



Universitetet
i Stavanger

DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

MASTEROPPGAVE

Studieprogram/spesialisering: Risikostyring – Master i teknologi Spesialisering: Offshore sikkerhet	Vårsemesteret, 2010 Åpen / Konfidensiell
Forfatter: Kjetil Skarestad (signatur forfatter)
<u>Fagansvarlig:</u> Eirik BJORHEIM ABRAHAMSEN (UiS)	
<u>Veiledere:</u> Eirik BJORHEIM ABRAHAMSEN (UiS) Espen Fyhn Nilsen (Statoil ASA)	
<u>Tittel på masteroppgaven:</u> Risikoanalyse for skipskollisjoner. Endres trafikkmønsteret rundt en installasjon i løpet av den tiden installasjonen er på feltet?	
Studiepoeng: 30	
<u>Emneord:</u> - Dataanalyse - Regresjonsanalyse - Risikostyring - Skipskollisjon	Sidetall: 119 Stavanger, 11.06.2010

Forord

Denne rapporten er resultatet av den avsluttende prosjektoppgaven for masterstudiet i risikostyring, spesialisering i offshore sikkerhet ved Universitetet i Stavanger. Prosjektoppgaven ble gjennomført våren 2010. Samarbeidet med Statoil ASA om oppgaven ble til etter samtale mellom meg, Silje Malmstrøm og Espen Fyhn Nilsen i avdelingen for helse-, miljø- og sikkerhetsteknologi i Stavanger, og Jan Erik Vinnem ved Universitetet i Stavanger.

Først og fremst vil jeg takke Eirik Bjorheim Abrahamsen (UiS), Espen Fyhn Nilsen (Statoil ASA), og Jan Erik Vinnem (UiS) for tålmodig gjennomlesning og utfordrende veiledninger ved utarbeidelsen av rapporten.

Videre ønsker jeg å takke Thomas Eriksen i Safetec Nordic AS for all hjelp med tolkning av kollisjonsmodellen og av resultatene av analysen.

Til slutt vil jeg takke Jan Terje Kvaløy (UiS) og Odd Bjarte Nilsen (UiS) for rettleidninger i forbindelse med analysen, og Frode Helgesen (Statoil ASA), Nils Myklebust, og Magne Alvsvåg for innspill til tolkning av resultatene.

Stavanger, 11. juni 2010

Kjetil Skarestad

Sammendrag

Denne rapporten er resultatet av den avsluttende prosjektoppgaven for masterstudiet i risikostyring ved Universitetet i Stavanger. Oppgaven omhandler risikoanalyse for skipskollisjoner.

Safetec (1994) har laget en modell for risikoanalyse av skipskollisjoner som modellerer fartøy som ikke er feltrelaterte i trafikkruter. I følge denne modellen, er den årlige kollisjonsfrekvensen mellom et fartøy og installasjon avhengig av:

- Årlig antall fartøy i trafikkrutene i området rundt installasjonen
- Sannsynligheten for at fartøyet skal være på kollisjonskurs
- Sannsynligheten for at verken fartøyet eller installasjonen klarer å gjennomføre unnvikende manøver.

Sannsynligheten for at et fartøy er på kollisjonskurs er avhengig av kjennskapen mannskapet på fartøyet har til installasjonen, hvordan kursen til fartøyet planlegges på forhånd, og om fartøyet har kurs mot installasjonen. Kjennskapen mannskapet har til installasjonen er i Safetec-modellen avhengig av den tiden installasjonen er på feltet.

Problemstillingen i denne oppgaven er om tiden installasjonen er på feltet har en signifikant effekt på kjennskapen til installasjonen. For å løse denne problemstillingen tar oppgaven utgangspunkt i Safetec-modellen for analyse av kollisjonsrisiko, og analyserer trafikkbildet rundt to midlertidige installasjoner plassert på norsk sokkel ved hjelp av tre ulike analyser. De tre analysene skal forsøke å avdekke endringer i adferd hos fartøy som ikke er feltrelatert i den perioden en installasjon er på feltet. De to første analysedelene tar utgangspunkt i trafikkmengden innenfor henholdsvis 12 nm og 3 nm i forhold til installasjonen, og analyserer forholdstallet for andel fartøy som passerer innenfor sonen på 12 nm og utenfor sonen på 3 nm. Første delanalyse sammenligner trafikk mønsteret i den perioden installasjonen er på feltet med to referanseperioder. Andre analysedel analyserer den perioden installasjonen er på feltet, og observerer hvilken utvikling i manøvreringsmønster fartøy som passerer installasjonen har innad i den perioden installasjonen er på feltet. Tredje delanalyse observerer manøvreringsmønsteret til de fartøy som passerer installasjonen flere ganger, for å avdekke mulige endringer i manøvreringsmønster mellom første og senere passeringer.

Resultatet av første analysedel viser at det ikke var endringer i trafikkmønster for passerende fartøy mellom den perioden installasjonen var på feltet, og i to referanseperioder der installasjonen ikke var på feltet. Andre analysedel viser ingen signifikant endring i trafikkmønster innad i den perioden installasjonen var på feltet. En like stor andel fartøy passerte utenfor sonen på 3 nm i første som siste del av den perioden installasjonen var på feltet. Tredje analysedel viser at det er lite endring i adferd, illustrert ved endring av manøvreringsmønster, for fartøy som passerer installasjonen flere ganger.

Resultatet av analysen viser at tiden installasjonen er på feltet ikke har en signifikant effekt på trafikkmønsteret rundt installasjonen. Mulige forklaringer kan være at utstrakt bruk av elektroniske hjelpemidler ved navigasjon fører til at kjennskapen til installasjonen i utgangspunktet er høy, samtidig som kommunikasjonen mellom fartøy og installasjonen er god.

På bakgrunn av analyseresultatene foreslås det at Safetec-modellen for kjennskapen til installasjonen endres og oppdateres med nye parametre.

Innholdsfortegnelse

Forord	ii
Sammendrag.....	iii
1 Innledning.....	7
1.1 Bakgrunn	7
1.2 Formål	7
1.3 Problemstillinger	8
1.4 Avgrensninger	10
1.5 Disposisjon	11
1.6 Antagelser	11
2 Metodologi.....	12
2.1 Vitenskapelig arbeid	12
2.2 Risikoanalyse	13
2.3 Variabler	15
2.4 Regresjon og korrelasjon	17
3 Grunnlag for risikoanalyser	25
3.1 Myndighetskrav	25
3.2 Erfaringer fra norsk sokkel	27
4 Analysemetodikk.....	30
4.1 Trafikktyper	30
4.2 Modellering av passerende trafikk.....	34
4.3 Risikoreduserende tiltak.....	47
5 Dataanalyse	51
5.1 Geografiske avgrensninger	51
5.2 Trafikktyper	52
5.3 Valgte analyseområder	55

5.4	Analysemetodikk.....	59
6	Resultater.....	65
6.1	Modellresultater.....	65
6.2	Reelle trafikkdata.....	68
7	Diskusjon.....	99
7.1	Analysemetodikk.....	100
7.2	Resultater.....	102
7.3	Teoretisk modell.....	106
7.4	Forslag til endringer i modell.....	108
8	Konklusjon.....	113
8.1	Videre arbeid.....	113
	Referanser.....	cxv
	Figurliste.....	cxvii
	Tabelliste.....	cxviii

1 Innledning

Denne rapporten er resultatet av den avsluttende prosjektoppgaven for masterstudiet i risikostyring, spesialisering i offshore sikkerhet, ved Teknisk Naturvitenskapelig fakultet ved Universitetet i Stavanger. Prosjektet har foregått over 18 uker våren 2010, og tilsvarer 30 studiepoeng. Oppgaven omhandler risikoanalyse for skipskollisjoner, og vil hovedsakelig sammenligne trafikkbildet en kan observere rundt to installasjoner med en modell for kollisjonsanalyse presentert av Safetec (1994).

1.1 Bakgrunn

Når en ny brønn skal bores på norsk sokkel, plasseres en leterigg ut på feltet der det skal bores, og fartøy i området som ikke er feltrelaterte kan av ulike årsaker komme på kollisjonskurs med denne leteriggen. Kollisjoner med ikke feltrelaterte fartøy anses som en betydelig bidragsyter til risikonivået for de som er om bord på leteriggen, og er et aspekt som må behandles ved hjelp av risikoanalyser.

Risikoanalyse for skipskollisjoner er et omfattende arbeid hvor en starter med å analysere skipssruter i området, med tanke på blant annet fartøystype og størrelse. Dette sees i sammenheng med hvilke laster leteriggen tåler, og riggens evne til hurtig forflytning. På bakgrunn av risikoanalysen må en gjennomføre en rekke risikoreducerende tiltak. Tiltakene kan være å informere fartøy og rederier med fartøy som ofte ferdes i området om plasseringen til leteriggen, og samtidig overvåke havområdene rundt riggen når den jobber. I tillegg har mange leterigger et beredskapsfartøy som kan supplere riggen med ekstra overvåkning, beskytte riggen ved å fange oppmerksomheten til et fartøy på kollisjonskurs, og i teorien direkte påvirke kursen til det ankommende fartøyet.

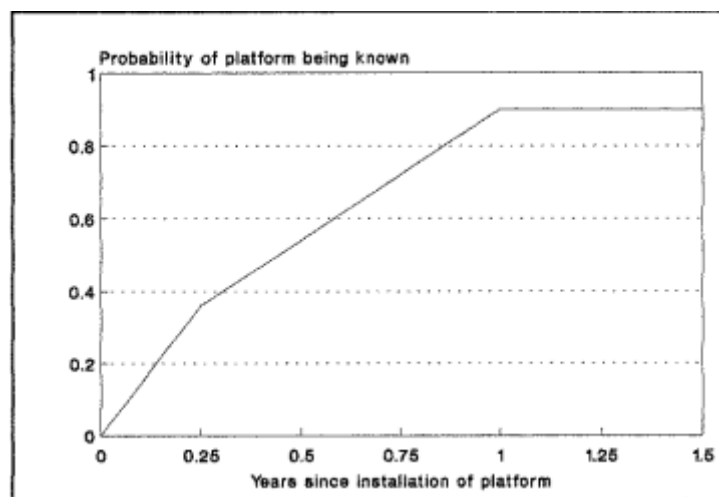
1.2 Formål

Safetec har utviklet en modell som behandler risikoanalyse av skipskollisjoner. Denne modellen til Safetec (1994), heretter kalt Safetec-modellen, behandler fartøy som ikke er feltrelaterte i trafikkruiter. Kollisjonsfrekvensen mellom et ikke feltrelatert fartøy og en installasjon beskrives i Safetec-modellen ved hjelp av årlig antall fartøy i hver trafikkroute, og sannsynligheten for at et fartøy i denne trafikkruiten skal havne på

kollisjonskurs mot installasjonen. Sannsynligheten for at et fartøy havner på kollisjonskurs avhenger i Safetec-modellen av tre faktorer:

- Hvor vidt fartøyet kjenner til installasjonen på forhånd.
- I hvilken grad fartøyet velger å manøvrere rundt installasjonen.
- Om fartøyet i det hele tatt har kurs mot installasjonen.

Den første faktoren, som beskriver hvor vidt fartøy i området kjenner til installasjonen på forhånd, er i Safetec-modellen avhengig av hvor ofte fartøyet passerer i området, og den tiden installasjonen er på feltet. Sannsynligheten for at en installasjon er kjent, vil i Safetec-modellen øke fra 0 % til nesten 100 % i løpet av to år, avhengig av hvor ofte fartøyet seiler i området. Figur 1.1 viser et eksempel på hvordan sannsynligheten for at et handelsfartøy som ferdes i området mellom en og fire ganger per år kjenner til installasjonen som en funksjon av den tiden installasjonen har vært på feltet.



Figur 1.1: Sannsynligheten for at installasjonen er kjent (Safetec, 1994)

Formålet med denne oppgaven er å undersøke og validere Safetec-modellen. Oppgaven vil med dette teste om Safetec-modellen stemmer overens med det trafikkbildet en kan observere på norsk sokkel i dag.

1.3 Problemstillinger

Oppgaven vil analysere trafikkbildet rundt to installasjoner plassert på ulike steder til ulike tider på norsk sokkel. Oppgaven vil med dette undersøke om manøvreringsmønsteret til fartøy som ikke er feltrelatert stemmer overens med det manøvreringsmønsteret som Safetec-modellen foreslår. Ved å analysere trafikkbildet

rundt to installasjoner, kan en få svar på flere problemstillinger. En problemstilling kan være hvordan tiltakene for å informere fartøy og rederier på forhånd om installasjonens plassering påvirker kunnskapsnivået, og således trafikkbildet rundt installasjonene. En annen problemstilling kan være å undersøke i hvilken grad navigasjonssystemer hjelper navigatøren på fartøyet med å oppdage installasjonen på et tidligere tidspunkt, og hvordan trafikkbildet samsvarer med det som er foreslått i Safetec-modellen. En tredje problemstilling kan være å observere navigasjonspraksisen rundt installasjonene. En kan undersøke om passeringsavstanden til fartøy som ikke er feltrelatert er endret i forhold til passeringsavstanden foreslått i Safetec-modellen.

1.3.1 Valgt problemstilling

Den valgte problemstillingen vil bli å finne ut om trafikkbildet viser at kjennskapen til installasjonen øker i den samme grad som modellen til Safetec (1994) foreslår. Vil en kunne observere en endring i trafikkmønster og trafikkvolum rundt en midlertidig installasjon i den perioden installasjonen er på feltet?

Ut av dette vil oppgaven teste ut følgende hypotese:

H₀: Tiden installasjonen er på feltet har en signifikant effekt på trafikkbildet rundt installasjonen.

Alternativhypotesen vil da bli:

H₁: Tiden installasjonen er på feltet har ingen signifikant effekt på trafikkbildet rundt installasjonen.

For å løse denne problemstillingen, vil oppgaven først presentere Safetec-modellen for analyse av kollisjonsrisiko. Videre vil oppgaven gå inn i Safetec-modellen til parameteren som beskriver sannsynligheten for at installasjonen er kjent, og presentere antagelsene og faktorene som ligger til grunn for denne parameteren. Til slutt vil oppgaven analysere hvorledes denne parameteren samsvarer med det trafikkbildet en kan observere rundt to midlertidige installasjoner på norsk sokkel.

Selve analysen er tredelt:

- Den første delen av analysen vil observere hvorledes trafikkbildet endres på et felt når det settes ut en midlertidig installasjon. Dette trafikkbildet sammenlignes med det samme området i to referanseperioder. En periode før, og en periode etter.
- Den andre delen vil analysere hvorledes trafikkbildet endrer seg innenfor den perioden installasjonen er på feltet. Vil en kunne observere en utvikling innenfor samme periode?
- Den tredje delen av analysen vil forsøke å beskrive adferden til de fartøy som har passert installasjonen en gang. Kan en se en endret adferd ved senere passeringer av den samme midlertidige installasjonen?

1.4 Avgrensninger

For å kunne gå i dybden i analysen av trafikkbildet, er flere begrensninger satt:

Oppgaven vil kun betrakte Safetec-modellen for kollisjoner mellom fartøy som ikke er feltrelaterte og offshoreinstallasjoner plassert over havnivå. Oppgaven vil ikke behandle andre kollisjonsscenarioer, slik som kollisjoner i mellom fartøy, eller kollisjoner mellom fartøy og andre offshorestrukturer. Med andre offshorestrukturer menes eksempelvis bunnrammer eller vindmøller. Videre vil ikke oppgaven ta for seg kollisjonsrisiko for fartøy eller andre flytende enheter på avdrift. Konsekvens- og energibetraktninger i en kollisjon er utelatt.

Det tilgjengelige datamaterialet setter og noen begrensninger i oppgavens omfang. Datamaterialet baserer seg på informasjon innhentet ved hjelp av Kystverkets AIS database, som betyr at fartøy uten AIS systemer er utelatt fra analysen. Tilgjengelig datamateriale er begrenset til skipstrafikken i Nordsjøen mellom Tampen og Ekofisk, fra 1.6.2008 til 1.4.2010.

1.5 Disposisjon

Del 1 består av kapittel 1 og 2. Kapittel 1 omhandler generell introduksjon til oppgaven. Kapittel 2 presenterer den vitenskapelige og statistiske tilnærmingen brukt i oppgaven.

Del 2, bestående av kapittel 3 og 4 omhandler grunnlaget for risikoanalyser, og en gjennomgang av hvordan risikoanalyse for skipskollisjon gjennomføres.

Del 3, består av kapittel 5, som forklarer gjennomføringen av analysen i denne oppgaven, og kapittel 6 som presenterer resultatene av analysen.

Del 4, bestående av kapittel 7 og 8, gir en diskusjon og oppsummering angående resultatene fra del 3, og skisserer forslag til videre arbeid.

1.6 Antagelser

I denne oppgaven ligger to hovedantagelser til grunn:

- Et fartøy vil være på kollisjonskurs før de har observert installasjonen, visuelt eller på radar. Det anses som lite sannsynlig at et fartøy vil endre sin kurs direkte mot installasjonen hvis den er observert.
- For å unngå å komme i konflikt med sikkerhetssonen rundt installasjonen, vil det være naturlig for fartøyene å velge en kurs der nærmeste passeringsavstand er 3 nm.

Det henvises til kapittel 7 for nærmere diskusjon av antagelsene.

2 Metodologi

Dette kapitlet presenterer den grunnleggende teorien brukt i denne oppgaven. Kapitlet er delt inn i fire underkapitler:

- Kapittel 2.1 gjør rede for den vitenskapelige tilnærmingen i denne oppgaven.
- Kapittel 2.2 forklarer de grunnleggende prinsippene i en risikoanalyse.
- Kapittel 0 illustrerer ulike sammenhenger mellom hendelser.
- Kapittel 2.4 introduserer grunnleggende teori om regresjonsanalyse.

2.1 Vitenskapelig arbeid

Analysen i denne oppgaven faller under kategorien vitenskapelig arbeid. For å sikre troverdigheten av et vitenskapelig arbeid, må visse kriterier oppfylles. Disse kriteriene kan relateres til *kontroll*, *objektivitet*, og *validitet* (Kruuse, 2007). Dette betyr at undersøkelsene skal gjennomføres presist, ved hjelp av objektive målinger, under kontrollerte betingelser. Kriteriene er satt slik at undersøkelsene skal kunne gjentas for å ha en kontroll med at resultatene ikke bygger på tilfeldigheter, eller oversette variabler. Til slutt må en vurdere resultatenes validitet, og ut i fra dette vurdere om en kan generalisere ut i fra resultatene (Kruuse, 2007).

Det grunnleggende problemet i vitenskapelig arbeid, er å gå fra få observasjoner til en teori som gjelder for alle fremtidige tilfeller av det samme. Dette er den induktive metoden. En ønsker å gå fra det spesielle, til en teori som er generell (Bjørkum, 2003). Videre påpeker Bjørkum (2003) at hypoteser er utsagn basert på teorier om en konkret situasjon eller tilfelle, mens modeller skapes for å kunne forestille seg teorien. Det finnes to hovedformer for hypoteser: Teoretiske, som dreier seg om teoretiske antagelser angående regler for innbyrdes vekselvirkninger, og empiriske hypoteser, som inneholder relasjoner mellom uavhengige og avhengige variabler (Kruuse, 2007). Empiriske undersøkelser er undersøkelser av virkeligheten som baserer seg på erfaring (Store norske leksikon, 2009). Formålet med empiriske undersøkelser er å bekrefte eller understøtte hypoteser (Kruuse, 2007). I henhold til Popper, var bekreftelse, eller verifikasjon, ikke det viktigste for en teori, da en alltid kan finne observasjoner som støtter teorien (Bjørkum, 2003). Popper mente en skulle fokusere på fravær av observasjoner som var i strid med teorien. Hvis en fant observasjoner som var direkte i

strid med teorien, ville det vise at teorien ikke korresponderte med virkeligheten (Bjørkum, 2003).

Den statistiske tilnærmingen til en oppgave baserer seg på mange eksempler, og den statistiske måten å jobbe på kan i følge sin natur ikke føre til en teori som gjør seg uavhengig av eksemplene (Bjørkum, 2003). Denne tilnærmingen forklarer relasjoner mellom eksempler, ikke mellom fenomener, slik som teorier skal gjøre (Bjørkum, 2003). Statistisk tilnærming kan gi en pekepinn om mulige sammenhenger mellom årsak og virkning, men disse sammenhengene må utarbeides ved hjelp av teorier (Bjørkum, 2003). Statistiske modeller er kun gyldige for det datasettet de er etablert på, og de er deterministiske på hva som kan skje, men det som faktisk skjer er tilfeldig (Bjørkum, 2003).

2.2 Risikoanalyse

Risiko kommer av det italienske ordet, *risicare*, som betyr å våge (Aven, 2007), og er definert i ISO standardene som kombinasjonen av sjansen for at en uønsket hendelse vil inntreffe, og alvorlighetsgraden til konsekvensene av den hendelsen (ISO, 2002). Risiko er en sosial og kulturell konstruksjon, der den subjektive konteksten har en vesentlig betydning for hvordan ulike aktører opplever og håndterer risiko (Aven, 2007).

Risikoanalyser er forskjellig fra andre vitenskaper, da de gjennomføres med et litt annet perspektiv. Naturvitenskaper forsøker å gi lover og teorier som forklarer hvordan verden faktisk er, mens en risikoanalyse har som sitt hovedmål å kartlegge og beskrive risiko (Aven, 2007). En risikoanalyse er vitenskapelig i den forstand at den kartlegger erfaring og kunnskap om det usikre, og forsøker å si noe om fremtiden ved mulige utfall og tilhørende sannsynligheter og usikkerheter (Aven, 2007). Utfallet av en risikoanalyse er basert på den kunnskapen som eksisterer, og de forutsetninger som gjøres. Dette betyr at den risikoen som uttrykkes er basert på kunnskap. En oppdatert kunnskap vil kunne endre denne uttrykte risikoen (Aven, 2007).

2.2.1 Sannsynlighet i risikosammenheng

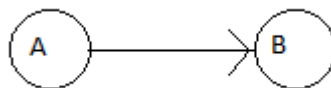
Risiko kan uttrykkes på mange forskjellige måter; av fordelinger, forventningsverdier, eller spesielle konsekvenser. Den mest vanlige måten er å multiplisere sannsynligheten for en hendelse med dens tilhørende konsekvens, for deretter å summere dette produktet over alle identifiserte utfall, og få et uttrykk for den forventede konsekvensen

(Vinnem, 2007). Videre påpeker Vinnem (2007) at risiko uttrykt som forventet konsekvens er et statistisk uttrykk som i de fleste tilfeller praktisk talt ikke kan observeres. Aven (2007) presenterer en tilnærming til risikobegrepet. Han hevder at risiko er kombinasjonen av mulige konsekvenser og tilhørende usikkerhet, som tallfestes ved hjelp av sannsynligheter. Sårbarhet er kombinasjonen av mulige konsekvenser og tilhørende usikkerhet, gitt en initierende hendelse. Sårbarhet uttrykkes ved blant annet sannsynlighet for at en ønsket funksjon ikke ivaretas ved en initierende hendelse. Den tilegnede sannsynligheten $P(A)$ kan ha to fortolkninger (Aven, 2003, 2007):

- Klassisk, relativ frekvensfortolkning: P angir andelen av ganger A inntreffer hvis en tenker seg at situasjonen som betraktes blir repetert et uendelig antall ganger under tilsvarende forutsetninger.
- Alternativt, bayesiansk fortolkning: Den underliggende sannsynligheten er ukjent, og en bruker subjektive sannsynligheter for å uttrykke analytikerens usikkerhet, eller grad av tro om hvorvidt hendelsen A vil inntreffe. $P(A)=0,1$ betyr at analytikerens grad av tro er eksempelvis den samme som å trekke en bestemt kule fra en urne med ti kuler.

2.3 Variabler

En variabel kan defineres som en representasjon (faktor) som kan anta forskjellige kvantitative og kvalitative verdier (Kruuse, 2007). Hypoteser kan defineres som relasjoner mellom variabler (Kruuse, 2007), og det skilles mellom flere ulike typer variabler (Creswell, 2009). De uavhengige variablene er de som påvirker utfallet, som kan tolkes som årsaken, mens de avhengige variablene blir tolket som utfallet, eller virkningen av de uavhengige variablene. En tolkning av hendelser på denne måten forutsetter at det finnes en kausal sammenheng mellom årsak *A* og virkning *B*. I praksis må fenomenet observeres flere ganger før en kan fastslå om det finnes en sammenheng mellom det som en tolker som årsak, og den virkningen en observerer. Hvis en kun har gjort en observasjon, kan en ikke kunne utelukke tilfeldigheter som førte til at *B* ble etterfulgt av *A* (Skog, 2004).



Figur 2.1: Enkelt forhold mellom årsak og virkning

2.3.1 Mellomliggende variabler

Noen sammenhenger kan ikke forklares med et rent forhold mellom årsak og virkning. De krever at en også introduserer en ny, mellomliggende, variabel, *M*. Gitt en situasjon der sammenhengen mellom årsaken *A*, og virkningen *B* kan forklares med en mellomliggende variabel *M*, vil *A* fremdeles føre til utfallet *B*, men nå som en indirekte årsak til utfallet (Skog, 2004). For å finne denne mellomliggende variabelen *M* sin virkning, kan en observere sammenhengen mellom *A* og *B* ved å holde *M* konstant. Hvis en da fremdeles observerer en sammenheng mellom *A* og *B*, kan ikke *M* være hele forklaringen (Skog, 2004).



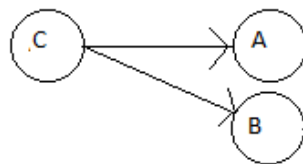
Figur 2.2: Mellomliggende variabel

2.3.2 Samspillseffekten

En kan videre tenke seg en situasjon der årsaken A har en stor effekt på utfallet B , mens den under andre omstendigheter har en nesten ubetydelig effekt. Dette kalles for samspilleffekten (Skog, 2004). Måltallet for denne samspilleffekten vil være avhengig av hvilket mål en bruker for den avhengige variabelen, da man kan sammenligne grupper som i utgangspunktet ikke er like (Skog, 2004).

2.3.3 Spuriøse variabler

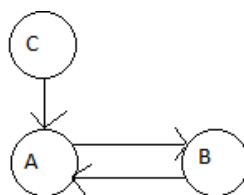
En statistisk analyse må også ta høyde for spuriøse variable. Dette er variabler som kan indikere falske sammenhenger mellom årsak og virkning ved å påvirke både den forutinntatte årsaken A , og virkningen B . Den korrelasjonen mellom disse to variablene, A og B , vil være påvirket av en felles, bakenforliggende faktor, C , og ikke avspeile et rent kausalforhold (Skog, 2004).



Figur 2.3: Spuriøs variabel

2.3.4 Sirkulær kausalitet

I noen tilfeller kan en tenke seg at A fører til B like sannsynlig som B fører til A . En har da et tilfelle av resiprok, eller sirkulær kausalitet (Skog, 2004). En vil da prøve å måle de to mekanismenes relative betydning ved å kartlegge og dokumentere styrken på hver av dem (Skog, 2004). Hvis de to mekanismene opererer sekvensielt, kan en skille dem ved å observere hendelsesforløpet, eller en kan gjennomføre forsøk med naturlige eksperimenter, eller instrumentelle variabler (Skog, 2004). En finner, eller konstruerer da situasjoner der kun den ene variabelen har blitt påvirket, og ut i fra dette kan en måle endringen i den andre variabelen. (Skog, 2004).



Figur 2.4: Sirkulær kausalitet

En kan av de forestående kapitlene fastslå at det finnes hovedsakelig fire grunner til at to fenomener, A og B viser seg å opptre sammen (Skog, 2004):

- Tilfeldige sammentreff.
- A frembringer B .
- B frembringer A .
- En bakenforliggende faktor C eksisterer og kan påvirke en eller begge fenomenene A og B .

2.4 Regresjon og korrelasjon

I mange tilfeller vil en forsøke å finne et matematisk forhold mellom de uavhengige og de avhengige variablene. En enkel måte å beskrive dette forholdet, er ved et lineært forhold:

$$Y = \alpha + \beta x$$

Her er Y den avhengige variabelen, gitt av de uavhengige x -verdiene. α er skjæringspunktet med Y -aksen, og β er stigningstallet.

Noen ganger finnes det ikke et deterministisk forhold mellom variablene; samme uavhengig variabel kan gi variasjon i resultatene i den avhengige variabelen. Her kommer regresjonsanalysen inn, en ønsker å finne kvantitativt det beste forholdet mellom de uavhengige, og de avhengige variablene. Regresjonsanalysen kan brukes til følgende (Skog, 2004):

- Beskrive styrken og retningen av sammenhengen mellom den avhengige og uavhengige variabelen.
- Kvantifisere denne sammenhengen.
- Undersøke sammenhengene ved å kontrollere for bakenforliggende og mellomliggende variabler.
- Bestemme den relative betydningen av de ulike variablene.
- Predikere nye verdier av Y basert på tidligere målinger av x .
- Undersøke om det er en statistisk interaksjon mellom de uavhengige variablene.

2.4.1 Enkel lineær regresjonsmodell

Siden forholdet mellom variablene ikke alltid er deterministisk, men bygger på et sett med observasjoner $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$ som en ønsker å finne den lineære sammenhengen mellom, kan en da introdusere følgende modell, der forventningsverdien til utfallet av målingene modelleres som en lineær funksjon av x_i (Walpole, 2007):

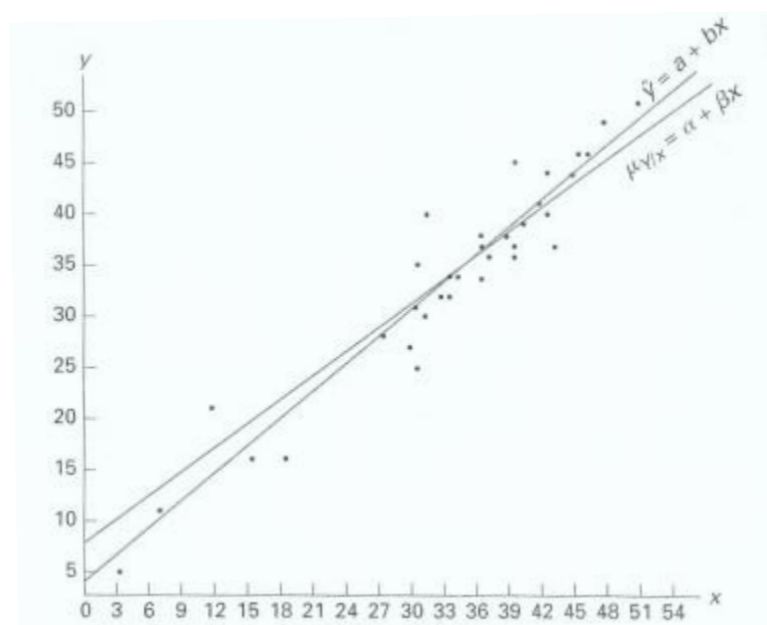
$$\mu_{Y|x_i} = E(Y|x_i) = \alpha + \beta x_i$$

Her er α og β konstanter som skal gjelde for hele populasjonen, mens x og $\mu_{Y|x_i}$ varierer mellom observasjonsenhetene. En antar her at Y_1, \dots, Y_n er uavhengige stokastiske variable, og en kan videre forklare en enkeltobservasjon Y_i slik:

$$Y_i = \mu_{Y|x_i} + \varepsilon_i = \alpha_i + \beta x_i + \varepsilon_i$$

Her er α_i fremdeles skjæringspunktet med andreaksen, den y -verdi en har når en setter $x = 0$, og β_i er stigningstallet. En introduserer og en tilfeldig komponent, ε_i , som tar høyde for de forhold som en ikke forstår, eller kan måle. Dette restleddet ε_i kan være positivt eller negativt, og avhengig av andre årsaker vil den gi en høyere verdi av Y enn en skulle tilsi på grunnlag av tilhørende x -verdi. Denne variabelen antas å være fordelt med $E(\varepsilon_i) = 0$, og $Var(\varepsilon_i) = \sigma^2$.

