



---

# DET NORSKE VERITAS

---

## Rapport MIRA Sensitivitetsstudie

Norsk Olje og Gass



|                                                                                |                                                                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| MIRA Sensitivitetsstudie                                                       | DET NORSKE VERITAS AS<br>P.O.Box 300<br>1322 Høvik, Norway<br>Tlf: 67 57 99 00<br>Faks: 67 57 99 11<br><a href="http://www.dnv.com">http://www.dnv.com</a><br>Org. nr.: NO 945 748 931 MVA |
| Oppdragsgiver:<br>Norsk Olje og Gass<br>Vassbotnen<br>4033 STAVANGER<br>Norway |                                                                                                                                                                                            |
| Oppdragsgivers referanse:                                                      |                                                                                                                                                                                            |

|                            |            |                     |                               |
|----------------------------|------------|---------------------|-------------------------------|
| Dato for første utgivelse: | 2013-04-02 | Prosjektnr.:        | PP069860                      |
| Rapportnr.:                | 2013-0827  | Organisasjonsenhet: | Environmental Risk Management |
| Revisjon nr.:              | A          | Emnegruppe:         |                               |

Sammendrag:

Se konkluderende sammendrag.

|                |                                                                            |              |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Utarbeidet av: | Navn og tittel<br>Randi Kruuse-Meyer, Anders Rudberg<br>og Odd Willy Brude | Signatur<br> |
| Verifisert av: | Navn og tittel<br>Harald Bjarne Tvedt<br>Principal Consultant              | Signatur     |
| Godkjent av:   | Navn og tittel<br>Tor Jensen<br>Vice President - Head of Department        | Signatur     |

|                                     |                                                                                                                                    |                    |  |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> | Ingen distribusjon uten tillatelse fra oppdragsgiver eller ansvarlig organisasjonsenhet, men fri distribusjon innen DNV etter 3 år | Indekseringstermer |  |
| <input type="checkbox"/>            | Ingen distribusjon uten tillatelse fra oppdragsgiver eller ansvarlig organisasjonsenhet                                            | Nøkkelord          |  |
| <input type="checkbox"/>            | Strengt konfidensiell                                                                                                              | Service-område     |  |
| <input type="checkbox"/>            | Fri distribusjon                                                                                                                   | Markeds-segment    |  |

|                      |                      |                |              |                |
|----------------------|----------------------|----------------|--------------|----------------|
| Revisjon nr. / Dato: | Årsak for utgivelse: | Utarbeidet av: | Godkjent av: | Verifisert av: |
|                      |                      |                |              |                |
|                      |                      |                |              |                |

## Innholdsfortegnelse

|                                                              |           |
|--------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>FORKORTELSER OG DEFINISJONER.....</b>                     | <b>1</b>  |
| <b>1 INNLEDNING .....</b>                                    | <b>2</b>  |
| <b>2 METODE.....</b>                                         | <b>3</b>  |
| 2.1 Scenario 1: Utblåsningsvarighet.....                     | 3         |
| 2.2 Scenario 2: Vannsøylekonsentrasjoner .....               | 3         |
| 2.3 Scenario 3: Definisjon av sjøfuglpopulasjon .....        | 4         |
| 2.3.1 Regionale versus nasjonale datasett.....               | 4         |
| 2.3.2 Funksjonsområder.....                                  | 9         |
| 2.4 Scenario 4: Definisjon av fiskepopulasjon.....           | 11        |
| 2.5 Scenario 5: Effektnøkkel sjøfugl.....                    | 11        |
| 2.5.1 Oljemengde versus tykkelse .....                       | 13        |
| 2.6 Scenario 6: Effektnøkkel fisk.....                       | 14        |
| 2.7 Scenario 7: Sårbarhetsverdier sjøfugl .....              | 15        |
| <b>3 RESULTATER .....</b>                                    | <b>16</b> |
| 3.1 Scenario 1: Utblåsningsvarighet.....                     | 17        |
| 3.1.1 Storbarden (Nordsjøen) .....                           | 17        |
| 3.1.2 N-O6 (Norskehavet) .....                               | 21        |
| 3.1.3 Diskusjon .....                                        | 25        |
| 3.2 Scenario 2: Vannsøylekonsentrasjoner .....               | 25        |
| 3.3 Scenario 3: Definisjon av sjøfuglpopulasjon .....        | 28        |
| 3.3.1 Regionalt versus nasjonalt datasett.....               | 28        |
| 3.3.1.1 Storbarden (Nordsjøen).....                          | 28        |
| 3.3.1.2 N-O6 (Norskehavet).....                              | 31        |
| 3.3.2 Med eller uten funksjonsområder rundt hekkekoloni..... | 34        |
| 3.3.2.1 Storbarden (Nordsjøen).....                          | 34        |
| 3.3.2.2 N-O6 (Norskehavet).....                              | 35        |
| 3.3.3 Diskusjon .....                                        | 36        |
| 3.4 Scenario 4: Populasjonsdefinisjon fisk .....             | 36        |
| 3.5 Scenario 5: Effektnøkkel sjøfugl.....                    | 37        |
| 3.5.1 Storbarden (Nordsjøen) .....                           | 37        |
| 3.5.1.1 Effektnøkler MIRA-metodikk.....                      | 37        |
| 3.5.1.2 EIF/ERA akutt metodikk.....                          | 41        |
| 3.5.2 N-O6 (Norskehavet) .....                               | 45        |
| 3.5.3 Diskusjon .....                                        | 49        |

---

|          |                                       |           |
|----------|---------------------------------------|-----------|
| 3.6      | Scenario 6: Effektnøkkel fisk .....   | 49        |
| 3.7      | Scenario 7: Sårbarhet sjøfugl .....   | 51        |
| 3.7.1    | Storbarden (Nordsjøen) .....          | 51        |
| 3.7.2    | N-O6 (Norskehavet) .....              | 55        |
| 3.7.3    | Diskusjon .....                       | 59        |
| <b>4</b> | <b>DISKUSJON AV RESULTATENE .....</b> | <b>60</b> |
| <b>5</b> | <b>REFERANSER .....</b>               | <b>62</b> |

## FORKORTELSER OG DEFINISJONER

|             |                                                                     |
|-------------|---------------------------------------------------------------------|
| <b>EIF</b>  | Environmental impact factor                                         |
| <b>ERA</b>  | Environmental Risk analysis - miljørisikoanalyse                    |
| <b>MIRA</b> | Metodikk for gjennomføring av miljørettet risikoanalyse             |
| <b>MRA</b>  | Miljørettet risikoanalyse                                           |
| <b>NINA</b> | Norsk institutt for naturforskning                                  |
| <b>NOFO</b> | Norsk Oljevernforening for Operatørselskap                          |
| <b>N-O6</b> | Lokasjon i Nordland VI, modellert med olje (O)                      |
| <b>OLF</b>  | Oljeindustriens landsforening (skiftet navn til Norsk Olje og Gass) |
| <b>THC</b>  | Total Hydrocarbon (totalt hydrokarbon)                              |
| <b>TPAH</b> | Totalt polyaromatiske hydrokarboner                                 |
| <b>VØK</b>  | Verdsatt Økosystem Komponent                                        |

## 1 INNLEDNING

I forbindelse med Norsk Olje og Gass sin forestående revisjon av Metodikk for miljørettet risikoanalyse (MIRA), har DNV foreslått en sensitivitetsstudie for noen av de grunnleggende elementer og parametere i metodikken. Gjentatte konservative valg i denne type metodikk kan forplante seg og vil isolert sett gi urealistiske høye konsekvensestimater i konsekvensutredninger og forvaltningsplaner. Studien har til hensikt å øke forståelsen for hvordan endringer i spesifikke forutsetninger kan påvirke miljørisikobildet.

Følgende scenarier er analysert for å adressere effekten av grunnleggende elementer og parametere:

| Scenario | Testelement / Parameter         | Beskrivelse / Hensikt                                                                                                                                                                                          |
|----------|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | Utblåsningsvarighet             | Belyse konservative valg ved å modellere utvalgte varigheter og la alle utslippsscenarioer representeres ved lengste varighet i intervallet. Samt se på effekt av økt antall modellerte utblåsningsvarigheter. |
| 2        | Vannsøylekonsentrasjoner        | Belyse konservativt valg ved å benytte maksimale tids midlede konsentrasjoner vs. konsentrasjoner der hvor larvene befinner seg.                                                                               |
| 3        | Definisjon av sjøfuglpopulasjon | Belyse effekt av regionale og nasjonale populasjonsdefinisjoner på sjøfugl, samt se på bruk av funksjonsområder.                                                                                               |
| 4        | Definisjon av fiskepopulasjon   | Belyse effekt av å benytte 10 dagers intervaller på uavhengige larvefordelinger.                                                                                                                               |
| 5        | Effektgrense sjøfugl            | Belyse effekt av nedre grense i effektnøkkel for sjøfugl, samt se på andre alternativer (lineær effektnøkkel, tykkelse/arealdekning).                                                                          |
| 6        | Effektgrense fisk               | Belyse effekt av lineær dose-respons funksjon vs. terskelkonsentrasjon for skade, samt se på ulike terskelkonsentrasjoner (100 ppb, 375 ppb, 1 ppm).                                                           |
| 7        | Sårbarhetsverdier sjøfugl       | Belyse effekt av ulike sårbarhetsverdier for sjøfugl og sjøfuglbestander (S1-S4), samt se på NINAs skadenøkkel benyttet i ulike utredningsarbeider.                                                            |

Som utgangspunkt for sensitivitetsstudien benyttes resultater fra miljørisikoanalysen utført av DNV på vegne av Olje- og Energidepartementet for den nordøstlige delen av Norskehavet (DNV, 2012), og miljørisikoanalysen for letebrønnen Storbarden lokalisert i Nordsjøen utført av DNV på vegne av AGR og Rocksource (DNV, 2013). Selv om resultatene i en slik sensitivitetsanalyse er avhengige av utslippslokasjon og utblåsningsparametere (oljetype mm), er det viktig å benytte analyser med et stort konsekvens- og risikopotensiale i denne type arbeid. Dette vil lettere

avdekke om konsekvensbildet er konservativt og eventuelt hvor følsom beregningen er for de ulike testelementene.

## 2 METODE

### 2.1 Scenario 1: Utblåsningsvarighet

Ved modellering av varighetsfordelinger er det vanlig praksis å benytte en konservativ tilnærming ved å la alle sannsynligheter innen et intervall tillegges lengste varighet i intervallet. Eksempelvis vil alle varigheter mellom 2 og 15 døgn modelleres med 15 døgns varighet og sannsynligheten for dette settes til summen av alle sannsynlighetene i intervallet.

I scenariet studeres variasjoner i konsekvensberegningene ved å inkludere tre ulike varigheter i modelleringen, versus å inkludere ytterligere fem varigheter innen utfallsrommet. Økt antall varigheter i modellkjøringene, bidrar til styrket miljørisikoberegning. Utfallsrommet for N-O6 inkluderer varigheter opptil 50 døgn (lengste utblåsningsvarighet), mens utfallsrommet for Storbarden inkluderer varigheter opptil 47 døgn (lengste utblåsningsvarighet).

I scenariene for N-O6 og Storbarden er følgende varigheter og varighetsfordeling benyttet i *base case*:

| Varigheter (døgn) |            | Sannsynlighetsfordeling (%) |
|-------------------|------------|-----------------------------|
| N-O6              | Storbarden |                             |
| 2                 | 2          | 54                          |
| 15                | 15         | 35                          |
| 50                | 47         | 11                          |

Til sammenlikning er følgende varigheter og varighetsfordeling implementert (totalt åtte varigheter med tilhørende sannsynlighetsfordeling):

| Varigheter (døgn) |            | Sannsynlighetsfordeling (%) |
|-------------------|------------|-----------------------------|
| N-O6              | Storbarden |                             |
| 0,5               | 0,5        | 29                          |
| 2                 | 2          | 25                          |
| 4                 | 4          | 14                          |
| 7                 | 7          | 10                          |
| 10                | 10         | 6                           |
| 15                | 15         | 5                           |
| 30                | 30         | 5                           |
| 50                | 47         | 6                           |

### 2.2 Scenario 2: Vannsøylekonsentrasjoner

I kvantifisering av miljørisiko og beregning av fiskeegg og –larve dødelighet benyttes maksimale hydrokarbonkonsentrasjoner i vannsøylen. Til vanlig er konsentrasjonene nærmest overflaten, mens pelagiske egg og larver er distribuert nedover i vannsøylen, med hoveddelen lokalisert i de

