaringsmodell, er det ekvivalent med å forkaste nullhypotesen fra rapportens problemstilling i en generell setting. Dette fordi nærværet av andre forklaringsfaktorer enn aktivitetsnivået i alle tilfeller fjerner premissene som nullhypotesen baseres på. Det leder frem til følgende generaliserte konklusjon:

Basert på den grunnleggende tanken om at det eksisterer andre bakenforliggende faktorer enn aktivitetsnivået, er det grunnlag til å hevde at det ikke eksisterer en positiv lineær sammenheng mellom risikonivå og aktivitetsnivå for en vilkårlig aktivitet.

Godtar man den generaliserte konklusjonen vil det lede til de samme implikasjonene som ble gjennomgått i kapittel 8.1.3. Forskjellen vil være at de ikke lenger bare er gyldige innenfor oljeindustrien, luftfarts- og veitrafikksektoren, men også for alle andre sektorer hvor risikoutvikling over tid skal analyseres.

10 Forslag til alternativ metode og modell

Hittil har rapporten hatt et "negativt" fokus, i form av kritikk av antagelsen om positiv lineær sammenheng mellom risikonivå og aktivitetsnivå. Det er i så måte på tide å rette et mer "positivt" fokus. Kapittelet går et steg videre fra problemstillingene i rapporten som allerede er besvart, det kan dermed sees på som et ekstra forsøk på å gi et bidrag til hvordan man kan analysere risikoutvikling. Kapittelet gir på ingen måte noen revolusjonerende modeller eller metoder som løser alle de tidligere nevnte utfordringene, men har som hovedmål å peke på mulighetene som finnes til å utvide dagens metode og ta høyde for andre faktorer enn aktivitetsnivået. Det presiseres at innholdet i kapittel 10 er basert på forfatterens egne tanker og oppfatninger.

10.1 Grunnleggende tanker om risikoinfluerende forhold

For å kunne utarbeide en modell som er en forenkling av virkeligheten, krever det nødvendigvis at man først har noen tanker om hvordan virkeligheten egentlig er. Nedenfor er noen av de viktigste grunnleggende tankene om risikoinfluerende forhold presentert.

Uendelig antall risikoinfluerende faktorer

I kapittel 8 og 9 ble en rekke faktorer som antas å påvirke risikonivået diskutert. I den forbindelse ble det også inkludert en form for ansvarsfraskrivelse om at listene av faktorer ikke måtte tolkes som uttømmende. Årsaken til det er at man kan tenke seg at det for alle praktiske formål finnes et tilnærmet uendelig antall bakenforliggende faktorer som påvirker risikonivået. Idéen er skissert i figur 10-1 som illustrerer en uendelig sky av faktorer som påvirker risikonivået.



Figur 10-1: Overordnet idé om risikoinfluerende faktorer

Indirekte og gjensidig påvirkning mellom risikoinfluerende faktorer

I tillegg til en uendelig mengde faktorer, legges det også til grunn en antagelse om at de ulike faktorene påvirker risikonivået indirekte gjennom andre faktorer. Idéen ble introdusert allerede i figur 3-2, og er eksemplifisert med aktivitetsnivåets påvirkning av læring og teknologiutvikling knyttet til en aktivitet. Antagelsen fremstår som logisk nødvendig, man kan for eksempel ikke lære av uønskede hendelser hvis man ikke har noen aktiviteter som er i stand til å forårsake uønskede hendelser som man kan lære av. Antagelsen bidrar videre til å gjøre den bakenforliggende idéen enda mer kompleks. Sett at påvirkningen fra hver faktor i figur 10-1 hadde vært illustrert med en retningsbestemt kobling fra faktoren til risikonivået, og at man på en tilsvarende måte hadde illustrert de indirekte og gjensidige påvirkningene mellom alle faktorene, ville man økt antall koblinger fra n til n^2 , hvor n er antall faktorer. For eksempel ville man allerede ved 8 faktorer hatt 64 koblinger. Det blir raskt et stort antall sammenhenger mellom faktorer som det er vanskelig å forholde seg til.

Generelt om faktorenes påvirkning på risikonivået

Det antas at en generell faktor i utgangspunktet kan være risikoreduserende eller risikoøkende, hvor effekten vil være avhengig av faktorens egenskaper og omstendighetene rundt. Læring og teknologiutvikling fremstår etter diskusjonen i kapittel 8 og 9 ofte som risikoreduserende faktorer, mens for eksempel konjunktursvingninger i mange tilfeller kan ha en risikoøkende effekt.

Aktivitetsnivåets påvirkning av risikonivået

Aktivitetsnivået antas å være en av de risikoinfluerende faktorene. Det legges videre til grunn at aktivitetsnivået isolert sett alltid vil ha en direkte effekt som øker det samlede risikonivået. Samtidig legges det til grunn at den indirekte påvirkningen gjennom andre faktorer kan være både risikoreduserende og risikoøkende som forklart i avsnittet ovenfor. For eksempel vil økt aktivitet kunne gi større læringsgrunnlag og basis for utvikling av ny teknologi som kan bidra til å redusere risikonivået. Økt aktivitetsnivå kan også bidra til høyere kapasitetsutnyttelse i en sektor, med påfølgende bruk av ukvalifisert arbeidskraft og utrangert utstyr som mulige følger. Som diskutert i kapittel 9.1.7 kan det føre til en økning i risikonivået.