En har da følgende forhold:



Figur 2.5: Forhold mellom dataplott, regresjonslinje, og "sann" underliggende linje (Walpole, 2007)

Her er $\mu_{Y|x} = \alpha + \beta x$ det "sanne" underliggende, og ukjente, forholdet mellom variablene. Dataparene $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$ brukes til å estimere $\alpha + \beta x_i$ og den estimerte regresjonslinjen $\hat{y} = a + bx$. Merk at den predikerte y -verdien som tilhører en gitt x -verdi er gjennomsnittlig y -verdi i gruppen som består av y -verdier med tilhørende samme x -verdi.

Regresjonslinjen beskriver hvordan y -verdien utvikler seg med variasjoner i x -verdien, og avstanden mellom den enkelte måling, og den estimerte regresjonslinjen kalles residualer, og er definert slik:

$$e_i = y_i - E(Y_i) = y_i - \hat{y}_i = y_i - (a + bx_i)$$

Her er y_i resultatet av den enkelte måling av x_i , og $(a + bx_i)$ er den estimerte regresjonslinjen.

2.4.2 Minste kvadraters metode

For å få den estimerte regresjonslinja $\hat{y} = a + bx$ til å stemme mest mulig overens med den "sanne" regresjonslinja $\mu_{Y|x} = \alpha + \beta x$ vil en søke å finne verdier for a og b slik at de minimerer summen av kvadratet av residualene. Denne summen kalles "the sum of squares of the errors", SSE, og er definert slik (Walpole, 2007):

$$SSE = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

Minstekvadraters estimat av α og β er da gitt ved:

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

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

Minstekvadraters estimator av α og β er gitt ved:

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

$$\hat{\alpha} = \bar{Y} - \hat{\beta}\bar{x}$$

Her er \bar{x} og \bar{y} gjennomsnittet for henholdsvis x og y .

2.4.3 Regresjonsanalyse

I noen tilfeller ønsker en å finne et konfidensintervall eller prediksjonsintervall for α og β . I dette tilfellet må en gjøre følgende antagelser:

- Sammenhengen mellom variablene er lineær.
- Residualene ε er homoskedastiske, variasjonen rundt regresjonslinjen er like stor over alt. Dette kan testes og bekreftes ved et residualplott.
- $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ er uavhengige og identisk normalfordelt med $E(\varepsilon_i) = 0$, og $Var(\varepsilon_i) = \sigma^2$.

Hvis variansen er ukjent, kan et $(1-\alpha)$ konfidensintervall mellom L og U for β kan skrives slik (Walpole, 2007):

$$P \left(L \leq \frac{\hat{\beta} - \beta}{\sqrt{\frac{S^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}} \leq U \right) = (1 - \alpha)$$

Der

$$S^2 = \hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

Konfidensintervallet for β er t-fordelt med $n-2$ frihetsgrader.

Konfidensintervall

I noen tilfeller ønsker en og å kunne predikere utfallet av Y på bakgrunn av en enkeltverdi, x , altså finne $\mu_{Y|x_0}$. Dette kan for eksempel gjøres med et konfidensintervall for responsen $\mu_{Y|x_0}$.

Forventingsverdien for Y gitt x_0 , $\mu_{Y|x_0}$ er gitt ved (Walpole, 2007):

$$\mu_{Y|x_0} = E(Y|x_0) = \alpha + \beta_{x_0}$$

Estimator for $\mu_{Y|x_0}$ blir da:

$$\hat{\mu}_{Y|x_0} = \hat{\alpha} + \hat{\beta}_{x_0}$$

Forventningsverdien, og variansen for $\hat{\mu}_{Y|x_0}$ kan vises å være:

$$E(\hat{\mu}_{Y|x_0}) = \alpha + \beta_{x_0}$$

$$Var(\hat{\mu}_{Y|x_0}) = \sigma^2 \left\{ \frac{1}{n} + \frac{(x_0 - \bar{x})^2}{S_{xx}} \right\}$$

Et $(1-\alpha)$ konfidensintervall mellom L og U for forventet respons, $\mu_{Y|x_0}$ er da gitt ved (Walpole, 2007):

$$P \left(L \leq \frac{\hat{\mu}_{Y|x_0} - \mu_{Y|x_0}}{\sqrt{S^2 \left\{ \frac{1}{n} + \frac{(x_0 - \bar{x})^2}{S_{xx}} \right\}}} \leq U \right) = (1 - \alpha)$$

Dette intervallet er t -fordelt med $n-2$ frihetsgrader (Walpole, 2007). Dette betyr at konfidensintervallet vil i det lange løp inneholde den "sanne" verdien i $(1-\alpha) \cdot 100$ % av målingene. S_{xx} er en kortere skrivemåte for

$$S_{xx} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

Analyse av varians i regresjonsanalyse

Hvis a og b er minstekvadratsestimatorene av α og β , og er definert med $b = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})y_i}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$,

og $a = \bar{y} - b\bar{x}$, gjelder følgende (Walpole, 2007):

$$\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i + \hat{y}_i - \bar{y})^2$$

$$\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 + \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2 + 2 \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)(\hat{y}_i - \bar{y})$$

Dette uttrykket kan skrives slik:

$$SST = SSE + SSR + 0$$

Her er SST den totale summen av minstekvadratene, SSE det kvadrerte feilledet, og SSR er regresjonen

Regresjonsmodellens forklaringssevne kan beskrives med hvor stor andel av variasjonen i den avhengige variabelen som kan forklares av den uavhengige variabelen. R^2 er definert ved (Walpole, 2007):

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

R^2 er et måltall som skal ligge mellom 0 og 1. Hvis SSE er stor i forhold til SST, er målingene et tilfelle med mye støy, og lite mønster. Hvis derimot SSE er liten i forhold til SST, vil R^2 være nær 1, og målingene er et tilfelle med lite støy, og mer mønster.

En bør være forsiktig med å legge for mye inn i vurderingen av R^2 , da den er sterkt avhengig av antall målinger en har gjennomført.

En vil videre gjerne teste følgende hypotese: $H_0: \beta = 0$, mot $H_1: \beta \neq 0$, det vil si om stigningstallet er signifikant forskjellig fra 0.

Da vil en forkaste H_0 dersom $\frac{\frac{SSR}{1}}{\frac{SSE}{n-2}} = \frac{MSE}{MSR} \geq f_{1,n-2}$.

Opgaven vil i kapittel 6.2.2 bruke en ANOVA (analysis-of-variance) tabell fra Excel, som ser slik ut:

Tabell 2.1: ANOVA tabell

Regresjonsstatistikk	
Multipel R	
R-kvadrat	
Justert R-kvadrat	
Standardfeil	
Observasjoner	

Variansanalyse					
	fg	SK	GK	F	Signifikans-F
Regresjon	1	SSR	SSR/1	MSR/MSE	P(F>fobs)
Residualer	n-2	SSE	SSE/(n-2)		
Totalt	n-1	SST			

	Koeffisienter	Standardfeil	t-Stat	P-verdi	Nederste 95 %	Øverste 95 %
α						
β						

Denne tabellen kan svare på om stigningstallet er signifikant forskjellig fra 0, blant annet av å lese av kolonnen P-verdi for β . P-verdien er definert slik (Walpole, 2007): En p -verdi er det laveste signifikansnivået der den observerte verdien i testen er statistisk signifikant.

Hvis P -verdien er lavere enn det valgte signifikansnivået, vil en kunne påstå at stigningstallet β er signifikant større enn 0. Konfidensintervallet for α og β kan også gi indikasjoner på om parameterne er signifikant forskjellig fra 0. Hvis 0 ikke er en del av konfidensintervallet, kan en påstå at stigningstallet er signifikant forskjellig fra 0 på et 95 % konfidensnivå.

I tillegg til denne tabellen, bør en sette opp et residualplott. Dette plottet viser hvordan de observerte verdiene varierer i forhold til den estimerte regresjonslinja, og skal i henhold antagelsen i regresjonsanalysen være uavhengige og identisk normalfordelt. Dette plottet bør derfor optimalt sett vise en tilfeldig spredning rundt 0.

2.4.4 Typefeil

Ved gjennomføring av en hypotesetest kan en komme til å gjøre to typer feil. Type I feil vil si å forkaste H_0 , selv om den er riktig. Type II feil vil si at en ikke forkaster H_0 selv om den er feil. Dette kan komme av for liten forskjell mellom gruppene, og at en ikke klarer å påvise at H_0 er feil.

Sannsynligheten for å gjøre slike feil avhenger av flere forhold. For type I feil bestemmes sannsynligheten for å gjøre denne type feil av signifikansnivået som velges. Et høyere signifikansnivå fører til at forskjellen mellom gruppene må være større for å forkaste H_0 . Hvis forskjellen eksisterer vil denne være vanskelig å påvise hvis den reelle forskjellen ikke er særlig stor.

Sannsynligheten for å gjøre type II feil avhenger av størrelsen på den reelle forskjellen mellom gruppene. En større forskjell mellom gruppene reduserer sannsynligheten for å gjøre feil av denne type.

De fire utfall i en hypotesetest kan illustreres i en tabell (Skog, 2004):

Tabell 2.2: De fire utfall i en hypotesetest (Skog, 2004)

	H_0 forkastes	H_0 forkastes ikke
H_0 er ikke sann	OK	Feil av type II: Sannsynligheten av dette avhenger av: Signifikansnivå Utvalgets størrelse Styrken på den reelle sammenhengen
H_0 er sann	Feil av type I: Sannsynligheten for dette er lik signifikansnivået	OK

3 Grunnlag for risikoanalyser

Det følgende kapitlet beskriver grunnlaget for gjennomføring av risikoanalyser. Kapitlet er delt i to, der den første delen skisserer de ulike myndighetskrav for sikkert design og sikker operasjon av innretninger som gjelder for petroleumsvirksomheten i Norge. Den andre delen skisserer de erfaringer petroleumsvirksomheten i Norge har gjort seg i forbindelse med kollisjoner mellom fartøy som ikke er feltrelaterte og offshoreinstallasjoner.

3.1 Myndighetskrav

Petroleumstilsynet, Ptil, utvikler og håndhever forskrifter som skal regulere sikkerhet og arbeidsmiljø i norsk petroleumsvirksomhet, både på norsk sokkel og tilhørende landanlegg. Regelverket er utarbeidet for å opprettholde et forsvarlig helse-, miljø-, og sikkerhetsnivå i petroleumsvirksomheten (Ptil, 2008).

For å ivareta kravene i regelverket, og for å oppnå et så lavt risikonivå som mulig, gjennomfører operatørselskapene prosesser for å kartlegge farlige forhold, vurdere risiko, og finne risikoreducerende tiltak i forhold til funksjonskrav (Statoil ASA, 2009). Dette betyr altså at selskapene gjennomfører risikoanalyser for sine operasjoner.

Norge har etter 2002 hatt fem forskrifter som skal kontrollere sikkert design og operasjon av innretninger i petroleumsvirksomheten (Vinnem, 2007). De er:

- Rammeforskriften (Ptil, 2001a)
- Opplysningsforskriften (Ptil, 2001b)
- Styringsforskriften (Ptil, 2001c)
- Innretningsforskriften (Ptil, 2001d)
- Aktivitetsforskriften (Ptil, 2001e)

I tillegg finnes en forskrift om risikoanalyse for flyttbare innretninger, utgitt av Sjøfartsdirektoratet (1993).

Rammeforskriften (2001a) § 9 angir prinsipper for risikoreduksjon, og påpeker at skade, eller fare for skade på mennesker, miljø eller materielle verdier skal forhindres eller begrenses i henhold til lovgivningen. Utover dette skal risikoen reduseres ytterligere så langt det er mulig, og denne vurderingen skal gjøres i alle faser av petroleumsvirksomheten. Når en skal redusere risiko, skal de tekniske, operasjonelle

eller organisatoriske løsningene som gir best resultater velges, så sant kostnadene ikke står i vesentlig misforhold til den risikoreduksjonen som oppnås. Dersom en ikke har tilstrekkelig kunnskap om virkningen av disse løsningene har for helse, miljø og sikkerhet, skal løsninger som reduserer denne usikkerheten velges. Faktorer som kan volde skade, eller ulempe skal erstattes med faktorer som etter en samlet vurdering har mindre potensial for skade eller ulempe.

Styringsforskriften (2001c) §§ 1 og 2 angir at det skal være løsninger som reduserer sannsynligheten for at det oppstår uønskede situasjoner. Videre presiseres det at uavhengige barrierer skal etableres for å redusere sannsynligheten for at fare- og ulykkessituasjoner oppstår. Disse barrierene skal driftes og vedlikeholdes slik at funksjonen blir ivaretatt i løpet av installasjonens levetid.

Styringsforskriften § 6 krever at operatøren setter akseptkriterier for storulykkerisiko og miljørisiko, som skal brukes ved vurdering av resultatene av en kvantitativ risikoanalyse, mens styringsforskriften §§ 14 og 15 krever at kvantitative risikoanalyser skal utføres for å gi et nyansert, og mest mulig helhetlig bilde av risikoen. Disse analysene skal brukes for å identifisere bidragsyttere til storulykkerisikoen, sette driftsbetingelser, og risikoklassifisere områder, systemer og utstyr.

Innretningsforskriften § 6 definerer krav til hovedsikkerhetsfunksjoner som skal opprettholdes til innretningen er evakuert ved en ulykkessituasjon, mens § 10 påpeker at ulykkeslaster og naturlaster med en årlig sannsynlighet større enn eller lik 1×10^{-4} ikke skal medføre tap av en hovedsikkerhetsfunksjon.

Forskrift om risikoanalyse for flyttbare innretninger (NHD, 1993), gjelder for flyttbare innretninger som skal registreres, eller er registrert i norsk fartøysregister. Denne risikoanalysen skal dokumentere at innretningen tilfredsstiller de definerte akseptkriterier, etter at de risikoreducerende tiltak er iverksatt. Risikoanalysen skal omfatte generelle operasjonsbetingelser, dimensjonerende ulykkeshendelser, vurdering av forskjellige risikoområder, og en teknisk miljøanalyse. Den skal i tillegg inneholde delanalyser, slik som:

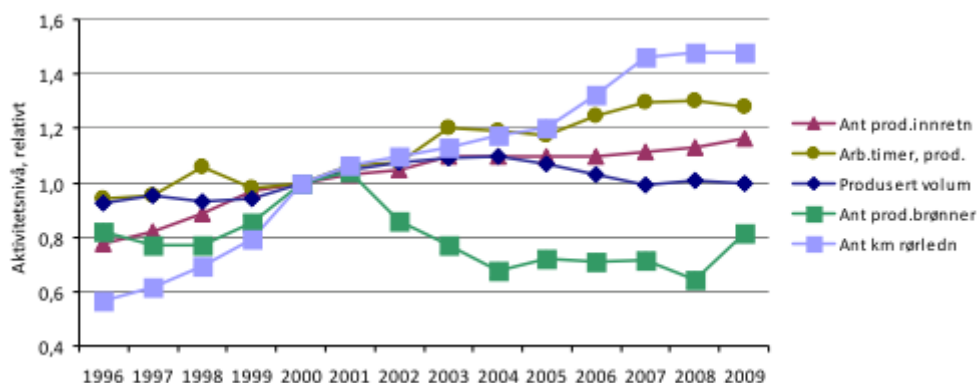
- Konseptanalyse
- Konstruksjonsanalyse
- byggeanalyse
- pålitelighets-, og sårbarhetsanalyse

I tillegg skal en beredskapsanalyse inngå i konsept, konstruksjons, og byggeanalysen.

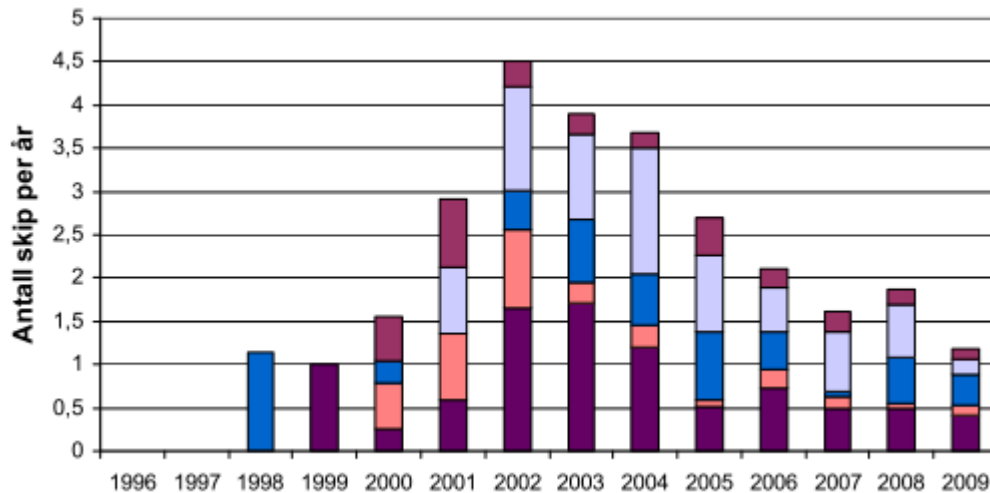
3.2 Erfaringer fra norsk sokkel

Petroleumstilsynet har siden 2000 målt effekten av HMS arbeidet på norsk sokkel med prosjektet utvikling i risikonivå – norsk sokkel (Ptil, 2010a). Dette prosjektet utgir på årlig basis en rapport om utviklingstrekk i risikonivået sammenlignet med aktivitetsnivået på norsk sokkel, i 21 ulike definerte fare-, og ulykkessituasjoner.

Figur 3.1 viser utvikling av aktivitetsnivå i produksjon. Antall arbeidstimer på produksjonsinnretninger har økt med 30 %, produsert volum viser seg å ligge omtrent stabilt, og antall produksjonsbrønner har blitt redusert med 20 %. Arbeidstimer i produksjon har økt med nesten 10 %, og antall kilometer rørledning har økt med nesten 50 %. Alle tallene er satt relativt til år 2000.



Figur 3.1: Utvikling av aktivitetsnivå, produksjon (Ptil, 2010a)



Figur 3.2: Utviklingen i antall fartøy på mulig kollisjonskurs, 1996-2008 (unntatt H-7 og B-11) (Ptil, 2010a)

Figur 3.2 viser utviklingen i antall fartøy på mulig kollisjonskurs fra 1996 til 2008. Installasjonene H-7 og B-11 holdes utenfor, da de ligger på tysk sokkel, og er underlagt både norsk og tysk jurisdiksjon. Figuren viser en topp i 2002, med en reduksjon i 2003 til 2007. Statoil opprettet i november 1998 en trafikksentral som overvåker trafikken rundt 35 installasjoner, og data fra denne sentralen har medført at en har fått et mer realistisk tall over fartøy på kollisjonskurs etter 1998, enn i perioden før 1998 (Ptil, 2010a).

3.2.1 Trafikkovervåkning

Statoil etablerte i 1998, som forklart i kapittel 3.2, en trafikksentral som overvåker havområdene rundt sine installasjoner ved hjelp av to radarer og en AIS stasjon på hver installasjon. Denne trafikksentralen holder til på Sandsli utenfor Bergen, hvor tre personer overvåker all aktivitet i områdene rundt installasjonene kontinuerlig.

Hvis et fartøy har stabil kurs mot en innretning, og tiden til den vil treffe innretningen er 60 minutter (time to closest point of approach 60 min, TCPA 60) vil trafikksentralen få første varsling. Varslingen består i at fartøyet blir rødt på displayet i trafikksentralen, og en alarm utløses (Helgesen, 2010).

I løpet av de neste ti minuttene, frem til TCPA 50, vil overvåkningsentralen forsøke å kontakte fartøyet via mobiltelefon eller over VHF båndet. Statistikken viser at i opptil 99 % av tilfellene vil kontakt oppnås, fartøyet endrer kurs og vil unngå installasjonen (Helgesen, 2010). Hvis overvåkningsentralen ikke får kontakt med fartøyet innen TCPA 50, vil de informere installasjonen om situasjonen, og overvåkningsentralen sin rolle vil

være å oppdatere installasjonen om kursutviklingen til det ankommende fartøyet, og forsøke å kontakte fartøyet. Plattformen sin oppgave vil da bli å vurdere når beredskapsfartøyet skal gå i mot det ankommende fartøyet (Helgesen, 2010).

Ved TCPA 35 vil alt personell som ikke er essensielt mønstre i livbåtene. Petroleumstilsynet skal informeres dersom beredskapsfartøyet settes inn mot det ankommende fartøyet, eller hvis personellet på installasjonen må mønstre i livbåtene, uavhengig av tiden til sammenstøt, TCPA, eller avstanden mellom installasjonen og fartøyet, CPA (Helgesen, 2010; Ptil, 2010b).

4 Analysemetodikk

Dette kapitlet vil hovedsakelig presentere Safetec-modellen for kalkulering av kollisjonsrisiko mellom en installasjon og et fartøy. Kapitlet er delt inn i tre deler; presentasjon av trafikktyper, modellering av passerende fartøy, og en presentasjon av eksisterende risikoreduserende tiltak. Kapitlet vil delvis bestå av sitater fra ulike kilder, presentert på sitt originalspråk. Denne tilnærmingen er valgt fordi en vil prøve å unngå misforståelser ved spesielle formuleringer og uttrykk.

Dette kapitlet vil kun se på Safetec-modellen for risikobidraget fra fartøy som ikke er feltrelaterte, da denne oppgaven har som formål å teste effekten til utviklingen av sannsynligheten for at installasjonen er kjent hos de fartøy som ikke er feltrelaterte.

4.1 Trafikktyper

Både Safetec (1994), og HSE(1999) grupperer fartøyskollisjoner inn i to. Det er kollisjoner mellom installasjoner og fartøy under motordrift, og mellom installasjoner og drivende enheter. Det førstnevnte inntreffer når fartøyet går for maskin i retning mot installasjonen, og det sistnevnte inntreffer når fartøyet har mistet sin egen motorkraft og driver mot installasjonen.

Grunnarbeidet i en kollisjonsanalyse, vil være å identifisere de fartøykategoriene som potensielt kan kollidere med en installasjon. Tabell 4.1 (Safetec, 1994) viser ett eksempel på en inndeling:

Tabell 4.1: Kategorier av potensielt kolliderende fartøy(Safetec, 1994)

<i>Type of traffic</i>	<i>Traffic category</i>	<i>Vessel Category</i>	<i>Remarks</i>
<i>External</i>	<i>Merchant</i>	<i>Merchant ships</i>	<i>Commercial traffic passing the area</i>
	<i>Naval traffic</i>	<i>Surface vessels</i>	<i>Both war ships and submarines</i>
		<i>Submerged vessels</i>	<i>Submerged submarines</i>
	<i>Fishing vessels</i>	<i>Fishing vessels</i>	<i>Divided on vessels in transit and vessels operating in the area</i>
	<i>Offshore traffic</i>	<i>Standby boats</i>	<i>Vessels going to and from other fields</i>
		<i>Supply vessels</i>	<i>Vessels going to and from other fields</i>
		<i>Offshore tankers</i>	<i>Vessels going to and from other fields</i>
<i>Tow</i>		<i>Towing of drilling rigs, flotels, etc.</i>	

Tabell 4.2 viser en annen inndeling av trafikktyper, gitt av HSE (1999):

Tabell 4.2: Kategorier av potensielt kolliderende fartøy (HSE, 1999)

<i>Merchant traffic</i>
<i>Shuttle tankers</i>
<i>Ferries</i>
<i>Offshore vessels</i>
<i>Fishing boats</i>
<i>Naval craft including submarines</i>
<i>Pleasure craft</i>

En kan begge disse tabellene se at handelstrafikk (*merchant traffic*), marinefartøy (*naval traffic*), og fiskebåter (*fishing vessels*) er en del av de fartøy som både HSE (1999) og Safetec (1994) mener er fornuftig. Safetec (1994) har valgt å samle beredskapsfartøy (*standby boats*), forsyningsfartøy (*supply vessels*), bøyelastere (*offshore tankers*) og slepebåt (*tow*) inn samme kategori, offshore trafikk, mens HSE (1999) har valgt å dele offshore trafikk (*offshore vessels*) og bøyelastere (*shuttle tankers*). Videre har HSE (1999) valgt å nyansere bildet med å dele handelstrafikk med ferjer (*ferries*), og lystfartøy (*pleasure craft*).

Denne oppgaven vil sammenligne trafikkbildet på norsk sokkel med de resultatene som Safetec-modellen gir, og derfor vil trafikkategoriene merchant, fishing vessels, og offshore traffic fra Tabell 4.1 anvendes. For en nærmere inndeling av hvilke typer fartøy som skal innlemmes i hver kategori, henvises det til kapittel 5.2.

4.1.1 Handelsfartøy

Handelsfartøy kan representere den største faren for kollisjon, og Safetec(1994) oppgir tre grunner for at handelsfartøyer bør behandles grundig:

“Merchant vessels are often large, and may thus represent considerable impact energy.

The traffic may be very dense in some areas.

These vessels are among the “traditional” users of the ocean, as opposed to the more recent oil and gas exploitation. They are generally not very willing to accept limitations on their operations.”

Trafikkmønsteret til passerende handelsfartøy modelleres hovedsakelig som rutebasert trafikk, mens i noen tilfeller vil en annen modellering av trafikken være mer hensiktsmessig (Safetec, 1994). Det henvises til kapittel 4.2.1 for nærmere diskusjon. Grunnlaget for å modellere handelsfartøy som rutebasert trafikk gis av Safetec (1994):

" (...) Merchant vessels travel in relatively well-defined routes or lanes. This assumption is sensible, because there will usually be only one, or at least very few, optimal ways to travel from one point to another across the sea.

(...)The defined route patterns will not include all merchant vessels:

Random traffic or vessels which are outside the "normal" routes which they could be expected to follow are not included.

Very bad weather may cause some vessels to take an alternative route (weather routing) and they may then come far off their intended course lines.

We have however (...) chosen to also include models for random merchant traffic. This since more updated traffic data for an area may be available in another format, either in form of random traffic or area density".

Dette betyr at handelsfartøy vil i Safetec-modellen behandles både som rutebasert trafikk, og tilfeldig trafikk.

4.1.2 Marinefartøy

Både HSE(1999) og Safetec(1994) behandler marinefartøy i to hovedkategorier; trafikk over og under havoverflaten. Safetec(1994) gir følgende begrunnelse for hvorfor overflatefartøy neglisjeres, og hvorfor ubåter behandles kun som passerende trafikk:

"Naval vessels are always posing a problem in risk analyses, mainly because no navy is willing to give out information on movements of either their own or foreign vessels.

Considering the amount of personnel "on watch" it seems to be very unlikely that a naval surface vessel should not know of/detect the platform and avoid it compared to a merchant vessel. In addition, naval vessels are more likely to operate in groups, something which also will reduce the collision

probability. (...)As a conclusion we have therefore chosen to exclude naval surface vessels from our model altogether. The contribution from such vessels is likely to be low, and when the traffic density is low compared with the merchant traffic, it is more advisable to concentrate the effort on the more important vessel categories.

(...)As for naval surface vessels, due to a reduced probability of drifting combined with a relatively low number of vessels, the contribution from drifting submarines to the overall collision risk is neglected.

(...)It is not allowed for the submarines to operate in the immediate vicinity of the offshore installation in times of peace. The submarine traffic is hence only considered as passing traffic.”

Marinefartøy på overflaten vil altså ikke innlemmes i analysen på grunn av lite informasjon om deres seilingsruter, og beredskapsnivået om bord. Ubåter vil kun behandles som passerende fartøy da de ikke har lov til å operere i nærheten av offshoreinstallasjoner i fredstid.

4.1.3 Fiskefartøy

Safetec(1994) har valgt å dele fiskefartøy inn i to deler:

“Fishing vessels can be in transit from the coast to and from different fishing areas. (...) The same models as for other passing vessels are applicable.

Secondly, the vessels may be fishing in an area. The vessels operation and behavior during fishing will be complex and varied, but usually at low speed and with no preferred heading.”

Fiskefartøyer er i henhold til Safetec (1994) generelt sett ikke store nok til å kunne påvirke den strukturelle integriteten til en installasjon ved et sammenstøt, men Safetec (1994) forklarer hvorfor fiskefartøy bør innlemmes i en kollisjonsmodell:

“In general the vessels are so small that they represent no serious hazard to the structural integrity of a platform. (...) However, the risers and other relevant equipment will have considerably less impact resistance. Powered

as well as drifting fishing vessels will hence be considered and models for these scenarios are developed.”

Fiskefartøy innlemmes altså i Safetec-modellen, da fiskefartøy eksempelvis kan påvirke stigerørene ved et sammenstøt.

4.1.4 Offshore trafikk

I noen tilfeller kan også ekstern offshore trafikk være av interesse, da de gjerne må passere et felt på vei mot et annet. Safetec(1994) forklarer hvordan en modellerer offshorefartøy som ikke er feltrelaterte:

”Passing offshore vessels, tankers as well as supply, standby and work vessels are in many respects similar to passing merchant vessels. The model applied for passing vessels is therefore applicable also to this vessel category, but the parameter values will have to be updated.”

Grunnen for at noen parameterverdier må endres i forhold til vanlig handelstrafikk gis av Vinnem(2007):

”Their level of knowledge about installations should be higher because they operate in the area all the time.”

Offshoretrafikk som ikke er feltrelatert vil altså behandles som handelstrafikk med litt endrede parameterverdier. Tabell 4.4, side 46, viser en parameterverdi som endres for offshoretrafikk i forhold til handelstrafikk.

4.2 Modellering av passerende trafikk

Safetec-modellen, gitt av Safetec(1994), for analyse av risikobidrag fra fartøy som ikke er feltrelatert er uttrykt ved følgende:

$$P_{CP} = P_{CPD} + P_{CPP}$$

P_{CP} = frequency of passing vessel collision

P_{CPD} = frequency of collision due to a passing vessel adrift

P_{CPP} = frequency of powered collisions”

En ser her at frekvensen for kollisjon med ikke feltrelatert trafikk gis av summen av frekvensen for kollisjon med drivende fartøy, og frekvensen for kollisjon med fartøy under motordrift.

P_{CPD} , som er frekvensen for kollisjon med drivende fartøy, blir oftest behandlet under ett for alle typer fartøy (Safetec, 1994), men denne oppgaven vil kun behandle kollisjoner under motordrift, P_{CPP} , forklart i kapittel 1.4. Videre presenterer Safetec (1994) en formel for utregning av P_{CPP} :

$$P_{CPP} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^6 \sum_{k=1}^n N_{ijk} \cdot \sum_{l=1}^4 P_{CC,jkl} \cdot P_{FSIR,jkl} \cdot P_{FPIR,jkl} \quad (1)$$

where

P_{CCP} = Annual number of powered passing vessel collisions.

N_{ijk} = Annual number of vessels in vessel category j in size category k travelling in "lane" i . The risk contribution from each relevant "lane" is calculated and added together to get the total risk to the platform.

$P_{CC,ijkl}$ = The probability that a vessel in vessel category j in size category k in traffic group l travelling in lane i is on a collision course at the point when the vessel can observe the platform, visually or on a radar. There are six vessel categories:

- Merchant vessels
- Fishing vessels
- Standby boats
- Supply vessels
- Shuttle tankers
- Naval vessels (submarines)

$P_{FSIR,jkl}$ = The probability that the vessel itself does not initiate some action to avoid a collision with the platform (Failure of Ship Initiated Recovery).