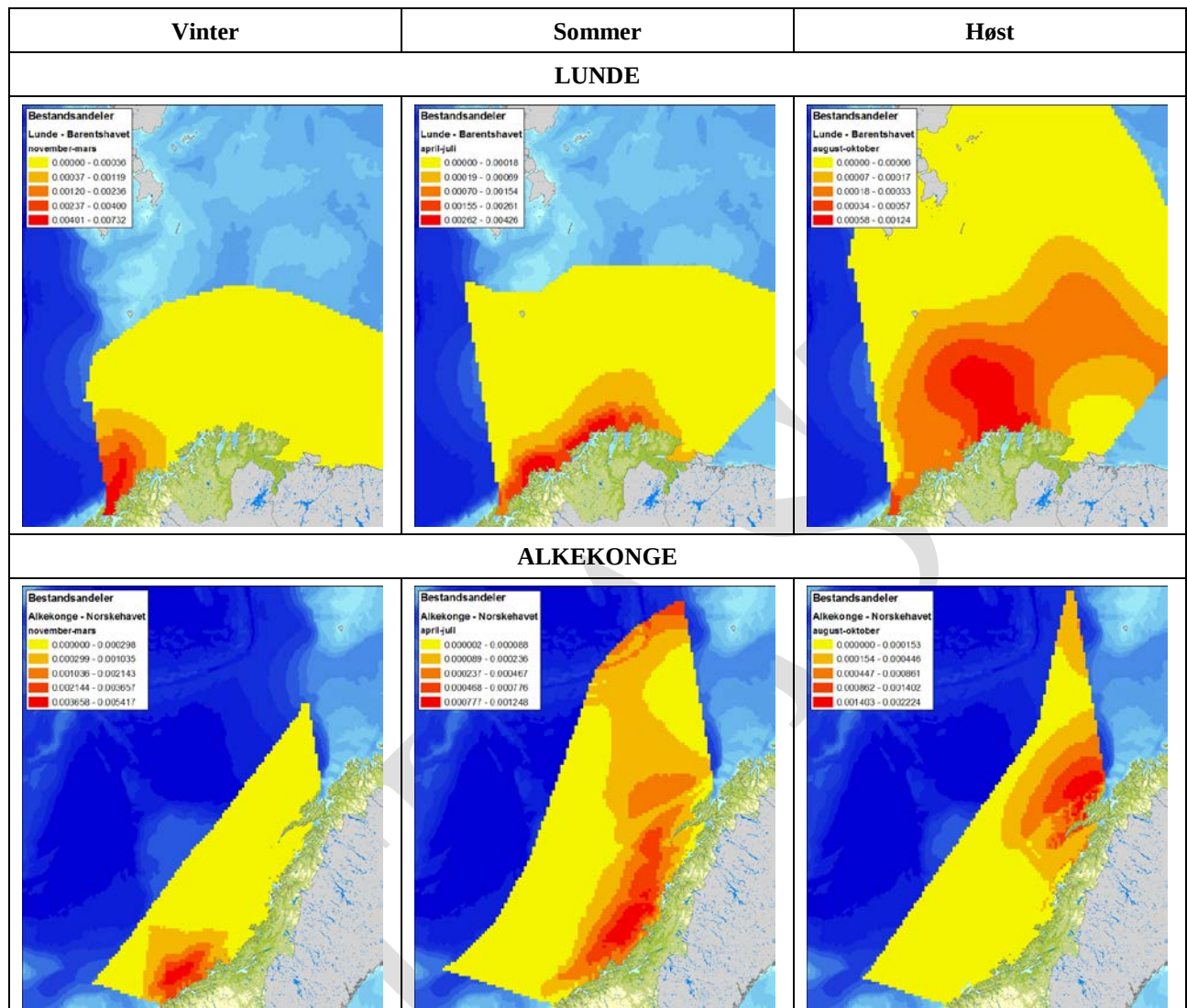
øvre 40 meterne. I dette scenariet belyses virkningen av å benytte maksimal konsentrasjon uavhengig av dyp kontra bruk av reell oljeeksponering som fiskelarvene utsettes for.

## 2.3 Scenario 3: Definisjon av sjøfuglpopulasjon

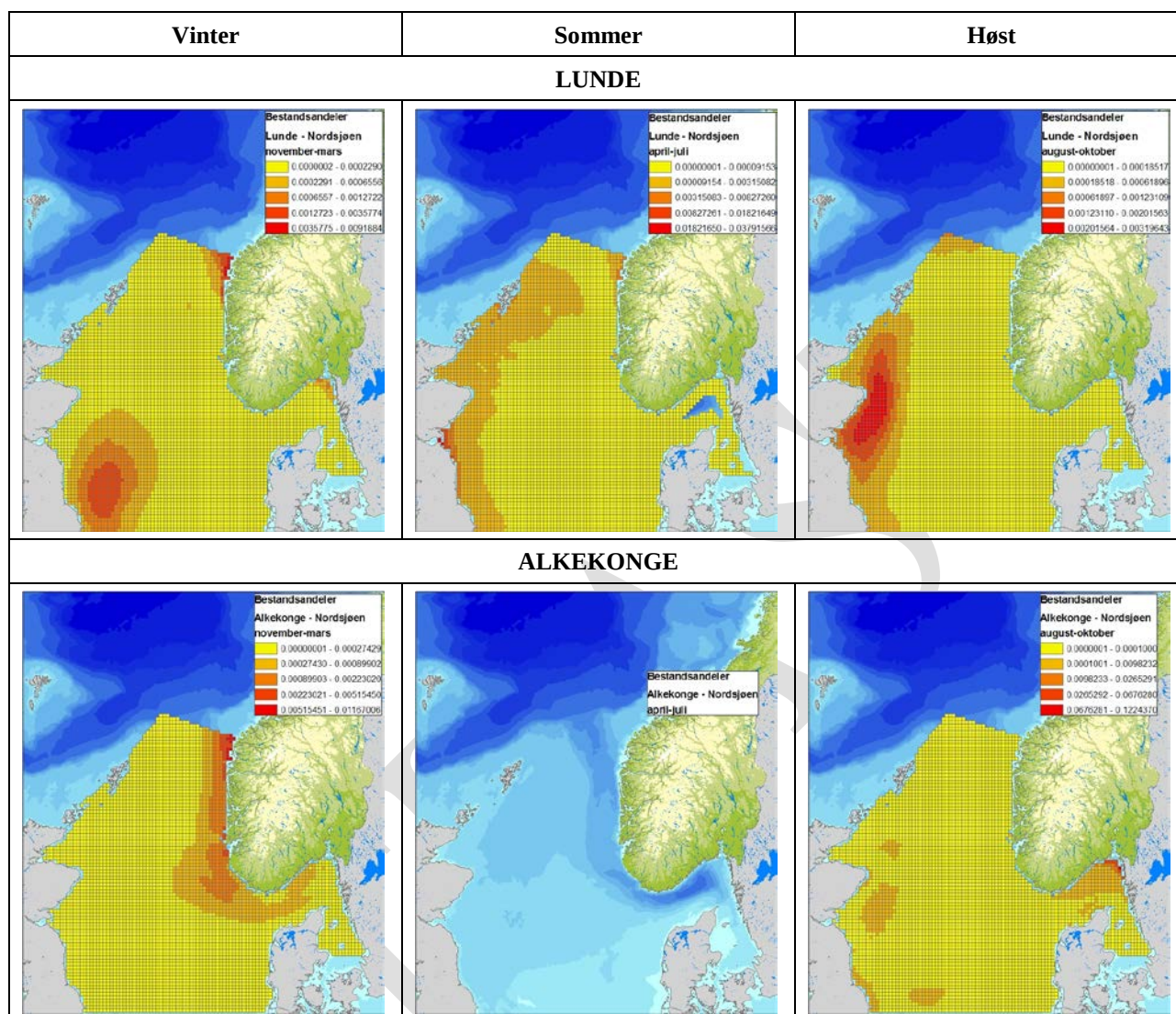
### 2.3.1 Regionale versus nasjonale datasett

Hvordan de ulike populasjonene av sjøfugl inndeles er en svært viktig faktor. Per dags dato benyttes regional inndeling av bestandene der regionen er avgrenset til et definert havområde. Dette innebærer en tre deling av datasettene på norsk sokkel; Nordsjøen, Norskehavet og Barentshavet. For å illustrere hvilken betydning bestandsinndelingen av sjøfugl har for resultatene av konsekvensberegningene modelleres det med regionale bestander (= *base case* der sjøfuglbestandene er inndelt etter havområde), og nasjonale bestander for et utvalg av sjøfuglarter. De regionale datasettene for lunde og alkekonge er vist i Figur 2-1 henholdsvis for region Barentshavet og Norskehavet, mens Figur 2-2 viser tilsvarende for Nordsjøen. Til sammenlikning viser Figur 2-3 nasjonale datasett av alkekonge og lunde. Tilsvarende prosedyre er anvendt for kystnære sjøfuglarter (hekkebestandene av alke, lomvi og lunde), og de nasjonale datasettene er vist i Figur 2-4 til Figur 2-6.

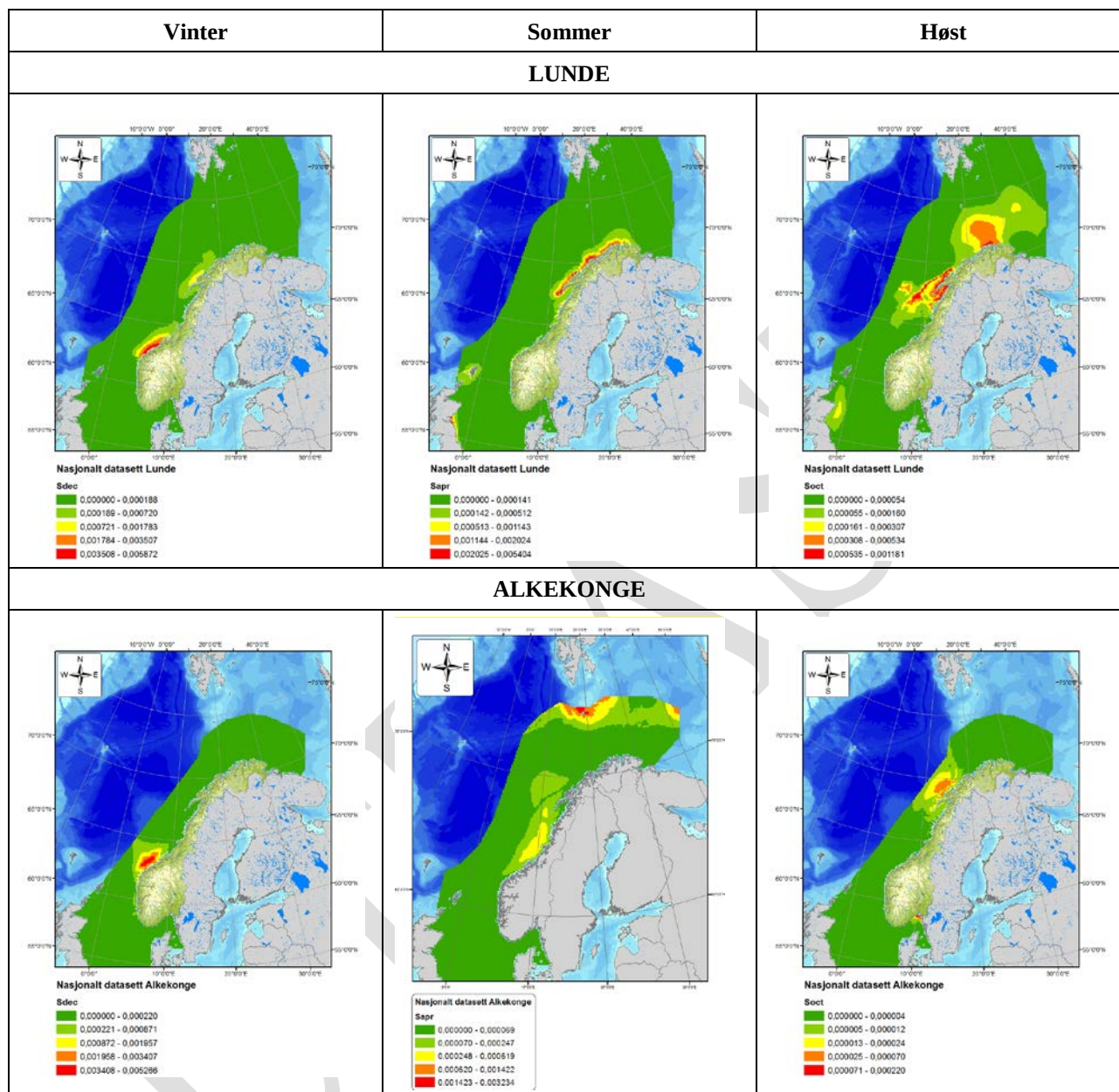




**Figur 2-1 Regionale sesongvise datasett for åpent hav populasjoner av lunde (øverst) og alkekonge (nederst) (henholdsvis Barentshavet og Norskehavet). Vinter=nov.-mars, vår=april-juli, sommer=aug.-okt.**