10.2 Forenkling av virkeligheten

Med introduksjon av uendelighet, indirekte og gjensidig påvirkning mellom faktorer har man en svært komplisert virkelighetsoppfattelse som må forenkles for å kunne brukes i praktiske sammenhenger. Det vil være nødvendig å forenkle virkelighetsoppfattelsen til noe som i størrelsesorden er håndterbart. Med utgangspunkt i den positive lineære sammenhengen har forenklingen tidligere bestått i å fjerne alle faktorer som påvirker risikonivået unntatt aktivitetsnivået, noe som gir en svært grovkornet tilnærming til virkeligheten. Kapitlet gir en presentasjon av de forenklingene som anses å være nødvendige for å komme videre.

Gruppering av risikoinfluerende faktorer

Det er nødvendig å redusere antall risikoinfluerende faktorer for å ha en praktisk mulighet til å analysere dem. Man kan redusere et tilnærmet uendelig antall faktorer til noe som er håndterbart ved å gruppere dem i overordnede kategorier. Påvirkningen på risikonivået for hver kategori er avhengig av den totale påvirkningen fra enkeltfaktorene som utgjør den enkelte kategorien. Forenklingen er vist i figur 10-2, hvor kategoriene er navngitt som et eksempel. Det er for øvrig ikke lagt noen føringer på hvor mange kategorier som bør brukes eller hvilke kategorier dette skal være. Det vil være helt situasjonsbetinget og må vurderes fra sak til sak.



Figur 10-2: Forenklet idé om risikoinfluerende faktorer

Aktivitetsnivåets påvirkning og indirekte påvirkning av risikonivået

Fokus i største delen av rapporten har vært å vise at det ikke eksisterer en positiv lineær sammenheng mellom risikonivået og aktivitetsnivået. Det er dog ikke sammenfallende med å si at aktivitetsnivået ikke påvirker risikonivået. Som påpekt i kapittel 10.1, antas det at aktivitetsnivået er en risikoinfluerende faktor. Som en forenkling av virkelighetsoppfattelsen antas det videre at alle de overordnede kategoriene til en viss grad vil være påvirket av aktivitetsnivået, og at aktivitetsnivået er en av kun to faktorer som har en indirekte påvirkning på alle de overordnede kategoriene.

Tidspunkt som indirekte påvirkende faktor

Det ble lagt til grunn at effekten av de ulike faktorenes påvirkning av risikonivået er avhengig av blant annet egenskaper til faktorene selv og omstendighetene rundt. Mens de aller fleste omstendighetene kan utgjøre en egen risikopåvirkende faktor som inngår i en av de overordnede kategoriene, er tidsdimensjonen et viktig aspekt som det bør tas spesielt

hensyn til. Det gir lite mening å si at tid i seg selv er en risikopåvirkende faktor. Et slikt eksempel vil være å hevde at tiden isolert sett påvirker andelen seksere man får i en uendelig rekke terningkast, noe som gir lite mening. Tid antas likevel å spille en viktig indirekte rolle. Det er for eksempel ikke mulig å utvikle og implementere ny teknologi over natten, samtidig som den risikoinfluerende effekten av læring er mindre jo kortere frem i tid man forsøker å si noe om risikoen for. Når tidsperspektivet blir lengre, øker også den potensielle risikoinfluerende effekten til de ulike faktorkategoriene. Tid antas dermed å utgjøre den andre faktoren som har en indirekte påvirkning på alle de overordnede faktorkategoriene.

Reduksjon av antall koblinger

Med forenklingene som er presentert ovenfor er antall potensielle koblinger redusert fra n^2 til $1 + 3N$, hvor N er antall overordnede kategorier i tillegg til aktivitetsnivå og tid. Sammenlignet med de 64 koblingene man fikk i kapittel 10.1, vil man med forenklingene nå få 19 koblinger. Forenklingene som er introdusert reduserer med andre ord antall koblinger betraktelig.

10.3 Alternativ metode for å vurdere risikonivå

Med et bilde av virkeligheten og tilhørende forenklinger kan man nå gå videre og vurdere en mer praktisk tilnærming for å vurdere risikonivå. I tillegg til de konseptuelle forenklingene som ble presentert i kapittel 10.2, er det nødvendig å gjøre videre antagelser for å kunne generere en ny metode som det er praktisk mulig å anvende.