$P_{FPIR,jkl}$ = The probability that the platform or the standby vessel do not succeed in initiating recovery on the vessel, given that the vessel has not initiated such action itself (Failure of Platform Initiated Recovery). "

En kan av dette se at årlig frekvens for kollisjon med ikke feltrelaterte fartøy kan modelleres som en sammenheng mellom trafikkvolum, sannsynligheten for at fartøyet er på kollisjonskurs når det kan observere installasjonen, og sannsynligheten for at verken fartøyet eller installasjonen ikke lykkes i å gjennomføre unnvikende manøvre.

4.2.1 Trafikkmønster og trafikkvolum

Trafikkvolumet blir, som forklart i forrige kapittel, behandlet slik at hver rute har et antall fartøy i hver kategori, og en finner totalt trafikkvolum ved å summere trafikkvolumet over alle rutene som passerer i området. Safetec(1994) sier følgende om modellering av trafikkvolum:

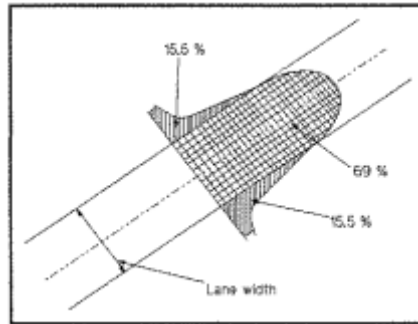
The traffic volume is probably the parameter which most directly can be based on observations and which can be treated statistically without having to apply analytical considerations or engineering judgments.

(...) However, one word of warning may be given. One cannot perform a data collection of this type once and forever and assume that the data will always apply. (...) For this reason, it may be wise to perform spot checks whenever a detailed risk analysis will be performed.

Tre ulike trafikkmønster introduseres (Safetec, 1994); rutebasert trafikk, tilfeldig navigasjon, og områdetetthetsmodell. Den rutebaserte trafikken, vist i Figur 4.1, forklares slik (Safetec, 1994):

“The route based traffic is defined with a centre line, a route width, a distribution of the vessels over the route, an annual number of passing vessels and vessel size distributions.”

Senterlinjen vil for eksempel være korteste linje mellom to havner. Denne senterlinjen har da en definert bredde som inneholder en fordeling over antall fartøy som forventes å være innenfor denne bredden, og en antar en sannsynlighetsfordeling for plasseringen av trafikkvolumer, da fartøy med kurs som avviker fra den ideelle linjen kan forekomme (Vinnem, 2007). Figur 4.1 viser at den definerte bredden modelleres til å inneholde eksempelvis 69 % av trafikkvolumet.



Figur 4.1: Rutebasert trafikk (Safetec, 1994)

Vinnem(2007) gir en nærmere begrunnelse for at sannsynlighetsfordeling er valgt når en modellerer trafikkrutene:

“Deviations from the straight (or ideal) route between two points may be due to a number of different causes, e.g.:

- *Different choice of route*
- *Different navigational practice*
- *Inaccuracies in navigation (human related)*
- *Inaccuracies in equipment, charts, etc.*
- *Deviation due to wind, waves, and current.*

All these factors are to some extent random, and it can be assumed that they together will produce deviations from the straight line which may be modeled with a normal distribution. This however, only relates to navigation in open sea.”

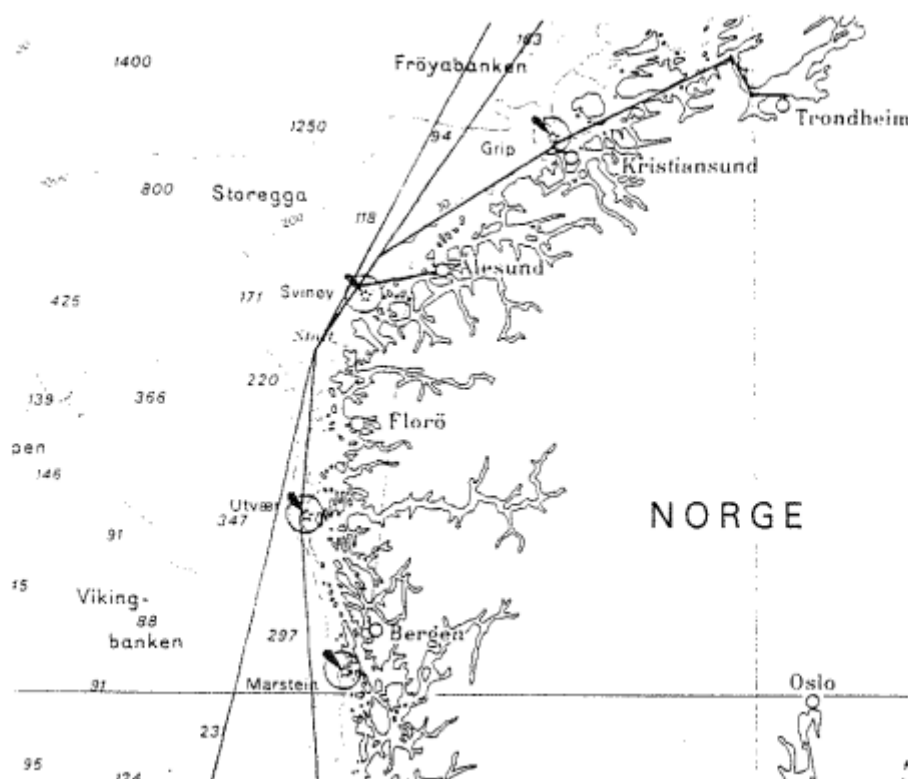
Safetec (1994) diskuterer videre bruken av rutekonseptet i kollisjonsmodelleringen:

(...) Ideally, routes should be defined for each possible or likely combination of ports that vessels will travel between. This division would give a traffic picture which would be very simple to handle from the point of view of risk calculations because all routes would be clearly defined.(...) However, this would be inconvenient because it would lead to a very large number of routes, of which the majority would have a very limited traffic.”

Rutekonseptet har som forklart over en ulempe, da det kan føre til at en må behandle mange ruter som har svært begrenset trafikkvolum. Fartøy som går fra hver sin havn, vil

følge den samme ruten i deler av overfarten (Safetec, 1994; Vinnem, 2007), og en tilnærming løsning på problemet presenteres ved å modellere trafikken delvis med vendepunkt (*way points*), vist i Figur 4.2, og egne definerte ruter mellom to havner (Safetec, 1994):

“A combination of the two approaches may therefore be useful. If there are particular port combinations which comprise considerable traffic, it may be convenient to define this as a single route. In other situations it may, on the other hand, be more natural to combine traffic from several ports into one route.”



Figur 4.2: Trafikkruter ved Stadt (Safetec, 1994)

En kan av Figur 4.2 se at trafikk som kommer langs kysten fra nord for Trondheim vil kunne kombineres i samme rute sør for Ålesund. De to andre modellene for trafikkmønster, tilfeldig navigasjon, og områdetetthetsmodell, er to modeller som hovedsakelig brukes i modelleringen av kollisjoner med nærliggende fartøy (*nearby vessel collisions*) og drivende fartøy (*drifting vessels*). Denne oppgaven vil ikke gå dypere inn på disse to modellene, og det henvises til Safetec (1994) for nærmere presentasjon og diskusjon.

4.2.2 Sannsynlighet for kollisjonskurs

En grunnleggende antagelse i kollisjonsmodelleringen er at fartøyet vil være på kollisjonskurs før de har observert installasjonen visuelt eller på radar, og det anses som lite sannsynlig at et fartøy vil endre sin kurs direkte mot installasjonen hvis den kan observeres (Safetec, 1994). Et fartøy på kollisjonskurs hender daglig på norsk sokkel (Vinnem, 2007), og vil kun være kritisk hvis avstanden mellom fartøyet og installasjonen er liten, og fartøyet ikke endrer sin kurs (Safetec, 1994).

Navigasjonspraksisen er ulik for forskjellige fartøy, avhengig av i hvilken grad navigatøren kjenner til installasjonen, og i hvilken detaljgrad planleggingen gjennomføres. Navigasjonspraksisen kan deles inn i tre (HSE, 1999; Safetec, 1994):

Uviten om installasjonen

En kan dele inn fartøyene i de som kjenner til installasjonens plassering, og de som er uvitende om installasjonen. Safetec(1994) kommenterer følgende om den siste gruppen:

"They will continue unaffected until they discover the platform, i.e. until they pass the 12 nm limit. For this group of vessels, the normal distribution is still applicable, at least until the platform is detected and avoiding actions are performed."

Denne gruppen inneholder, som forklart over, de fartøy som ikke er klar over installasjonen, men som vil unngå en kollisjon ved at de er observante, eller får beskjed at de er på kollisjonskurs, og vil først da gjennomføre unnvikende manøver.

Vet om installasjonen, men planlegger ikke nøye

Fartøy som kjenner til installasjonen kan deretter deles inn i de som planlegger ruten nøye, og de som ikke planlegger ruten i stor detaljgrad. For de som ikke planlegger i stor detaljgrad, har Safetec(1994) følgende kommentarer:

"It is however assumed that also some of these vessels proceed as if the platform was not there, at least until they come fairly close to the platform and can determine whether there is a risk of collision or not. (...) The problem is handled if it arises."

Denne gruppen er klar over installasjonen, og vil endre sin planlagte kurs hvis de kommer i konflikt med sikkerhetssonen rundt installasjonen.

Vet om installasjonen, og planlegger nøye

Den siste gruppen; de som planlegger ruten i stor grad av detalj, kan velge to måter å manøvrere på: Avvikende (*avoidance*), vist i Figur 4.3, og posisjonsbekreftende (*position-fixing*) planlegging, vist i Figur 4.4. Safetec (1994) kommenterer følgende:

"The last category of vessels, those which know the platform and plan their voyage in detail so as to avoid it is however different. In order to avoid coming into conflict with the safety zone around the platform (...) it is natural to choose a course which brings the ship perhaps 2-3 nm off the platform. (...) A somewhat special group of vessels which is included in the last category are those which use the platform as navigational mark. (...) Some ships are willing to divert from the shortest course line to locate an installation for position-fixing where appropriate.

(...) This special group of vessels cannot be excluded from the risk calculations, because even if the vessels plan to pass to the side of the platform, random deviations from the planned course may imply that also some of these vessels end up on a collision course."

Overnevnte sitat kan tolkes slik at de som planlegger ruten nøye, vil passere installasjonen med en CPA på 3 nm enten ved å gjennomføre unnvikende manøvrering, Figur 4.3, eller posisjonsbekreftende manøvrering, Figur 4.4. Denne passeringsavstanden kan være fornuftig, da naturlige variasjoner i vind og strøm kan føre til at fartøyet kommer på kollisjonskurs (HSE, 1999; Safetec, 1994). Figur 4.3 viser hovedleia til de fartøy som velger avvikende manøvrering. Når de nærmer seg installasjonen, vil de endre kurs slik at de passerer installasjonen med en avstand på omtrent 3 nm.



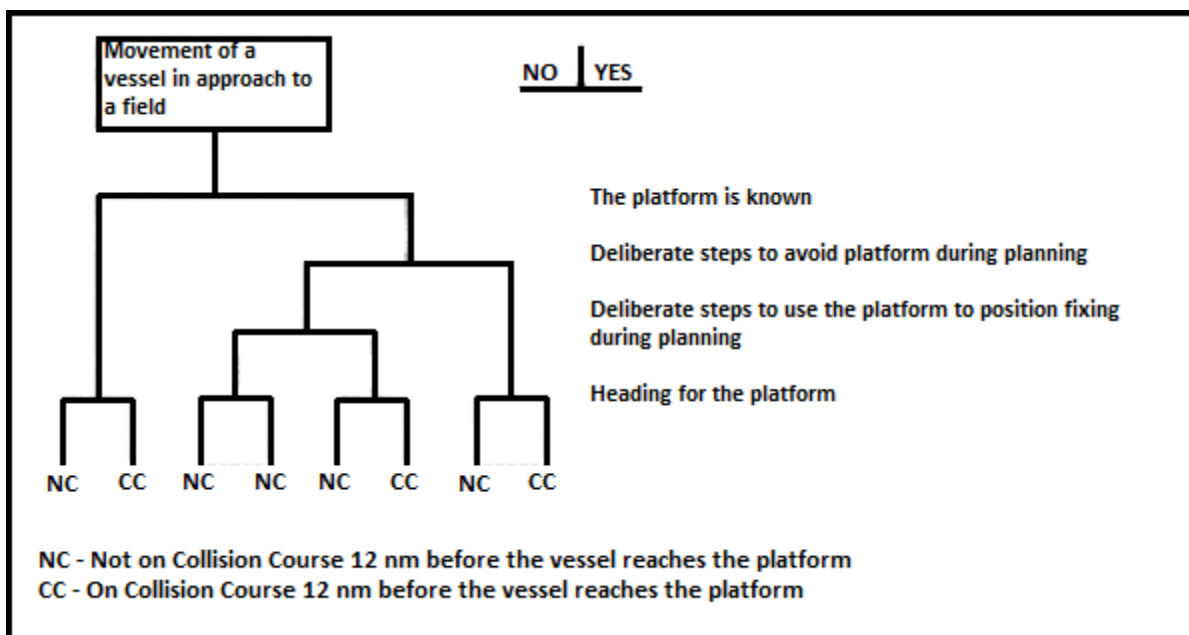
Figur 4.3: Avvikende manøvrering (HSE, 1999)

Figur 4.4 viser hovedleia til de som velger posisjonsbekreftende manøvrering. En kan se at fartøyene velger å manøvrere nærere installasjonen når de nærmer seg, fordi installasjonen kan virke bekreftende på posisjonen til fartøyet (HSE, 1999).



Figur 4.4: Posisjonsbekreftende manøvrering (HSE, 1999)

Av navigasjonspraksisen har Safetec(1994) introdusert et hendelsestre for å regne ut sannsynligheten for at et fartøy kommer på kollisjonskurs, vist i Figur 4.5:



Figur 4.5: Hendelsestre for sannsynlighet for kollisjonskurs 12 nm før fartøyet møter installasjonen (Safetec, 1994)

Dette hendelsestreet har fire grenspørsmål, og åtte avsluttende hendelser. Det første spørsmålet, "the platform is known", henviser til de som ikke kjenner til installasjonen.

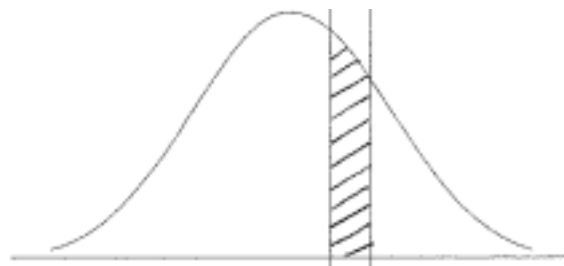
Det andre spørsmålet, "deliberate steps to avoid platform during planning", vil et ja si at fartøyet velger avvikende manøvrering, mens et nei vil si at de ikke planlegger nøy, eller at de velger posisjonsbekreftende planlegging.

Det tredje spørsmålet, "deliberate steps to use the platform to position fixing during planning", tilsvarer om fartøyet anvender posisjonsbekreftende manøvrering, eller ikke. Et ja på dette nivået vil tilsvare de fartøy som velger posisjonsbekreftende manøvrering. Et nei vil tilsvare den andelen som kjenner installasjonen, men som ikke velger nøyaktig planlegging.

Det siste spørsmålet, "Heading for the platform", tilsvarer den andelen av fartøy i rutefordelingen som har retning mot installasjonen i det de er nærmere enn 12 nm, vist med det skraverte området i Figur 4.6 (Safetec, 1994).

Figur 4.5 har en feil. Den fjerde slutthendelsen fra venstre, som angir at installasjonen er kjent, fartøyet gjennomfører ikke noen spesiell planlegging av ruten, og har kurs mot installasjonen, angir i figuren at fartøyet ikke er på kollisjonskurs, da det mest sannsynlig vil være på kollisjonskurs.

Figur 4.6 viser hele rutefordelingen fra Figur 4.1. Figur 4.6 viser i det skraverte området den andelen av fartøyene innenfor den definerte rutebredden som har kurs mot installasjonen.



Figur 4.6: Andel av fartøy på kollisjonskurs (Safetec, 1994)

Av hendelsestreet har Safetec (1994) utarbeidet formuler for sannsynligheten for at et fartøy er på kollisjonskurs. Her tilsvarer P_{CCi} de ulike slutthendelsene i hendelsestreet vist i Figur 4.5:

$$P_{CC1} = (1 - p_k) \cdot F_{D,1} \cdot F_{NS} \quad (2)$$

$$P_{CC2} = p_k \cdot (1 - p_{P,A}) \cdot (1 - p_{P,PF}) \cdot F_{D,2} \cdot F_{NS} \quad (3)$$

$$P_{CC3} = p_k \cdot (1 - p_{P,A}) \cdot p_{P,PF} \cdot F_{D,3} \cdot F_{NS} \quad (4)$$

$$P_{CC4} = p_k \cdot p_{P,A} \cdot F_{D,4} \cdot F_{NS} \quad (5)$$

Where:

P_{CCI} – Probability of collision course 12 nm before the vessel reaches the platform.

$l=1$ signifies unknown vessels

$l=2$ signifies non planning vessels

$l=3$ signifies position-fixing vessels

$l=4$ signifies avoidance vessels

p_K – probability of platform being known

$p_{P,A}$ – probability of avoidance planning

$p_{P,PF}$ – probability of position-fixing planning

$F_{D,l}$ – fraction of vessels heading for the platform

F_{NS} – shielding factor”

p_K , $p_{P,A}$, og $p_{P,PF}$ tilsvarer de definerte gruppene forklart på side 39. $F_{D,l}$ henviser til det skraverte området i Figur 4.6. F_{NS} er en geometrisk faktor som anvendes i de områder hvor der står flere installasjoner samlet. Den brukes hvis andre installasjoner skygger for deler av trafikkruten mot den analyserte installasjonen.

Sannsynlighet for at installasjonen er kjent

Denne oppgaven vil videre analysere faktoren p_K , sannsynligheten for at installasjonen er kjent.

Safetec(1994) sier følgende om sannsynligheten for at installasjonen er kjent:

“The probability that a platform is known is dependent on at what time the platform has been installed. Distribution of information is essential to the safety of navigation is taken care of by issue of radio navigational warnings, notice to mariners and eventually publishing of updated charts. Some time will elapse from the first announcement is made until most vessels have had a chance to receive the information and update their charts. Hence, there will be a transition period where the knowledge of the platform increases. In the other hand, one will perhaps never reach the point where all vessels

know about the platform, even for a fixed platform, because vessels with old charts may pass now and then.

Dette impliserer at sannsynligheten for at installasjonen er kjent avhenger av tiden installasjoner har stått der, informasjonsrutiner om plasseringen av installasjonen, og den andelen som seiler med oppdaterte kart. Safetec(1994) kommenterer videre:

(...) To a considerable degree, the traffic in the North Sea consists of vessels travelling on more or less regular schedules. This implies that they regularly pass the same areas and that they quickly become aware of any new installations in an area, regardless of the efficiency of the information distribution process."

Basert på dette har Safetec(1994) foreslått følgende formel for utregning av kjennskapen til installasjonen som funksjon av tiden siden installasjonen ble kjent:

”

$$P_k = \sum_{h=1}^3 a_h u_h \begin{cases} \frac{t}{v_h} + \left(1 - \frac{t}{v_h}\right) t \cdot w_h & t \leq 1 \\ w_h + \frac{1}{v_h} (1 - w_h) & 1 < t \leq v_h \\ 1 & t \geq v_h \end{cases} \quad (6)$$

Where

P_k – *Probability of platform being known*

t – *Number of quarters of a year since the platform was installed*

a_h – *Proportion of vessels in a specific lane which belongs to “shuttle category” h , where h signifies:*

- $h=1$: *vessels passing the area more than once per quarter*
- $h=2$: *vessels passing the area more than once per year but less than once per quarter*
- $h=3$: *vessels passing the area less than once per year*

u_h - *Maximum proportion of vessels in shuttle category h that will know the platform, even after a number of years. (...)The same figures are regarded valid for vessel categories considered.*

Tabell 4.3: Maks andel fartøyer som kjenner installasjonen(Safetec, 1994)

<i>Traffic category</i>	u_1	u_2	u_3
<i>Permanent Installation</i>	1,0	0,9	0,8
<i>Temporary Installation</i>	0,9	0,8	0,7

En kan se at kjennskapen til installasjonen avhenger av tiden installasjonen har vært på stedet, trafikkvolumet a_h i hver rute, og en faktor som anslår det maksimale antall fartøyer som noen sinne vil kjenne til installasjonen.

Tabell 4.3 viser det maksimale antall fartøyer som kommer til å kjenne til installasjonen. Disse faktorene kan være konservative, da Safetec (1994) antar at kun de som ferdes i området rundt installasjonen mer enn fire ganger per år har full kjennskap til permanente installasjoner. Anslått høyest mulig kjennskap til midlertidige installasjoner vil kun være 90 %. Videre forklarer Safetec (1994) resten av elementene i (6):

v_h - *(...)Time which will elapse before all vessels in the traffic category can be expected to have passed the area at least once. Consequently the periods have been chosen as follows:*

$$v_1 = 1 \text{ quarter}$$

$$v_2 = 4 \text{ quarters}$$

$$v_3 = 8 \text{ quarters}$$

w_h - *Proportion of vessels in shuttle category h which will update their charts during the initial period when information is being distributed.*

Tabell 4.4: Andel fartøyer som har oppdaterte kart (Safetec, 1994)

<i>Vessel Category</i>	w_1	w_2	w_3
<i>Merchant Vessels</i>	0,5	0,2	0,1
<i>Offshore Vessels</i>	0,5	0,2	0,1
<i>Fishing Vessels</i>	0,3	0,2	0,1
<i>Naval Vessels (Submarines)</i>	0,8	0,5	0,3

Faktoren w_h kan også være et mulig konservativt anslag, da en antar i noen tilfeller at hele 90 % av fartøyene vil seile uten oppdaterte kart over området de ferdes i.

Tabell 4.5 viser hvor de ulike delene av formelen for P_K (6) skal anvendes. A anvendes hvis $t \leq 1$, B anvendes hvis $1 < t \leq v_h$, og C anvendes hvis $t \geq v_h$. For kategori 1 brukes elementene i (6) med fornote 1, for kategori 2 brukes elementene med fotnote 2, og for kategori 3 brukes elementene med fotnote 3. Utviklingen i kjennskap til installasjonen regnes deretter ut fra (6) for henholdsvis fiske-, handels-, og offshorefartøy i hver kategori.

Tabell 4.5: Gyldighet til formler

Kvartaler (t)	Kategori 1	Kategori 2	Kategori 3
0	A	A	A
1	A	A	A
2	C	B	B
3	C	B	B
4	C	B	B
5	C	C	B
6	C	C	B
7	C	C	B
8	C	C	B
9	C	C	C
10	C	C	C

4.3 Risikoreduserende tiltak

De som styrer installasjonen kan gjennomføre en del tiltak for å styre risikoen for kollisjon med fartøy. De fartøy som skal besøke installasjonen har en i utgangspunkt kontroll over, de vet hvor installasjonen ligger. For å kunne kontrollere og redusere risikoen for at ikke feltrelaterte fartøy skal kollidere med installasjonen, er det en del tiltak som kan gjennomføres. De kan for eksempel deles inn i to hoveddeler med til sammen tre underpunkter (HSE, 1999; Vinnem, 2007):

- Preventive tiltak.
 - o Hensiktsmessig plassering av installasjonen.
 - o Øke kjennskapen til installasjonen.
- Kontrolltiltak.
 - o Deteksjonssystemer.

4.3.1 Preventive tiltak

Styringsforskriften (2001c) angir som forklart i kapittel 3.1 at tiltak som er sannsynlighetsreduserende skal etableres for å unngå at uønskede situasjoner skal oppstå. HSE(1999) sier følgende om preventive tiltak:

“Duty holders are well advised to gain an understanding of the total marine environment around their installations, including such information as:

- *The nature of the merchant vessels that pass near their installation*
- *Which traffic are regular and which random*
- *Types of cargo carried*
- *Names and details of owners and management”*

Dette kan bety at det viktigste preventive tiltaket en kan gjennomføre, er til en hver tid spre informasjon om sine installasjoner og operasjoner til fartøy som ferdes i området rundt installasjonene.

Hensiktsmessig plassering av installasjonen

Å plassere installasjonen på en hensiktsmessig plass, kan være å påvirke distansen mellom senterlinjen til skipsrutene, og installasjonen (Vinnem, 2007), eller velge noen plasseringer i forhold til andre (HSE, 1999).

Øke kjennskapen til installasjonen

I dag finnes en rekke tiltak for å informere fartøy om plasseringen av en installasjon. HSE(1999) skisserer fem mulige tiltak som kan settes i to kategorier:

- **Informere om installasjonen på forhånd.**
 - Et tiltak for å informere om installasjonen på forhånd, er Etterretninger for sjøfarende. Dette utgis av Statens kartverk Sjø hver 14. dag, og gir opplysninger om endring i kartgrunnlag, og om eventuelle påbud og forordninger angående seilas i bestemte områder (Sjøkartverket, 2010). Kunngjøringen av en sikkerhetssone skal oversendes Statens Kartverk Sjø minst 30 dager før sonen blir etablert. Denne informasjonen vil da bli kunngjort i "Etterretning for Sjøfarende" (Ptil, 2009b).
 - Bruk av NAVTEX. NAVTEX er et internasjonalt radiobasert system for distribusjon av maritime navigasjonsadvarsler, værmeldinger, og lignende informasjon til fartøy (JCOMM, 2010).
 - Kontakte rederiene til fartøy som normalt passerer området.
- **Visuell merking.**
 - Bruk av sterke, synlige farger på installasjonen.
 - Tilstrekkelig belysning av installasjonen.

4.3.2 Kontrolltiltak

HSE (1999) sier følgende om kontrolltiltak:

"Unlike in-field vessels, which are known to be in the vicinity and under the direction of the installation, passing vessels on potential collision course need to be detected before any further control measures can be instigated."

Dette betyr da at gode deteksjonssystemer er essensielle i arbeidet med å forhindre kollisjoner mellom fartøy og installasjoner.

Deteksjonssystemer

Et godt deteksjonssystem, lik det forklart i kapittel 3.2.1, kan informere installasjonen om ankommende fartøy, slik at installasjonen kan forsøke å avverge situasjonen 50 minutter før et mulig sammenstøt. Dette øker sjansene en installasjon har for å unngå en potensielt farlig situasjon.

HSE (1999, 2007) nevner bruk av radar, ARPA, AIS, VTS, og satellittovervåkning som mulige deteksjonssystemer. I tillegg nevnes trafikkovervåkning fra landbasert overvåkningsstasjon (Ptil, 2009a; Vinnem, 2007). Disse systemene kan settes opp slik at de gir en advarsel hvis et fartøy har en kurs som vil føre den nære installasjonen, og et velfungerende deteksjonssystem vil føre til at tiltak kan iverksettes tidligere (Vinnem, 2007).

- **VTS** (Vessel Traffic Services) er en internasjonal tjeneste for å bedre sjøsikkerheten og verne miljøet (Kystverket, 2010b). Det henvises til kapittel 3.2.1 for et eksempel på den trafikkovervåkingen som eksisterer på norsk sokkel.
- **Radar** er en forkortelse for Radio Detection and Ranging, og bygger på at objekter reflekterer sendte mikrobølgeimpulser tilbake til radarsystemet, og en kan da se disse objektene på en skjerm (HSE, 2007). Den teoretiske rekkevidden til en radar plassert 20 m over havnivå er opp til 21 nm (HSE, 2007). Et radarbasert deteksjonssystem er standard på norsk sokkel i dag (Vinnem, 2007).
- **ARPA**. HSE(2007) forklarer ARPA som et akronym for Automatic Radar Plotting Aid, og et tilleggsutstyr til vanlig radar. Den tillater at en kan automatisk følge opptil 100 fartøyer samtidig, og viser blant annet fartøyets fart, kurs, nærmeste passeringspunkt, og tid til nærmeste passeringspunkt.
- **AIS** (Automatisk Identifikasjonssystem) er en kombinert radiosender og – mottaker som sender fartøysinformasjon over VHF båndet til andre mottakere (HSE, 2007). AIS informasjon sendes kontinuerlig og automatisk, og trengs ikke å bli operert av en person. Tabell 4.6 viser den informasjonen som sendes over AIS systemet.

Tabell 4.6: AIS informasjon (HSE, 2007)

<i>Static</i>	<i>Dynamic</i>	<i>Voyage related</i>
<i>MMSI</i>	<i>Position (Lat/Long)</i>	<i>Draught</i>
<i>IMO Number</i>	<i>Time</i>	<i>Hazardous Cargo (type)</i>
<i>Call Sign</i>	<i>Course over ground</i>	<i>Destination</i>
<i>Name</i>	<i>Speed over ground</i>	<i>ETA</i>
<i>Length and Beam</i>	<i>Heading</i>	<i>Route Plan</i>
<i>Type of Ship</i>	<i>Navigational Status</i>	
<i>Type of Nav Sensor</i>	<i>Rate of Turn</i>	

Sjøfartsdirektoratet har innført krav til A-AIS system på følgende fartøy (IMO, 2009; Kystverket, 2006; Sjøfartsdirektoratet, 2009):

- Tankere
 - o Alle i internasjonal fart
 - o Alle i fart innenfor EU/EØS
- Passasjerfartøy
 - o Alle i internasjonal fart
 - o Over 300 BT i fart innefor EU/EØS
 - o Hurtigbåter over 150 BT i norsk nasjonal fart
- Lastefartøy
 - o Over 300 BT i internasjonal fart
 - o Over 300 BT i fart innenfor EU/EØS
- Fiskefartøy
 - o Over 300 BT / 45 meter i fart innenfor EU/EØS

Videre påpeker Kystverket (2006) at fartøy som ikke er underlagt bærekraft om A-AIS kan, dersom eier finner det hensiktsmessig, installere A-AIS systemer, eller B-AIS systemer som er beregnet på mindre fartøy og lystfartøy.