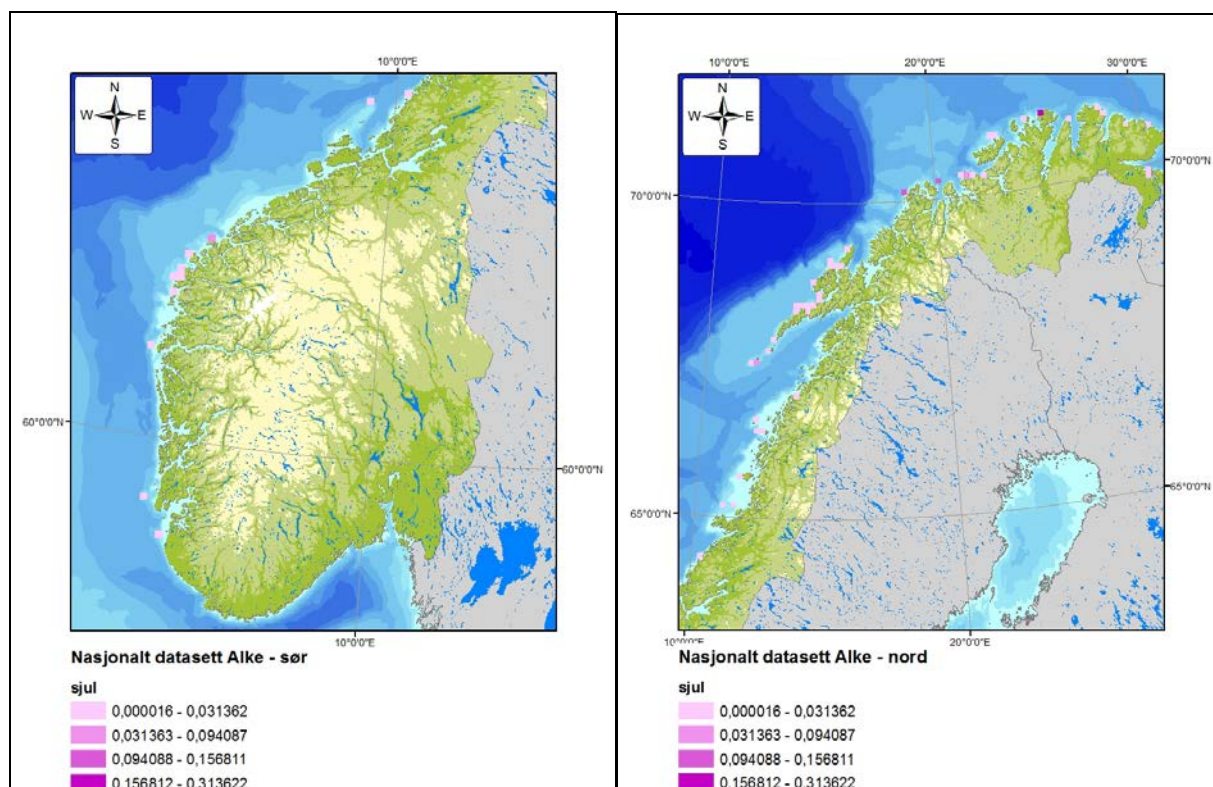


**Figur 2-2 Regionale sesongvise datasett av lunde (øverst) og alkekonge (neders) i åpent hav (region Nordsjøen). Vinter=nov.-mars, vår=april-juli, sommer=aug.-okt.**

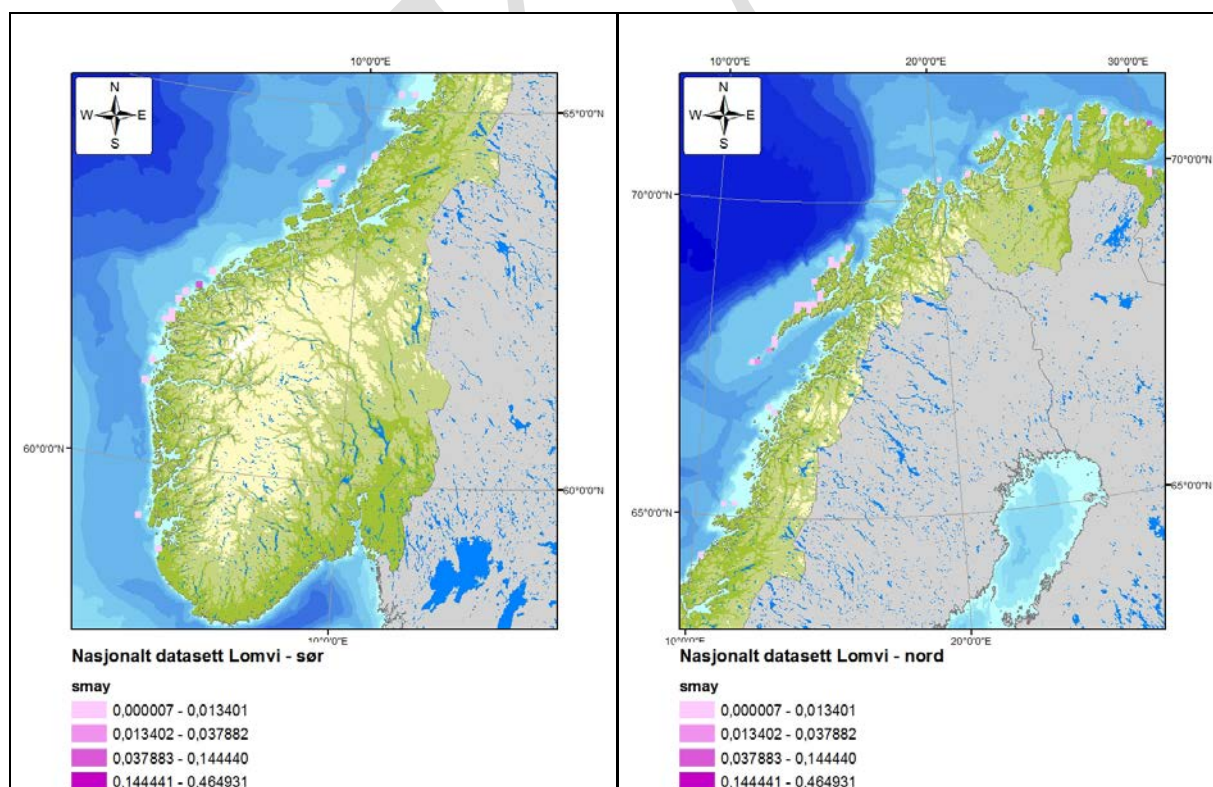


**Figur 2-3 Nasjonale datasett for åpent hav populasjoner av henholdsvis lunde (øverst) og alkekonge (nederst) i åpent hav. Vinter=nov.-mars, vår=april-juli, sommer=aug.-okt.**

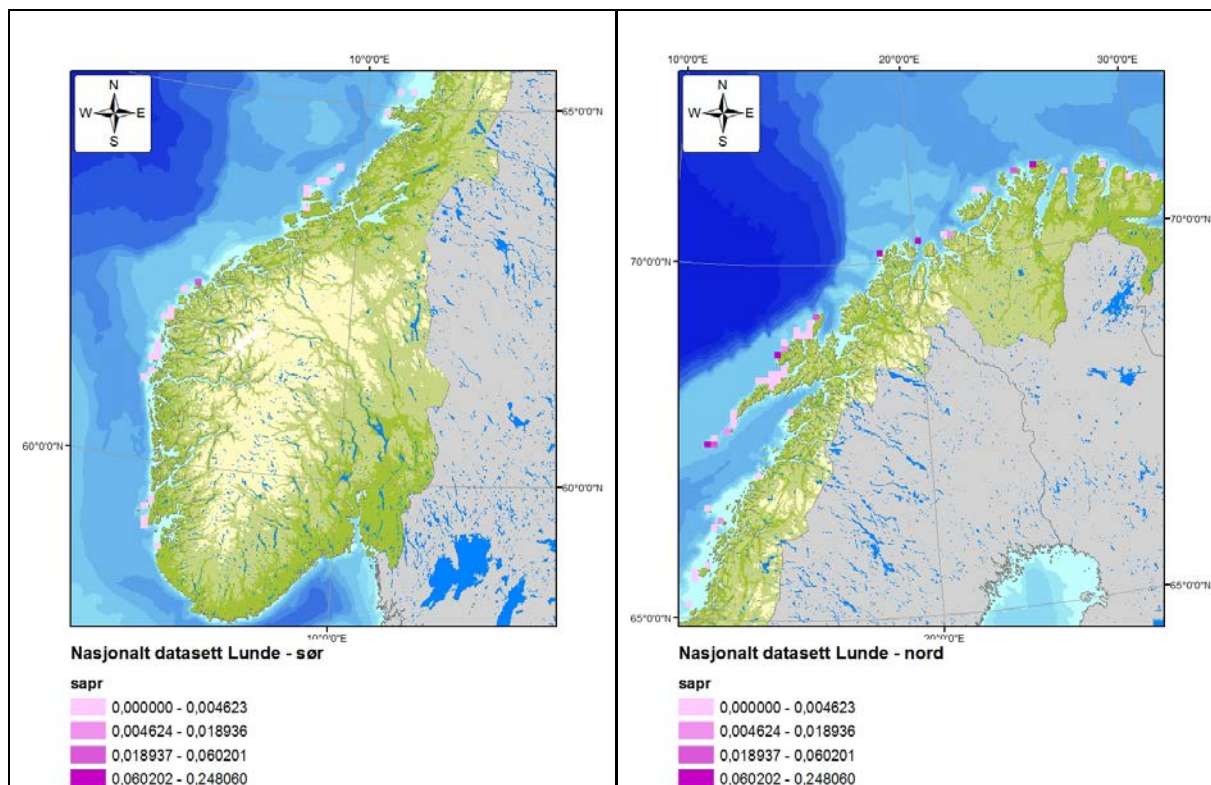




Figur 2-4 Nasjonalt datasett over hekkende sjøfugl – alke, utsnitt av nordlig og sørlig del.



Figur 2-5 Nasjonalt datasett over hekkende sjøfugl – lomvi, utsnitt av nordlig og sørlig del.

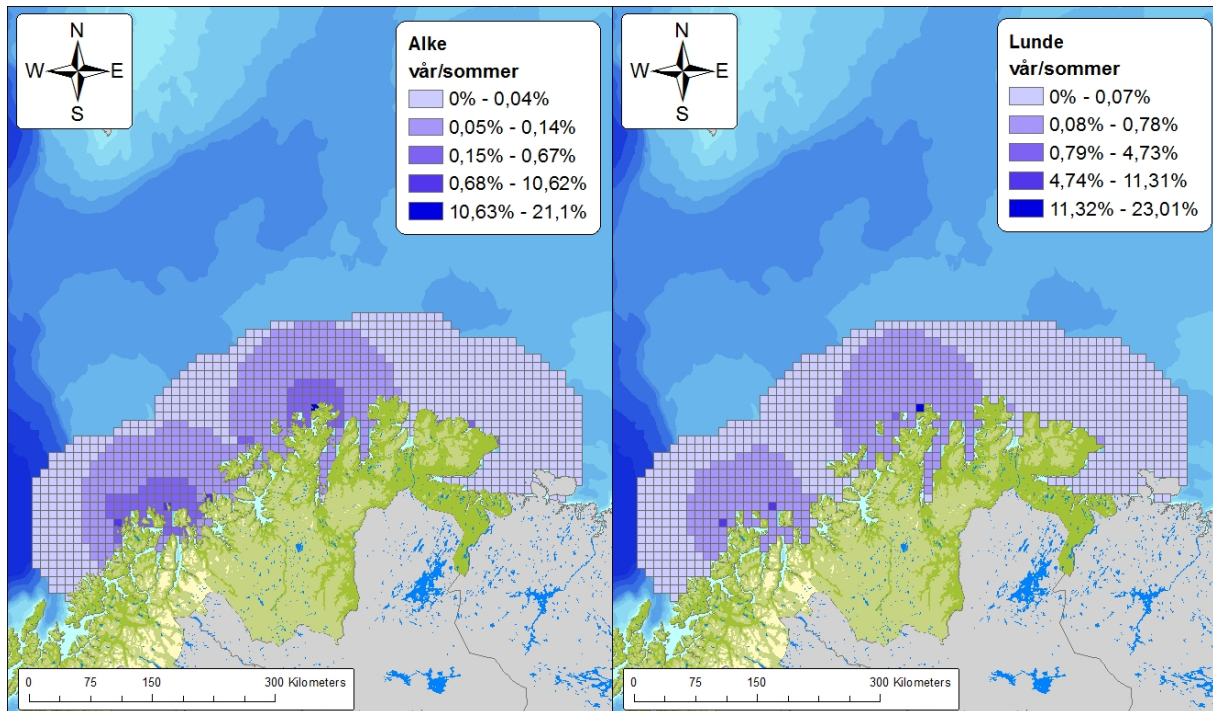


Figur 2-6 Nasjonalt datasett over hekkende sjøfugl – lunde, utsnitt av nordlig og sørlig del.