Utgangspunkt for alternativ metode

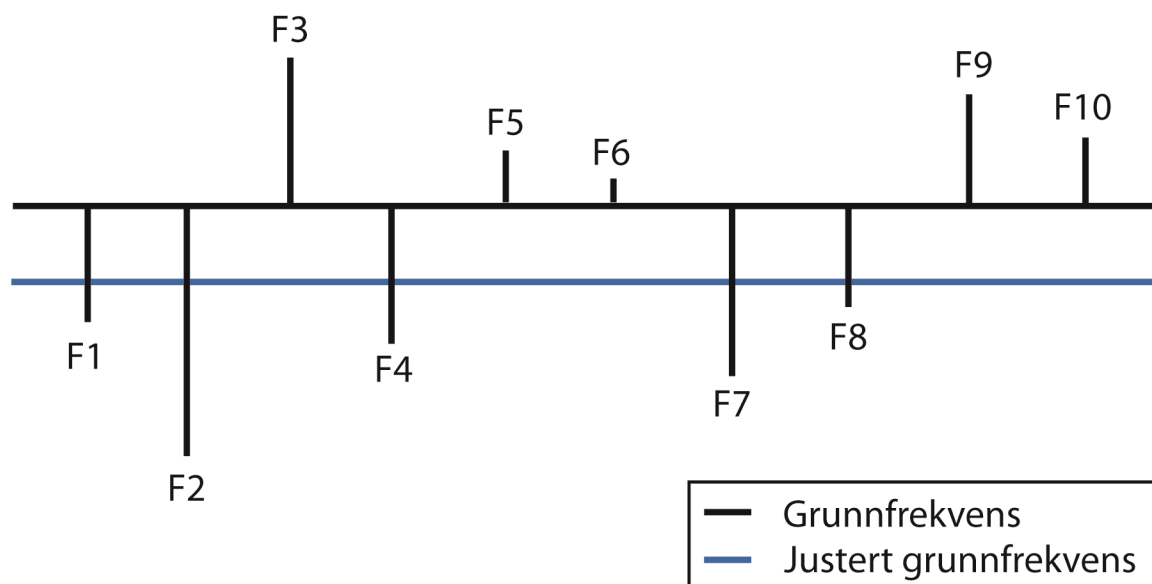
En av årsakene til at man i de fleste tilfeller bruker antagelsen om positiv lineær sammenheng mellom risikonivå og aktivitetsnivå, ligger i erkjennelsen av at man ikke har noe bedre redskap tilgjengelig for å vurdere risikonivået. I så tilfelle er det relevant å vise tilbake til diskusjonen vedrørende klassisk versus bayesiansk sannsynlighetsteori. Den mulige forklaringen for utbredelsen av antagelsen gir antydninger om at klassisk teori fremdeles har et sterkt fotfeste. Løsningen blir da å fjerne seg fra den klassiske tankegangen hvor man kun benytter "harde" data, og flytte seg over i en mer fleksibel bayesiansk verden. Antagelsen om den positive lineære sammenhengen har stor utbredelse blant dagens risikoanalytikere. Rapporten velger derfor å ta utgangspunkt i antagelsen og forsøker å tilpasse den i henhold til den virkelighetsoppfatningen som er presentert. Utgangspunktet er dermed at det uttrykte risikonivået for en aktivitet på et bestemt tidspunkt vil være gitt som produktet av en grunnfrekvens og et spesifisert aktivitetsnivå. Så langt er alt sammenfallende med Sintef-rapporten som ble kritisert i kapittel 3.4, men her slutter også likhetene.

Implementering av andre faktorer/faktorkategorier enn aktivitetsnivå

Et naturlig spørsmål å stille seg er hvordan man skal implementere tankene fra kapittel 10.1 og 10.2 om faktorenes/faktorkategoriens påvirkning på risikonivået. Man kan ikke utlede et svar ved å se til kapittel 10.1 og 10.2. Hva man velger å gjøre vil være avhengig av et alogisk steg som man ikke kan finne frem til ved tradisjonelle rasjonelle argumenter (Bjørkum 2003).

Resultatet av denne "kreative" prosessen er at faktorene/faktorkategoriene antas å påvirke selve grunnfrekvensen nevnt i avsnittet over. Tanken blir da at for eksempel læring påvirker frekvensen som videre multipliseres med aktivitetsnivået for å uttrykke risikonivået. For å beskrive risikonivået pr. dags dato, betyr det at man er nødt til å se utover ren ulykkesstatistikk for å vurdere en frekvens som er mest mulig reell i dag.

Idéen er vist i figur 10-3, hvor den svarte linjen representerer grunnfrekvensen som i all hovedsak er basert på ulykkesstatistikk, og hvor F1 – F10 er risikoinfluerende faktorkategorier. Faktorene som ligger under grunnfrekvensen bidrar til å redusere grunnfrekvensen i henhold til faktorenes lengde, tilsvarende bidrar de faktorene som ligger over grunnfrekvensen til å øke den. Basert på alle faktorene får man en ny justert frekvens som er representert ved den blå linjen. I dette eksemplet har summen av alle faktorene bidratt til å redusere grunnfrekvensen.



Figur 10-3: Risikoinfluerende faktorens påvirkning på grunnfrekvensen

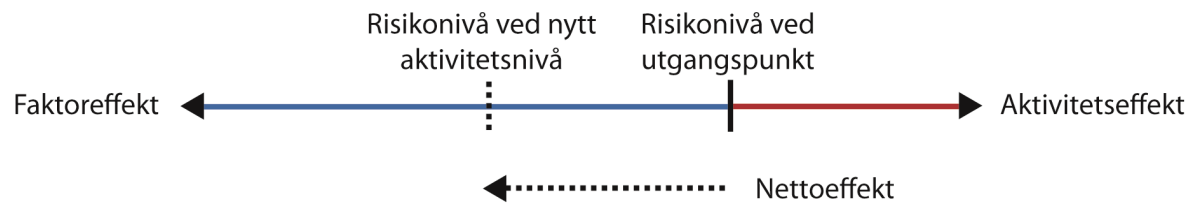
Implikasjon av indirekte påvirkning fra aktivitetsnivå og tid

Ved å gå videre og inkludere antagelsen om indirekte påvirkning fra aktivitetsnivået og tid i metoden, fører det til at man er nødt til å gjøre en tilsvarende vurdering som i forrige avsnitt av frekvensen for et hvert spesifikt aktivitetsnivå og tidspunkt. Man kan med andre ord ikke bruke den positive lineære antagelsen som i dag, og ta for gitt at frekvensen er lik, uavhengig av aktivitetsnivået og tidspunktet som legges til grunn. Det vil også si at det er meningsløst å forsøke å beskrive risikoutviklingen over en lang periode ved hjelp av en analyse. Hver enkelt analyse vil kun ha gyldighet i et begrenset tidsrom og for et spesifikt aktivitetsnivå.