5 Dataanalyse

Dette kapitlet omhandler grunnlaget for hvordan analysen gjennomføres. Det er delt inn i fire underkapitler:

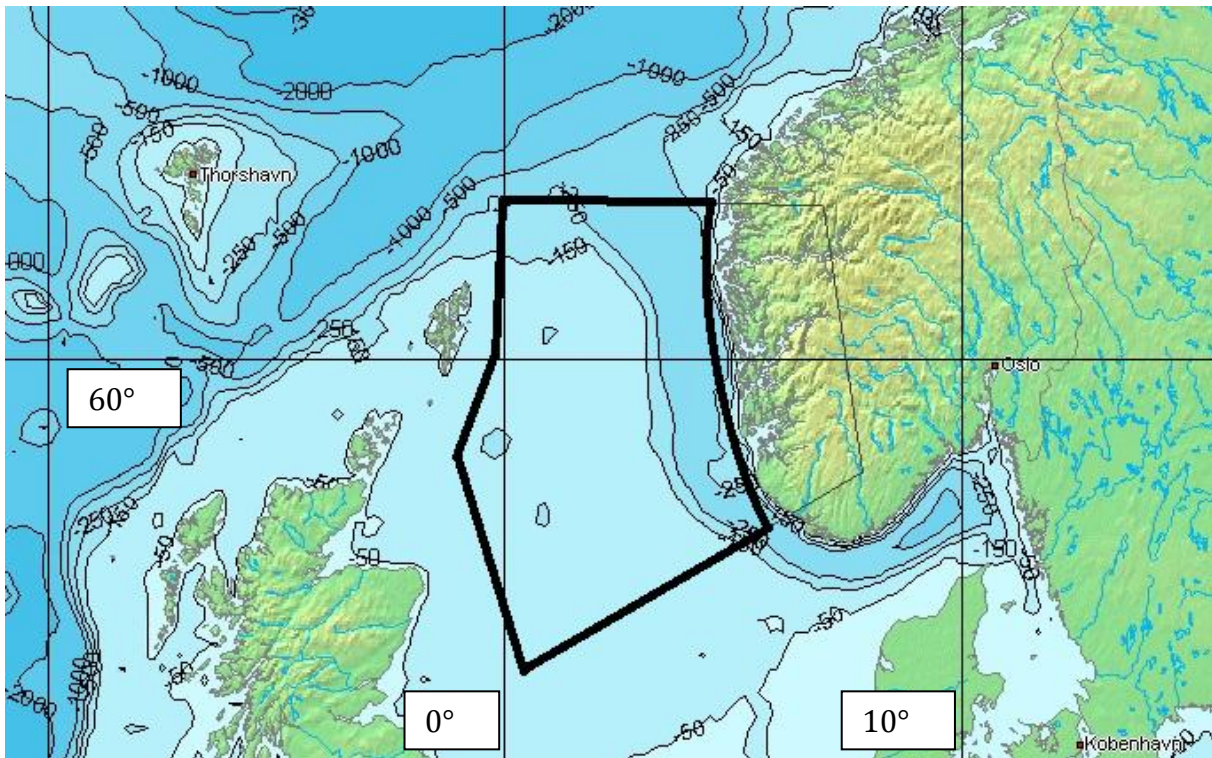
- Kapittel 5.1 presenterer datasettet og dens geografiske avgrensning, gitt av Kystverket (2010a).
- Kapittel 5.2 presenterer trafikktypene.
- Kapittel 5.3 beskriver de geografiske områdene som ble analysert.
- Kapittel 5.4 beskriver hvordan de tre analysene ble gjennomført. Kapitlet begrunner de forutsetninger og antagelser som gjøres under analysen.

5.1 Geografiske avgrensninger

Grunnlaget for datasettet er gitt av Kystverket, via deres AIS applikasjon (Kystverket, 2010a). Datasettet er presentert i et webbasert trafikkbilde, overlatt et kart, med mulighet til å hente ut tabeller over informasjonen gitt i Tabell 4.6. Dette datasettet henter inn informasjon fra flere kilder, slik som Kystverkets AIS basestasjoner lokalisert på 39 steder langs norskekysten (Kystverket, 2010b), og Statoil Marin opererte AIS stasjoner plassert på Statoils installasjoner på norsk sokkel (Helgesen, 2010).

Figur 5.1 viser gyldighetsområdet for datasettet. Avgrensningslinjene er vist med sort strek.

- Den nordlige avgrensningslinjen ligger mellom $61^{\circ} 50' N$, $01^{\circ} 00' V$, og $61^{\circ} 50' N$, $04^{\circ}, 30' \text{Ø}$.
- Den sydlige avgrensningslinja ligger mellom $58^{\circ} 10' N$, $05^{\circ} 50' \text{Ø}$ og $56^{\circ} 33' N$, $00^{\circ} 27' \text{Ø}$.
- Den vestlige avgrensningslinja er vist i
- Figur 5.1.
- Den østlige avgrensningslinja er satt slik at fartøy i innenriksfart ikke er en del av analyseområdet.



Figur 5.1: Gyldighetsområde for datasettet (Kystverket, 2010a)

5.2 Trafikktyper

For å sammenligne modellen til Safetec (1994) med trafikkdataene gitt av Kystverket (2010a), måtte først fartøystypene kategoriseres i like grupper. Som vist i Tabell 4.4, deler Safetec (1994) trafikken inn i følgende fire kategorier:

- Merchant Vessels
- Offshore Vessels
- Fishing Vessels
- Naval Vessels (Submarines)

AIS data presenteres på en litt annen måte. Kystverket (2010a) opererer med følgende liste over fartøystyper:

- Cargo
- Fishing vessel
- HSC
- Law enforcement vessel
- Local assigned 1
- Local assignes 2

- Medical transport
- Other
- Passenger ship
- Pilot vessel
- Pleasure craft
- Port tender
- Sailing vessel
- SAR vessel
- Ship according to RR Resolution No.18 (Mob-83)
- Special craft
- Tanker
- Tug boat
- Unused
- Vessel
- WIG

For videre kategorisering, har det blitt tatt utgangspunkt i Safetec (1994) sin inndeling for å klassifisere Kystverkets (2010a) inndeling. Stikkprøver av Kystverkets (2010a) inndeling har gitt følgende resultater.

- **Fiskefartøy** antas å omhandle de samme typer fartøy hos både Safetec og Kystverket.
- **Cargo.** Denne typen fartøy er en blanding mellom ulike typer forsyningsfartøy og handelstrafikk. De som har den valgte installasjonen som sin destinasjon, havner ikke under kategorien passerende trafikk. Derfor vil denne oppgaven kun se på de fartøyer som ikke har installasjonen som sin destinasjon. Variabelen w_i i Tabell 4.4 er lik for både handelsfartøy, og offshorefartøy, og derfor vil fartøystype cargo behandles i kategorien merchant vessels.
- **HSC.** Denne kategorien består av hurtiggående fartøy i innenriksfart, eksempelvis Flaggruten mellom Stavanger og Bergen. Denne typen fartøy vil ikke bevege seg slik at de vil komme i konflikt med en installasjon, og utelates derfor fra analysen.
- **Law enforcement vessel.** Dette er Kystvaktfartøy, og i henhold til kapittel 4.1.2 vil ikke disse innlemmes i analysen.

- **Local assigned 1 og 2.** Denne typen fartøy viste seg å være oppjekkbare og halvt nedsenkbare rigger som kun behandles som flytende enheter, og derfor utelates fra analysen.
- **Medical transport.** Dette er fartøy som opereres som ambulansefartøy i innenriksfart. Denne typen trafikk utelates fra analysen.
- Kategoriene **other, Ship according to RR Resolution No.18 (Mob-83), tug boat, unused, vessel, og WIG** er ulike kategorier av fartøy som hovedsakelig opereres i forbindelse med offshore virksomheten. De behandles i kategorien offshore vessels.
- **Passenger ship** består hovedsakelig av fartøy i innenriksfart, men noen fartøy i denne kategorien kan tenkes å bevege seg lengre utover fra kysten.
- **Special craft** består av støttefartøy til blant annet oppdrettsnæringen, men en kikk på rutene viser at de kan og bevege seg lengre ut fra kysten. Både Passenger ship og Special Craft kategoriseres som merchant traffic.
- **Pilot vessels, pleasure craft, port tender og sailing vessels** består alle av mindre fartøy, hovedsakelig i innenriksfart, som utelates fra analysen.
- **SAR vessel** behandles under kategorien offshore vessel, som beredskapsfartøy.
- **Tanker** behandles under kategorien offshore vessel, som bøyelaster.
- **Submarines.** Datasettet er basert på AIS data, og i henhold til kapittel 4.1.2 og mangelen på tilgang til informasjon om denne typen fartøy, vil disse utelates fra denne analysen.

Ut av denne samlede kategoriseringen vil oppgaven bruke tre fartøystyper; Merchant-, Offshore-, og Fishing vessels. Tabell 5.1 viser i kolonne 1 de tre fartøystypene som oppgaven bruker, kolonne 2 viser hvilke fartøystyper fra Kystverkets (2010a) AIS database som ordnes i hver kategori. Tabellen viser i nederste rad de ulike kategoriene av fartøy som vil utelates fra analysen.

Tabell 5.1: Ordnet kategorisering av fartøystype

Merchant Vessels	Cargo, Passenger ship, Special Craft
Offshore Vessels	Other, Pilot vessel, SAR vessel, Ship according to RR Resolution No.18 (Mob-83), Tanker, Tug boat, Unused, Vessel, WIG
Fishing Vessels	Fishing vessel
Ikke en del av analysen	HSC, Law enforcement vessel, local assigned 1, local assigned 2, Medical transport, pleasure craft, port tender, sailing vessel.

5.3 Valgte analyseområder

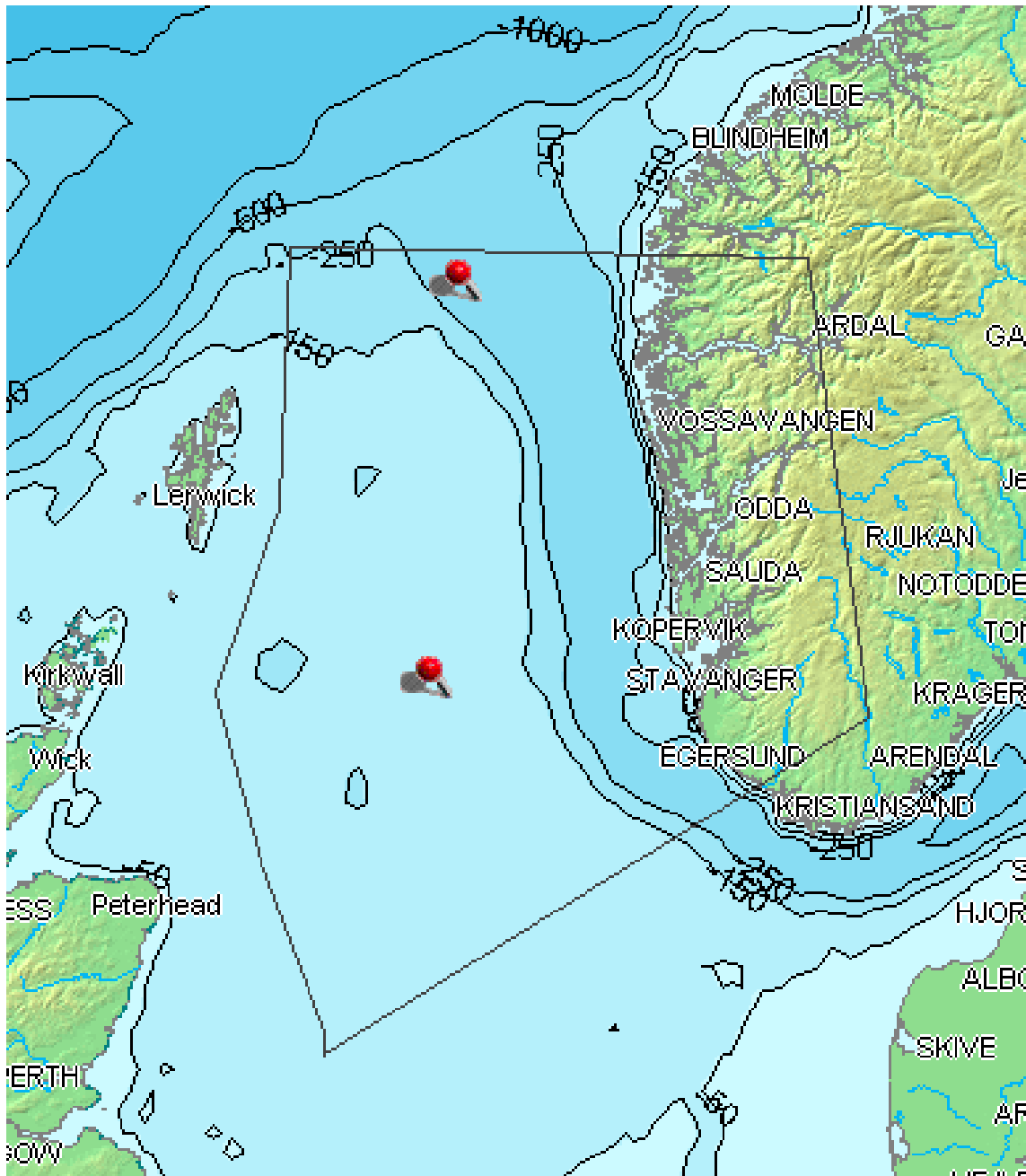
Innenfor gyldighetsområdet i kapittel 5.1 ble to letebrønner utvalgt for videre analyse. De ble valgt etter følgende kriterier:

- Kystverket gir tilgang til historiske AIS data løpende to år bakover i tid fra den dato en logger seg på databasen. Denne begrensningen resulterte i at forfatteren fikk tilgang til data mellom 1.6.2008 frem til 1.5.2010, og letebrønnen måtte senest avsluttes 200 dager før 1.5.2010, med hensyn til periodeinndelingen i kapittel 5.4.1.
- Plasseringen til letebrønnen måtte være slik at de ytre grensene, vist i kapittel 5.3.1 ikke kom utenfor den geografiske begrensningen til datasettet, vist i kapittel 5.1.
- De valgte letebrønnene burde geografisk sett være såpass langt i fra hverandre slik at analysen ikke ble forstyrret av trafikkvariasjoner som er spesifikke for deler av norsk sokkel.
- Tiden riggen brukte på stedet måtte være lengst mulig.

En gjennomgang av faktasidene til Oljedirektoratet på nett (NPD, 2010) gav to letebrønner, vist i Tabell 5.2, som oppfylte de overnevnte krav. Tabell 5.2 viser navnet, koordinatene, oppstarts-, og avslutningsdatoen gitt av NPD(2010) på letebrønnen, og antall dager boreriggen har vært på stedet.

Tabell 5.2 Valgte analyseområder

Letebrønn	Nord	Øst	Dato oppstart	Dato ferdig	Dager på sted
34/8-13A/S	61° 24` 14,80`` N	2° 34` 50,10`` Ø	17.3.2009	26.6.2009	100
16/1-10	58° 51` 14,61`` N	2° 16` 30,85`` Ø	13.11.2008	5.2.2009	85



Figur 5.2: Geografisk plassering av letebrønnene

Figur 5.2 viser den geografiske plasseringen av letebrønnene. Det øverste merket tilsvarer letebrønn 34/8-13 A/S, og det nederste merket tilsvarer letebrønn 16/1-10.

5.3.1 Geografiske avgrensninger og tidsperioder

Tabell 5.3, og Tabell 5.4 viser koordinatene til avgrensningslinjene for analyseområdet i breddegrad og lengdegrad, notert i desimalform for henholdsvis letebrønn 34/8-13 A/S og 16/1-10. Det betyr at de fartøy som beveger seg innenfor den ytre avgrensningen vil være gjenstand for analysen.

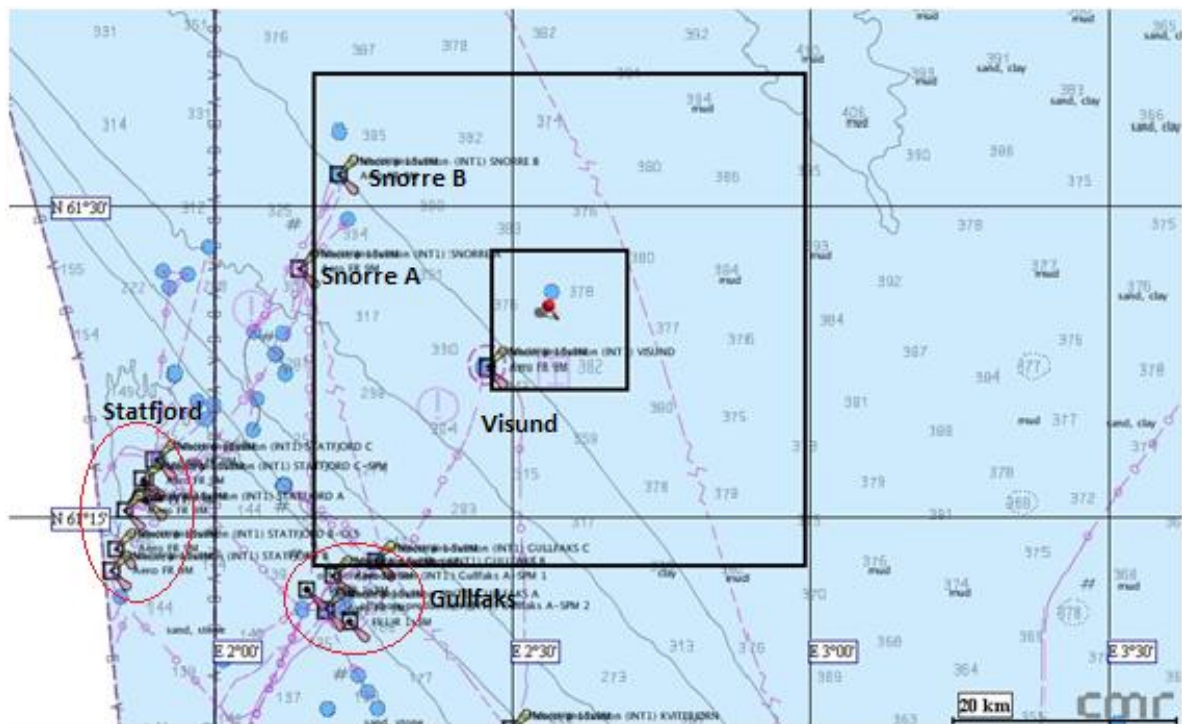
Tabell 5.3: Avgrensningslinjer for 34/8-13 A/S

	Nordlig avgrensning	Sydlig avgrensning	Østlig avgrensning	Vestlig avgrensning
Ytre avgrensning	61,60360754	61,20460967	2,996766416	2,164441189
Indre avgrensning	61,45952770	61,34151357	2,696186847	2,464982717

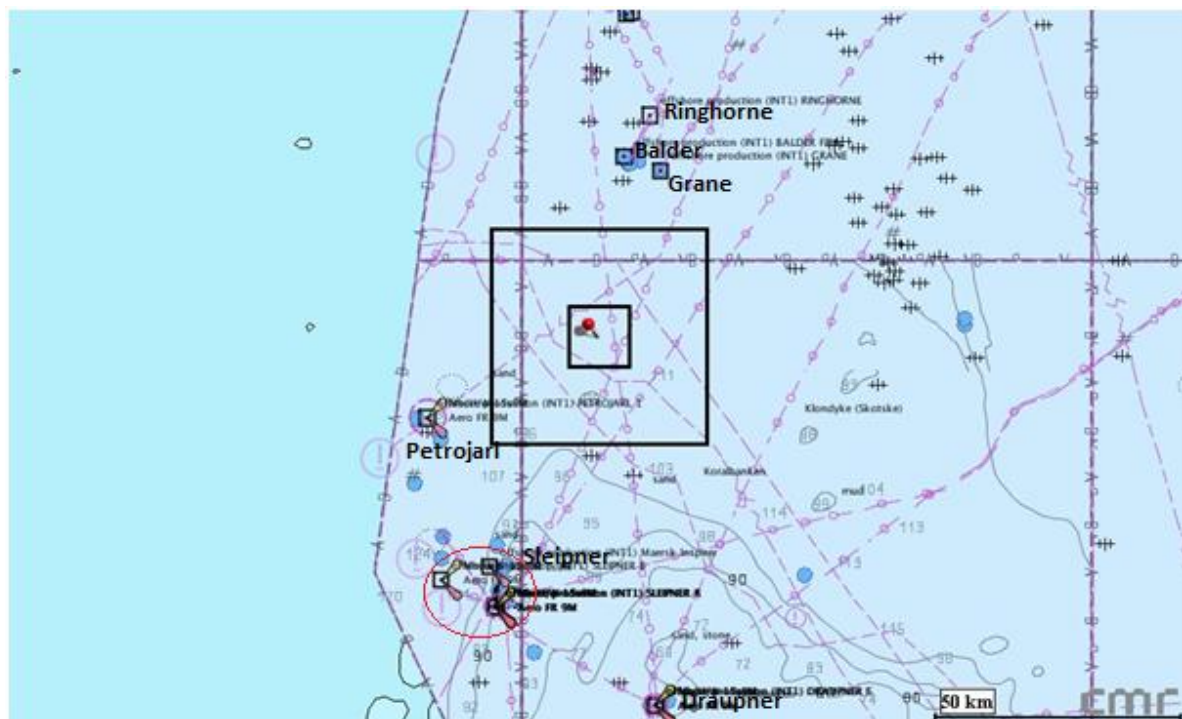
Tabell 5.4: Avgrensningslinjer for 16/1-10

	Nordlig avgrensning	Sydlig avgrensning	Østlig avgrensning	Vestlig avgrensning
Ytre avgrensning	59,05362144	58,65448939	2,660405856	1,890123013
Indre avgrensning	58,90949336	58,79862337	2,382223263	2,168253231

Figur 5.3 og Figur 5.4 viser plasseringen til letebrønn 34/8-13 A/S og 16/1-10 i forhold til andre installasjoner, markert med navn, rørledninger, markert med hel strek, og bunnrammer, små sirkler. Den indre boksen tilsvarer den indre avgrensningen, som er 3 nm fra installasjonen og den ytre boksen tilsvarer den ytre avgrensningen, som er 12 nm fra installasjonen.



Figur 5.3: Plassering av letebrønn 34/8-13 A/S



Figur 5.4: Plassering av letebrønn 16/1-10

5.4 Analysemetodikk

Analysen vil, som forklart tidligere, ta sikte på å finne ut hvilken effekt den tiden installasjonen befinner seg i området har på trafikkmønsteret rundt installasjonen. For å identifisere en mulig endring i adferd hos de skip som passerer området, vil analysen deles inn i tre underanalyser.

Den første delen vil observere trafikkvolumet rundt installasjonen når installasjonen er på feltet, og sammenligne dette trafikkvolumet med to referanseperioder.

Den andre delen vil identifisere en eventuell endring eller utvikling i trafikkvolumet innenfor den perioden installasjonen er på feltet.

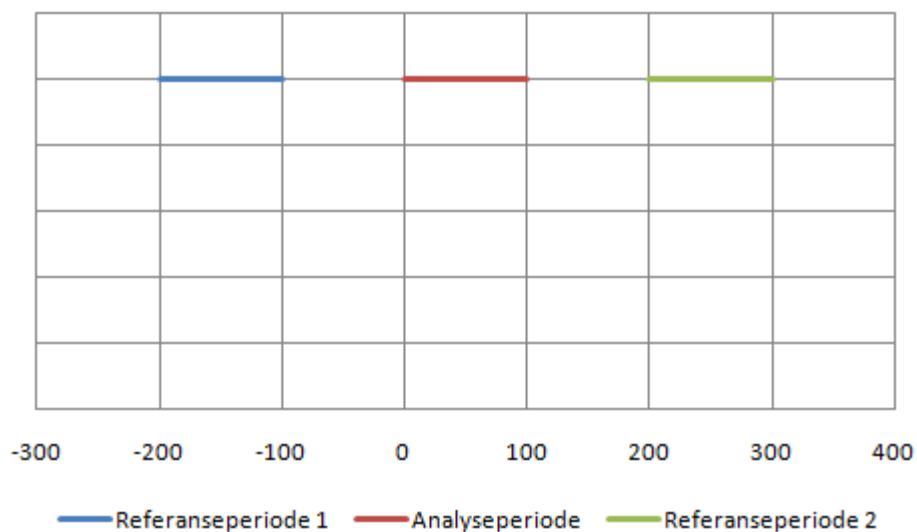
Som forklart i kapittel 4.2.2 hevder Safetec (1994) at 3 nm er en passeringsavstand som kan virke betryggende for passerende fartøy. De påpeker videre at de som kjenner til installasjonens plassering og planlegger ruten i høy grad av detalj, vil ha en kurs som bringer fartøyet inntil 3 nm utenfor installasjonen. For å kunne avdekke om tiden installasjonen er på stedet har en effekt, vil den første underanalysen sammenligne antall fartøy som passerer innenfor sonen på 12 nm, og antall fartøy som passerer innenfor sonen på 3 nm i løpet av analyseperioden med det antall fartøy som passerer innenfor de samme sonene i referanseperiodene. Den andre underanalysen vil observere utviklingen i antall fartøy som passerer innenfor de to sonene i løpet av den perioden installasjonen er på feltet. Sonen på 12nm er valgt fordi dette er en typisk grense der fartøyet kan observere installasjonen visuelt, eller på radar (Vinnem, 2007).

Den tredje underanalysen vil følge de enkelte fartøy som passerer området rundt installasjonen flere ganger mens installasjonen er på feltet. Denne underanalysen vil forsøke å finne ut hvorledes de ulike fartøy manøvrerer rundt installasjonen første gang de passerer, og sammenligne dette manøvreringsmønsteret med senere passeringer.

Felles for alle tre underanalysene, er at de vil utelukke alle fartøy som har installasjonen som sitt mål, da de kan defineres som feltrelatert fartøy for denne installasjonen.

5.4.1 Endring i trafikkvolum i forhold til normaltilstanden

For å finne ut hvordan trafikkmønsteret rundt installasjonen endrer seg i det tidsrommet installasjonen er på stedet, må en sammenligne trafikkmønsteret og trafikkvolumet med en normaltilstand. Normaltilstanden vil naturligvis variere, og for å forsøke å avdekke langsiktige trender, vil denne analysen sammenligne trafikkbildet rundt installasjonen i den perioden installasjonen er på stedet med to andre perioder; en før, og en etter. Figur 5.5 viser grafisk hvordan dette gjøres. Analyseperioden begynner i tid $t=0$, og varer i henholdsvis 100 og 85 dager, like lenge som de to analyserte installasjonene arbeidet på feltet. Referanseperiodene før og etter har begge en lengde på 100 dager, og er plassert slik at avstanden mellom alle periodene er minimum 100 dager. Ved å sette analyseperioden og referanseperiodene med en slik avstand i tid vil en muligens kunne ta høyde for naturlige variasjoner i trafikkmengden. En kan og unngå at referanseperiodene blir påvirket av informasjonsrutinene gjennomgått i forbindelse med analyseperioden, eksempelvis "Etterretninger for Sjøfarende".



Figur 5.5: Skjematisk fremstilling av datasettene

Analysen gjennomføres ved å finne antall unike fartøy som passerer innenfor to soner, vist med koordinater i Tabell 5.3 og Tabell 5.4, og grafisk i Figur 5.3 og Figur 5.4, i henholdsvis referanseperiode 1, analyseperioden, og referanseperiode 2. I denne analysen er to mengder, F_{YU} og F_{IU} , definert slik:

- F_{YU} består av alle unike fartøy innenfor den ytre avgrensningen i perioden som analyseres. De har ikke installasjonen som mål for overfarten.
- F_{IU} er de fartøy i en delmengde av F_{YU} som oppfyller følgende krav:
 - o De har en passering innenfor den indre avgrensningen i løpet av perioden som analyseres.

Ved å regne ut $1-(F_{IU}/F_{YU})$ for de ulike grupperingene av fartøy, beskrevet i kapittel 5.2, finner en andelen av fartøy som passerer utenfor den indre avgrensningen. Hvis antall fartøy som passerer utenfor den indre avgrensningen øker i analyseperioden i forhold til referanseperiodene, kan det tyde på at installasjonens plassering har en effekt på trafikkmønsteret rundt installasjonen.

5.4.2 Endring i trafikkmønster i en periode

Denne delanalysen ønsker å finne ut om trafikkbildet viser at kjennskapet til installasjonen øker i den samme grad som modellen til Safetec(1994) foreslår.

For å undersøke dette, vil analysen betrakte antall unike fartøy som passerer innenfor den ytre og indre avgrensningen i delperioder i analyseperioden. Delperiodene er satt til 10 dager, slik at en får 10 delperioder for letebrønn 34/8-13 A/S, og 9 delperioder for letebrønn 16/1-10.

I denne analysen er to mengder, F_{Yd} og F_{Id} er definert slik:

- F_{Yd} består av alle unike fartøy innenfor en sone på 12 nm fra installasjonen i delperiode $d_i = d_1...d_n$, som ikke har installasjonen som mål for overfarten.
- F_{Id} er de fartøy i en delmengde av F_{Yd} som oppfyller følgende krav:
 - o De har en passering innenfor den indre avgrensningen i løpet av delperiode $d_i = d_1...d_n$.

Det skal bemerkes at samme fartøy telles flere ganger, hvis det passerer innenfor den ytre sonen i flere delperioder.

Ved å regne ut forholdstallet $1-(F_{Id}/F_{Yd})$ for de ulike grupperingene av fartøy, beskrevet i kapittel 5.2, finner en andelen fartøy som beveger seg utenfor den indre avgrensningen i hver delperiode. Et resultat av analysen der andelen fartøy som passerer installasjonen utenfor sonen på 3 nm øker utover i analyseperioden, kan tyde på at kunnskapen om installasjonens plassering øker i henhold til Safetec-modellen.

Tabell 5.5, og Tabell 5.6 viser de tidsintervallene, $d_i = d_1...d_n$ brukt i analysen. Eksempelvis vil tidsintervall 3 bestå av alle fartøy definert i F_{Id} og F_{Yd} innenfor deres avgrensningslinjer i tidsintervallet 6.4.2009 kl. 00:00 til 15.4.2009 kl. 23.59 for letebrønn 34/8-13 A/S.

Tabell 5.5: Tidsperioder brukt i analyse av 34/8-13 A/S

Delperiode nummer	Startidspunkt for delperiode
1	17.3.2009
2	27.3.2009
3	6.4.2009
4	16.4.2009
5	26.4.2009
6	6.5.2009
7	16.5.2009
8	26.5.2009
9	5.6.2009
10	15.6.2009

Tabell 5.6: Tidsperioder brukt i analyse av 16/1-10

Delperiode nummer	Startidspunkt for delperiode
1	13.11.2008
2	23.11.2008
3	3.12.2008
4	13.12.2008
5	23.12.2008
6	2.1.2009
7	12.1.2009
8	22.1.2009
9	1.2.2009

5.4.3 Endring i adferd hos enkeltskip

Denne delanalysen vil følge de enkelte skip som passerer installasjonen flere ganger i løpet av analyseperioden. Analysen vil forsøke å avdekke om det finnes en spesiell utvikling i navigasjonsmønster for fartøy som passerer installasjonen flere ganger. Analysen vil sammenligne navigasjonsmønsteret til fartøy ved første passering med navigasjonsmønsteret ved senere passeringer.

Figur 5.6 viser fire typiske og illustrative manøvreringsmåter rundt de midlertidige installasjonene.

Manøvreringsmetode *A* skisserer et fartøy som ikke nødvendigvis har tilstrekkelig kunnskap om installasjonens plassering, men som er observant i det den nærmer seg installasjonen, og velger en unnvikende manøver.

Manøvreringsmetode *B* viser et fartøy som tilsynelatende manøvrerer uanfektet av installasjonen den passerer, og som har en passeringsavstand mindre enn 3 nm. For fartøy med dette manøvreringsmønsteret, vil en ut av manøvreringsmønsteret ikke kunne fastslå om fartøyet kjenner til installasjonens plassering, eller ikke.

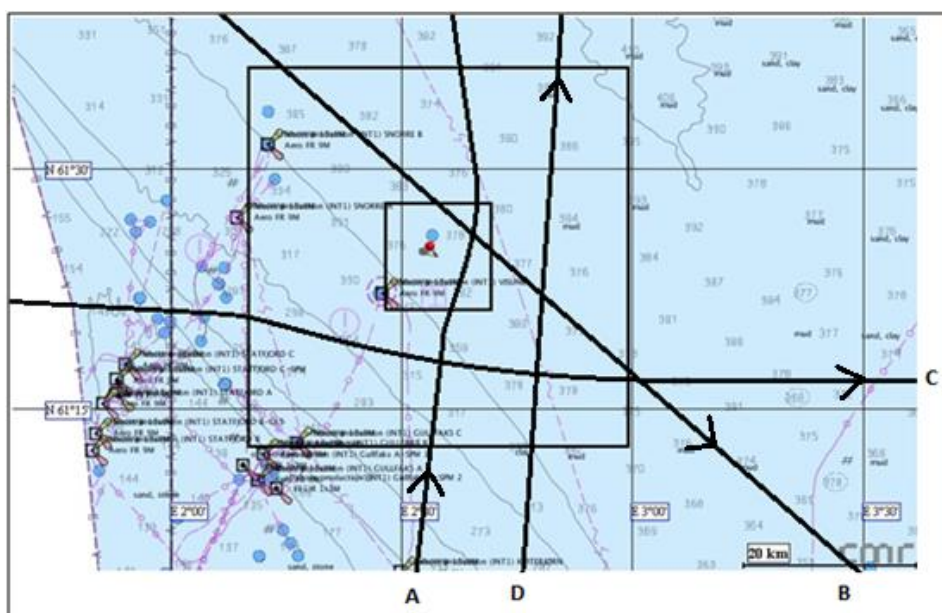
Manøvreringsmetode *C* viser et fartøy som velger unnvikende manøver i det den nærmer seg installasjonen, og som velger å passere utenfor avgrensningen på 3 nm fra

installasjonen. Dette manøvreringsmønsteret kan tyde på at fartøyet kjenner til installasjonen på forhånd, og velger å manøvrere rundt sonen på 3 nm.