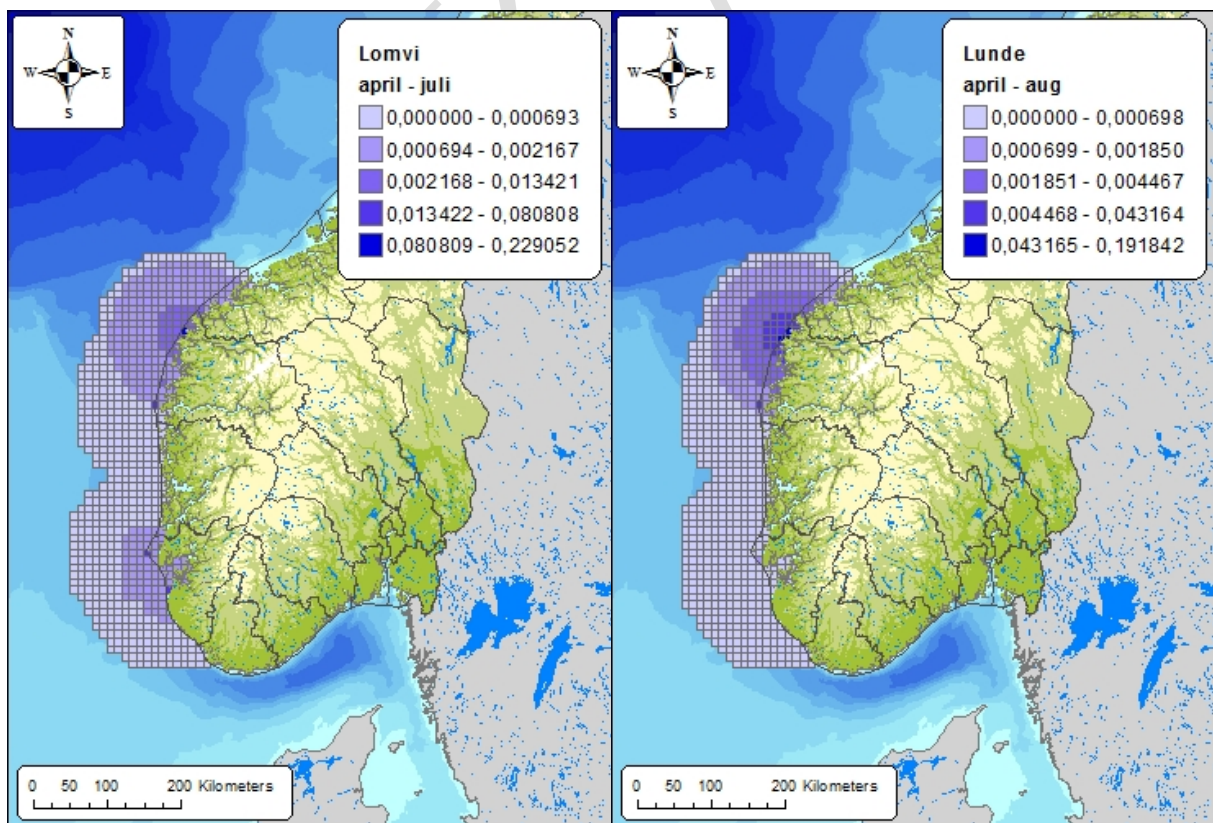
### 2.3.2 Funksjonsområder

DNV har valgt å tilrettelegge datasett for hekkende sjøfugl med «funksjonsområder» rundt koloniene, dvs. alle fugler i koloniene er ikke konsentrert i én 10 × 10 km rute, men er til enhver tid spredt i en viss avstand fra kolonien med en definert sannsynlighet. I sensitivitetsstudiet undersøkes det hvordan disse funksjonsområdene påvirker miljørisikoen. De regionale datasettene for alke og lunde (Barentshavet) og lunde og lomvi (Nordsjøen), med funksjonsområder, er vist i Figur 2-7 og Figur 2-8.





**Figur 2-7 Regionalt datasett (Barentshavet) for hekkebestandene av alke og lunde med funksjonsområder.**



**Figur 2-8 Regionalt datasett (Nordsjøen) for hekkebestandene av lomvi og lunde med funksjonsområder.**

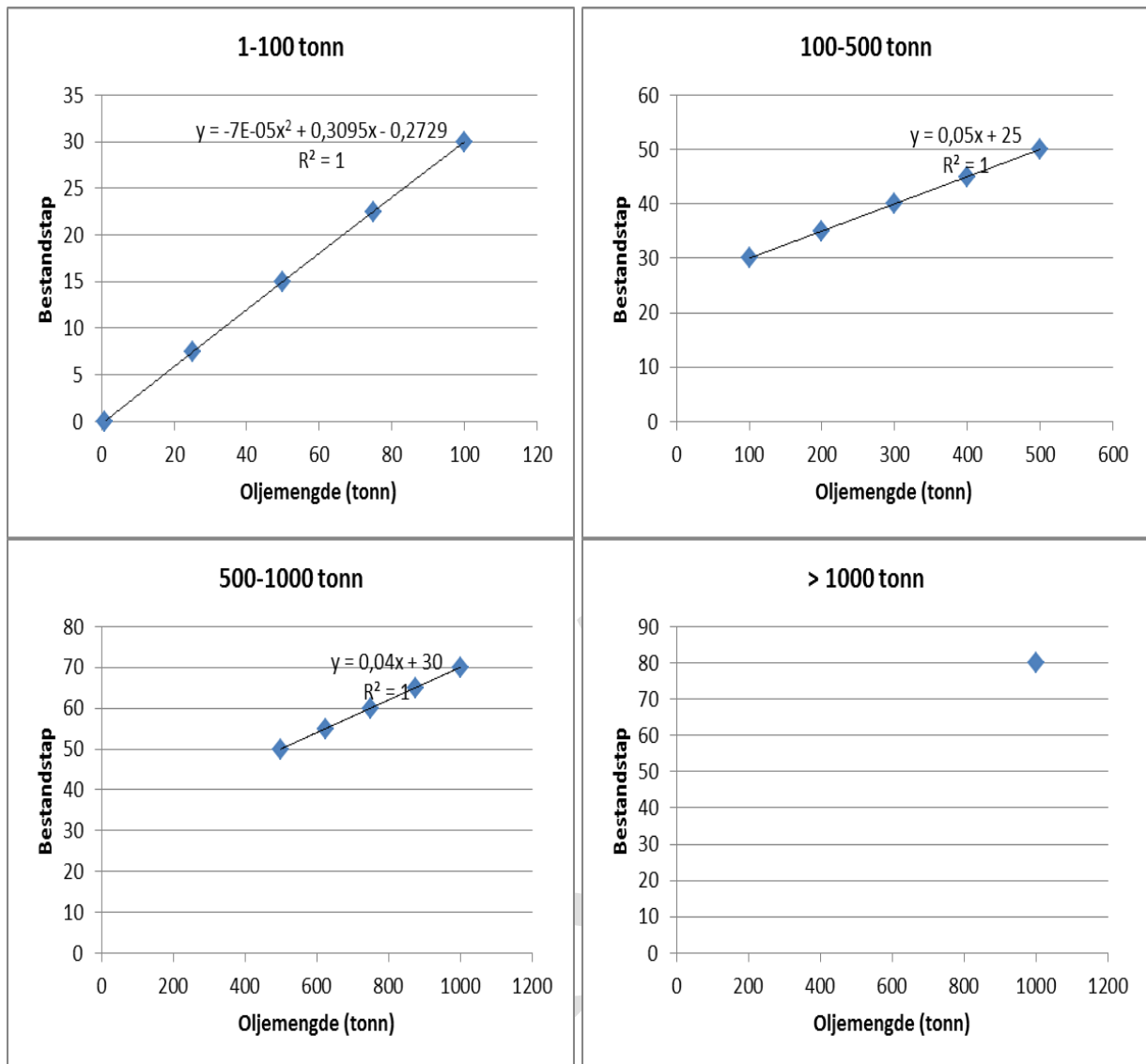
## 2.4 Scenario 4: Definisjon av fiskepopulasjon

I foreliggende metodikk for effektvurderinger på fisk benytter DNV inngangsdata på larvefordelinger med 10 døgns intervaller gjennom hele egg-/larvedriftsperioden. Dette innebærer at dødeligheten beregnes for hvert 10de døgn samtidig med at man antar denne er representativ for hele larvepopulasjonen gjennom hele larveperioden. Ettersom gyting forekommer over et tidsrom på 1-2 måneder, vil dette være en konservativ tilnærming tidlig i gyteperioden. Under dette punktet gjennomgås gjeldende prosedyre samt hva det betyr for beregnet miljøkonsekvens på fisk.

## 2.5 Scenario 5: Effektnøkkel sjøfugl

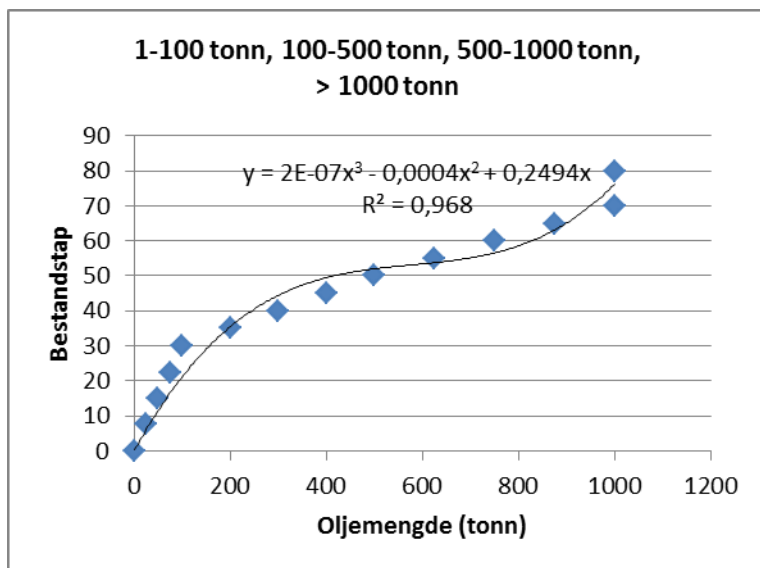
Nedre grense for effekt på sjøfugl er i henhold til standard MIRA-metodikk (OLF, 2007) 1 tonn olje. Avhengig av den berørte artens sårbarhet for oljeforurensning vil denne oljemengden medføre bestandstaps på inntil 20 %. Nedre effektgrense kategori strekker seg fra 1 til 100 tonn, der 1 tonn anses for å være en svært konservativ nedre grense for effekter i den gitte størrelsesordenen.

I Scenario 5 ses det på virkningen av å justere nedre effektgrense til henholdsvis 5 tonn, 10 tonn eller 20 tonn. I tillegg er det valgt å bruke både en lineær og en kontinuerlig funksjon til å beskrive sammenhengen mellom treff av ulike oljemengder (nedre effektgrense 1 tonn) og dødelighet blant sjøfugl i henhold til standard MIRA-metodikk, som illustrert i henholdsvis Figur 2-9 og Figur 2-10.



**Figur 2-9 Lineær effektfunksjon, beskrivelse av sammenhengen mellom treff av ulike oljemengder og bestandstap av sjøfugl, i henhold til standard MIRA-metodikk (OLF, 2007).**



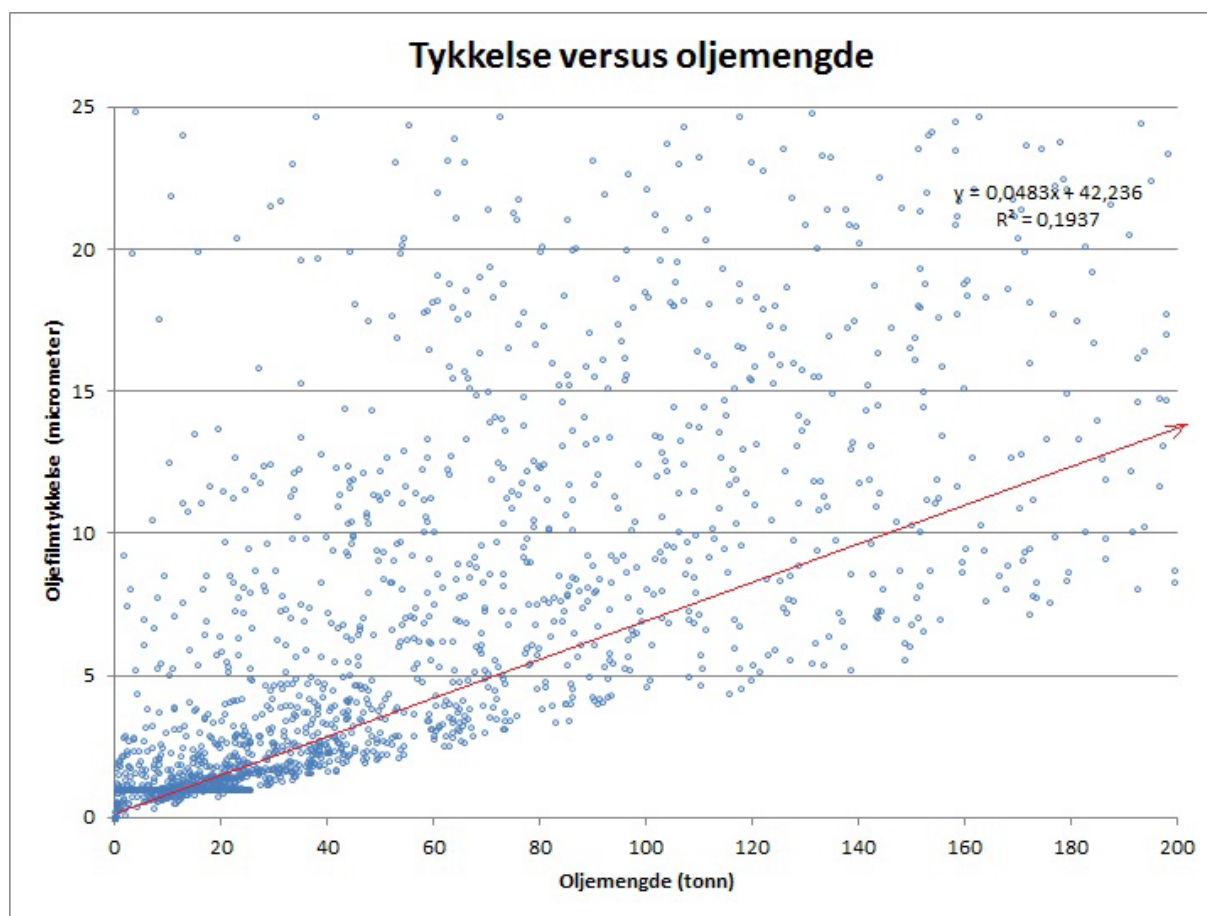


**Figur 2-10 Kontinuerlig funksjon som beskriver sammenhengen mellom treff av ulike oljemengder og bestandstap av sjøfugl, i henhold til standard MIRA-metodikk (OLF, 2007).**

### 2.5.1 Oljemengde versus tykkelse

I henhold til foreslått EIF/ERA akutt-metodikk er det foreslått en nedre grense for effekt basert på en oljefilmtykkelse på 10 µm. Over denne grensen tilsvarer dekningsgraden av olje i ruta effekten (bestandstapet av sjøfugl). For å relatere dette til MIRA-metodikken er det valgt å se på hvilke oljemengder som gir en oljefilmtykkelse > 10 µm. Oljemengde kontra oljefilmtykkelse per 10 × 10 km rute er plottet i Figur 2-11, for Storbarden scenariet med høyest rate og lengst varighet, da dette er scenariet hvor det forventes tykkest oljefilm og størst masse. Plottet viser at for de fleste rutene må man opp i betydelig høyere enn 1 tonn før en tykkelse på 10 µm overskrides. Basert på figuren synes 20 tonn å være en konservativ grense da det er få ruter med over 10 µm tykkelse for denne oljemengden.