Endring av risikonivået i metoden

Det er tidligere innført en antagelse om at en økning i aktivitetsnivået isolert sett alltid øker risikonivået. Tilsvarende har de øvrige faktorene mulighet til enten å øke eller redusere grunnfrekvensen. "Nettoeffekten" for endring i risikonivået fra et tidspunkt til et annet vil

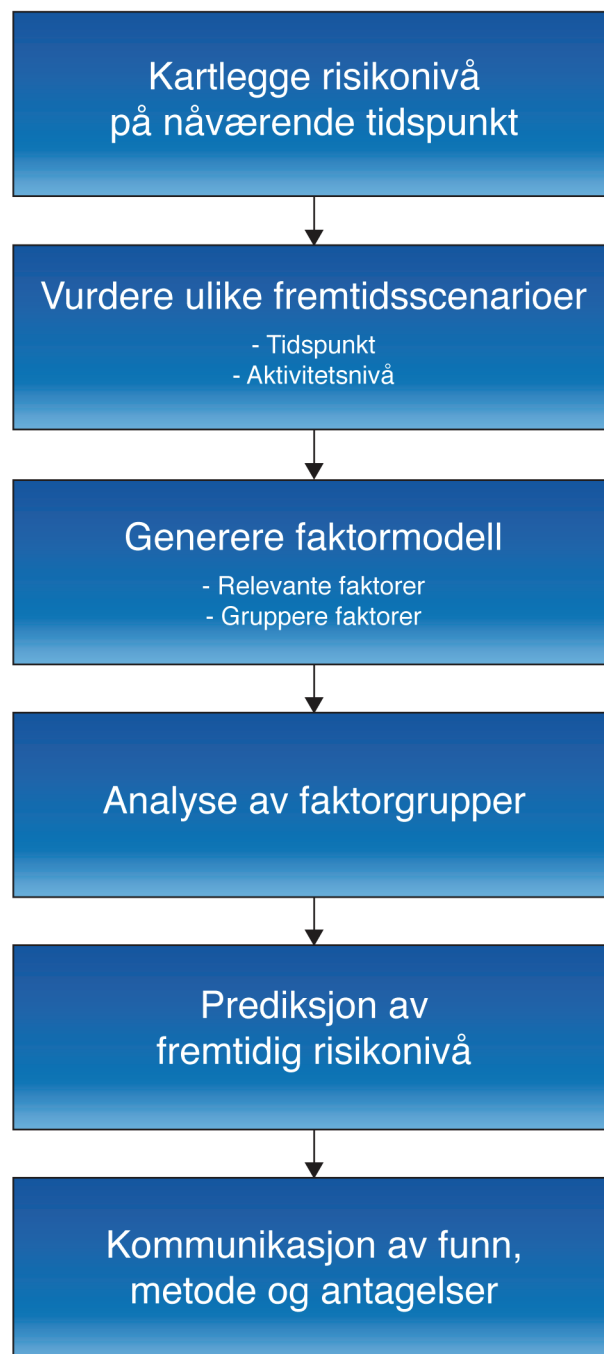
dermed være avhengig av størrelsen på endringen i aktivitetsnivået (aktivitetseffekten), samt størrelsen og retningen i endringen av grunnfrekvensen (faktoreffekten). Man kan dermed oppnå en reduksjon av risikonivået selv om man har en økning i aktivitetsnivået, det er dog betinget av at faktoreffekten både er risikoreduserende og større enn aktivitetseffekten, som illustrert i figur 10-4.



Figur 10-4: Aktivitetseffekt og faktoreffekt på det totale risikonivået

10.4 Analysemetoden strukturert

Metoden som er beskrevet i kapittel 10.3 er komprimert og strukturert sammen som vist i figur 10-5. Selve metoden er delt opp i fem steg som bør følges i angitt rekkefølge. Som en naturlig del av prosessen er det inkludert et siste steg om kommunikasjon. Prinsipper for hvordan risiko skal kommuniseres sier at i tillegg til å vise frem funnene fra analysen, skal man også tilkjenne hvilken metodikk som er brukt, og ikke minst hvilke antagelser som er lagt til grunn. Det å kommunisere og begrunne hvilke antagelser som er brukt, er generelt en mangelvare i svært mange risikoanalyser. Kommunikasjonsaspektet er således ekstra viktig ved bruk av ukonvensjonelle, nye og modifiserte metoder.