Manøvreringsmetode *D* viser et fartøy som velger å passere utenfor sonen på 3nm. Dette kan muligens komme av to årsaker; enten kan navigatøren være oppmerksom på installasjonen på forhånd, og velge en rute der passeringsavstanden er mer enn 3 nm, eller fartøyet har en rute som medfører at denne leia er den korteste avstanden mellom havnene, uavhengig av installasjonens plassering. Årsakene til at fartøyene velger å passere innenfor denne sonen anses ikke som relevant, da sonen på 12 nm er valgt for å sammenligne trafikkvolumet i analyseperioden med referanseperiodene.

Analysen gjennomføres ved å observere manøvreringsmønsteret for hver gang fartøyet passerer installasjonen, uavhengig av når fartøyet passerte installasjonen, og sammenligne senere passeringer med den første passeringen. De fartøy som innlemmes i denne analysen, må oppfylle følgende krav:

- Fartøyet må passere installasjonen innenfor sonen på 12 nm flere ganger i løpet av analyseperioden
- Fartøyet må ha et identifiserbart navigasjonsmønster i henhold til Figur 5.6. Dette betyr at eksempelvis fiskefartøy som har en hyppig kursendring i forbindelse med fiske vil utelates fra denne analysen, da en entydig manøvreringstype vanskelig kan identifiseres.



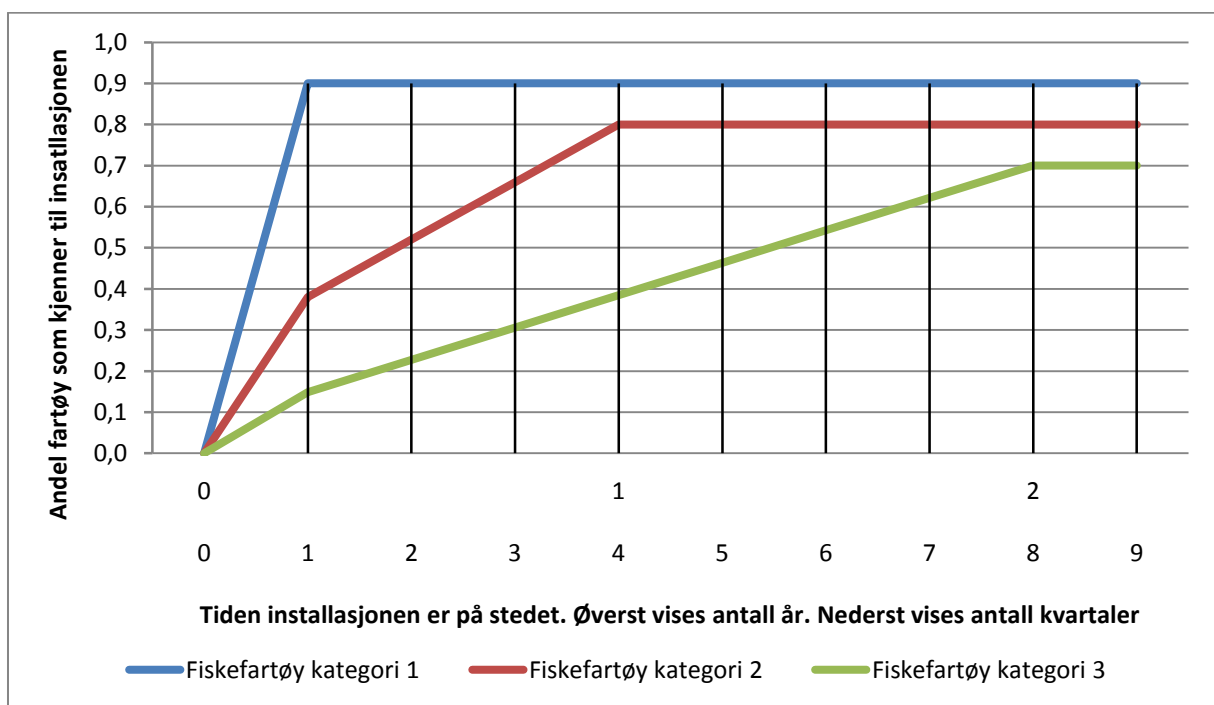
Figur 5.6: Identifiserte manøvreringstyper

6 Resultater

Dette kapitlet presenterer de resultatene som fremkom av analysen forklart i kapittel 5.4. Kapitlet presenterer først resultatene som Safetec-modellen for kjennskapen til installasjonen gir, dernest presenteres resultatene fra de tre delanalysene for analyseområdene individuelt, og samlet.

6.1 Modellresultater

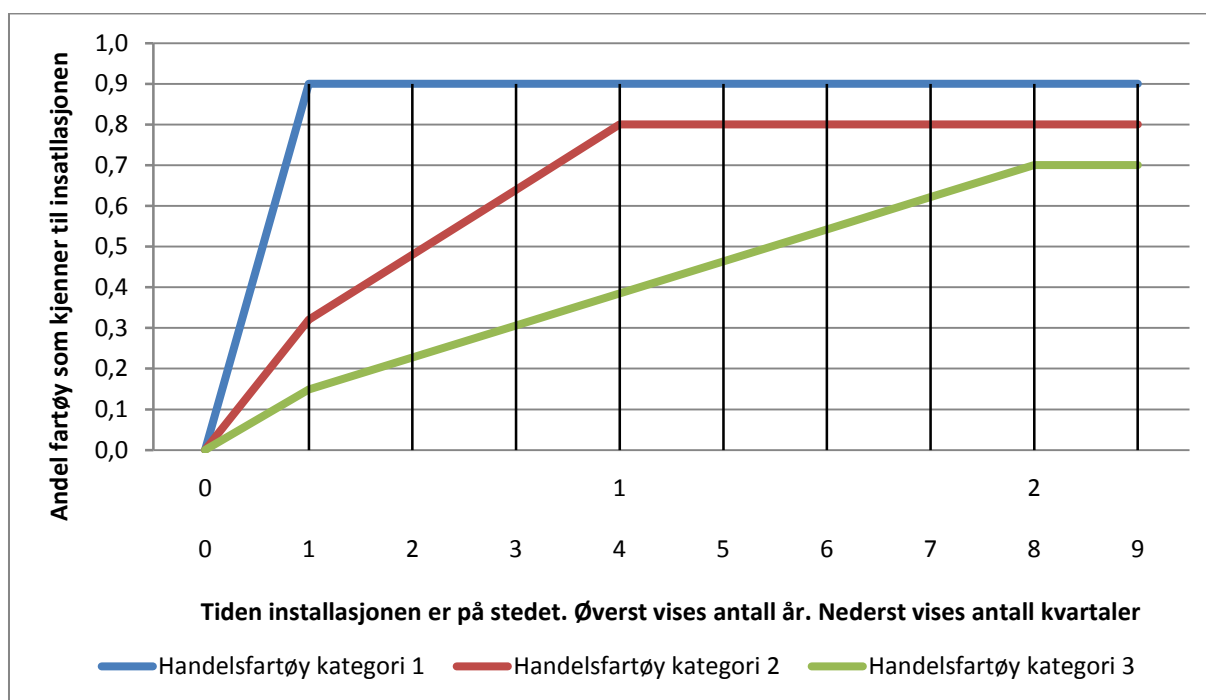
Dette kapitlet viser hvordan økningen i kjennskapen til installasjonen utvikler seg som en funksjon av antall kvartaler installasjonen har vært på feltet, presentert av Safetec (1994). Hver type fartøy er delt inn i tre ulike kategorier. Fartøy i kategori 1 er de som beveger seg i området mer enn fire ganger i året. Kategori 2 betegner de fartøy som beveger seg mellom en og fire ganger i året, mens kategori 3 betegner de fartøy som beveger seg i området mindre enn en gang per år.



Figur 6.1: Modellresultater fiskefartøy

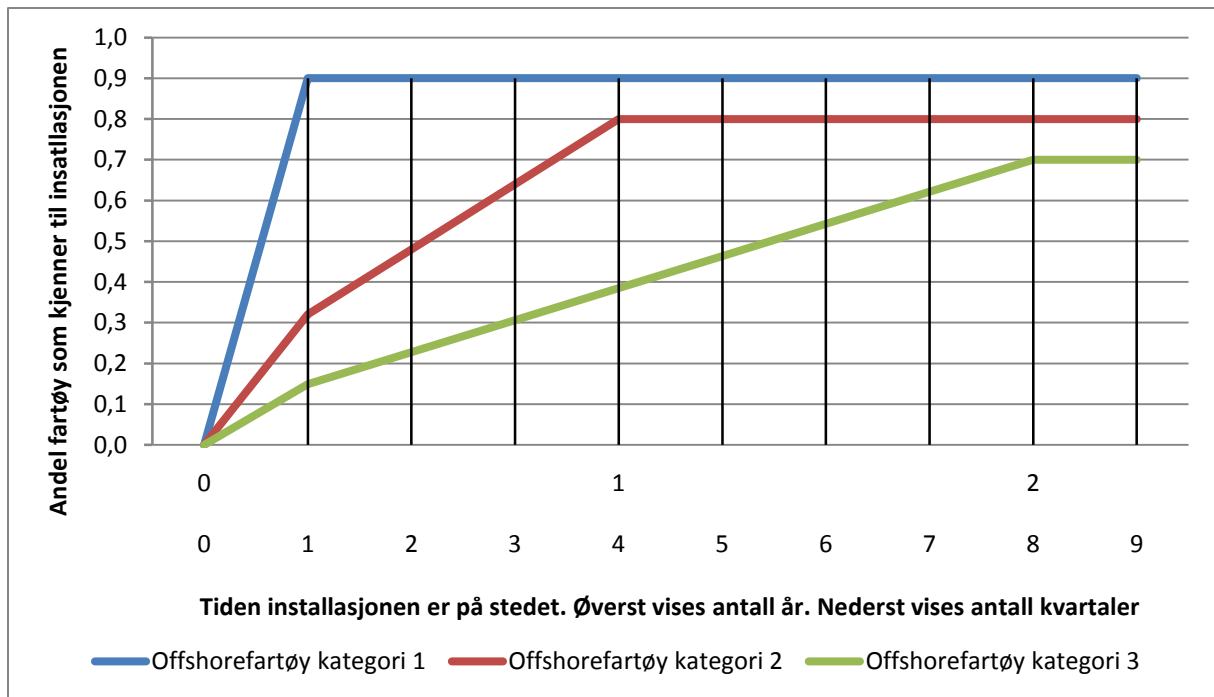
Figur 6.1 viser andelen fiskefartøy i de ulike kategoriene i området som kjenner til installasjonens plassering som en funksjon av antall kvartaler, eller antall år installasjonen har vært på feltet. En kan se at ingen fiskefartøy vil kjenne til installasjonen i det den settes ut. For fiskefartøy i kategori 1, som befinner seg i området mer enn fire ganger per år, vil 90 % av fartøyene kjenne til installasjonens plassering i

løpet av første kvartal. Av de fiskefartøy som passerer området mellom en og fire ganger per år, kategori 2, vil 32 % kjenne til installasjonen i løpet av ett kvartal, og 80 % vil kjenne til installasjonen i løpet av ett år (4 kvartal). Den siste kategorien av fiskefartøy, de som befinner seg i området inntil en gang per år, vil kun 15 % av fartøyene kjenne til installasjonen etter ett kvartal. Etter fire kvartal vil installasjonen være kjent for nesten 40 %, og etter to år (8 kvartal) vil 70 % kjenne til installasjonens plassering.



Figur 6.2: Modellresultater handelsfartøy

Figur 6.2 og Figur 6.3 viser andel handels-, og offshorefartøy som kjenner til installasjonen som en funksjon av antall kvartaler installasjonen er på feltet. Utviklingen i kjennskapen til plasseringen av installasjonen er lik for både handels-, og offshorefartøy, da de er basert på de samme verdiene i parameterne, vist i Tabell 4.4. En kan av figurene se at kjennskapen til installasjonen starter i 0 når installasjonen plasseres på feltet, hvoretter de fartøy som passerer området mer enn fire ganger per år (kategori 1) vil 90 % av fartøyene kjenne til installasjonen etter ett kvartal. Av de fartøy som passerer installasjonen mellom en og fire ganger per år (kategori 2) vil rett over 30 % kjenne til installasjonen etter ett kvartal, og 80 % vil kjenne til installasjonen etter ett år (4 kvartal). De fartøy som passerer installasjonen mindre enn fire ganger per år (kategori 3), vil omtrent 15 % kjenne til installasjonens plassering etter 1 kvartal, og 70 % vil kjenne til installasjonen etter 8 kvartal (2 år).



Figur 6.3: Modellresultater offshorefartøy

Formelen som ligger til grunn for de tre siste tabellene har en siste faktor, a_h , som forklarer andelen fiske-, offshore-, handels-, og marinefartøy som passerer installasjonen sett fra installasjonens punkt. Dette er en faktor som veker kjennskapen de ulike fartøyskategoriene har om installasjonens plassering, slik at en kan finne en total p_k for de fartøy som seiler i området rundt installasjonen. Denne faktoren har blitt utelatt fra analysen, da analysen skal observere hvordan kjennskapen til installasjonen utvikler seg for hver type fartøy, og ikke hvordan den totale kjennskapen til installasjonen utvikler seg over alle typer fartøy.

6.2 Reelle trafikkdata

Oppgaven vil, som beskrevet tidligere, forsøke å identifisere om tiden en installasjon står på stedet medfører en signifikant endring i adferd hos passerende fartøy. Dette kapitlet er delt inn i tre underkapitler, som presenterer resultatene fra hver delanalyse, forklart i kapittel 5.4.

6.2.1 Endring i trafikkvolum i forhold til normaltstanden

Dette kapitlet presenterer og kommenterer hvorledes trafikkvolumet og trafikkmønsteret endres i fra referanseperiodene til analyseperioden. Kapitlet inneholder seks tabeller over utviklingen i trafikkvolum for henholdsvis fiskefartøy, handelsfartøy, og offshore fartøy rundt letebrønn 34/8-13 og 16/1-10. Kapitlet avsluttes med en presentasjon av en sammenstilling av trafikkutviklingen rundt begge letebrønnene, og en hypotesetest der en ser om det har vært en signifikant endring i andel fartøy som velger å passere 3 nm utenfor installasjonen.

Letebrønn 34/8-13

Oppstartsdatoen på denne letebrønningen var 17.3.2009 og den ble avsluttet 27.6.2009 (NPD, 2010). Referanseperiode 1 startet 20.8.2008 og varte til 7.12.2008. Referanseperiode 2 startet 5.10.2009, og varte til 13.1.2010.

Tabell 6.1 viser utviklingen i trafikkvolum for fiskefartøy rundt letebrønn 34/8-13 i analyseperioden og referanseperiodene. En kan observere at antall fartøy innenfor både sonen på 12 nm, og sonen på 3 nm går ned i analyseperioden i forhold til referanseperiodene. Samtidig viser utviklingen i forholdstallet at antall fartøy som velger å passere installasjonen med en avstand større enn 3 nm går opp til 0,774 i analyseperioden, i forhold til referanseperiodene (0,756 og 0,709).

Tabell 6.1: Fiskefartøy letebrønn 34/8-13

	Unike fartøy innenfor 12 nm	Unike fartøy innenfor 3 nm	Forholdstall for andel fartøy utenfor 3 nm
Referanseperiode 1	135	33	0,756
Analyseperiode	93	21	0,774
Referanseperiode 2	127	37	0,709

Tabell 6.2 viser trafikkvolumet innenfor de ulike sonene rundt letebrønn 34/8-13 i analyseperioden, sammenlignet med referanseperiodene. En ser at antall fartøy innenfor sonen på 12 nm ligger på henholdsvis 64 og 55 i referanseperiode 1 og i analyseperioden, før det faller til 6 i referanseperiode 2. Antall fartøy innenfor sonen på 12 nm ligger på 15 stykker i referanseperiode 1, 23 i analyseperioden, og 2 i referanseperiode 2. Forholdstallet går markant ned i analyseperioden i forhold til referanseperiode 1. I referanseperiode 1 velger nesten 77 % av fartøyene i området å passere utenfor sonen på 3 nm, mens det i analyseperioden kun er 58 % som velger å passere utenfor sonen på 3 nm. Referanseperiode 2 har såpass få målinger i forhold til analyseperioden og referanseperiode 1, at forholdstallet ikke vektlegges i like stor grad.

Tabell 6.2: Handelsfartøy letebrønn 34/8-13

	Unike fartøy innenfor 12 nm	Unike fartøy innenfor 3 nm	Forholdstall for andel fartøy utenfor 3 nm
Referanseperiode 1	64	15	0,766
Analyseperiode	55	23	0,582
Referanseperiode 2	6	2	0,667

Tabell 6.3 viser utviklingen i trafikkvolum for offshorefartøy rundt letebrønn 34/8-13 i analyseperioden, og referanseperiodene. En ser at antall fartøy innenfor sonen på 12 nm varierer mellom 75 i analyseperioden og 103 i referanseperiode 2. Antall fartøy innenfor sonen på 3 nm varierer mellom 34 i referanseperiode 2 og 26 i analyseperioden. Forholdstallet har en svak nedgang i analyseperioden (0,653) i forhold til referanseperiodene (0,677 og 0,670).

Tabell 6.3: Offshorefartøy letebrønn 34/8-13

	Unike fartøy innenfor 12 nm	Unike fartøy innenfor 3 nm	Forholdstall for andel fartøy utenfor 3 nm
Referanseperiode 1	99	32	0,677
Analyseperiode	75	26	0,653
Referanseperiode 2	103	34	0,670

Letebrønn 16/1-10

Oppstartsdatoen på denne letebrønningen var i følge Oljedirektoratet (2010) 13.11.2008, og avslutningsdatoen var 5.2.2009. Referanseperiode 1 startet 1.5.2008, og varte til 3.8.2008. Referanseperiode 2 startet 16.5.2009, og varte til 24.8.2009.

Tabell 6.4 viser trafikkvolumet for fiskefartøy i området rundt letebrønn 16/1-10 i analyseperioden sammenstilt med referanseperiodene. En kan se at trafikkvolumet øker fra 36 til 44 unike fartøy innenfor sonen på 12 nm fra referanseperiode 1 til analyseperioden, før det synker til 39 i referanseperiode 2. Antall fiskefartøy innenfor sonen på 3 nm øker i analyseperioden fra 6 i referanseperiode 1 til 8 i analyseperioden. Referanseperiode 2 hadde 8 fartøy innenfor sonen på 3 nm. Forholdstallet for antall fartøy utenfor 3 nm går ned i analyseperioden (0,818) i forhold til referanseperiodene (0,833 og 0,795).

Tabell 6.4: Fiskefartøy letebrønn 16/1-10

	Unike fartøy innenfor 12 nm	Unike fartøy innenfor 3 nm	Forholdstall for andel fartøy utenfor 3 nm
Referanseperiode 1	36	6	0,833
Analyseperiode	44	8	0,818
Referanseperiode 2	39	8	0,795

Tabell 6.5 viser endringen i trafikkvolum for handelsfartøy i området rundt letebrønn 16/1-10 i analyseperioden, sammenlignet med referanseperiodene. En kan se at trafikkvolumet øker fra 71 i referanseperiode 1 til 110 i referanseperiode 2. Antall fartøy innenfor sonen på 3 nm øker fra 15 i referanseperiode 1 til 29 i analyseperioden og 30 i referanseperiode 2. En kan observere at forholdstallet for andelen fartøy som passerer utenfor sonen på 3 nm har en svak nedgang fra referanseperiodene til analyseperioden (0,789 og 0,727 mot 0,707).

Tabell 6.5: Handelsfartøy letebrønn 16/1-10

	Unike fartøy innenfor 12 nm	Unike fartøy innenfor 3 nm	Forholdstall for andel fartøy utenfor 3 nm
Referanseperiode 1	71	15	0,789
Analyseperiode	99	29	0,707
Referanseperiode 2	110	30	0,727

Tabell 6.6 viser endringen i antall offshorefartøy innenfor henholdsvis sonen på 12 nm, 3 nm, og forholdstallet mellom antall fartøy innenfor de ulike sonene rundt letebrønn 16/1-10 i analyseperioden og referanseperiodene. Antall fartøy innenfor sonen på 12 nm øker markant fra 83 i referanseperiode 1, via 107 i analyseperioden, og til 214 i referanseperiode 2. Antall fartøy innenfor sonen på 3 nm øker fra 21 i referanseperiode 1, via 29 i analyseperioden, til 64 i referanseperiode 2. Referanseperiode 1 har et forholdstall på 0,747, referanseperiode 2 har et forholdstall på 0,701, mens analyseperioden har et forholdstall på 0,729. Dette gir ingen klare indikasjoner på at antall fartøy som velger å passere installasjonen med en større avstand enn 3 nm har gått ned i analyseperioden i forhold til referanseperiodene.

Tabell 6.6: Offshorefartøy letebrønn 16/1-10

	Unike fartøy innenfor 12 nm	Unike fartøy innenfor 3 nm	Forholdstall for andel fartøy utenfor 3 nm
Referanseperiode 1	83	21	0,747
Analyseperiode	107	29	0,729
Referanseperiode 2	214	64	0,701

Sammenstilling av letebrønnene

Variasjonene i trafikkvolum i tabellene over er ganske stor. Samtidig er antall målinger relativt liten. Tabell 6.2 har sitt laveste antall skip innenfor sonen på 12 nm som 6 stykker, og en slik tynn datamengde er ikke tilstrekkelig til å trekke konklusjoner av. Dette kapitlet vil derfor presentere og kommentere resultatene fra en sammenstilling av resultatene i forrige delkapittel. Resultatene fra Tabell 6.1 til Tabell 6.6 vil summeres for hver kategori av fartøy i analyseperioden og begge referanseperiodene. Dette gjøres, for eksempel for fiskefartøy i referanseperiode 1, ved å summere antall fartøy innenfor 12 nm og 3 nm i Tabell 6.1 med tilsvarende verdier i Tabell 6.4. Ut av dette vil et nytt forholdstall $1 - [F_{1U}/F_{YU}]$ regnes ut. På denne måten vil de referanseperiodene og analyseperiodene som har større trafikkvolum vektlegges i større grad enn de som ikke har tilsvarende trafikkvolum.

Tidsrommet de to letebrønnene ble boret på, er ganske forskjellig. En kan anta at trafikkvolumet har variasjoner mellom områder og årstider (Safetec, 1994). Ved å sammenstille analyseperiodene og referanseperiodene for de ulike letebrønnene, vil en sammenstille ulike områder og ulike tider med hverandre. Oppgaven vil derfor ved

denne sammenstillingen søke å lage et "globalt", vektet gjennomsnitt for endringen i adferd i de ulike fartøyskategorier, og forsøke å normalisere variasjonene i område-, og tidsspesifikke trafikkvolum.

Tabell 6.7 viser utviklingen i trafikkvolum for sammenstillingen av fiskefartøy. En ser at antall fartøy innenfor både sonen på 12 nm, og sonen på 3 nm reduseres i analyseperioden i forhold til referanseperiodene. Forholdstallet har en svak økning til 0,788 i analyseperioden i forhold til referanseperiodene (0,772 og 0,729).

Tabell 6.7: Sammenstilling av fiskefartøy

	Unike fartøy innenfor 12 nm	Unike fartøy innenfor 3 nm	Forholdstall for andel fartøy utenfor 3 nm
Referanseperiode 1	171	39	0,772
Analyseperiode	137	29	0,788
Referanseperiode 2	166	45	0,729

Tabell 6.8 viser trafikkutviklingen for sammenstillingen av handelsfartøy i analyseperiodene i forhold til referanseperiodene. Antall fartøy innenfor sonen på 12 nm øker i analyseperioden, sammenlignet med referanseperiodene. Antall fartøy innenfor sonen på 3 nm øker også i analyseperioden i forhold til referanseperiodene. Forholdstallet har en nedgang i analyseperioden i forhold til referanseperiodene. En kan se at nedgangen har gått i fra 0,778 i referanseperiode 1, og 0,724 i referanseperiode 2, til 0,662 i analyseperioden

Tabell 6.8: Sammenstilling av handelsfartøy

	Unike fartøy innenfor 12 nm	Unike fartøy innenfor 3 nm	Forholdstall for andel fartøy utenfor 3 nm
Referanseperiode 1	135	30	0,778
Analyseperiode	154	52	0,662
Referanseperiode 2	116	32	0,724

Tabell 6.9 viser utviklingen i trafikkvolum i for sammenstillingen av offshorefartøy. En kan av denne tabellen se at antall fartøy innenfor sonen på 12 nm øker fra 182 i referanseperiode 1, via 186 i analyseperioden, til 317 i referanseperiode 2. Forholdstallet i analyseperioden (0,698) ligger lavere enn forholdstallene for referanseperiodene (0,709 og 0,691).

Tabell 6.9: Sammenstilling av offshorefartøy

	Unike fartøy innenfor 12 nm	Unike fartøy innenfor 3 nm	Forholdstall for andel fartøy utenfor 3 nm
Referanseperiode 1	182	53	0,709
Analyseperiode	182	55	0,698
Referanseperiode 2	317	98	0,691

Av de tre overstående tabellene kan en se at forholdstallet ser ut til å ha en svak nedgang i analyseperioden i forhold til referanseperiodene for handelsfartøy. Offshorefartøy har ingen spesielle endring, da forholdstallet for analyseperioden ligger mellom forholdstallene for referanseperiodene. For fiskefartøy har forholdstallet en svak økning i analyseperioden i forhold til referanseperiodene.

6.2.2 Endring av trafikkmønster innenfor en periode

Dette kapitlet vil presentere hvordan utviklingen i trafikkvolum og trafikkmønster er innad i analyseperioden. Kapitlet inneholder ni tabeller over utviklingen til antall fartøy innenfor henholdsvis sonene på 12 nm og 3 nm, i tillegg til forholdstallet for andel fartøy som passerer utenfor sonen på 3 nm. Dette gjøres, som forklart i kapittel 5.4.2, i en inndeling der analyseperioden deles inn i tidagersperioder. Først presenteres utviklingen for fiskefartøy, handelsfartøy, og offshorefartøy i området rundt letebrønn 34/8-13, og deretter utviklingen for fartøy rundt letebrønn 16/1-10. Til slutt presenteres en sammenstilling av utviklingen til de ulike fartøykategoriene. I sammenstillingen vil det og presenteres en regresjonsanalyse for utviklingen i forholdstallet.

Letebrønn 34/8-13

Tabell 6.10 viser utviklingen i trafikkvolum, og trafikkmønster for fiskefartøy rundt letebrønn 34/8-13. Tabellen viser at antall fartøy som passerer innenfor sonen på 12 nm varierer mellom 13 i delperiode 6 og 31 i delperiode 2. Antall fartøy innenfor sonen på 3 nm varierer mellom 1 i delperiode 8 og 9, og 4 i delperiode 2, 4 og 7. Forholdstallet har sin laveste verdi på 0,76 i delperiode 7, og sin høyeste verdi på 0,95 i delperiode 8.

Tabell 6.10: Fiskefartøy rundt letebrønn 34/8-13

Delperiode	Unike fartøy innenfor 12 nm	Unike fartøy innenfor 3 nm	Forholdstall for andel fartøy utenfor 3 nm
1	22	2	0,91
2	31	4	0,87
3	19	3	0,84
4	24	4	0,83
5	24	3	0,88
6	13	2	0,85
7	17	4	0,76
8	20	1	0,95
9	17	1	0,94
10	21	2	0,90

Tabell 6.11 viser utviklingen i trafikkvolum og trafikkmønster for handelsfartøy rundt letebrønn 34/8-13. Tabellen viser at antall fartøy innenfor sonen på 12 nm varierer mellom 10 i delperiode 2 og 3, og 16 i delperiode 5, 6 og 10. Antall fartøy innenfor sonen på 3 nm har sin høyeste verdi på 6 i delperiode 4 og 8, og sin laveste verdi på 1 i delperiode 7. Forholdstallet har sin høyeste verdi (0,93) i delperiode 7, og den laveste verdien (0,45) i delperiode 4.

Tabell 6.11: Handelsfartøy rundt letebrønn 34/8-13

Delperiode	Unike fartøy innenfor 12 nm	Unike fartøy innenfor 3 nm	Forholdstall for andel fartøy utenfor 3 nm
1	15	4	0,73
2	10	3	0,70
3	10	2	0,80
4	11	6	0,45
5	16	5	0,69
6	16	2	0,88
7	15	1	0,93
8	13	6	0,54
9	11	4	0,64
10	16	3	0,81

Tabell 6.12 viser utviklingen i antall fartøy innenfor henholdsvis sonene på 12 nm, 3 nm, og forholdstallet for antall fartøy som passerer utenfor sonen på 3 nm. Antall fartøy innenfor sonen på 12 nm varierer mellom 13 og 24 i henholdsvis delperiode 7 og delperiode 9. Antall fartøy som passerer innenfor sonen på 3 nm varierer mellom 2 i delperiode 8, og 7 stykker i delperiode 6. Forholdstallet har sin høyeste verdi på 0,89 i delperiode 8, og sin laveste verdi på 0,67 i delperiode 6.

Tabell 6.12: Offshorefartøy rundt letebrønn 34/8-13

Delperiode	Unike fartøy innenfor 12 nm	Unike fartøy innenfor 3 nm	Forholdstall for andel fartøy utenfor 3 nm
1	23	5	0,78
2	22	4	0,82
3	15	3	0,80
4	16	3	0,81
5	22	4	0,82
6	21	7	0,67
7	13	4	0,69
8	18	2	0,89
9	24	3	0,88
10	17	3	0,82

Letebrønn 16/1-10

Tabell 6.13 viser utviklingen i trafikkvolum og trafikkmønster for fiskefartøy rundt letebrønn 16/1-10. En kan observere at det totale trafikkvolumet er lavere rundt denne letebrønnen i forhold til letebrønn 34/8-13. Største antall fartøy innenfor sonen på 12 nm rundt denne letebrønnen er 15 i delperiode 1. Laveste registrerte antall fartøy innenfor sonen på 12 nm er 3 i delperiode 9. I delperiode 5 var det ikke registrert noen fartøy innenfor sonen på 12 nm, og denne målingen vil utelukkes fra videre analyse. Antall fartøy innenfor sonen på 3 nm varierer fra 0 i delperiode 3, 4 og 7, til 3 i delperiode 1. Forholdstallet varierer mellom 0,50 i delperiode 9, og 1,00 i delperiodene 3, 4 og 7. Dette kommer selvfølgelig av at det ikke var registrert fartøy innenfor sonen på 3 nm i de delperiodene.