Resultatene ved å benytte ERA-akutt metodikk er videre sammenliknet med MIRA-metodikk.



**Figur 2-11** Plott av oljemengde og oljefilmtykkelse i 10 × 10 km grid celler for høyest utblåsningsrate og lengste utblåsningsvarighet modellert for Storbarden.

## 2.6 Scenario 6: Effektnøkkel fisk

En kvantifisering og vurdering av mulige konsekvenser for fisk som følge av uhellsutslipp av olje fra petroleumsvirksomhet bygger på prinsippene om eksponering for hydrokarboner i vannsøylen og effektene (dødelighet og redusert overlevelse) av en slik eksponering først og fremst på egg og larver som de mest sårbare livstadiene. Basert på disse resultatene foretas en videre vurdering av hvordan dette vil påvirke årsklasserekruttering.

I miljørisikoanalyser anvendes en statistisk tilnærming hvor man ser på overlapp mellom et stort antall oljedriftssimuleringer basert på historiske vær og vindforhold, kombinert med et stort antall modellerte utbredelsesmønstre for fiskelarver basert på observerte historiske gytemønstre og -mengder. Eksponeringen er et resultat av andel larver som "overlapper" vannsøylekonsentrasjoner (inkluderer både oppløste konsentrasjoner og oljedråper i vannet) over gitte effektgrenser som kan gi dødelighet eller redusert overlevelse.

I metoderapporten for miljørisikovurderinger olje-fisk (OLF, 2008) anbefales bruk av en dose-respons funksjon som grunnlag for skadeberegninger i denne type analyser. Dose-respons funksjonen som normalt benyttes har nedre grense på 100 ppb, som gir 1 % dødelighet, og øvre grense på 1 ppm som gir 100 % dødelighet. En slik dose-respons funksjon er antatt å reflektere den reelle skaden som kan påføres fiskelarvene som følge av oljeeksponering. Det er normalt

denne funksjonen som benyttes i skadeberegningene for fiskeegg og –larver. Alternativt kan en benytte terskelkonsentrasjoner, og anta 100 % dødelighet over den gitte grenseverdien. I arbeidet med miljørisiko på fisk i Forvaltningsplanen for Lofoten og Barentshavet i 2010 (DNV, 2010) ble det etablert en terskelkonsentrasjon for effekter på 375 ppb THC (basert på Balder råolje og en beregnet EC<sub>50</sub> verdi på 2,5 ppb TPAH).

I Scenario 6 ses det på utslag gitt anvendelse av en dose-responsfunksjonen med henholdsvis 100 ppb som startpunkt (standard metodikk), og med 1 ppm som startpunkt. Det ses også på utslag med terskekonsentrasjoner på henholdsvis 100 ppb, 500 ppb og 1 ppm.

## 2.7 Scenario 7: Sårbarhetsverdier sjøfugl

De ulike artenes sårbarhet for oljeforurensning er beskrevet gjennom en tildeling av sårbarhetsverdi, fra S1 (minst sårbar) til S3 (mest sårbar). I dagens praksis vil sjøfuglenes individuelle oljesårbarhet gjenspeiles i effektnøkklene (sårbarhetsverdi S1-S3), mens det som regel benyttes samme populasjonssårbarhet (skadenøkkel - S3) for alle sjøfuglbestander. DNV opererer i tillegg med ytterligere en sårbarhetsklasse; S4, som beskriver en bestand med nedadgående populasjonsutviklingsstrend og lavt restitusjonspotensiale. Denne sårbarhetsklassen har en egen skadenøkkel, og benyttes per dags dato kun for lomvi.

I Scenario 7 sammenliknes resultatene for et utvalg av sjøfuglarter avhengig av om sårbarhetsverdien er satt til S2, S3 eller S4 i henhold til standard MIRA-metodikk. I tillegg sammenliknes resultatene ved bruk av MIRA-metodikk for arter med sårbarhetsverdi 3 med tilsvarende beregninger gjort i henhold til NINA-metodikk (som beskrevet i Forvaltningsplan Nordsjøen – Tverrsektoriell vurdering av konsekvenser for sjøfugl, 2011). Skadenøkklene for henholdsvis MIRA-metodikk og NINA-metodikk for sjøfugl med sårbarhetsverdi 3 er illustrert i Figur 2-12.

NINA benytter samme skadenøkkel for alle sjøfugler uavhengig av sårbarhet.

|                  |       | Betydelig | Betydelig | Alvorlig  | Alvorlig  | Alvorlig  | Alvorlig  | Alvorlig  |
|------------------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| MIRA metodikk S4 | Ubet  | Moderat   | Moderat   | Betydelig | Betydelig | Betydelig | Betydelig | Alvorlig  |
|                  |       | Mindre    | Mindre    | Moderat   | Moderat   | Moderat   | Moderat   | Alvorlig  |
| MIRA metodikk S3 | Ubet  | Moderat   | Moderat   | Betydelig | Alvorlig  | Alvorlig  | Alvorlig  | Alvorlig  |
|                  |       | Mindre    | Mindre    | Moderat   | Betydelig | Betydelig | Betydelig | Alvorlig  |
| NINA metodikk    | Liten | Små       | Mod       | Alv       | Svært Alv | Svært Alv | Svært Alv | Svært Alv |
| Bestandstap (%)  | 0     | 1         | 2,5       | 5         | 10        | 15        | 20        | 30        |

**Figur 2-12 Skadenøkler for sannsynlighetsfordeling av teoretisk restitusjonstid ved akutt reduksjon av sjøfuglbestander med lavt restitusjonspotensiale (sårbarhet 3 og 4), i henhold til MIRA-metodikk (OLF, 2007) og i henhold til NINA-metodikk (NINA, 2011).**

### 3 RESULTATER

Resultatene for hvert av scenariene er vist som *sannsynlighet for skade* for sjøfugl, og *sannsynlighet for tapsandel* av fiskeegg og larver samt årklasserekruttering, gitt et akuttutslipp av olje.

Skade på sjøfugl er definert på bakgrunn av restitusjonstid og inndelt i følgende kategorier; *ingen* miljøskade (fremkommet på bakgrunn av sannsynligheten for < 1 % bestandstap, dvs. ikke kvantifiserbar/neglisjerbar skade), *mindre* skade (< 1 års restitusjonstid), *moderat* miljøskade (1-3 års restitusjonstid), *betydelig* miljøskade (3-10 års restitusjonstid) og *alvorlig* miljøskade (> 10 års restitusjonstid). Det er valgt å presentere maksimal sannsynlighet for hver skadekategori innen de tre månedene i hver sesong. Dvs. at summen av sannsynlighet for alle skadekategoriene kan overskride 100 %, i og med at resultatene for ulike måneder innad i en sesong kan kombineres. I tilfellene der summen av mindre, moderat, betydelig og alvorlig miljøskade er mindre enn 100 % er figurene normalisert, mens der summer overskrider 100 % er de faktiske sannsynlighetene presentert.

Tapsandel av fiskeegg og – larver/årklasserekruttering er inndelt i kategorier fra < 0,5 % tap til > 50 % tap av totalt gyteprodukt/ årklasserekrutter.

Alle analysene er modellert for et utvalg av åpent hav og kystnære sjøfugl arter. For Storbarden i Nordsjøen er åpent hav kategorien representert ved alkekonge, havhest, havsule og lunde, mens havelle, lomvi, lunde og sjøorre er kystnære populasjoner. For N-O6 i Norskehavet representerer alkekonge, lunde og svartbak åpent hav populasjonene mens alke, lunde og praktærfugl er kystnære arter. Videre er det i presentasjon av resultater for enkelte av scenarioene gjort ytterligere utvalg av de mest utslagsgivende artene av de opprinnelige modellerte, for å redusere datamengden noe.

Artene har følgende sårbarhetsverdier i henhold til «standard MIRA metodikk»:

| Art         | Sårbarhetsverdi                      |
|-------------|--------------------------------------|
| Alke        | 3                                    |
| Alkekonge   | 3                                    |
| Havhest     | 2                                    |
| Havelle     | 3                                    |
| Havsule     | 2                                    |
| Lunde       | 3                                    |
| Lomvi       | 4*                                   |
| Praktærfugl | 3                                    |
| Sjøorre     | 3                                    |
| Svartbak    | 1 (høst og vinter), 2 (hekkeperiode) |

\*DNV har valgt å tilegne lomvi sårbarhetsverdi 4 og benytte en egen skadenøkkel for arten, grunnet at den er listet som kritisk truet i rødlista ([artsdatabanken.no](https://artsdatabanken.no)) og har over lengre tid hatt nedadgående populasjonsutviklingsstrend og lavt restitusjonspotensiale.

## 3.1 Scenario 1: Utblåsningsvarighet

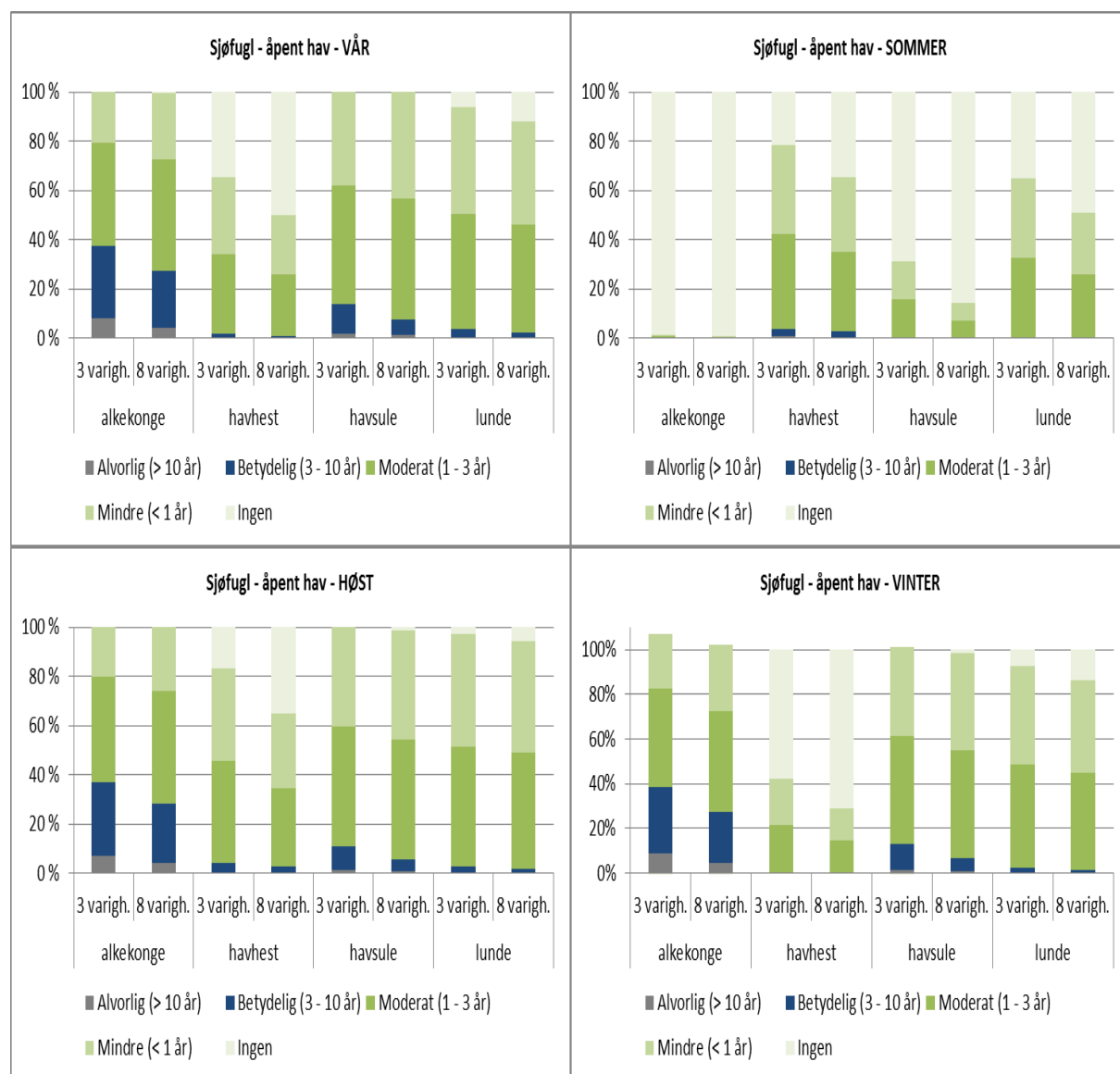
### 3.1.1 Storbarden (Nordsjøen)

Resultatene for sjøfugl åpent hav er presentert sesongvis i Figur 3-1. **Tabell 3-1** oppsummerer endringene i skadesannsynlighet ved å modellere åtte versus tre utblåsningsvarigheter. Figur 3-2 og **Tabell 3-2** illustrerer tilsvarende resultater for kystnære sjøfuglarter.