Figur 10-5: Fremgangsmetode for analyse av risikonivå over tid

10.5 Matematisk modell for analyse av risikonivå over tid

Det at risiko kan beskrives og kommuniseres ved hjelp av et tall er en feilaktig oppfatning som råder både i befolkningen generelt og i visse kretser av risikoanalytikere. I så måte er det potensielt misvisende å forsøke å definere en matematisk modell for å uttrykke risikonivå. Det er likevel gjort for å illustrere metoden. Den matematiske modellen må dermed vurderes i lys av dette og ikke som et forsøk på å beskrive en absolutt sammenheng. Modellen som presenteres nedenfor er kun ment som et eksempel. Det kan meget vel være andre modeller som løser problemstillingen på en bedre måte.

Følgende modell legges til grunn for å vurdere risikonivå:

$$Y(x, f_i, t) = \beta^{1+\sum_{i=0}^N f(x,t)_i} * x$$

$Y(x, f_i, t)$: Risikonivået for aktiviteten som analyseres

β : Grunnfrekvensen som legges til grunn for analysen

x : Aktivitetsnivået som legges til grunn

t : Tidspunktet for når man forsøker å si noe om risikonivået

$f(x, t)_i$: Påvirkningen som risikoinfluerende faktorkategori nr. i har på grunnfrekvensen β ved et gitt aktivitetsnivå x og på et gitt tidspunkt t

Modellen har som formål å vurdere risikonivået tilknyttet en aktivitet, hvor risikonivået primært vil tolkes som predikert antall hendelser innen en bestemt tidsperiode, for eksempel antall oljeutslipp pr år. Risikonivået vil da være avhengig av aktivitetsnivået, grunnfrekvensen og de ulike andre risikoinfluerende kategoriene $f_1 \dots \dots \dots f_n$, hvor de risikoinfluerende kategoriene er avhengige av både aktivitetsnivå og tidspunkt.

Aktivitetsnivået frem i tid er ikke alltid like enkelt å vurdere, men man må i alle tilfeller basere analysen på et bestemt aktivitetsnivå. Hvis det da er stor usikkerhet rundt hva det fremtidige aktivitetsnivået kommer til å være, kan det medføre at flere analyser med ulikt aktivitetsnivå bør legges til grunn. I forhold til grunnfrekvensen, er det tidligere antydnet at man kan ta utgangspunkt i eventuell historisk ulykkesfrekvens, for eksempel en generisk utslippsfrekvens som ble omtalt i Sintef-rapporten.

Modellen baserer seg videre på at det er N antall overordnede risikoinfluerende faktorkategorier. Hver faktorkategori kan uavhengig av de andre kategoriene anta alle reelle tall i intervallet $(-\infty, \infty)$. Negative verdier for $f(x, t)_i$ betyr at faktorkategorien har en risikoreducerende effekt ved det gitte tidspunkt og aktivitetsnivå. Positive verdier vil representere en risikoøkende effekt. Desto større absoluttverdi faktorkategorien har, desto større er den risikoinfluerende effekten. Samme fortolkning vil også ligge til grunn for summen av alle kategoriene $\sum_{i=0}^n f(x, t)_i$.

For å kunne benytte modellen til å vurdere risikonivået, må man være villig til å kategorisere faktorene i et hensiktsmessig antall kategorier. Deretter må man angi en verdi i intervallet $(-\infty, \infty)$ til hver av kategoriene. Spørsmålet som åpenbarer seg er hvordan man skal vurdere en slik verdi?

Det finnes ingen enkel og elegant løsning på spørsmålet. Forklaringen er at det ikke eksisterer et absolutt svar som er riktig, og som det dermed er mulig å finne. Det betyr at man må legge en skjønnsmessig vurdering til grunn. Resultatet man får vil nødvendigvis være avhengig av hvem som utfører vurderingen.

En mulig tilnærming kan være at man benytter historiske data for ulike perioder med informasjon om hendelser og aktivitetsnivå. Deretter må man gjøre en vurdering ut fra dagens forhold og det man tror kommer til å skje frem i tid. Noen lett oppgave er det absolutt ikke, men bare det at man forsøker å vurdere andre faktorer enn aktivitetsnivået vil gi nyttig kunnskap som bør verdsettes.

Modellen i forhold til dagens bruk av den positive lineære antagelsen

I tabell 8-1 ble det vist til at en av implikasjonene av rapportens funn er at positiv lineær antagelse slik den brukes i dag, kun bør brukes i analyser hvis man kan begrunne at en slik sammenheng er et fornuftig utgangspunkt for analysen. I lys av den matematiske modellen betyr det at man fremdeles kan bruke den positive lineære sammenhengen hvis man kan hevde at summen av alle overordnede risikoinfluerende kategorier er tilnærmet lik null for alle relevante aktivitetsnivåer og tidspunkter. Med andre ord må man vise til at alle de andre faktorene utenom aktivitetsnivået, samlet sett ikke påvirker risikonivået. Ser man bort fra muligheten for at effektene fra de ulike faktorkategoriene kan kansellere hverandre slik at totaleffekten blir tilnærmet lik null, kreves det at alle faktorkategoriene er tilnærmet lik null for at man ikke skal justere grunnfrekvensen i modellen. Man har i så tilfelle en positiv lineær sammenheng. Spørsmålet blir da om det finnes noen reelle situasjoner hvor dette til tross for oppgavens konklusjon er rasjonelt å benytte?