Tabell 6.13: Fiskefartøy rundt letebrønn 16/1-10

Delperiode	Unike fartøy innenfor 12 nm	Unike fartøy innenfor 3 nm	Forholdstall for andel fartøy utenfor 3 nm
1	15	3	0,80
2	7	2	0,71
3	4	0	1,00
4	6	0	1,00
5	Ingen måling	Ingen måling	Ingen måling
6	7	1	0,86
7	5	0	1,00
8	4	2	0,50
9	3	1	0,67

Tabell 6.14 viser utviklingen i trafikkvolum og trafikkmønster for handelsfartøy rundt letebrønn 16/1-10 i den perioden leteriggen var på feltet. Lavest registrerte antall fartøy innenfor sonen på 12 nm var 7 i delperiode 9. Den delperioden med flest unike fartøy innenfor sonen på 12 nm var delperiode 7, der det ble registrert 21 unike fartøy innenfor denne sonen. Antall fartøy innenfor sonen på 3 nm varierer mellom 0 i delperiode 9, og 7 i delperiode 7. Forholdstallet varierer mellom 0,67 i delperiode 7, og 1,00 i delperiode 9.

Tabell 6.14: Handelsfartøy rundt letebrønn 16/1-10

Delperiode	Unike fartøy innenfor 12 nm	Unike fartøy innenfor 3 nm	Forholdstall for andel fartøy utenfor 3 nm
1	13	4	0,69
2	20	4	0,80
3	19	5	0,74
4	15	1	0,93
5	11	3	0,73
6	17	4	0,76
7	21	7	0,67
8	17	4	0,76
9	7	0	1,00

Tabell 6.15 viser utviklingen i trafikkvolum og trafikkmønster for offshorefartøy innenfor henholdsvis sonene på 12 nm, og 3 nm. Delperiode 9 hadde færrest antall registrerte fartøy innenfor sonen på 12 nm. I denne delperiode var det kun registrert 8 unike fartøy innenfor denne sonen. Det høyeste antall fartøy innenfor sonen på 12 nm var i delperiode 2. Da var det registrert 27 unike fartøy. Antall fartøy innenfor sonen på 3 nm var i den niende delperioden 1, og 7 i den andre delperioden. Forholdstallet varierer mellom 0,64 i delperiode 4, og 0,90 i delperiode 3.

Tabell 6.15: Offshorefartøy rundt letebrønn 16/1-10

Delperiode	Unike fartøy innenfor 12 nm	Unike fartøy innenfor 3 nm	Forholdstall for andel fartøy utenfor 3 nm
1	22	3	0,86
2	27	7	0,74
3	21	2	0,90
4	14	5	0,64
5	18	2	0,89
6	18	4	0,78
7	17	5	0,71
8	20	5	0,75
9	8	1	0,88

Sammenstilling av letebrønnene

Av de samme grunnene som forklart i kapittel 6.2.1, på side 71, ønsker en i denne delanalysen å finne utviklingen i manøvreringsmønstrene uavhengig av område-, og tidsspesifikke faktorer. Derfor vil det følgende kapitlet presentere en sammenstilling av tabellene i forrige delkapittel. Eksempelvis vil kolonne to og tre i Tabell 6.10 og Tabell 6.13 summeres for å gi en verdi på antall fiskefartøy innenfor sonene på henholdsvis 12 nm og 3 nm. Ut av de nye verdiene, vil et nytt forholdstall regnes ut.

Tabell 6.16 viser sammenstillingen av antall fiskefartøy innenfor sonene på henholdsvis 12 nm og 3 nm. En kan her observere at det laveste antall fartøy innenfor denne sonen er 20 i delperiode 6 og 9. Det høyeste antall fartøy innenfor sonen på 12 nm er 38 i delperiode 2. Antall fartøy innenfor sonen på 3 nm varierer mellom 2 i delperiode 9 og 10, og 6 i delperiode 2. Forholdstallet for antall fartøy utenfor sonen på 3 nm har i sammenstillingen en mindre spredning, der den laveste andelen er registrert i delperiode 7. Her er andelen som passerer utenfor sonen på 3 nm på 0,818. Den høyeste andelen fartøy som passerer installasjonen utenfor sonen på 3 nm er registrert i delperiode 10, hvor denne andelen er på 0,905.

Tabell 6.16: Sammenstilling av utvikling for fiskefartøy

Delperiode	Unike fartøy innenfor 12 nm	Unike fartøy innenfor 3 nm	Forholdstall for andel fartøy utenfor 3 nm
1	37	5	0,865
2	38	6	0,842
3	23	3	0,870
4	30	4	0,867
5	24	3	0,875
6	20	3	0,850
7	22	4	0,818
8	24	3	0,875
9	20	2	0,900
10	21	2	0,905

Tabell 6.17 viser sammenstillingen av trafikkvolumet og trafikkmønsteret for handelsfartøy. En kan observere at antall fartøy innenfor sonen på 12 nm varierer mellom 16 i delperiode 10, og 36 i delperiode 7. Antall fartøy innenfor sonen på 3 nm varierer mellom 3 i delperiode 10, og 10 i delperiode 8. Forholdstallet for antall fartøy som passerer installasjonen utenfor sonen på 3 nm varierer for denne typen fartøy mellom 0,667 i delperiode 8, og 0,818 i delperiode 6.

Tabell 6.17: Sammenstilling av utvikling for handelsfartøy

Delperiode	Unike fartøy innenfor 12 nm	Unike fartøy innenfor 3 nm	Forholdstall for andel fartøy utenfor 3 nm
1	28	8	0,714
2	30	7	0,767
3	29	7	0,759
4	26	7	0,731
5	27	8	0,704
6	33	6	0,818
7	36	8	0,778
8	30	10	0,667
9	18	4	0,778
10	16	3	0,813

Tabell 6.18 viser sammenstillingen av antall offshorefartøy innenfor sonene på henholdsvis 12 nm og 3 nm. Antall fartøy innenfor sonen på 12 nm varierer fra 17 i delperiode 10, til 49 i delperiode 2. Antall fartøy innenfor sonen på 3 nm varierer mellom 3 i delperiode 10, og 11 i delperiodene 2 og 6. Forholdstallet for andelen fartøy som passerer installasjonen utenfor sonen på 3 nm varierer fra 0,700 i delperiode 7, til 0,875 i delperiode 9.

Tabell 6.18: Sammenstilling av utvikling for offshorefartøy

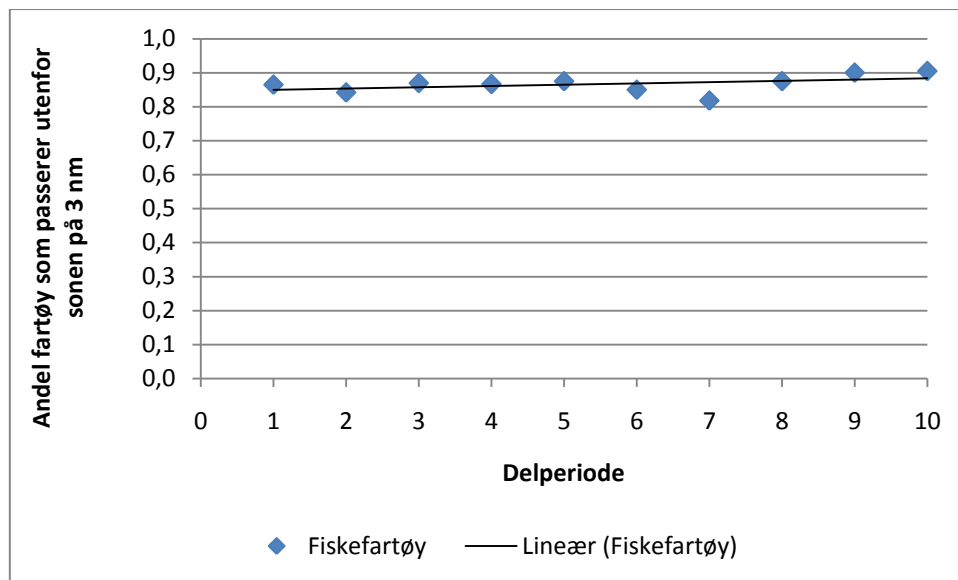
Delperiode	Unike fartøy innenfor 12 nm	Unike fartøy innenfor 3 nm	Forholdstall for andel fartøy utenfor 3 nm
1	45	8	0,822
2	49	11	0,776
3	36	5	0,861
4	30	8	0,733
5	40	6	0,850
6	39	11	0,718
7	30	9	0,700
8	38	7	0,816
9	32	4	0,875
10	17	3	0,824

Regresjonsanalyse

Dette kapitlet presenterer resultatene av en regresjonsanalyse gjennomført for forholdstallet i sammenstillingen presentert i forrige delkapittel. Kapitlet presenterer resultatene for henholdsvis fiskefartøy, handelsfartøy og offshorefartøy, først i form av et dataplott fra tabellene i forrige delkapittel, deretter en ANOVA-tabell, forklart i kapittel 2.4.3, og en figur som viser residualene til regresjonen. I henhold til kapittel 2.4.3, kan ANOVA-tabellen gi svar på om stigningstallet til forholdstallet er signifikant forskjellig fra 0.

Fiskefartøy

Figur 6.4 viser dataplottet av verdiene for forholdstallet for sammenstillingen av fiskefartøy, først presentert i Tabell 6.16. En kan se at alle verdiene ligger mellom 0,8 og 0,9. Figuren viser og en estimert regresjonslinje for utviklingen i andel fiskefartøy som passerer utenfor sonen på 3 nm. En kan se at den treffer punktene godt, bortsett fra måling 7, som ligger litt lavere enn linjen. Linjen viser og en svak økning, som kan tyde på at andelen fartøy som passerer utenfor sonen på 3 nm øker utover i den perioden installasjonen er på feltet.



Figur 6.4: Dataplott av forholdstall for fiskefartøy

Tabell 6.19 viser resultatene av regresjonsanalysen gjennomført for utviklingen i andel fiskefartøy som passerer utenfor sonen på 3 nm i løpet av analyseperioden. En kan av denne tabellen se at R^2 er ganske lav, kun 0,197. Figur 6.4 viser at den estimerte regresjonslinjen tilsynelatende forklarer mer enn 19,7 % av variasjonen i dataene fra denne regresjonen. Denne lave forklaringsgraden kommer mest sannsynlig av at stigningen til linjen er såpass liten, så dette tallet anses som urealistisk lavt, og ekskluderes fra videre analyse. En kan videre se at koeffisienten for skjæringspunktet med andreaksen er estimert til å være 0,846, med standardavvik på 0,017. Dette resultatet kan tolkes å tilsvare den andelen fartøy som velger å passere utenfor sonen på 3 nm i starten av den perioden installasjonen er på feltet. Koeffisienten for stigningstallet, som forklarer utviklingen i antall fartøy som passerer utenfor sonen på 3 nm etter hvert som tiden går, viser seg å være 0,004, med tilhørende standardavvik på 0,003. P-verdien angir, som forklart i kapittel 2.4.3, sannsynligheten for å observere ike ekstreme verdier som det en observerer, gitt at nullhypotesen er rett. Nullhypotesen vil i denne sammenheng være: Variabelen er lik 0.

En kan se at p-verdien for skjæringspunktet er 0,000, noe som tyder på at ut i fra dette datasettet kan vi påstå at skjæringspunktet er signifikant forskjellig fra 0. P-verdien for delperiode viser seg av dette datasettet å være 0,199. Dette betyr at en, basert på dette datasettet, ikke kan forkaste nullhypotesen om at stigningstallet er lik 0. Den samme informasjonen kan en også observere fra konfidensintervallet basert på dette datasettet. Koeffisienten for skjæringspunktet med andreaksen har et 95 % konfidensintervall som ligger mellom 0,807, og 0,884. Et 95 % konfidensintervall for stigningstallet til den estimerte regresjonslinjen ligger mellom -0,002 og 0,010. Av dette konfidensintervallet kan en ikke påstå at stigningstallet er signifikant forskjellig fra 0.

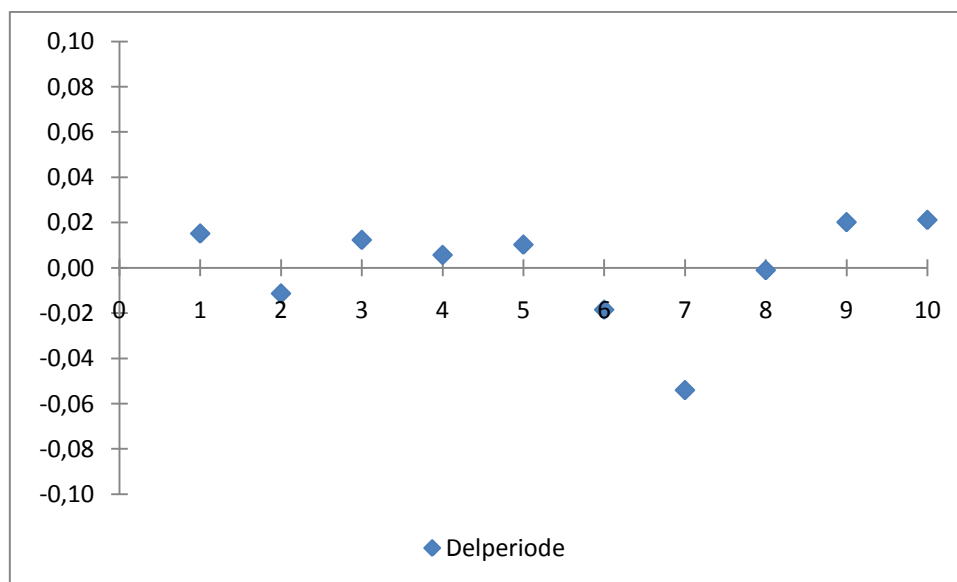
Tabell 6.19: Regresjonsanalyse av fiskefartøy

<i>Regresjonsstatistikk</i>	
Multippel R	0,443
R-kvadrat	0,197
Justert R-kvadrat	0,096
Standardfeil	0,024
Observasjoner	10

Variansanalyse					
	<i>fg</i>	<i>SK</i>	<i>GK</i>	<i>F</i>	<i>Signifikans-F</i>
Regresjon	1	0,001	0,001	1,958	0,199
Residualer	8	0,005	0,001		
Totalt	9	0,006			

	<i>Koeffisienter</i>	<i>Standardfeil</i>	<i>t-Stat</i>	<i>P-verdi</i>	<i>Nederste 95%</i>	<i>Øverste 95%</i>
Skjæringspunkt	0,846	0,017	50,681	0,000	0,807	0,884
Delperiode	0,004	0,003	1,399	0,199	-0,002	0,010

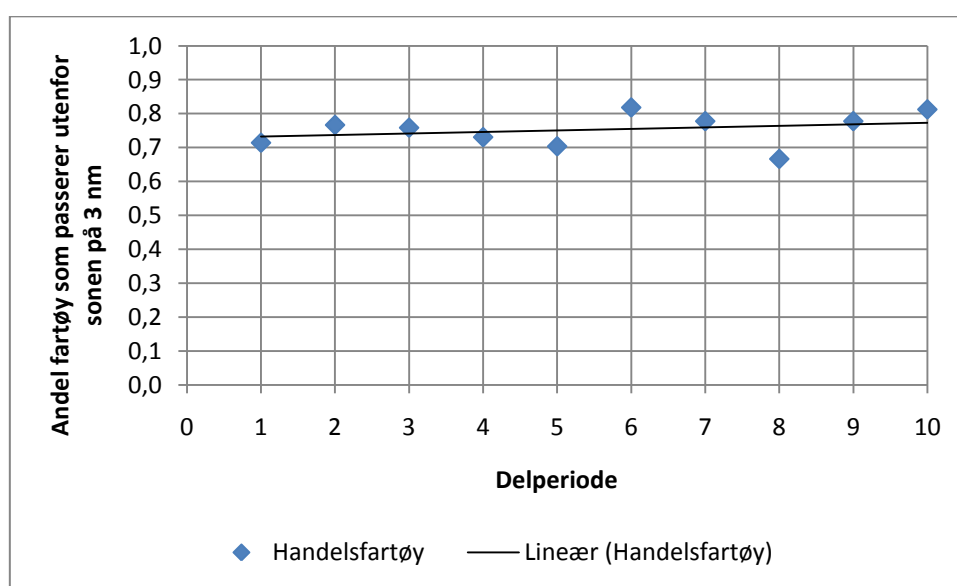
Figur 6.5 viser et residualplott for verdiene i fra forrige tabell. Residualene er, som forklart i kapittel 2.4.1, definert som avstanden mellom den estimerte regresjonslinjen og de enkelte verdiene. En ser av denne figuren at residualplottet viser en tilsynelatende tilfeldig variasjon rundt 0. Verdiene varierer mellom 0,02 og -0,05.



Figur 6.5: Residualplott fiskefartøy

Handelsfartøy

Figur 6.6 viser dataplottet for hvordan forholdstallet for handelsfartøy utvikler seg i analyseperioden. En kan av denne figuren se at verdiene for handelsfartøy ligger generelt sett lavere enn for tilsvarende verdier for fiskefartøy. Dette kan bety at andelen fartøy som velger å passere utenfor sonen på 3 nm er lavere for handelsfartøy enn for fiskefartøy. Verdiene i figuren varierer mellom 0,67 og 0,82. Figuren viser i tillegg til dataplottet en estimert regresjonslinje for antall fartøy som velger å passere installasjonen utenfor sonen på 3 nm. Denne estimerte linjen viser en litt høyere økning enn hva tilsvarende linje gjorde for fiskefartøy.



Figur 6.6: Dataplott av forholdstall for handelsfartøy

Tabell 6.20 viser resultatene av regresjonsanalysen gjort for andel handelsfartøy som velger å passere utenfor sonen på 3 nm i forhold til installasjonen. En kan av denne regresjonsanalysen se at R^2 er veldig lav. Forklaringen på dette er mest sannsynlig at det estimerte stigningstallet er ikke langt fra 0, slik Figur 6.6 viser. En kan se at den estimerte koeffisienten for skjæringspunktet med andreaksen er på 0,727, med tilhørende standardavvik på 0,034. Den estimerte verdien er litt lavere enn tilsvarende verdi for fiskefartøy, mens standardavviket er større. Den estimerte koeffisienten for stigningstallet er på 0,005. Tilhørende standardavvik for stigningstallet for andel fartøy som passerer utenfor sonen på 12 nm er på 0,005, som er litt høyere enn tilsvarende verdi for fiskefartøy. P-verdien til det estimerte skjæringspunktet med andreaksen er på 0,000, som kan tyde på at denne verdien er signifikant forskjellig fra 0. P-verdien for stigningstallet er på 0,421, som betyr at vi ikke kan påstå at stigningstallet er signifikant

forskjellig fra 0. 95 % konfidensintervallet for skjæringspunktet ligger mellom 0,650, og 0,805, som er lavere enn for tilsvarende konfidensintervall for fiskefartøy. Et 95 % konfidensintervall for stigningstallet ligger mellom -0,008, og 0,017. Siden 0 er en del av dette intervallet, kan en ikke påstå at stigningstallet er signifikant forskjellig fra 0 basert på dette datasettet.

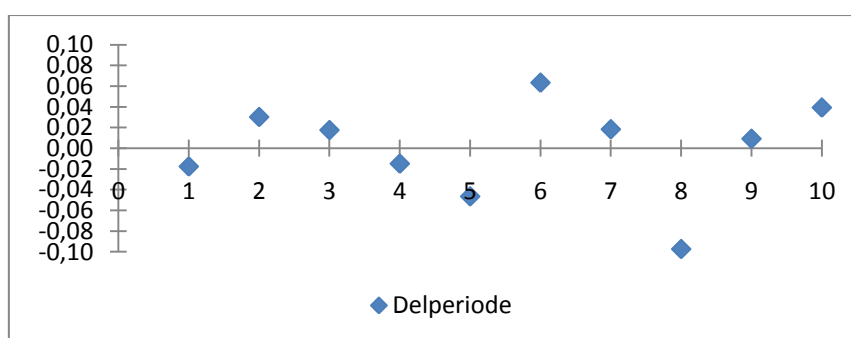
Tabell 6.20: Regresjonsanalyse av handelsfartøy

Regresjonsstatistikk	
Multippel R	0,287
R-kvadrat	0,082
Justert R-kvadrat	-0,032
Standardfeil	0,049
Observasjoner	10

Variansanalyse					
	fg	SK	GK	F	Signifikans-F
Regresjon	1	0,002	0,002	0,718	0,421
Residualer	8	0,019	0,002		
Totalt	9	0,021			

	Koeffisienter	Standardfeil	t-Stat	P-verdi	Nederste 95 %	Øverste 95 %
Skjæringspunkt	0,727	0,034	21,640	0,000	0,650	0,805
Delperiode	0,005	0,005	0,847	0,421	-0,008	0,017

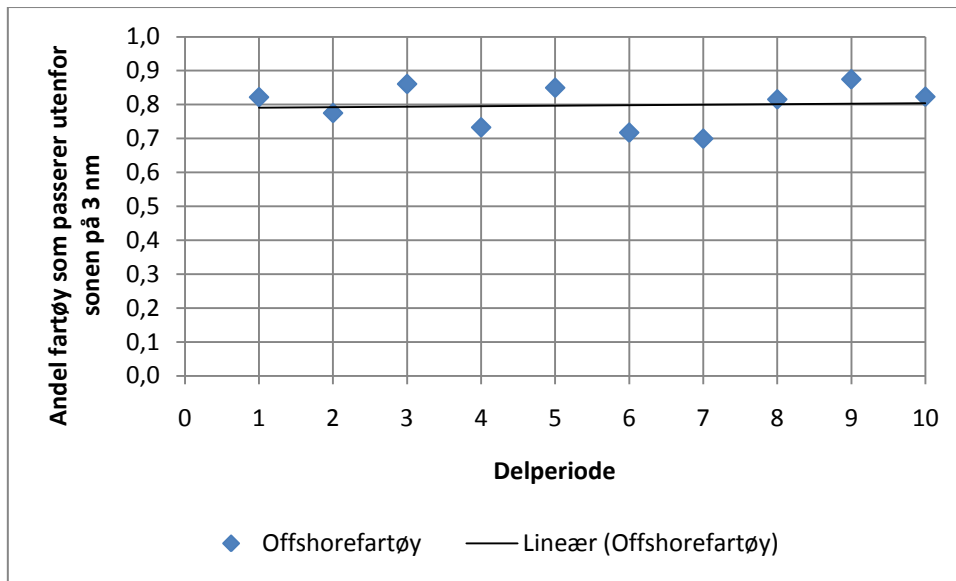
Figur 6.7 viser residualplottet for regresjonsanalysen gjennomført for handelsfartøy. Verdiene for avstanden mellom de observerte verdiene og den estimerte regresjonslinja varierer mellom -0,08 og 0,10. En kan videre av figuren observere at dataene ser ut til å variere tilfeldig rundt 0.



Figur 6.7: Residualplott handelsfartøy

Offshorefartøy

Figur 6.8 viser utviklingen i sammenstillingen av andel offshorefartøy som passerer installasjonene utenfor sonen på 3 nm i løpet av analyseperioden. En kan av denne figuren se at dataene varierer en del mellom 0,70 og 0,88. Variasjonene for denne typen fartøy er mindre enn tilsvarende variasjoner for fiskefartøy. Figuren viser videre en estimert regresjonslinje for utviklingen i antall fartøy som passerer utenfor sonen på 3 nm. En kan se at dataene varierer godt rundt linjen, og at linjen har en slak helning oppover.



Figur 6.8: Dataplott av forholdstall for offshorefartøy

Tabell 6.21 viser resultatene av regresjonsanalysen gjennomført for sammenstillingen av utviklingen i andel offshorefartøy som passerer installasjonen utenfor sonen på 3 nm. I likhet med Tabell 6.19 og Tabell 6.20 viser denne tabellen en unormal lav R^2 . Den estimerte koeffisienten for skjæringspunktet med andreaksen er for offshorefartøy på 0,789, med tilhørende standardavvik på 0,045. Koeffisienten til stigningstallet til den estimerte linja er på 0,002, med tilhørende standardavvik på 0,007. En kan videre se at p-verdien til koeffisienten for skjæringspunktet med andreaksen er på 0,000. Dette betyr at en kan påstå at skjæringspunktet med andreaksen er signifikant forskjellig fra 0. P-verdien til koeffisienten for stigningstallet er 0,840. Et 95 % konfidensintervall for skjæringspunktet med andreaksen er gitt mellom 0,685, og 0,893. Dette kan bety at en kan av dette datasettet påstå at koeffisienten for skjæringspunktet med andreaksen er signifikant forskjellig fra 0. Et 95 % konfidensintervall for stigningstallet er gitt mellom -

-0,015, og 0,018. I og med at 0 er en del av dette konfidensintervallet, kan en ikke påstå at stigningstallet er signifikant forskjellig fra 0.

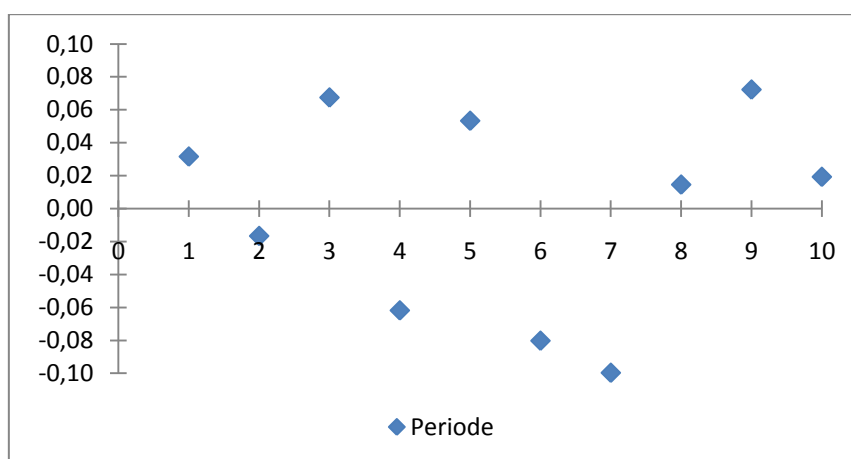
Tabell 6.21: Regresjonsanalyse av offshorefartøy

Regresjonsstatistikk					
Multippel R	0,07				
R-kvadrat	0,01				
Justert R-kvadrat	-0,12				
Standardfeil	0,07				
Observasjoner	10				

Variansanalyse					
	fg	SK	GK	F	Signifikans-F
Regresjon	1	0,00	0,00	0,04	0,84
Residualer	8	0,03	0,00		
Totalt	9	0,03			

	Koeffisienter	Standardfeil	t-Stat	P-verdi	Nederste 95 %	Øverste 95 %
Skjæringspunkt	0,789	0,045	17,545	0,000	0,685	0,893
Delperiode	0,002	0,007	0,209	0,840	-0,015	0,018

Figur 6.9 viser plottet over avstanden mellom målingene og den estimerte regresjonslinen. En kan av denne figuren se at residualene varierer mellom -0,08 og 0,09. Figuren viser ikke noen spesielle system i verdiene, de virker tilsynelatende å variere tilfeldig rundt verdien 0.



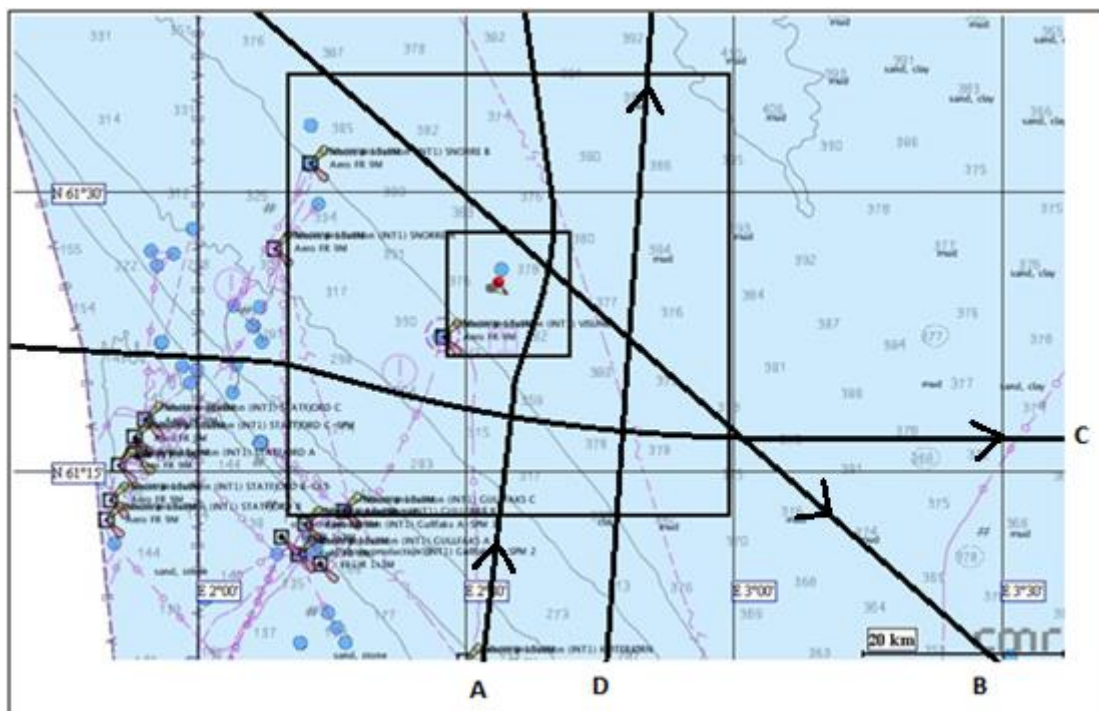
Figur 6.9: Residualplott offshorefartøy

En kan av de tabellene og figurene i dette delkapitlet se at andelen fartøy som passerer utenfor sonen på 3 nm fra installasjonen er relativt høyt. Skjæringspunktet med

andreaksen for alle typer fartøy er signifikant forskjellig fra 0, og videre kan en observere ingen signifikant endring i adferden innenfor analyseperioden. Ingen av fartøyskategoriene hadde stigningstall som var signifikant forskjellig fra 0. Ved å observere residualplottene, kan en se at restverdiene varierer tilfeldig rundt 0. Dette kan indikere at antagelsen om at residualene er uavhengig og identisk normalfordelt med forventning 0 og standardavvik σ stemmer.

6.2.3 Endring i adferd hos enkeltskip

Denne delanalysen vil observere om fartøystypene endrer sitt navigasjonsmønster ved senere passeringer i forhold til førstegangspassering. Kapitlet presenterer seks tabeller for utviklingen i navigasjonsmønster rundt begge letebrønnene. Denne analysen omhandler kun de skip som passerer området. Analysen vil ikke omhandle de fartøy som har installasjonen som sitt mål, eller de fartøy som ikke har et identifiserbart manøvreringsmønster. Eksempelvis er fiskefartøy under fiske utelatt, da deres kursendring er såpass hyppig at en ikke har klart å finne et identifiserbart navigasjonsmønster i henhold til Figur 5.6. Tabellene vil kun presentere de fire første passeringene, da det av alle de registrerte fartøyene kun var fire som hadde fem eller flere passeringer, og ingen av disse hadde endret sin manøvreringsmetode i forhold til fjerde passering.



Figur 6.10: Identifiserte manøvreringstyper

Letebrønn 34/8-13

Tabell 6.22 viser endringen i manøvreringsmønster for fiskefartøy som passerer området rundt letebrønn 34/8-13 flere ganger. En kan av tabellen se at 16 unike fiskefartøy passerte flere ganger. Av disse 16 hadde kun ett fartøy manøvreringsmønster *A* ved førstegangs passering. Ett fartøy hadde manøvreringsmønster *B*, tre hadde manøvreringsmønster *C*, og 11 hadde manøvreringsmønster *D* ved førstegangs passering. Dette kan tolkes slik at de fleste enten visste om installasjonen, eller hadde en rute som førte til at fartøyet passerte installasjonen utenfor sonen på 3 nm. Ved senere passeringer var det kun to fartøyer som passerte innenfor sonen på 3 nm fra installasjonen. Begge disse fartøyene valgte å passere utenfor sonen på 3 nm ved førstegangspassering. De to fartøyene som hadde manøvreringsmønster *A* eller *B* ved første passering, hadde begge en passering med manøvreringsmønster *D* ved andre passering.