Resultatene viser en markant nedgang i sannsynlighet for *betydelig* og *alvorlig* miljøskade som følge av å benytte åtte kontra tre varigheter i analysen. For arter/perioder uten særlig utslag i alvorlig skadekategori er sannsynligheten for *mindre* og *moderat* miljøskade redusert.

Sannsynligheten for betydelig og alvorlig miljøskade for alkekonge i vårsesongen er eksempelvis redusert fra henholdsvis 29 % til 23 % (-6,2 prosentpoeng) og 8 % til 4 % (-3,8 prosentpoeng). For lomvi kystnært i sommersesongen (hekkekoloni) er sannsynligheten for alvorlig miljøskade redusert fra 35 % til 24 % (-11 prosentpoeng).

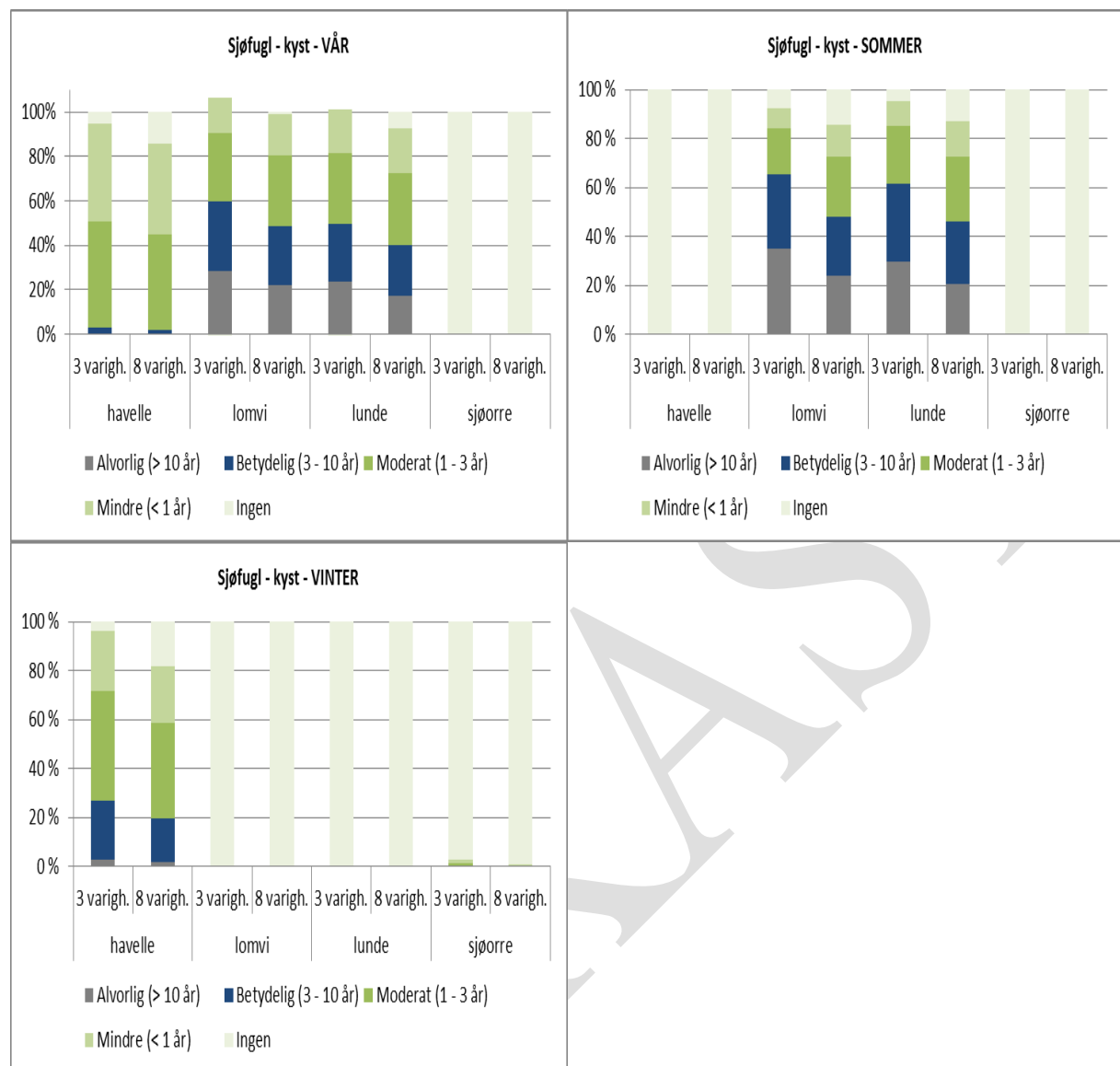




**Figur 3-1 Sammenlikning av skadesannsynlighet (skadekategorier definerer på bakgrunn av mulig restitusjonstid) for sjøfugl åpent hav ved modellering med henholdsvis 3 og 8 utblåsningsvarigheter, der korteste og lengste varighet er samme for begge oppsettene.**

**Tabell 3-1 Endring i sannsynlighet (prosentpoeng) for de ulike skadekategoriene (definert ved restitusjonstid) for sjøfugl åpent hav ved bruk av 3 versus 8 utblåsningsvarigheter i modellering av miljørisiko. Resultatene er presentert som endring i prosentpoeng mellom de to oppsettene og angir verdiene ved bruk av 8 varigheter. Fargekodingen illustrerer økning/reduksjon i sannsynlighet for skade i forhold til bruk av 3 varigheter; orange viser økning, grønn viser reduksjon (hvit; tilnærmet ingen endring).**

| 8 varigh. | Vår                 |                       |                          |                        | Sommer              |                       |                          |                        |
|-----------|---------------------|-----------------------|--------------------------|------------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------|------------------------|
|           | Mindre<br>( < 1 år) | Moderat<br>(1 - 3 år) | Betydelig<br>(3 - 10 år) | Alvorlig<br>( > 10 år) | Mindre<br>( < 1 år) | Moderat<br>(1 - 3 år) | Betydelig<br>(3 - 10 år) | Alvorlig<br>( > 10 år) |
| Alkekonge | 6,2 %               | 3,5 %                 | -6,4 %                   | -3,8 %                 | -0,2 %              | -0,3 %                | 0,0 %                    | 0,0 %                  |
| Havhest   | -7,1 %              | -7,4 %                | -0,7 %                   | 0,0 %                  | -5,8 %              | -6,5 %                | -0,8 %                   | -0,1 %                 |
| Havsule   | 5,5 %               | 0,5 %                 | -5,5 %                   | -0,5 %                 | -8,3 %              | -8,3 %                | 0,0 %                    | 0,0 %                  |
| Lunde     | -1,5 %              | -2,9 %                | -1,4 %                   | 0,0 %                  | -6,8 %              | -6,8 %                | -0,1 %                   | 0,0 %                  |
| 8 varigh. | Høst                |                       |                          |                        | Vinter              |                       |                          |                        |
|           | Mindre<br>( < 1 år) | Moderat<br>(1 - 3 år) | Betydelig<br>(3 - 10 år) | Alvorlig<br>( > 10 år) | Mindre<br>( < 1 år) | Moderat<br>(1 - 3 år) | Betydelig<br>(3 - 10 år) | Alvorlig<br>( > 10 år) |
| Alkekonge | 6,1 %               | 3,0 %                 | -6,0 %                   | -3,0 %                 | 5,2 %               | 1,2 %                 | -7,2 %                   | -4,2 %                 |
| Havhest   | -7,6 %              | -9,7 %                | -1,3 %                   | 0,0 %                  | -6,5 %              | -6,7 %                | -0,2 %                   | 0,0 %                  |
| Havsule   | 4,1 %               | -0,3 %                | -4,8 %                   | -0,4 %                 | 4,3 %               | -0,3 %                | -5,9 %                   | -0,5 %                 |
| Lunde     | -0,6 %              | -1,5 %                | -0,9 %                   | 0,0 %                  | -2,3 %              | -3,0 %                | -0,8 %                   | 0,0 %                  |



**Figur 3-2 Sammenlikning av sannsynlighet for ulike miljøskade for kystnær sjøfugl populasjoner ved modellering med henholdsvis 3 og 8 utblåsningsvarigheter, der korteste og lengste varighet er samme for begge oppsettene. NB! Tilnærmet ingen utslag i høstsesongen, derfor ikke presentert.**

**Tabell 3-2 Endring i sannsynlighet for de ulike skadekategoriene (definert ved restitusjonstid) for kystnær sjøfugl ved bruk av 3 versus 8 utblåsningsvarigheter i modellering av miljørisiko. Resultatene er presentert som endring i prosentpoeng mellom de to oppsettene og angir verdiene ved bruk av 8 varigheter. Fargekodingen illustrerer økning/reduksjon i sannsynlighet for skade i forhold til bruk av 3 varigheter; orange viser økning, grønn viser reduksjon (hvit; tilnærmet ingen endring).**

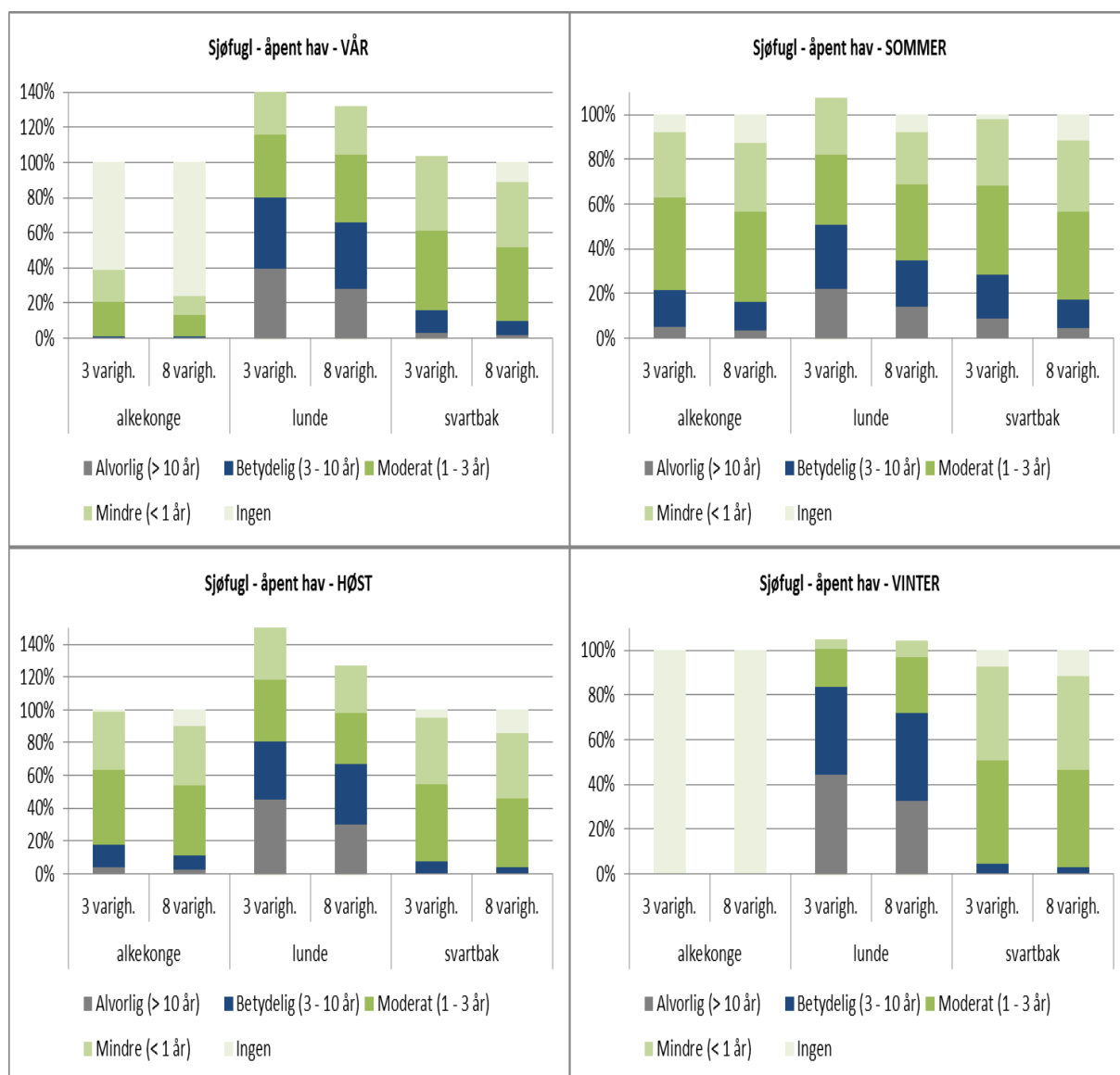
| 8 varigh. | Vår             |                    |                       |                    | Sommer          |                    |                       |                    |
|-----------|-----------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
|           | Mindre (< 1 år) | Moderat (1 - 3 år) | Betydelig (3 - 10 år) | Alvorlig (> 10 år) | Mindre (< 1 år) | Moderat (1 - 3 år) | Betydelig (3 - 10 år) | Alvorlig (> 10 år) |
| Havelle   | -3,6 %          | -4,6 %             | -1,0 %                | -0,1 %             | 0,0 %           | 0,0 %              | 0,0 %                 | 0,0 %              |
| Lomvi     | 2,4 %           | 0,7 %              | -4,1 %                | -6,8 %             | 4,7 %           | 5,7 %              | -6,3 %                | -11,0 %            |
| Lunde     | 1,0 %           | 0,2 %              | -2,9 %                | -6,6 %             | 4,2 %           | 2,7 %              | -6,15 %               | -9,3 %             |
| Sjøorre   | 0,0 %           | 0,0 %              | 0,0 %                 | 0,0 %              | 0,0 %           | 0,0 %              | 0,0 %                 | 0,0 %              |
| 8 varigh. | Høst            |                    |                       |                    | Vinter          |                    |                       |                    |
|           | Mindre (< 1 år) | Moderat (1 - 3 år) | Betydelig (3 - 10 år) | Alvorlig (> 10 år) | Mindre (< 1 år) | Moderat (1 - 3 år) | Betydelig (3 - 10 år) | Alvorlig (> 10 år) |
| Havelle   | 0,0 %           | 0,0 %              | 0,0 %                 | 0,0 %              | -1,5 %          | -5,7 %             | -6,5 %                | -0,8 %             |
| Lomvi     | 0,0 %           | 0,0 %              | 0,0 %                 | 0,0 %              | 0,0 %           | 0,0 %              | 0,0 %                 | 0,0 %              |
| Lunde     | 0,0 %           | 0,0 %              | 0,0 %                 | 0,0 %              | 0,0 %           | 0,0 %              | 0,0 %                 | 0,0 %              |
| Sjøorre   | -0,1 %          | -0,1 %             | 0,0 %                 | 0,0 %              | -1,0 %          | -1,0 %             | 0,0 %                 | 0,0 %              |