Med utgangspunkt i rapportens modellforslag, vil man ha størst potensial til å finne en situasjon hvor den positive lineære sammenheng er nærliggende å bruke når det er et relativt kort tidsperspektiv på det man forsøker å analysere. Begrunnelsen er for eksempel som tidligere nevnt at ny teknologi tar tid å utvikle. Andre interessante elementer kan for eksempel være fravær av faktorer som:

- Myndighetskontroll
- Samarbeid mellom aktører
- Avhengighet mellom enheter
- Teknologitvilling
- Pressedekning
- Fagforeninger

Med andre ord kan man si at fraværet av faktorer som potensielt kan drive utviklingen vekk fra status quo er nødvendig for at den positive lineære antagelsen likevel skal kunne være hensiktsmessig å bruke i analyser.

11 Konklusjon

Rapporten har satt fokus på den utstrakte bruken av antagelsen om positiv lineær sammenheng mellom risikonivå og aktivitetsnivå i risikoanalyser. Når man legger denne antagelsen til grunn for en analyse, sier man at økt aktivitetsnivå automatisk fører til et høyere risikonivå. I praksis vurderer man da ofte risikoen som et produkt av en ren statistisk hendelsesfrekvens og et aktivitetsnivå. Forsøker man videre å si noe om risikoutviklingen lenger frem i tid, består analysearbeidet ofte i å vurdere det fremtidige aktivitetsnivået og gjennomføre beregningen på nytt med den samme hendelsesfrekvensen. Akkompagnert av den utstrakte bruken av antagelsen i analyser, finner man fraværet av begrunnelser for hvorfor man benytter den. Av den grunn kan man bare spekulere i om den jevne risikoanalytiker faktisk er klar over manglene med antagelsen, eller om man bare velger å forbigå dem i stillhet. Den positive lineære antagelsen er bekvemmelig for analytikere som maskinmessig utfører beregninger, og tall lyver ikke. Der det ikke rom for individuelle vurderinger, er det heller ikke rom for personlig kritikk for dårlig utført håndverk.

Når man sier at økt aktivitetsnivå uten unntak gir økt risikonivå, har man ingen andre muligheter til å styre risikoen enn ved å regulere aktivitetsnivået. Det gir uttrykk for en skjebnebestemt mentalitet hvor man ikke har mulighet til å påvirke sin egen fremtid. I så tilfelle er risiko et overflødig begrep. Risikoen forbundet med en aktivitet kan påvirkes og styres. Den påvirkes hver eneste dag av handlingene til enkeltindivider, organisasjoner og myndigheter. Når man bruker den positive lineære antagelsen klarer man ikke å fange opp alt som skjer rundt aktiviteten og som påvirker om en ulykke kommer til å inntreffe. Man har heller ikke inkludert at verden er i dynamisk utvikling eller tatt høyde for at andre faktorer enn aktivitetsnivå betyr noe. I stedet fokuserer man altså blindt på statiske historiske data med manglete relevans for fremtiden, og ofte ubegrunnede antagelser om uavhengighet mellom de ulike enhetene som studeres.

For å underbygge de risikofaglige resonnementene som reiser sterk kritikk mot den positive lineære antagelsen er det gjennomført lineære regresjonsanalyser med aktivitetsnivå som forklaringsvariabel og risikonivå som responsvariabel. Av de 36 dataanalysene av risikoutvikling i oljeindustrien, luftfarts- og veitrafikksektoren som er vist i rapporten, oppfylte ingen analyser kravene som var satt for at det kunne antas å være en positiv lineær sammenheng. Derimot viste 6 av analysene en klar negativ lineær utvikling, hvor man kunne observere at økt aktivitetsnivå var sammenfallende med en reduksjon i det uttrykte risikonivået. Basert på de entydige resultatene fra analysen er det grunnlag for å hevde at det ikke eksisterer en positiv lineær sammenheng mellom risikonivå og aktivitetsnivå i offshoreindustrien, luftfarts- og veitrafikksektoren.

Utviklingene som ble observert i analysen kan forklares med at det er mange andre faktorer enn bare aktivitetsnivået som påvirker risikoutviklingen. Av disse faktorene kan det legges spesielt stor vekt på læring og teknologiutvikling. Felles for alle forklaringsfaktorene er at de er generelle i den forstand at de i utgangspunktet er relevante for alle andre mulige sektorer og bransjer i tillegg til dem som er analysert i rapporten. Betydningen av dette er at det gir grunnlag til å hevde at det ikke eksisterer en positiv lineær sammenheng mellom risikonivå og aktivitetsnivå for en generell aktivitet.

Etter rapportens funn bør ikke den positive lineære sammenhengen lenger være et naturlig utgangspunkt for risikoanalyser, og andre løsninger bør derfor vurderes. Et forslag til en alternativ fremgangsmetode og modell er skissert i rapporten. Forslaget tar utgangspunkt i den positive lineære sammenhengen, og viser at det er mulig å utvikle dagens modell til å inkludere mer enn kun aktivitetsnivået. Her ligger også kjernen i problemet; man må utvide horisonten og bruke mer informasjon enn det man finner i ulykkesstatistikk. Risiko handler om fremtiden, ikke om statistikk som tilhører fortiden.