Tabell 6.22: Identifisert manøvreringsmønster for fiskefartøy rundt letebrønn 34/8-13

Fartøy nummer	Passering nummer			
	1	2	3	4
1	C	D		
2	C	C		
3	D	D		
4	D	D	D	
5	D	D		
6	D	D		
7	D	D		
8	D	B	A	
9	D	A		
10	D	D		
11	B	D	D	
12	A	D	D	
13	D	D	D	
14	C	D		
15	D	D		
16	D	D		

Tabell 6.23 viser endringen i manøvreringsmønster for handelsfartøy som passerte letebrønn 34/8-13 flere ganger. En kan se at det var ni unike fartøy som passerte installasjonen i løpet av analyseperioden. To fartøy hadde manøvreringsmønster *A* ved første passering, fire hadde manøvreringsmønster *B*, og tre hadde manøvreringsmønster *D*. Ved senere passeringer var det kun en endring å spore. Ett fartøy hadde endret manøvreringsmønster fra *B* til *A*, resten hadde uendrede manøvreringsmønster.

Tabell 6.23: Identifisert manøvreringsmønster for handelsfartøy rundt letebrønn 34/8-13

Fartøy nummer	Passering nummer			
	1	2	3	4
1	A	A	A	A
2	D	D	D	D
3	D	D	D	
4	A	A	A	A
5	B	B	B	
6	B	B	B	
7	D	D	D	D
8	B	B	B	
9	B	A		

Tabell 6.24 viser endringen i manøvreringsmønster for offshorefartøy som passerte letebrønn 34/8-13 flere ganger i løpet av analyseperioden. For denne typen fartøy ble det registrert 21 unike fartøy som passerte installasjonen flere ganger. Av disse 21 var fem med manøvreringsmønster *A*, seks med manøvreringsmønster *B*, ingen med manøvreringsmønster *C*, og ti med manøvreringsmønster *D*. Ved andre passering, var det kun tre fartøy som endret manøvreringsmønsteret sitt. Fartøy nummer 12 endret fra *A* til *C*, mens fartøy nummer 13 og 20 endret fra *A* til *B*. Hvis en sammenligner første passering med alle senere passeringer, var det, i tillegg til de tre fartøyene som endret mellom første og andre passering, kun to fartøyene som endret sin manøvreringsmetode.

Tabell 6.24: Identifisert manøvreringsmønster for offshorefartøy rundt letebrønn 34/8-13

Fartøy nummer	Passering nummer			
	1	2	3	4
1	B	B	C	B
2	B	B	C	B
3	D	D	D	
4	B	B	B	
5	B	B		
6	D	D		
7	B	B	B	
8	D	D		
9	D	D	D	
10	D	D	D	D
11	D	D		
12	A	C		
13	A	B		
14	A	A	A	A
15	B	B	B	B
16	D	D		
17	D	D		
18	A	A		
19	D	D		
20	A	B	B	B
21	D	D	D	

Letebrønn 16/1-10

Tabell 6.25 viser endringen i manøvreringsmønster for fiskefartøy som passerte letebrønn 16/1-10 flere ganger i løpet av analyseperioden. Rundt denne letebrønnen var det kun registrert fire unike fartøy med flere passeringer. Ett av disse fartøyene hadde manøvreringsmønster *B*, mens de tre andre hadde manøvreringsmønster *D*. Ved senere passeringer hadde to uendrede manøvreringsmønster, en endret fra *B* til *D*, og en fra *D* til *B*.

Tabell 6.25: Identifisert manøvreringsmønster for fiskefartøy rundt letebrønn 16/1-10

Fartøy nummer	Passering nummer			
	1	2	3	4
1	D	D		
2	B	D		
3	D	B	D	
4	D	D		

Tabell 6.26 viser endringen i manøvreringsmønster for handelsfartøy rundt letebrønn 16/1-10. Det ble registrert 19 unike fartøy med mer enn en passering innenfor analyseperioden. Ved første passering var det fire fartøy som hadde manøvreringsmetode *A*, tre som hadde manøvreringsmetode *B*, tre som hadde manøvreringsmetode *C*, og ni som hadde manøvreringsmetode *D*. Ved andre passering, hadde to fartøy endret fra manøvreringsmetode *A* til *D*, to fra manøvreringsmetode *C* til *D*, en fra *C* til *B*, og en fra *D* til *B*. 13 fartøy hadde uendret manøvreringsmetode. Hvis en sammenligner første passering med alle senere passeringer, kan en se at fartøy nummer 14 endret manøvreringsmetode fra *A* til *D*, og fartøy 19 fra *C* til *D*.

Tabell 6.26: Identifisert manøvreringsmønster for handelsfartøy rundt letebrønn 16/1-10

Fartøy nummer	Passering nummer			
	1	2	3	4
1	B	B	B	
2	C	B	B	
3	A	A		
4	B	B		
5	D	D		
6	D	D	A	
7	D	B		
8	D	D		
9	C	D		
10	D	D	D	D
11	D	D	D	
12	A	D		
13	D	D		
14	A	D	D	D
15	A	A		
16	D	D	D	
17	D	D	D	D
18	B	B		
19	C	D	D	

Tabell 6.27 viser endringen i manøvreringsmønster for offshorefartøy rundt letebrønn 16/1-10 i analyseperioden. Tabellen viser at det ble registrert 21 unike fartøy med mer enn en passering. Ved første passering ble det registrert to fartøy med manøvreringsmetode A, to med manøvreringsmetode B, to med manøvreringsmetode C, og 15 med manøvreringsmetode D. Ved andre passering var det 11 fartøy som hadde endret manøvreringsmetode. Spesielt to fartøy kan ha tatt læring av den første passeringen; fartøy nummer 2 endret fra manøvreringsmetode A til B, og fartøy nummer 19 endret fra manøvreringsmetode C til D.

Tabell 6.27: Identifisert manøvreringsmønster for offshorefartøy rundt letebrønn 16/1-10

Fartøy nummer	Passering nummer			
	1	2	3	4
1	B	B		
2	A	B	B	
3	C	C		
4	D	D		
5	D	D		
6	D	D	A	
7	D	B	D	
8	D	D		
9	D	A		
10	D	D	D	D
11	D	D		
12	D	D	B	
13	D	D	D	
14	B	A		
15	D	B		
16	D	B	D	B
17	D	A		
18	A	D		
19	C	D		
20	D	D		
21	D	B		

Analysen i dette kapitlet vil, som forklart tidligere, forsøke å beskrive hvordan adferden hos de fartøy som passerte installasjonen flere ganger endret seg fra første passering til senere passeringer. Et resultat som peker i retningen av at kunnskapen om installasjonen øker utover i den perioden installasjonen står på feltet, kunne blitt bekreftet av at flere fartøy velger å passere installasjonen med manøvreringsmetode C,

eller *D*. Denne analysen viser, i likhet med analysen i kapittel 6.2.1, at antall fartøy som passerer installasjonen utenfor sonen på 3 nm er i utgangspunktet høy. Videre viser analysen, som kan bekreftes i kapittel 6.2.2, at endringen i navigasjonsmønster innenfor analyseperioden er liten. De overstående tabellene viser at det er lite variasjon i navigasjonsmønster, de fartøy som passerer installasjonen flere ganger holder stort sett på samme navigasjonsmønster ved senere passeringer. Overraskende få fartøy hadde manøvreringsmønster *A* ved første passering, som kan bety at kjennskapen til plasseringen av installasjonen er stor.

7 Diskusjon

Dette kapitlet er delt inn i fire deler. Første delen vil diskutere analysemetodene anvendt i denne oppgaven. Andre del vil gå igjennom resultatene fra kapittel 6.2, tredje del vil diskutere Safetec-modellen, og den siste delen vil presentere mulige endringer som kan gjennomføres i Safetec-modellen på bakgrunn av analyseresultatene.

Denne oppgaven består, som beskrevet i kapittel 5 og 6, av tre delanalyser. Denne tilnærmingen ble valgt for å belyse mer enn ett spekter av adferden til fartøy som passerer en installasjon. Analysen ville i første del, ved å sammenligne andelen fartøy som passerte installasjonen utenfor sonen på 3 nm, forsøke å fange de store trekkene i adferden til fartøy i området. Videre ville denne analysedelen undersøke om en installasjon plassert på ett felt påvirker trafikkmønsteret rundt installasjonen i forhold til det trafikkvolumet og trafikkmønsteret en har i området når installasjonen ikke er på feltet. Med bakgrunn i resultatene i første del, ville analysen i andre del forsøke å gå dypere i materien, og analysere utviklingen i adferden til fartøy som passerer installasjonen i løpet av den perioden installasjonen var på feltet. Denne analysen ville teste om kjennskapen til installasjonen øker utover i den perioden installasjonen er på feltet, og om det var en økning i andel fartøy som passerte utenfor sonen på 3 nm i analyseperioden. Den siste delanalysen ville gå ned på nivå til hvert enkeltskip, og forsøke å beskrive en endring i adferd til de fartøy som passerte installasjonen flere ganger i løpet av den perioden installasjonen var på feltet.

Denne analysen har som formål å validere Safetec-modellen, og teste om tiden installasjonen er på feltet påvirker trafikkbildet rundt installasjonen. En kan av resultatene i kapittel 6 se at adferden til fartøyer rundt en midlertidig installasjon ikke samsvarer helt med den adferden som Safetec-modellen beskriver. Hvis resultatene i denne analysen hadde vært positivt korrelert med modellen, ville en i første delanalyse sett at flere fartøy hadde passert installasjonen utenfor sonen på 3 nm i analyseperioden i forhold til referanseperiodene. Andre delanalyse ville visst at andel fartøy som hadde passert utenfor sonen på 3 mn ville økt utover analyseperioden. Tredje delanalyse hadde vist at de fartøy som hadde passert installasjonen en gang ville ved senere passeringer passert installasjonen med større avstand, og muligens et annet manøvreringsmønster i forhold til første passering.

7.1 Analysemetodikk

Dette kapitlet vil diskutere analysemetodikken, og valg av inngangsparametere.

Datagrunnlaget ble hentet fra Kystverkets AIS database (Kystverket, 2010a). Datagrunnlaget er begrenset til å gjelde skipstrafikken med AIS sender/mottaker i Nordsjøen fra Ekofisk til Tampen fra 1.6.2008 frem til 1.5.2010. En statistisk analyse medfører, slik som Bjørkum(2003) påpeker, at resultatene kun er gyldige for det datasettet det er basert på. Dette betyr at begrensningene i datasettet medfører at en ikke uten videre kan generalisere ut av resultatene, og hevde at de gjelder for hele norsk sokkel. I og med at analysen kun ser på fartøy som har installert AIS sender om bord, kan en heller ikke hevde at resultatene vil være gjeldende for fartøy uten AIS systemer.

Denne oppgaven valgte å analysere trafikkmønsteret rundt to midlertidige installasjoner. Midlertidige installasjoner ble valgt, da de er plassert på feltet for en kort periode, og trafikkbildet er kun påvirket av informasjon gitt gjennom normale informasjonskanaler. Dette utelukker målinger av langtidseffekter installasjonen har på trafikkbildet. Hvis analysen hadde tatt utgangspunkt i permanente installasjoner, ville en muligens sett et annet trafikkmønster. I og med at noen permanente installasjoner har stått lenge i Nordsjøen, er kjennskapen om disse mest sannsynlig høyere. For nye permanente installasjoner, kan det bli gjennomført spesielle risikoreduserende tiltak. Slike spesielle tiltak kan være å plassere ut en virtuell AIS sender på feltet, og la den være der i en lengre periode før installasjonen settes ut. Dette har blitt gjort for Gjøa-plattformen (Helgesen, 2010).

Trafikkvolum kan antas å være påvirket i hovedsakelig to dimensjoner. Det ene er områdespesifikke variasjoner, det andre er tidsspesifikke variasjoner. For å kunne ta høyde for disse to variasjonene, måtte de analyserte installasjonene geografisk sett være langt i fra hverandre, og ved å analysere to installasjoner med en stor geografisk avstand i mellom, kan en muligens ta høyde for områdespesifikke trafikkmønster. Det ble under forberedelsene til analysen vurdert om en skulle sammenligne analyseområdet med et like stort område i samme tidsrom et annet sted på sokkelen, men dette ville føre til at en ikke hadde klart å ta høyde for de områdespesifikke trafikkvariasjonene. De områdespesifikke variasjonene er påvirket av andre installasjoner i området, og dermed kan et referanseområde plassert i et annet område gi et urealistisk

sammenligningsgrunnlag. En kan videre i kapittel 5.3 se at de analyserte installasjonene er også plassert på hver sin tid av året. Letebrønn 34/8-13 ble boret i sommerhalvåret, mens letebrønn 16/1-10 ble boret i vinterhalvåret. Dette betyr at en direkte sammenligning av områdene vil sammenligne to populasjoner som i utgangspunktet ikke er like. En sammenstilling av de to periodene og områdene, som er forklart på side 80 vil muligens kunne gi et globalt snitt for trafikkvolumet og trafikkmønsteret på norsk sokkel.

De grensene som ble brukt for å illustrere endringen i trafikkvolumet og trafikkmønsteret var valgt til 12 nm og 3 nm i forhold til installasjonen. Sonen på 12 nm ble valgt på bakgrunn av at en ville ha med seg mest mulig trafikk som var relevant for installasjonen. Valg av ytre sone blir en avbalansering mellom å få med seg mest mulig trafikk, samtidig som en kun vil ha med den trafikken som er relevant for kollisjonsrisikoen til installasjonen. 12 nm angis i Safetec-modellen til å være en sone der fartøyet vil kunne oppdage installasjonen. 3 nm angis i Safetec-modellen å være en naturlig passeringsavstand i forhold til en installasjon for fartøy som ikke er feltrelatert. Hvis sonen på 3 nm hadde blitt satt til en avstand nærmere, eksempelvis 1-2 nm, ville en muligens kunne sett større variasjoner i trafikkmønsteret. Forholdstallet for andel fartøy som passerte utenfor den indre sonen ville da naturlig nok blitt høyere, men dette er ikke ensbetydende med at sluttresultatene ville blitt endret. Avgrensningen til den indre sonen ble satt til 3 nm, da analysen i denne oppgaven ville forsøke å teste Safetec-modellen på dens egne prinsipper.

En kan i kapittel 5.3.1 se at grensene ble lagt inn som firkanter i stedet for sirkler, som ville vært mer naturlig. Ved å bruke kvadrater som avgrensninger i stedet for sirkler, vil områdene bli omtrent 1,27 ganger større, og i hjørnene på kvadratet ville en få med fartøy som en ved bruk av sirkel ville utelatt. Denne løsningen ble gjort som en praktisk tillempning til analysen, da posisjonene til fartøyene ble i AIS databasen oppgitt som koordinater i lengde-, og breddegrad.

Problemstillingen som ligger til grunn i denne oppgaven er å finne ut om kunnskapsnivået for fartøy som passerer installasjonen utvikler seg som en funksjon av den tiden installasjonen er på feltet. Analysene gjennomføres ved å se på utviklingen i adferd hos de fartøy som passerer installasjonen når den er på feltet. Det er ikke gitt at det finnes et likt forhold mellom kunnskapsnivå og adferd. I de to første delene av

analysen ble utviklingen i forholdstallet for andelen fartøy som passerte utenfor sonen på 3 nm analysert. Ved å analysere dette forholdstallet, i stedet for antall fartøy, kan en justere for variasjoner i trafikkvolum i de analyserte periodene. En kan i utgangspunktet ikke forklare hvorfor hvert enkelt skip vil passere utenfor sonen på 3 nm, men ved å analysere dette forholdsstallet, kan en si noe om hvordan andelen fartøy som passerer installasjonen utenfor sonen på 3 nm utvikler seg i løpet av den tiden installasjonen er på feltet, og på den måten kunne si noe om endringen i adferd over tid. I den siste delanalysen kan en identifisere om noen spesielle fartøy som har passert tidligere endrer sin adferd ved senere passeringer. Spesielle endringer i manøvreringsmønster kan da overføres tilbake til et oppdatert kunnskapsnivå om installasjonens plassering.

7.2 Resultater

Dette kapitlet vil presentere en diskusjon over resultatene som fremkom i analysen. Kapitlet vil hovedsakelig fokusere på resultatet av sammenstillingen av begge letebrønnene. Ved å se på sammenstillingen kan en, som forklart i forrige kapittel, identifiseres de trafikkmønster som finnes uavhengig av område-, og tidsspesifikke faktorer.

For den første delanalysen ble en sammenligning med normaltilstanden gjennomført. Den tidsmessige avstanden mellom periodene ble valgt for å få en uavhengighet mellom analyseperioden og referanseperiodene. Informasjon om installasjonens plassering skal etter regelverket gis ut 30 dager før en sikkerhetssone opprettes. Etter at installasjonen er ferdig med sitt arbeid, er det naturlig å anta at det vil være en periode der trafikkmønsteret vil endre seg tilbake til normalen. For å unngå at trafikkmønsteret i referanseperiodene skulle være påvirket av disse effektene, ble det valgt en avstand mellom periodene på 100 dager. Videre må det påpekes at trafikkvolumet i referanseperiodene kan være påvirket av annen leteaktivitet. For letebrønn 34/8-13 i referanseperiode 2 ble letebrønn 34/4-11 boret 31.10.2009 til 10.1.2010. For letebrønn 16/1-10 i referanseperiode 2 ble letebrønn 17/12-4 boret fra 21/6-2009 til 9/8-1009. Rent intuitivt vil denne andre leteaktiviteten muligens gi høyere trafikkvolum for spesielt offshorefartøy, noe som vises i nederste rad i Tabell 6.3 og Tabell 6.6. Videre kan en se at forholdstallet for andelen fartøy utenfor sonen på 3 nm ikke er endret nevneverdig i disse periodene. Referanseperiode 2 for letebrønn 34/8-13 hadde et forholdstall på 0,670, og for letebrønn 16/1-10 var dette forholdstallet 0,701. Dette er

ingen spesiell endring i forholdstall i forhold til de andre referanseperiodene, eller analyseperiodene for de samme letebrønnene.

Delanalyse 1 viste ingen spesiell endring i andel fartøy innenfor sonen på 3 nm i analyseperioden i forhold til referanseperiodene. For fiskefartøy kan en se at andelen fartøy som passerer installasjonen utenfor sonen på 3 nm øker litt i analyseperioden. Handelsfartøy har en nedgang i andel fartøy som passerer utenfor sonen på 3 nm i analyseperioden. Dette betyr at det er flere fartøy som passerer innenfor sonen på 3 nm i den perioden installasjonen er på feltet, i forhold til "normaltilstanden". For offshorefartøy er denne endringen minimal. I analyseperiodene kan de endringene i forholdstall anses som naturlige variasjoner i trafikkvolumet, hvilket betyr at denne delanalysen ikke har observert en signifikant endring i adferd hos de fartøy som passerer en installasjon.

Andre delanalyse vurderer utviklingen i andel fartøy som passerer installasjonen utenfor sonen på 3 nm i tidagersperioder. Tidagersperioder ble valgt, da lengre delperioder, eksempelvis 50 dager, ville gitt færre målinger. En annen naturlig inndeling ville for eksempel vært perioder på 7 dager, men dette ble sett som mindre hensiktsmessig, da den eneste fartøysgruppen som ville passet i denne inndelingen, er skip i rutefart. Eksempelvis er det tilgjengelige kvoter, og ikke ukedager som styrer når fiskefartøy går ut i fra land (Myklebust, 2010). En inndeling i perioder på fem dager kunne og vært hensiktsmessig, men denne inndelingen kunne ført til at en fikk mange målinger med få fartøy innenfor hver periode. Analysen behandler andelen unike fartøy som passerer innenfor sonen på 12 nm, som vil medføre at et fartøy som passerer installasjonen flere ganger vil kun telles med en gang i en periode.

Resultatene fra andre delanalyse viser at en på bakgrunn av det tilgjengelige datamaterialet ikke kan påstå at trafikkmønsteret endrer seg signifikant i løpet av den perioden installasjonen er på feltet. Forskjellen mellom den andelen fartøy som passerer innenfor sonen på 3 nm i første delperiode er ikke signifikant forskjellig fra siste. Denne observasjonen er lik for alle tre kategoriene av fartøy. Således har ikke den tiden installasjonen er på feltet en signifikant effekt på trafikkbildet rundt installasjonen, like stor andel fartøy passerer utenfor sonen på 3 nm i gjennom hele analyseperioden. I denne analysen kan en stille spørsmål til uavhengigheten mellom periodene. Det kan tenkes at et fartøy er innenfor sonen på 12 nm i overgangen mellom to delperioder, og

således vil trafikkvolumet i en periode kunne påvirke trafikkvolumet i påfølgende periode. Denne påvirkningen anses som av liten betydning, da residualplottene i Figur 6.4, Figur 6.6 og Figur 6.8 viser en tilfeldig variasjon rundt 0. I forbindelse med regresjonsanalyse er den avhengige variabelen Y tilfeldig når restleddene ε er tilfeldige (Walpole, 2007).

Den tredje delanalysen viste, som de tidligere, at andelen fartøy som passerer utenfor sonen på 3 nm er høy. Manøvreringsmetode D var helt klart dominerende manøvreringsmetode. En kan videre av Tabell 6.22 til Tabell 6.27 se at det er liten endring i navigasjonsmønster fra første til senere passeringer. De ulike fartøyene ser ut til å holde på sitt manøvreringsmønster når de passerer installasjonen. Rundt de to analyserte letebrønnene var det 90 unike fartøy med to eller flere passeringer. 14 av disse 90 hadde manøvreringsmetode A ved første passering. 8 av disse 14 hadde endret sin manøvreringsmetode ved senere passeringer. Dette kan tyde på at kjennskapen til installasjonene er høy i utgangspunktet. Denne analysen klarer ikke avdekke om den høye kjennskapen kommer av gode informasjonsrutiner i forkant av boreoperasjoner, eller om de fleste fartøy er oppmerksom på annen aktivitet i området rundt fartøyet. Analysen tar heller ikke høyde for endret mannskap mellom hver passering, som kan gi forstyrrelser i resultatene.

Resultatene av delanalysene viser at tiden installasjonen er på feltet ikke har en signifikant påvirkning på trafikk mønsteret rundt den midlertidige installasjonen. Observasjoner i denne retningen kan forklares med forskjellige variabler. En mulighet kan være at grenseverdiene brukt i analysen er annerledes enn de som anvendes på feltet. Eksempelvis kan nærmeste passeringsavstand være annerledes enn det som er angitt av Safetec (1994), eller HSE (1999). Denne passeringsavstanden kan muligens være nærmere, eksempelvis mellom 1 nm og 2 nm (Myklebust, 2010).

En test på hvilke fartøy som passerte installasjonene innenfor en sone på 1 nm gav følgende resultater:

- Ingen fartøy som ikke er feltrelatert passerte innenfor en sone på 1 nm rundt installasjonen på letebrønn 16/1-10.
- For installasjonen på letebrønn 34/8-13 var det seks fartøy som passerte innenfor en sone på 1 nm:

- To fiskefartøy passerte innenfor sonen på 1 nm. De hadde en passeringsavstand på 0,7 nm og 0,8 nm. Manøvreringsmønsteret for disse fartøyene var henholdsvis mønster *A*, og mønster *B*.
- To handelsfartøy passerte innenfor sonen på 1 nm. De hadde en passeringsavstand på 0,4 nm og 0,5 nm. Manøvreringsmetoden var for begge metode *A*.
- To offshorefartøy passerte innenfor sonen på 1 nm. Det ene fartøyet passerte installasjonen med 1 nm, og det andre med 0,6 nm. Manøvreringsmetoden var for begge metode *A*.

Av 473 fartøy som passerte innenfor sonen på 12 nm i løpet av den perioden installasjonene jobbet på letebrønnene, var det kun 6 unike fartøy som passerte innenfor 1 nm. En kan av denne observasjonen se at antagelsen i Safetec-modellen ikke samsvarer helt med dagens trafikkbilde. Av de ikke feltrelaterte fartøy som passerte installasjonene, passerte 25 % installasjonen med en avstand mellom 1 nm og 3 nm. Den nærmeste observerte passeringsavstanden i denne analysen var 0,4 nm. Dette kan indikere at en naturlig passeringsavstand vil være inntil 1 nm i forhold til installasjonen. En forklaring på denne avstanden kan være at fartøy er mer oppmerksom på annen aktivitet i området enn hva Safetec-modellen påstår.

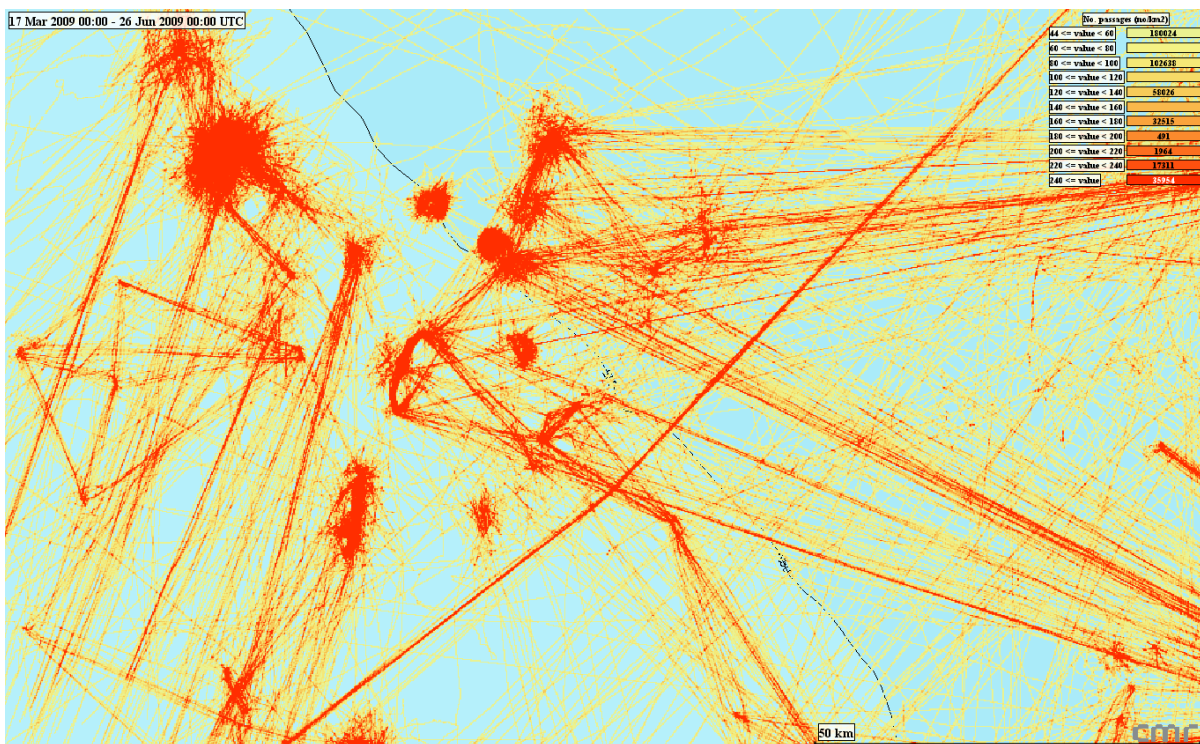
En installasjon er forholdsvis stor, og vil på en radarskjerme gi et godt ekko (Alvsvåg, 2010). Dette betyr at fartøy kan oppdage installasjonen på lengre avstander enn det som er angitt i Safetec-modellen. En installasjon kan, i godt vær om sommeren, oppdages på navigasjonsutstyret til fartøyet opp til 70 nm unna, i tillegg til at de fleste navigatører bruker det elektroniske navigasjonsutstyret fremfor visuell navigasjon (Alvsvåg, 2010). Dette medfører at fartøy er oppmerksomme på installasjonen mye tidligere enn antatt, som igjen påvirker trafikkmønsteret til fartøy som ikke er feltrelatert.

En forklaringsvariabel kan være kommunikasjonen mellom fartøy og installasjoner. Kommunikasjonen er god (Helgesen, 2010; Myklebust, 2010). Hvis et fartøy kommuniserer sin planlagte rute til eksempelvis overvåkeren i trafikksentralen, forklart i kapittel 3.2.1, har fartøyet anledning til å passere nærmere installasjonen i forhold til et fartøy som ikke formidler den planlagte ruten. En god kommunikasjon, sammen med gode navigasjonssystemer, kan være forklaringsvariable på at fartøy oppdager

installasjonen på et tidligere tidspunkt, og kan tillate seg en nærmere passeringsavstand i forhold til installasjonen.

7.3 Teoretisk modell

Denne modellen oppfattes som grundig i behandlingen av kollisjonsrisiko. Modellen differensierer mellom fire typer fartøy; fiske-, handels-, offshore-, og marinefartøy. Kollisjonsfrekvensen er avhengig av trafikkvolumet i de rutene som passerer installasjonen, sannsynligheten for at et fartøy skal havne på kollisjonskurs, og sannsynligheten for at verken fartøyet eller installasjonen klarer å gjennomføre unntvikkende manøver. Bruken av trafikkruter i kollisjonsmodelleringen virker fornuftig, da trafikkbildet observert i denne analysen viser at deler av trafikken rundt en installasjon følger omtrent samme rute og kurs.



Figur 7.1: Tetthetsplott over handelsfartøy rundt letebrønn 34/8-13

Figur 7.1 viser et eksempel på antall passeringer per kvadratkilometer for handelsfartøy rundt letebrønn 34/8-13. En kan av denne figuren se at de fleste fartøy følger noenlunde de samme rutene. Spesielt en rute utpeker seg som en med mange passeringer. Denne ruten går mellom nordøst og sørvest i figuren, og har over 240 passeringer per kvadratkilometer.

Et hendelsestre som illustrerer sannsynligheten for at et fartøy er på kollisjonskurs vises i Figur 4.5 side 41. Dette hendelsestreet har fire grensspørsmål og åtte slutthendelser. Hendelsestreet har få spørsmål som begrenser antall slutthendelser, og hendelsestreet tar høyde for kjennskapen til installasjonen, og graden av planlegging hos fartøyene. Det skal bemerkes at dette hendelsestreet har en feil, da den fjerde slutthendelsen fra venstre er markert med at fartøyet ikke er på kollisjonskurs, da det ikke planlegger unnvikende manøver, og har retning mot installasjonen. Mest sannsynlig er fartøyet på kollisjonskurs mot installasjonen. Det antas at dette kun er en figurfeil, som ikke påvirker selve analysen basert på dette hendelsestreet.

Figur 6.1 til Figur 6.3 viser hvordan kjennskapen til installasjonens plassering utvikler seg over den tiden installasjonen er på feltet for fiske-, handels-, og offshorefartøy. Den illustrerer en faktor, sannsynligheten for at installasjonen er kjent, p_k . I følge Safetec-modellen starter den faktoren i 0, og skal utvikle seg over en transisjonsperiode, der flere fartøy vil bli kjent med installasjonens plassering. Startpunktet for hvordan kjennskapen til installasjonen utvikler seg, kan med dette virke konservativt, da Safetec-modellen ikke tar hensyn til de informasjonsrutiner som finnes i forkant av opprettelsen av en sikkerhetssone. I følge Veiledningen til rammeforskriften skal informasjon om opprettelsen av en sikkerhetssone sendes ut via Etterretning for Sjøfarende 30 dager før sonen opprettes (Ptil, 2009b). Selv om denne informasjonen kan av mange kapteiner og navigatører oppfattes som et frustrerende dokument, har alle fartøy plikt til og egeninteresse i å holde seg oppdatert på annen aktivitet i de områdene de seiler i (Myklebust, 2010). Det kan derfor tyde på at flere fartøy enn antatt i Safetec-modellen vil, av de informasjonsrutinene som eksisterer, kjenne til installasjonens plassering idet installasjonen plasseres på feltet.