### 3.1.2 N-O6 (Norskehavet)

Resultatene for sjøfugl åpent hav er presentert sesongvis i Figur 3-3, **Tabell 3-3** oppsummerer endringene i skadesannsynlighet ved å modellere åtte versus tre utblåsningsvarigheter. Figur 3-4 og **Tabell 3-4** illustrerer videre tilsvarende for kystnære sjøfuglarter.

Lunde er arten med størst skadesannsynlighet og størst reduksjon som følge av modellering med åtte varigheter; fra 44,9 % til 30,3 % (-14,6 prosentpoeng) sannsynlighet for alvorlig miljøskade i høstsesongen (åpent hav datasett).

For kystnær alke i sommersesongen (hekkekoloni) er sannsynligheten for alvorlig miljøskade redusert fra 22,6 % til 13,4 % (-9,2 prosentpoeng).

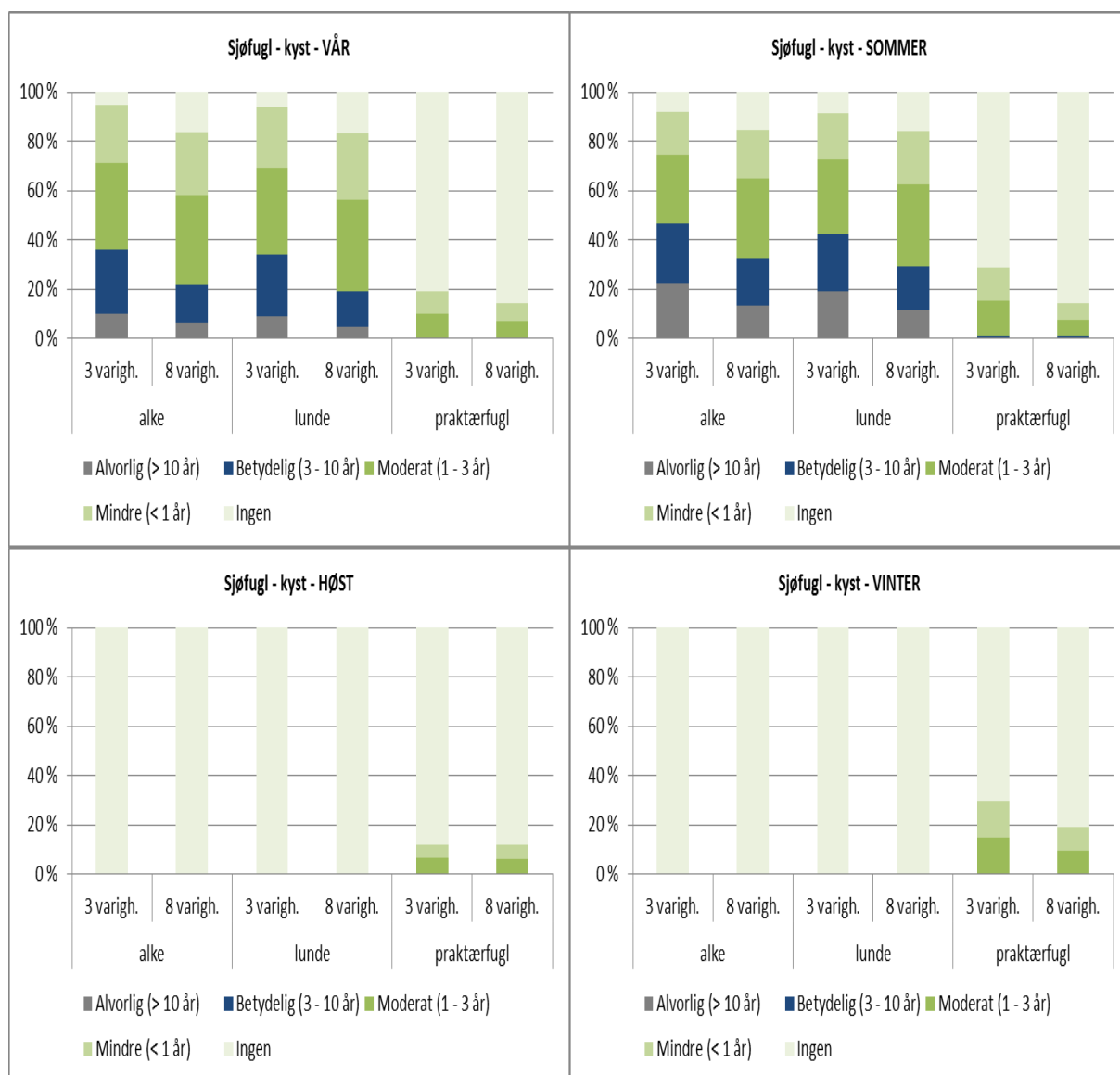


**Figur 3-3 Sammenlikning av sannsynlighet for ulike miljøskade for sjøfugl åpent hav ved modellering med henholdsvis 3 og 8 utblåsningsvarigheter, der korteste og lengste varighet er samme for begge oppsettene.**

**Tabell 3-3 Endring i sannsynlighet for de ulike skadekategoriene (definert ved restitusjonstid) for sjøfugl åpent hav ved bruk av 3 versus 8 utblåsningsvarigheter i modellering av miljørisiko. Resultatene er presentert som endring i prosentpoeng mellom de to oppsettene og angir verdiene ved bruk av 8 varigheter. Fargekodingen illustrerer økning/reduksjon i sannsynlighet for skade i forhold til bruk av 3 varigheter; orange viser økning, grønn viser reduksjon (hvit; tilnærmet ingen endring).**

|                  | Vår             |                    |                       |                    | Sommer          |                    |                       |                    |
|------------------|-----------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
|                  | Mindre (< 1 år) | Moderat (1 - 3 år) | Betydelig (3 - 10 år) | Alvorlig (> 10 år) | Mindre (< 1 år) | Moderat (1 - 3 år) | Betydelig (3 - 10 år) | Alvorlig (> 10 år) |
| <b>8 varigh.</b> |                 |                    |                       |                    |                 |                    |                       |                    |
| Alkekonge        | -7,0 %          | -7,2 %             | -0,2 %                | 0,0 %              | 1,4 %           | -1,0 %             | -3,9 %                | -1,5 %             |
| Lunde            | 3,4 %           | 2,9 %              | -2,5 %                | -11,6 %            | -2,5 %          | 2,6 %              | -7,6 %                | -8,2 %             |
| Svartbak         | -5,0 %          | -3,8 %             | -5,0 %                | -1,1 %             | 2,1 %           | -0,6 %             | -7,3 %                | -3,9 %             |
|                  | Høst            |                    |                       |                    | Vinter          |                    |                       |                    |
| Alkekonge        | 1,1 %           | -2,9 %             | -5,0 %                | -1,5 %             | 0,0 %           | 0,0 %              | 0,0 %                 | 0,0 %              |
| Lunde            | -4,8 %          | -6,4 %             | 1,0 %                 | -14,6 %            | 3,1 %           | 7,9 %              | -0,2 %                | -11,4 %            |
| Svartbak         | -0,9 %          | -4,4 %             | -3,5 %                | -0,2 %             | -0,4 %          | -2,1 %             | -1,8 %                | -0,1 %             |





**Figur 3-4 Sammenlikning av sannsynlighet for ulike miljøskade for kystnær sjøfugl populasjoner ved modellering med henholdsvis 3 og 8 utblåsningsvarigheter, der korteste og lengste varighet er samme for begge oppsettene.**

**Tabell 3-4 Endring i sannsynlighet for de ulike skadekategoriene (definert ved restitusjonstid) for kystnær sjøfugl ved bruk av 3 versus 8 utblåsningsvarigheter i modellering av miljørisiko. Resultatene er presentert som endring i prosentpoeng mellom de to oppsettene og angir verdiene ved bruk av 8 varigheter. Fargekodingen illustrerer økning/reduksjon i sannsynlighet for skade i forhold til bruk av 3 varigheter; orange viser økning, grønn viser reduksjon (hvit; tilnærmet ingen endring).**

| 8 varigh.   | Vår             |                    |                       |                    | Sommer          |                    |                       |                    |
|-------------|-----------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
|             | Mindre (< 1 år) | Moderat (1 - 3 år) | Betydelig (3 - 10 år) | Alvorlig (> 10 år) | Mindre (< 1 år) | Moderat (1 - 3 år) | Betydelig (3 - 10 år) | Alvorlig (> 10 år) |
| Alke        | 1,8 %           | 1,1 %              | -10,1 %               | -4,0 %             | 2,7 %           | 3,7 %              | -4,5 %                | -9,2 %             |
| Lunde       | 2,6 %           | 1,5 %              | -10,5 %               | -4,2 %             | 2,8 %           | 3,2 %              | -5,5 %                | -7,7 %             |
| Praktærfugl | -2,6 %          | -2,6 %             | 0,0 %                 | 0,0 %              | -7,2 %          | -7,3 %             | -0,1 %                | -0,1 %             |
| 8 varigh.   | Høst            |                    |                       |                    | Vinter          |                    |                       |                    |
|             | Mindre (< 1 år) | Moderat (1 - 3 år) | Betydelig (3 - 10 år) | Alvorlig (> 10 år) | Mindre (< 1 år) | Moderat (1 - 3 år) | Betydelig (3 - 10 år) | Alvorlig (> 10 år) |
| Alke        | 0,0 %           | 0,0 %              | 0,0 %                 | 0,0 %              | 0,0 %           | 0,0 %              | 0,0 %                 | 0,0 %              |
| Lunde       | 0,0 %           | 0,0 %              | 0,0 %                 | 0,00 %             | 0,0 %           | 0,0 %              | 0,0 %                 | 0,0 %              |
| Praktærfugl | 0,0 %           | -0,2 %             | -0,2 %                | 0,0 %              | -5,2 %          | -5,2 %             | 0,0 %                 | 0,0 %              |

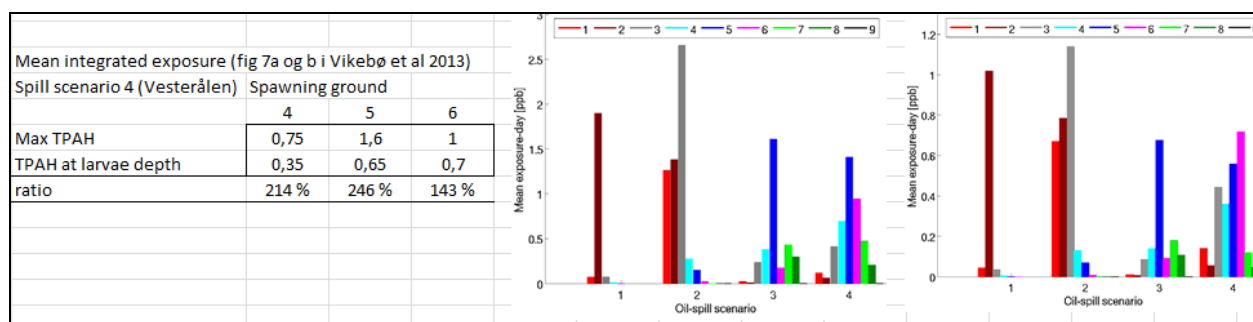
### 3.1.3 Diskusjon

Resultatene viser at antall varigheter som inkluderes for utfallsrommet har stor innvirkning på beregnet miljøskade/miljørisiko både for sjøfugl i åpent hav og kystnært. Sannsynligheten for betydelig og alvorlig miljøskade reduseres med om lag 30-50 % ved å modellere åtter versus tre ulike varigheter innen utfallsrommet. Dette har sammenheng med en konservativ tilnærming der man antar at alle varigheter opptil den modellerte favnes av én varighet (f.eks. om laveste modellerte varighet er 2 døgn modelleres alle hendelser med kortere varighet som en utslippshendelse med 2 døgn varighet). Samtidig viser analysen at sannsynligheten for mindre/moderat miljøskade øker noe (opptil ca. 50 %) for enkelte arter i enkelte perioder. Dette kommer av at MIRA-metodikken ikke er kumulativ, dvs. en reduksjon i oljemengder på havoverflaten (f.eks. fra kategori 500-1000 tonn til 1-100 tonn) kan medføre større sannsynlighet for treff av mindre oljemengder, og således sannsynligheten for mindre miljøskader.