Det konkluderes avslutningsvis med at det er grunnlag til å hevde at det ikke eksisterer en positiv lineær sammenheng mellom risikonivå og aktivitetsnivå. Man bør som en følge av dette ikke bruke modeller som kun legger denne antagelsen til grunn, da man går glipp av verdifull informasjon i risikoanalysene som utføres. I stede bør man søke etter nye metoder og modeller som er basert på en mer dynamisk og kompleks virkelighetsoppfatning, hvor man har muligheten til å inkludere andre viktige risikoinfluerende faktorer enn aktivitetsnivået. Det vil gjøre analysearbeidet mer utfordrende og tidkrevende å utføre, men man vil forhåpentligvis generere mye mer kunnskap om aktivitetene som analyseres, og bidra til å forbedre beslutningsgrunnlaget når viktige avgjørelser skal tas.

12 Forslag til videre arbeid

Hovedfokuset i rapporten har vært knyttet mot å forkaste antagelsen om den positive lineære sammenhengen mellom risikonivå og aktivitetsnivå. Etter forfatterens synspunkt er det lite hensiktsmessig å lete dypere etter bakgrunnen for antagelsen, eller kartlegge hvor mange som faktisk bruker den. Å gjøre slikt vil etter funnene i rapporten neppe gi noe videre læring som kan benyttes til å forbedre analysene i fremtiden.

Mange analytikere ville nok foreslått at man burde forsøke å finne frem til standardverdier for ulike faktorer i ulike sektorer. Ønsket er nok et resultat av den naturlige driven som mennesker har til å finne enkle og deterministiske sammenhenger for komplekse fenomener. Forslaget er dog irrelevant som videre arbeid. Man kan ikke gjennomføre laboratorieforsøk for å isolere variablene, og derav på noen som helst måte angi størrelser for dem. Enda viktigere er innsikten om at det ikke finnes noen reelle sanne underliggende verdier for læring og teknologiutvikling som risikoinfluerende faktorer. I likhet med den positive lineære sammenhengen mellom risikonivå og aktivitetsnivå er modellen fra kapittel 10.5 også en forenkling av virkeligheten slik forfatteren ser den. Det gir lite mening å søke etter en sann verdi, når verdien kun er en tankekonstruksjon.

Fokuset i et videre arbeid bør være å forbedre metodene og modellene som brukes. Temaet ble så vidt behandlet mot slutten av rapporten, men det bør være gode muligheter til å gjøre mye mer. Nedenfor er det presentert noen mulige forslag til videre arbeid.

Fremgangsmetode for å vurdere faktorverdier

Selv om det ikke finnes noen sanne verdier å finne, kan man likevel forsøke å utarbeide en form for fremgangsmetode som kan benyttes når man skal vurdere størrelsen til faktorkategoriene i modellen fra kapittel 10.5. En slik praktisk fremgangsmetode vil være avgjørende for at man skal kunne benytte rapportens modellforslag.

Eksperiment for å vurdere rapportens modellforslag

Forhåpentligvis vil bruk av rapportens modellforslag eller lignende modeller føre til at risikoanalytikere får et bredere perspektiv når de vurderer fremtiden. Det hadde således vært interessant å gjennomføre et eksperiment for å om mulig vurdere om modellen gir bedre analyser enn det man får uten. Det er ikke lett å gjennomføre troverdige eksperimenter for å vurdere modellen opp mot dagens bruk av den positive lineære sammenhengen, men det er heller ingen umulig oppgave.

Utvikle en ny modell for risikoutvikling

Modellen fra kapittel 10.5 er som tidligere nevnt kun et mulig eksempel. For å oppnå banebrytende resultater må man ofte evne og være villig til å fjerne seg helt fra tidligere aksepterte sannheter. Modellen i kapittel 10.5 tar utgangspunkt i den positive lineære sammenhengen og modifierer denne. Dermed er modellen også i stor grad bundet opp til aksepterte sannheter og mangler muligens potensial til videreutvikling.

En mulig oppgave kan dermed være å begynne helt fra bunn av og forsøke å utarbeide en modell for risikoutvikling hvor eneste føring er at den må ta hensyn til andre faktorer enn kun aktivitetsnivået.

Kilder

Aven, T., Røed, W., & Wiencke, H.S. *Risikoanalyse. Prinsipper og metoder, med anvendelser*. Oslo: Universitetsforlaget, 2008.

Aven, T. *Risikostyring. Grunnleggende prinsipper og ideer*. Oslo: Universitetsforlaget, 2007.

Bjørkum, P.A. *Annerledes tenkerne. En reise i vitenskapens historie*. Oslo: Universitetsforlaget, 2003.

Brealey, R., Myers, S., & Allen, F. *Corporate Finance*. New-York: McGraw-Hill, 2006.

Dyreborg, J. (2009). *The Causal relation between lead an lag indicators*. Safety Science 47, 4: 474-475.

Elvik, R., Kolbenstvedt, M., Elvebakk, B., Hervik, A., & Bræin, L. (2009). *Costs and benefits to Sweden of Swedish road safety research*. Accident Analysis and Prevention 41: 387-392.

Hale, A. (redaktør). (2009). *Temautgave med 22 artikler og kommentarer*. Safety Science 47, 4: 459-510.