I Safetec-modellen avhenger sannsynligheten for at installasjonen er kjent hovedsakelig av to faktorer u_h , og w_i . Faktoren u_h forklarer maksimal andel fartøy som kjenner til installasjonen, som for midlertidige installasjoner er i Safetec-modellen vurdert til å variere mellom 70 % og 90 %, alt etter hvor ofte fartøyet passerer området rundt installasjonen. Faktoren w_i forklarer den andelen fartøy i hver kategori som vil oppdaterte sine kart gjennom den perioden informasjonen blir distribuert. Denne faktoren varierer mellom 0,1 og 0,5 for handels-, og offshorefartøy, og mellom 0,1 og 0,3 for fiskefartøy. Begge disse faktorene kan anses for å være konservative, da elektroniske

navigasjonssystemer anvendes fremfor visuell navigasjon (Alvsvåg, 2010), samtidig som fartøy har plikt til, og egeninteresse i å holde seg oppdatert på annen aktivitet i de områdene de seiler i (Myklebust, 2010).

7.4 Forslag til endringer i modell

En kan av analysen se at resultatene ikke samsvarer fullstendig med resultatene som Safetec-modellen presenterer. På bakgrunn av analysen er kjennskapen til installasjonen høyere enn det som Safetec-modellen foreslår, men på grunn av begrensninger i analyseomfang kan det tenkes at en feilaktig forkaster utgangshypotesen. Dette kapitlet vil da presentere og diskutere mulige oppdateringer i formelen som beskriver sannsynligheten for at installasjonen er kjent på bakgrunn av analyseresultatene. Dette delkapitlet baserer seg på at tid $t=0$ er det tidspunktet da installasjonen står på feltet.

Endringen i adferd identifisert i analysene kan forklares med at kjennskapen til installasjonen er i utgangspunktet høy. Den andre delanalysen, gjennomgang forklart i kapittel 5.4.2, og resultater forklart i kapittel 6.2.2, viser at denne adferden ikke har en signifikant endring utover i den perioden installasjonen står på feltet. En mulig endring i formelen for utregningen av p_k kan være å fjerne den siste faktoren t i delformelen som brukes når $t \leq 1$. Dette vil da si at ved $t = 0$, vil installasjonen være kjent kun for fartøy som seiler med oppdaterte kart, altså w_i . Oppgaven vil ellers ikke introdusere noen andre endringer i formelen for utregning av p_k , da det ikke virker ufornuftig at de fartøy som ikke seiler med oppdaterte kart vil kjenne til installasjonen etter at de har passert den. Formelen for utregning av p_k , vil da bli som følger:

$$P_k = \sum_{h=1}^3 a_h u_h \begin{cases} \frac{t}{v_h} + \left(1 - \frac{t}{v_h}\right) w_h & t \leq 1 \\ w_h + \frac{1}{v_h} (1 - w_h) & 1 < t \leq v_h \\ 1 & t \geq v_h \end{cases} \quad (7)$$

Som forklart i kapittel 4.2.2, er komponentene i denne formelen som følger:

- Faktoren a_h er andel fartøy i hver trafikkroute som passerer installasjonen.
- Faktoren u_h er den maksimale kjennskapen til installasjonen som oppnås.
- Komponentene v_h er den tiden som har gått før alle fartøy har passert installasjonen en gang.

- Komponenten w_h forklarer den andelen fartøy i hver kategori som oppdaterer sine kart.
- Komponenten t er den tiden installasjonen har stått på feltet. Benevnningen for denne komponenten er kvartaler (1/4 år).
- Alle komponenter med fotnote h betyr at en summerer dette over alle fartøy i hver kategori.

Videre kan det, på bakgrunn av analysen, foreslås noen nye verdier som overnevnte formel baserer seg på. I og med at bruken av elektroniske hjelpemidler erstatter den visuelle navigeringen, vil det ikke virke unaturlig at en installasjon kan oppdages på et tidligere tidspunkt, og den høyeste anslåtte kjennskapen til installasjonen kan derfor antas å være noe høyere enn det som er anslått i Safetec-modellen. På bakgrunn av resultatene fra den gjennomførte analysen, kan følgende verdier for høyest mulig kjennskap til installasjonen foreslås:

Tabell 7.1: Foreslått maksimal kjennskap til installasjonen

Traffic category	u_1	u_2	u_3
Temporary installation	0,95	0,90	0,85

Tabell 7.1 viser de foreslåtte verdiene for den maksimale kjennskapen til den midlertidige installasjonen, basert på den gjennomførte analysen. Verdiene er foreslått litt høyere enn det som angis i Safetec-modellen, da en signifikant del av trafikken i Nordsjøen består av fartøy som seiler i regelmessige ruter (Vinnem, 2007). En kan av tabellen observere at ingen av verdiene for u_i er satt til 1,0, da Vinnem (2007) påpeker at fartøy uten kart kan passere en installasjon fra tid til annen.

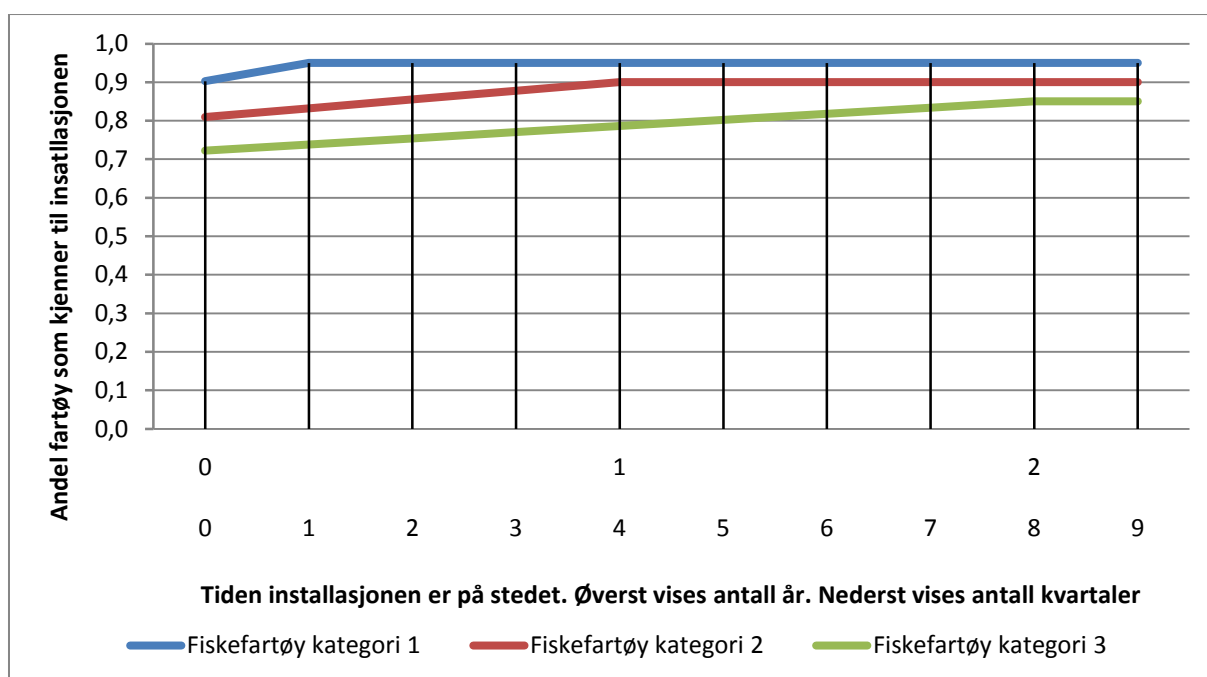
Da fartøy som ferdes på norsk sokkel har plikt til å gjøre seg kjent med navigasjonsvarslene som gjelder for det farvannet de skal bruke (Myklebust, 2010), som kan tenkes å medføre at flere enn antatt seiler med oppdaterte kart. På bakgrunn av analysen, vil følgende verdier for andel som oppdaterer sine kart foreslås:

Tabell 7.2: Foreslått andel fartøy som oppdaterer sine kart

Vessel category	w_1	w_2	w_3
Merchant vessels	0,90	0,80	0,70
Offshore vessels	0,95	0,95	0,90
Fishing vessels	0,95	0,90	0,85

Tabell 7.2 viser den foreslåtte andelen som oppdaterer sine kart. En kan av tabellen se at en foreslått verdi av w_i for handelsfartøy ligger mellom 0,70, og 0,90. Offshorefartøy har, i følge Vinnem (2007), en høyere kjennskap til installasjoner, da de ofte opererer i områdene rundt en installasjon. For offshorefartøy vil den foreslåtte andelen som oppdaterer sine kart ligge mellom 0,95 og 0,90. For fiskefartøy er det foreslått at mellom 95 % og 85 % av fartøyene vil oppdatere sine kart.

Basert på den foreslåtte modellen, og de oppdaterte verdiene, kan tre nye diagrammer presenteres for andelen fartøy som kjenner til en installasjon som en funksjon av den tiden installasjonen er på feltet.

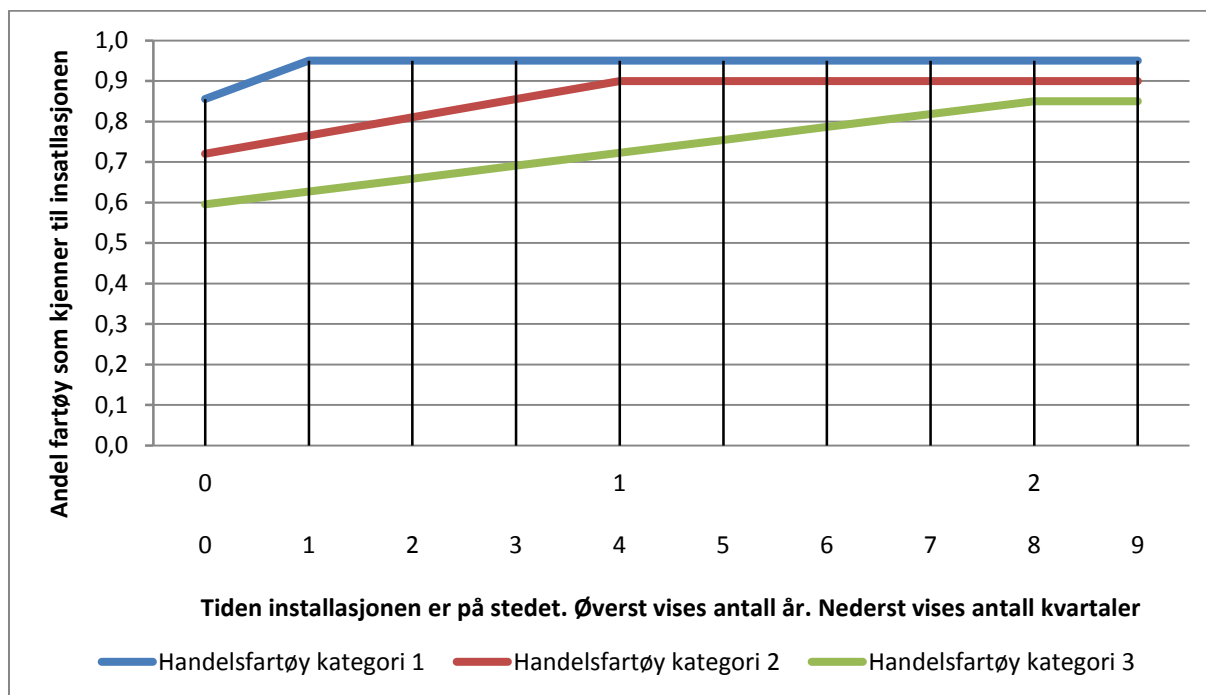


Figur 7.2: Foreslått andel fiskefartøy som kjenner til installasjonen

Figur 7.2 viser den foreslåtte andelen fiskefartøy som kjenner til installasjonen. En kan se at for fartøy i kategori 1 starter denne andelen på 0,90, og når sin høyeste verdi på 0,95 etter ett kvartal. For fartøy som passerer området mellom en og fire ganger per år (kategori 2), starter denne andelen på 0,80, og når 0,90 etter et år (4 kvartal). Fiskefartøy i kategori 3, som passerer installasjonen mindre enn fire ganger per år, er det foreslått at rett over 70 % vil kjenne til installasjonen i det den settes ut, som igjen vil øke til 85 % etter to år (8 kvartaler).

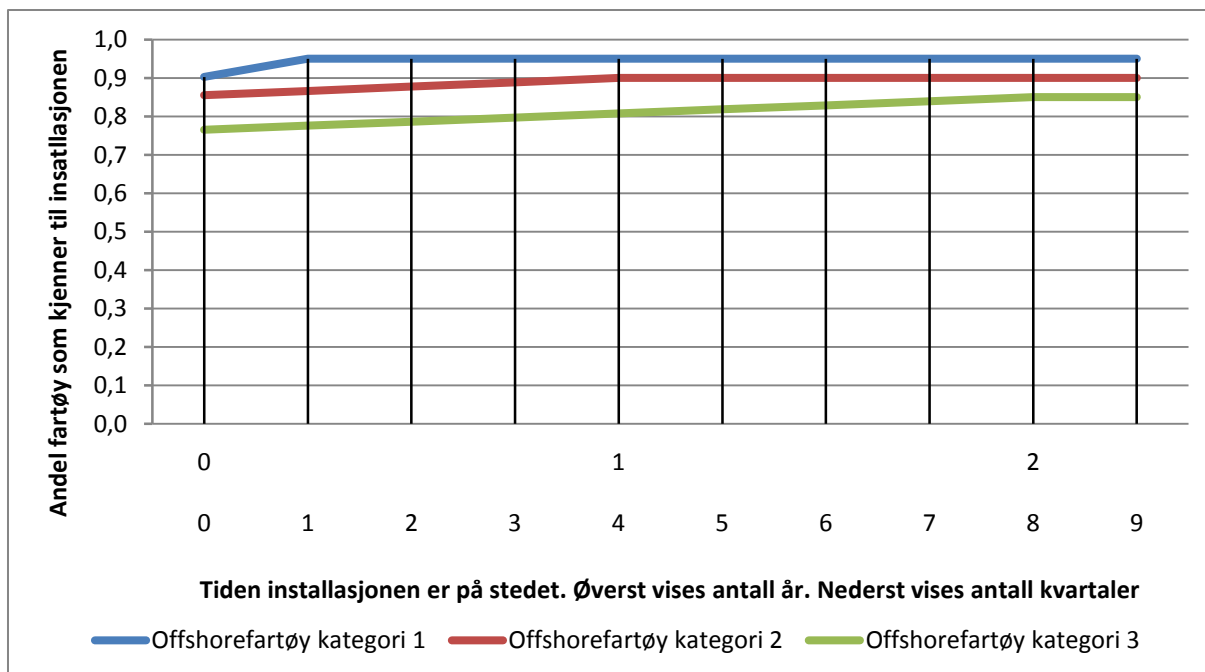
Figur 7.3 viser utviklingen i den foreslåtte andelen handelsfartøy som kjenner til installasjonen som en funksjon av den tiden installasjonen er på feltet. En kan se at av de

fartøy som passerer i området mer enn fire ganger per år (kategori 1), vil 85 % kjenne til installasjonen når installasjonen settes på feltet. 95 % av fartøyene vil kjenne til installasjonens plassering etter 1 kvartal. Av de fartøy i kategori 2, som passerer området mellom en og fire ganger per år, vil 72 % kjenne til installasjonen når installasjonen settes ut, og 90 % vil kjenne til installasjonen etter ett år. Av de fartøy som passerer området mindre enn en gang per år, vil kun 60 % kjenne til installasjonen når installasjonen plasseres på feltet, som øker til 85 % etter to år.



Figur 7.3: Foreslått andel handelsfartøy som kjenner til installasjonen

Figur 7.4 viser tilsvarende foreslått utvikling for offshorefartøy. Av de offshorefartøy som passerer området mer enn fire ganger per år, vil 90 % kjenne til installasjonens plassering når installasjonen plasseres på feltet. Etter ett kvartal, vil 95 % kjenne til installasjonens plassering. Av offshorefartøy som passerer området mellom en og fire ganger per år, vil omtrent 85 % kjenne til installasjonens plassering når installasjonen plasseres. Denne andelen vil øke til 90 % etter ett år. Av de fartøy i kategori 3, vil kun 77 % kjenne til installasjonens plassering når installasjonen settes ut, og denne kjennskapen vil øke til 85 % i løpet av to år.



Figur 7.4: Foreslått andel offshorefartøy som kjenner til installasjonen

En kan av Figur 7.2 til Figur 7.4 se et forslag til nye figurer for andelen fartøy som kjenner til installasjonen på bakgrunn av analysen. En ser at stigningstallene i disse figurene er mindre enn tilsvarende verdier i Safetec-modellen. Analysen gjennomført i denne oppgaven har ikke klart å differensiere mellom de ulike fartøykategoriene som Safetec-modellen opererer med, men en kan av analysen se at adferden tyder på at kjennskapen til en installasjon er høyere enn først antatt. De forslag til endringer i modellen som ble presentert i dette kapitlet er basert på analyseresultatene i kapittel 6, og kan, som forklart i kapittel 7.1, ikke uten videre antas å gjelde utenfor det datasettet analysen er basert på.

8 Konklusjon

Dette kapitlet vil presentere en konklusjon av analysen på bakgrunn av problemstillingen i kapittel 1.3.1, og diskusjonen i kapittel 7.

Oppgavens problemstilling var om en kunne observere en endring i trafikkmønster, og trafikkvolum rundt en midlertidig installasjon i den perioden installasjonen var på feltet. På bakgrunn av problemstillingen ble følgende hypotese formulert:

H₀: Tiden installasjonen er på feltet har en signifikant effekt på trafikkbildet rundt installasjonen.

For å undersøke denne hypotesen, ble tre analyser gjennomført. Første delanalyse viste ingen spesiell endring i trafikkmønster for de fartøy som passerte installasjonen når de var på feltet, sammenlignet med samme område i to referanseperioder. Andre delanalyse viste heller ingen spesiell endring i adferdsmønster hos de fartøy som passerte installasjonen i den perioden installasjonen var på feltet. En like stor andel fartøy passerte utenfor sonen på 3 nm i forhold til installasjonen i den første delen av perioden installasjonen var på feltet, som i den siste. Siste delanalyse analyserte endringen i manøvreringsmønster hos de fartøy som passerte installasjonen flere ganger. Denne analysen viste ingen spesielle tegn til endring i adferd mellom første og senere passeringer hos de fartøy som passerte installasjonen flere ganger.

Resultatet av de tre delanalysene viser at tiden installasjonen er på feltet ikke har en signifikant effekt på trafikkbildet rundt installasjonen. Resultatene på grunnlag av analysen heller mot alternativhypotesen:

H₁: Tiden installasjonen er på feltet har ingen signifikant effekt på trafikkbildet rundt installasjonen.

En mulig årsak kan være økt bruk av elektroniske hjelpemidler ved navigasjon, som øker årvåkenheten hos navigatører på fartøy som ikke er feltrelatert.

8.1 Videre arbeid

Denne analysen så på fartøy med AIS-sender/mottaker som passerte to midlertidige installasjoner. Analysen så på andel fartøy som passerte utenfor sonen på 3 nm i den perioden installasjonen var på feltet. Datagrunnlaget for denne analysen kan medføre at

det vanskelig kan generaliseres ut i fra resultatene. En kan ikke uten videre påstå at resultatene fra denne analysen vil kunne gjelde for hele norsk sokkel.

For å kunne generalisere ut i fra resultatene, anbefales det at en fortsetter denne studien ved å analysere flere midlertidige installasjoner. Ved å analysere flere installasjoner, vil en ha et større datagrunnlag å basere konklusjonen på. Disse midlertidige installasjonene bør være plassert på forskjellige geografiske lokasjoner til forskjellige tider på norsk sokkel. Studien bør også omhandle hvilke nærmeste passeringsavstander som gjelder for de ulike fartøyskategoriene, samt hvilket manøvreringsmønster de ulike fartøyene har sammenlignet med hvilke fartøy som blir varslet om den forestående boreoperasjonen.

Referanser

- Alvsvåg, M. (2010). Oppførsel til fiskefartøy rundt petroleumsinstallasjoner [intervju]. In K. Skarestad (Ed.). [Stavanger].
- Aven, T. (2003). *Foundations of risk analysis: a knowledge and decision-oriented perspective*. Chichester: Wiley.
- Aven, T. (2007). *Risikostyring: grunnleggende prinsipper og ideer*. Oslo: Universitetsforl.
- Bjørkum, P. A. (2003). *Annerledestenkerne: en reise i vitenskapens historie*. Oslo: Universitetsforl.
- Creswell, J. W. (2009). *Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Los Angeles: SAGE.
- Helgesen, F. (2010). Presentasjon av Sandsli trafikkovervåkning [intervju]. In K. Skarestad (Ed.). [Stavanger].
- HSE (1999). *Effective Collision Risk Management for offshore installations* (Offshore technology report No. OTO 1999/052). United Kingdom: Health and Safety Executive.
- HSE (2007). *Assessment of the benefits to the offshore industry from new technology and operating practices used in the shipping industry for managing collision risk* (No. RR592): Health and Safety Executive.
- IMO (2009). Regulations for carriage of AIS Retrieved 2.4, 2010, from www.imo.org
- ISO (2002). *Risk management vocabulary, guidelines for use in standards (ISO Guideline 73)*. Genève: International Standards Organisation.
- JCOMM (2010). What is NAVTEX Retrieved 17.03, 2010, from <http://weather.gmdss.org/navtex.html>
- Kruuse, E. (2007). *Kvantitative forskningsmetoder: i psykologi og tilgrænsende fag*. [København]: Dansk psykologisk Forl.
- Kystverket (2006). Automatisk Identifikasjons System - AIS Retrieved 2.4., 2010, from <http://www.kystverket.no/?aid=9030961>
- Kystverket (2010a). AIS Online. [Krever brukernavn og passord].
- Kystverket (2010b). Trafikksentraltjenester (VTS) Retrieved 2.4, 2010, from <http://www.kystverket.no/?aid=9030854>
- Myklebust, N. (2010). Fiskernes forhold til petroleumsinstallasjoner. In K. Skarestad (Ed.) (Intervju ed.).
- Forskrift om risikoanalyse for flyttbare innretninger. (1993).
- NPD (2010). NPD's Fact-pages, 2010, from <http://www.npd.no/engelsk/cwi/pbl/en/index.htm>
- Forskrift om helse, miljø og sikkerhet i petroleumsvirksomheten (rammeforskriften) (2001a).
- Forskrift om materiale og opplysninger i petroleumsvirksomheten (opplysningsforskriften) (2001b).
- Forskrift om styring i petroleumsvirksomheten (styringsforskriften) (2001c).
- Forskrift om utforming og utrustning av innretninger med mer i petroleumsvirksomheten (innretningsforskriften) (2001d).
- Forskrift om utføring av aktiviteter i petroleumsvirksomheten (aktivitetsforskriften) (2001e).
- Ptil (2008). Om HMS-regelverket for petroleumsvirksomheten, from <http://www.ptil.no/regelverk/om-hms-regelverket-for-petroleumsvirksomheten-article3811-21.html>

- Ptil (2009a). *Risikonivå i petroleumsvirksomheten: utviklingstrekk 2008 norsk sokkel: hovedrapportrapport*. [Stavanger]: Petroleumtilsynet.
- Veiledning til forskrift om helse, miljø og sikkerhet i petroleumsvirksomheten (Rammeforskriften): 1. januar 2002 (oppdatert 1. juli. 2007) (2009b).
- Ptil (2010a). *Risikonivå i petroleumsvirksomheten: utviklingstrekk 2009 norsk sokkel: hovedrapportrapport*. [Stavanger]: Petroleumtilsynet.
- Ptil (2010b). *Risikonivå i petroleumsvirksomheten: utviklingstrekk 2009 norsk sokkel: sammendragsrapport*. [Stavanger]: Petroleumstilsynet.
- Safetec (1994). *Collide II - Reference Manual* (No. ST-91-RF-032-01). Trondheim: Safetec.
- Regler for passasjer- og lasteskip mv. (2009).
- Sjøkartverket (2010). *Etterretninger for sjøfarende (Notice to Mariners)*. [Stavanger].
- Skog, O.-J. (2004). *Å forklare sosiale fenomener: en regresjonsbasert tilnærming*. Oslo: Gyldendal akademisk.
- Statoil ASA (2009). Sikkerhet, from <http://www.statoil.com/no/environmentsociety/security/pages/safety.aspx>
- Store norske leksikon (2009). Retrieved 23.02, 2010, from <http://www.snl.no>
- Vinnem, J. E. (2007). *Offshore risk assessment: principles, modelling and applications of QRA studies*. London: Springer.
- Walpole, R. E. (2007). *Probability & statistics for engineers & scientists*. Upper Saddle River, N.J.: Pearson Prentice Hall.

Figurliste

Figur 1.1: Sannsynligheten for at installasjonen er kjent (Safetec, 1994).....	8
Figur 2.1: Enkelt forhold mellom årsak og virkning.....	15
Figur 2.2: Mellomliggende variabel.....	15
Figur 2.3: Spuriøs variabel.....	16
Figur 2.4: Sirkulær kausalitet.....	16
Figur 2.5: Forhold mellom dataplott, regresjonslinje, og "sann" underliggende linje (Walpole, 2007).....	18
Figur 3.1: Utvikling av aktivitetsnivå, produksjon (Ptil, 2010a).....	27
Figur 3.2: Utviklingen i antall fartøy på mulig kollisjonskurs, 1996-2008 (unntatt H-7 og B-11) (Ptil, 2010a).....	28
Figur 4.1: Rutebasert trafikk (Safetec, 1994).....	37
Figur 4.2: Trafikkruiter ved Stadt (Safetec, 1994).....	38
Figur 4.3: Avvikende manøvrering (HSE, 1999).....	40
Figur 4.4: Posisjonsbekreftende manøvrering (HSE, 1999).....	41
Figur 4.5: Hendelsestre for sannsynlighet for kollisjonskurs 12 nm før fartøyet møter installasjonen (Safetec, 1994).....	41
Figur 4.6: Andel av fartøy på kollisjonskurs (Safetec, 1994).....	42
Figur 5.1: Gyldighetsområde for datasettet (Kystverket, 2010a).....	52
Figur 5.2: Geografisk plassering av letebrønnene.....	56
Figur 5.3: Plassering av letebrønn 34/8-13 A/S.....	58
Figur 5.4: Plassering av letebrønn 16/1-10.....	58
Figur 5.5: Skjematisk fremstilling av datasettene.....	60
Figur 5.6: Identifiserte manøvreringstyper.....	64
Figur 6.1: Modellresultater fiskefartøy.....	65
Figur 6.2: Modellresultater handelsfartøy.....	66
Figur 6.3: Modellresultater offshorefartøy.....	67
Figur 6.4: Dataplott av forholdstall for fiskefartøy.....	83
Figur 6.5: Residualplott fiskefartøy.....	85
Figur 6.6: Dataplott av forholdstall for handelsfartøy.....	86
Figur 6.7: Residualplott handelsfartøy.....	87
Figur 6.8: Dataplott av forholdstall for offshorefartøy.....	88
Figur 6.9: Residualplott offshorefartøy.....	89
Figur 6.10: Identifiserte manøvreringstyper.....	91
Figur 7.1: Tetthetsplott over handelsfartøy rundt letebrønn 34/8-13.....	106
Figur 7.2: Foreslått andel fiskefartøy som kjenner til installasjonen.....	110
Figur 7.3: Foreslått andel handelsfartøy som kjenner til installasjonen.....	111
Figur 7.4: Foreslått andel offshorefartøy som kjenner til installasjonen.....	112

Tabelliste

Tabell 2.1: ANOVA tabell.....	23
Tabell 2.2: De fire utfall i en hypotesetest (Skog, 2004)	24
Tabell 4.1: Kategorier av potensielt kolliderende fartøy(Safetec, 1994)	30
Tabell 4.2: Kategorier av potensielt kolliderende fartøy (HSE, 1999)	31
Tabell 4.3: Maks andel fartøyer som kjenner installasjonen(Safetec, 1994)	45
Tabell 4.4: Andel fartøyer som har oppdaterte kart (Safetec, 1994)	46
Tabell 4.5: Gyldighet til formler	46
Tabell 4.6: AIS informasjon (HSE, 2007)	49
Tabell 5.1: Ordnet kategorisering av fartøystype	54
Tabell 5.2 Valgte analyseområder	55
Tabell 5.3: Avgrensningslinjer for 34/8-13 A/S.....	57
Tabell 5.4: Avgrensningslinjer for 16/1-10	57
Tabell 5.5: Tidsperioder brukt i analyse av 34/8-13 A/S.....	62
Tabell 5.6: Tidsperioder brukt i analyse av 16/1-10.....	63
Tabell 6.1: Fiskefartøy letebrønn 34/8-13	68
Tabell 6.2: Handelsfartøy letebrønn 34/8-13	69
Tabell 6.3: Offshorefartøy letebrønn 34/8-13	69
Tabell 6.4: Fiskefartøy letebrønn 16/1-10	70
Tabell 6.5: Handelsfartøy letebrønn 16/1-10	70
Tabell 6.6: Offshorefartøy letebrønn 16/1-10	71
Tabell 6.7: Sammenstilling av fiskefartøy	72
Tabell 6.8: Sammenstilling av handelsfartøy.....	72
Tabell 6.9: Sammenstilling av offshorefartøy.....	73
Tabell 6.10: Fiskefartøy rundt letebrønn 34/8-13.....	74
Tabell 6.11: Handelsfartøy rundt letebrønn 34/8-13.....	75
Tabell 6.12: Offshorefartøy rundt letebrønn 34/8-13.....	76
Tabell 6.13: Fiskefartøy rundt letebrønn 16/1-10.....	77
Tabell 6.14: Handelsfartøy rundt letebrønn 16/1-10.....	78
Tabell 6.15: Offshorefartøy rundt letebrønn 16/1-10.....	79
Tabell 6.16: Sammenstilling av utvikling for fiskefartøy	80
Tabell 6.17: Sammenstilling av utvikling for handelsfartøy	81
Tabell 6.18: Sammenstilling av utvikling for offshorefartøy	82
Tabell 6.19: Regresjonsanalyse av fiskefartøy	85
Tabell 6.20: Regresjonsanalyse av handelsfartøy	87
Tabell 6.21: Regresjonsanalyse av offshorefartøy.....	89
Tabell 6.22: Identifisert manøvreringsmønster for fiskefartøy rundt letebrønn 34/8-13	92
Tabell 6.23: Identifisert manøvreringsmønster for handelsfartøy rundt letebrønn 34/8-13	93
Tabell 6.24: Identifisert manøvreringsmønster for offshorefartøy rundt letebrønn 34/8-13	94

Tabell 6.25: Identifisert manøvreringsmønster for fiskefartøy rundt letebrønn 16/1-10	95
Tabell 6.26: Identifisert manøvreringsmønster for handelsfartøy rundt letebrønn 16/1-10	96
Tabell 6.27: Identifisert manøvreringsmønster for offshorefartøy rundt letebrønn 16/1-10	97
Tabell 7.1: Foreslått maksimal kjennskap til installasjonen	109
Tabell 7.2: Foreslått andel fartøy som oppdaterer sine kart.....	109