Heinrich, H.W. *Industrial accident prevention. A scientific approach*. New Yorks: McGraw-Hill Book Company, 1931

Jacobsen, D. I., & Thorsvik, J. *Hvordan organisasjoner fungerer*. Bergen: Fagbokforlaget, 2007.

Lord Cullen, W. D. *The public Inquiry into the Piper Alpha Disaster*. London: HMSO Publications Centre, 1990.

Rausand, M., & Utne, I.B. *Risikoanalyse -teori og metoder*. Trondheim: Tapir Akademisk Forlag, 2009.

Renn, O. *Risk Governance. Coping with uncertainty in a complex world*. London: Earthscan, 2008.

Steigum, E. *Moderne makroøkonomi*. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS, 2004.

Varian, H.R. *Intermediate micro economics*. New York: W.W. Norton & Company, 2006.

Walpole, R.E., Myers, R.H., Myers, S.L., & Ye, K. *Probability & Statistics for Engineers & Scientists*. London: Pearson Education, 2007.

Watson, J. *Strategy*. London: W.W. Norton & Company Ltd, 2008.

Nettressurser

Baker, J. (2007). *The report of the BP U.S Refineries independent safety review panel.*

http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/SP/STAGING/local_assets/assets/pdfs/Baker_panel_report.pdf

Nedlastet 09.februar 2010

EuroNCAP. (2010). *Electronic Stability Control.*

<http://www.euroncap.com/results/esc.aspx>

Nedlastet 27.april 2010

ICAO. (2009). *Safety Management Manual (SMM).*

http://www.icao.int/anb/safetymangement/DOC_9859_FULL_EN.pdf

Nedlastet 21.april 2010

Jersin, E. (2003). *Storulykker i Norge 1970-2001.*

http://www.sintef.no/upload/Teknologi_og_samfunn/Sikkerhet%20og%20p%C3%A5litelighet/Rapporter/STF38%20A02405.pdf

Nedlastet 11.februar 2010

Kystverket. (2010). *Miljøstatus i Norge. Akutte oljeutslipp.*

<http://miljostatus.no/Kart-og-miljodata/Miljodata/?spraak=NO&dsID=AKUTT&rID=ANTO>

Nedlastet 16.mars 2010

Luftfartstilsynet. (2010). *Norske flysikkerhetsresultater.*

http://www.luftfartstilsynet.no/multimedia/archive/00007/Norske_flysikkerhetsr_7133a.pdf

Nedlastet 25.mars 2010

NTNU. (2010). *Definisjoner av begreper. Indikator.*

<http://www.ntnu.no/adm/okonomi/portal/strategi/pborutiner/stikkord>

Nedlastet 09.februar 2010

NTSB.(2009). *Aviation Accident Statistics.*

<http://www.nts.gov/aviation/Table2.htm>

Nedlastet 31.mars 2010

Opplysningsrådet for veitrafikk. (2010). *Bil og Vei. Statistikk 2009.*

<http://www.ofv.no>

Nedlastet 02.april 2010

Petroleumstilsynet. (2009). *Risikonivå i Norsk Petroleumsvirksomhet. Hovedrapport 2008.*

<http://www.ptil.no/getfile.php/PDF/RNNP%202008/RNNP%202008%20-%20Hovedrapport%20sokkel.pdf>

Nedlastet 12.februar 2010

Sintef. (2008). *Frekvenser for akutte utslipp i Norskehavet.*

http://www.sintef.com/upload/Teknologi_og_samfunn/Sikkerhet%20og%20p%C3%A5litelighet/Rapporter/SINTEF%20A4735.pdf

Nedlastet 3.mars 2010

Sintef.(2010). *Helikoptersikkerhetsstudie 3.*

<http://www.sintef.no/upload/Konsern/Media/Helikoptersikkerhetsstudie%203%20%28HSS-3%29%20Hovedrapport%5B1%5D.pdf>

Nedlastet 21.april 2010

Skybrary. (2010). *Ground Proximity Warning Systems.*

http://www.skybrary.aero/index.php/Ground_Proximity_Warning_Systems

Nedlastet 22.april 2010

Vinnem, J.E. (2007). *Og bedre skal det bli. Foredrag Helsedirektoratet 30 10 2007.*

http://www.ogbedreskaldetbli.no/Program/237/Lop3_ses3_Jan_Erik_Vinnem.ppt

Nedlastet 11.mars 2010

Wikipedia. (2010). British Airways Flight 9.

http://en.wikipedia.org/wiki/British_Airways_Flight_9

Nedlastet 22.april 2010

Øien, K., & Sklet, S. (2001). *Metodikk for utarbeidelse av organisatoriske risikoindikatorer.*

http://www.sintef.no/upload/Teknologi_og_samfunn/Sikkerhet%20og%20p%C3%A5litelighet/Rapporter/STF38%20A00422%20Metodikk%20for%20utarbeidelse%20av%20organisatoriske%20risikoindikatorer.pdf

Nedlastet 09.februar 2010

(blank side)

Forespørsler angående rapportens innhold,
datasett & kilder kan rettes til forfatteren
E-post: anders.bjelland@c2i.net

Rapporten er tilrettelagt for tosidig trykk.



Universitetet
i Stavanger

Universitetet i Stavanger
4036 Stavanger
www.uis.no



Proactima AS
Postboks 8034
4068 Stavanger
www.proactima.no