## 3.2 Scenario 2: Vannsøylekonsentrasjoner

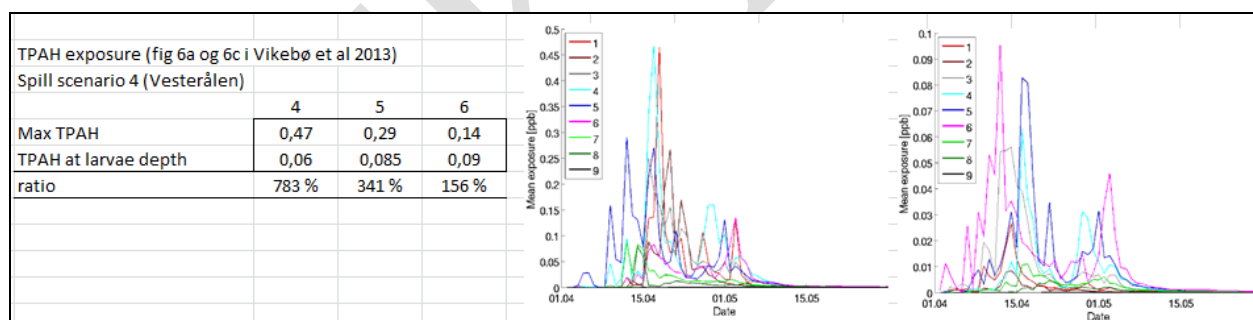
I kvantifisering av miljørisiko og beregning av fiskeegg og – larve dødelighet benyttes maksimale hydrokarbonkonsentrasjoner i vannsøylen. Til vanlig er konsentrasjonene nærmest overflaten, mens pelagiske egg og larver er distribuert nedover i vannsøylen, med hoveddelen lokalisert i de øvre 40 meterne. I en ny studie har Havforskningsinstituttet og Sintef belyst denne problemstillingen og modellert aktuell TPAH-konsentrasjoner hvor larvene befinner seg og sammenliknet med maksimalkonsentrasjoner i vannsøylen (Vikebø m. fl., 2013). Det antas at maksimalkonsentrasjon representerer maksimalpotensialet for eksponering og trolig en overeksponering, mens konsentrasjon på larvenes faktiske dyp representerer en best mulig tilnærming til eksponering i og med at studien benytter timesverdier for eksponering og derved fanger opp døgnvariasjon i larvenes vertikalfordeling.

Om man forutsetter at forholdet mellom maksimal konsentrasjon TPAH og konsentrasjon ved "larvedyp" også gjelder for THC-konsentrasjon (som ikke ble belyst i studien) finner vi at maksimalkonsentrasjon er 140 til 260 % av opplevd konsentrasjon ved larvedyp, altså en faktor 1,4 til 2,6 høyere (Figur 3-5). Dette gjelder integrert eksponering over 60 dager (fra spill scenario 4 som best korresponderer med utslippslokasjon N-O6).



**Figur 3-5 Gjennomsnittlig integrert eksponering av TPAH konsentrasjon ved larvedyp vs. maksimalkonsentrasjon i vannsøylen for utslippsscenario i Vesterålen (etter Vikebø m fl., 2013).**

Ser man på tidsvariasjonen i eksponering og utelukkende på høyeste eksponering i løpet av larvedriftsperioden, finner man at maksimalkonsentrasjonen varierer fra 156 til 783 % av opplevd konsentrasjon altså en faktor 1,5 til 7,8 høyere (Figur 3-6).



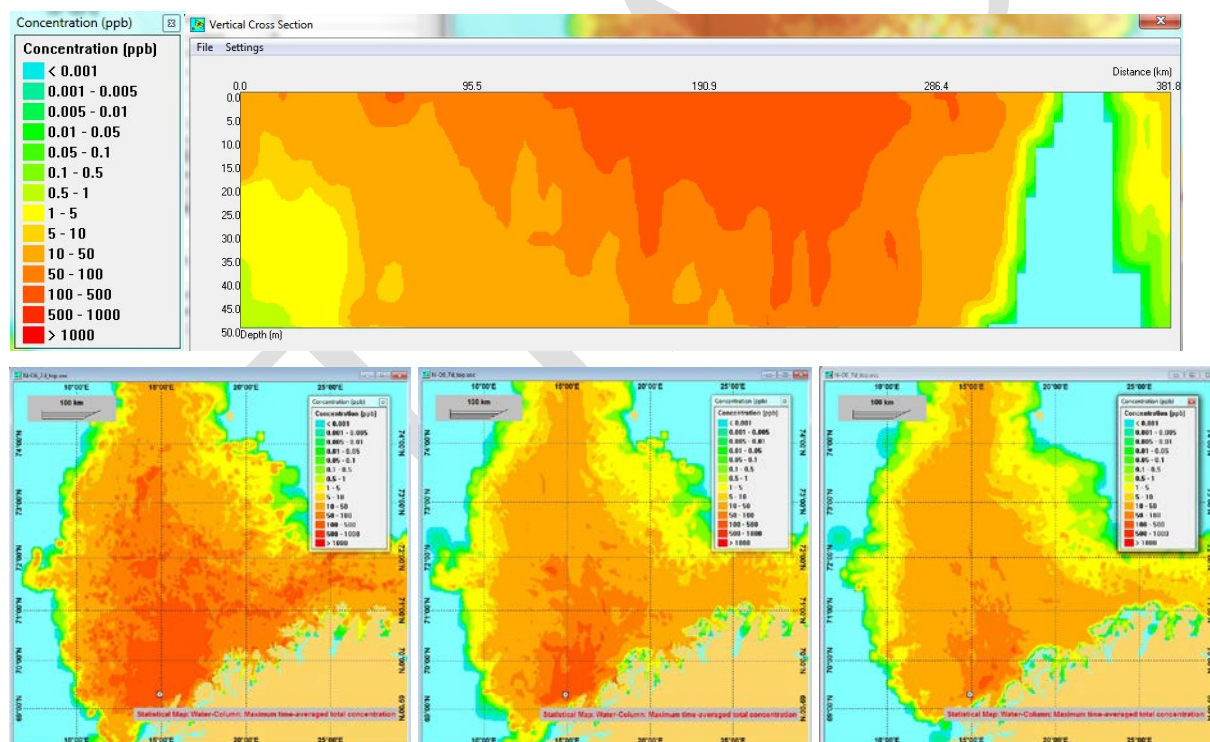
**Figur 3-6 Tidsvariabel eksponering av TPAH konsentrasjon ved larvedyp vs. maksimalkonsentrasjon i vannsøylen for utslippsscenario i Vesterålen (etter Vikebø m fl., 2013).**

Studien belyser dette forholdet men kun ved å se på den andelen av larvene som eksponeres over en gitt terskelkonsentrasjon (1 ppb TPAH og 0,1 ppb TPAH). Igjen er maksimalkonsentrasjonen en faktor 1,4 til 2,6 høyere enn opplevd konsentrasjon (Figur 3-7).

| Tabell 5 i Vikebø et al, 2013 | A = Max TPAH                                |      |       |       | ratio A/B |         |
|-------------------------------|---------------------------------------------|------|-------|-------|-----------|---------|
|                               | B = TPAH at larvae depth                    |      |       |       | ratio A/B |         |
|                               | A, 1.0 ppb B, 1.0 ppb A, 0.1 ppb B, 0.1 ppb |      |       |       | 1 ppb     | 0,1 ppb |
| Oil spill scenario 4          | 8,18                                        | 6,93 | 27,16 | 18,68 | 118 %     | 145 %   |
| Oil spill scenario 3          | 4,68                                        | 2,39 | 16,93 | 10,91 | 196 %     | 155 %   |
| Oil spill scenario 2          | 3,51                                        | 2,22 | 8,1   | 6,01  | 158 %     | 135 %   |
| Oil spill scenario 1          | 0,35                                        | 0,06 | 3,33  | 2,8   | 583 %     | 119 %   |
|                               |                                             |      |       |       | 264 %     | 139 %   |

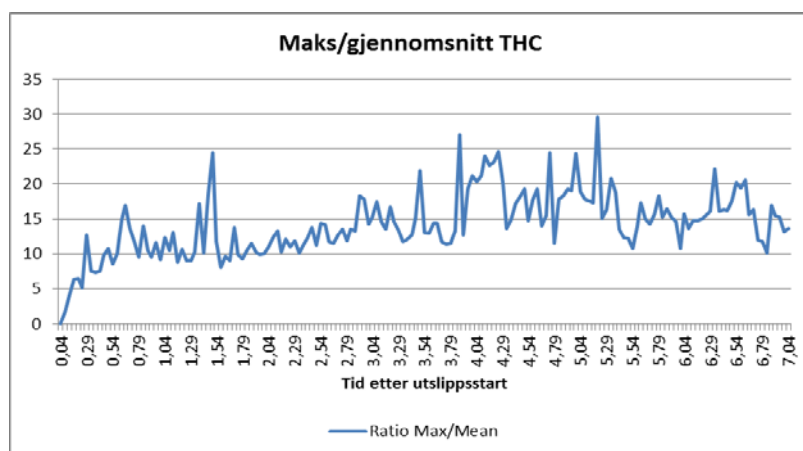
**Figur 3-7 Tidsvariabel eksponering av TPAH konsentrasjon ved larvedyp vs. maksimalkonsentrasjon i vannsøylen for utslippsscenario i Vesterålen (etter Vikebø m fl., 2013). Gjelder larver som eksponeres over en terskelkonsentrasjon på hhv. 0,1 og 1 ppb TPAH.**

I en tilfeldig valgt enkeltsimulering fra utslippslokasjon N-O6 er det vist et vertikalsnitt av THC vannsøylekonsentrasjoner i Figur 3-8. Konsentrasjonsfordelingen ved tre ulike valgte dyp: 0-5 m, 20-25m og 45-50 m, bekrefter at de høyeste konsentrasjonene er å finne i de øvre vannlag.



**Figur 3-8 Vertikalsnitt av oljekonsentrasjoner (THC) i vannsøylen under en utblåsning fra N-O6 (øverst) og konsentrasjonsplott på tre ulike dyp (0-5 m, 20-25m og 45-50 m) vist nederst.**

En sammenlikning mellom gjennomsnitt- og maksimalkonsentrasjon av olje (THC) i de øverste 50 meterne av vannsøylen for enkeltsimuleringen er vist i Figur 3-9, og viser at maksimal THC ligger en faktor 10 – 20 høyere enn gjennomsnittskonsentrasjonen.



**Figur 3-9 Forhold mellom maksimal- og gjennomsnittskonsentrasjon av olje (THC) i de øverste 50 meterne av vannsøylen for enkeltsimulering ved lokasjon N-O6.**

I fremtidige studier bør man også se nærmere på "body-burden" tilnærming for å få ytterligere informasjon og sammenligningsgrunnlag i forhold til effekter på fisk. Tilnærmingen er implementert i OSCAR, men det kreves oppsett av spesifikke gyteområder og det er derfor vanskelig å gjøre direkte bruk av resultater fra larvefordelingsmodeller slik de benyttes i dag.

Basert på ovenforstående vurderinger er det beregnet miljørisiko for torsk ved utblåsning på lokasjon N-O6 ved å redusere THC konsentrasjon med en faktor på henholdsvis 1,4 og 2,6 for deretter å beregne nye tapsandeler på torskelarver. De justerte tapsandelene, som i utgangspunktet ble beregnet som små med kun en liten sannsynlighet for > 0,5 % tapsandel, overstiger nå ikke 0,5 % som har vært benyttet som en nedre kvantifiserbar grense for å se på effekter.

### 3.3 Scenario 3: Definisjon av sjøfuglpopulasjon

#### 3.3.1 Regionalt versus nasjonalt datasett

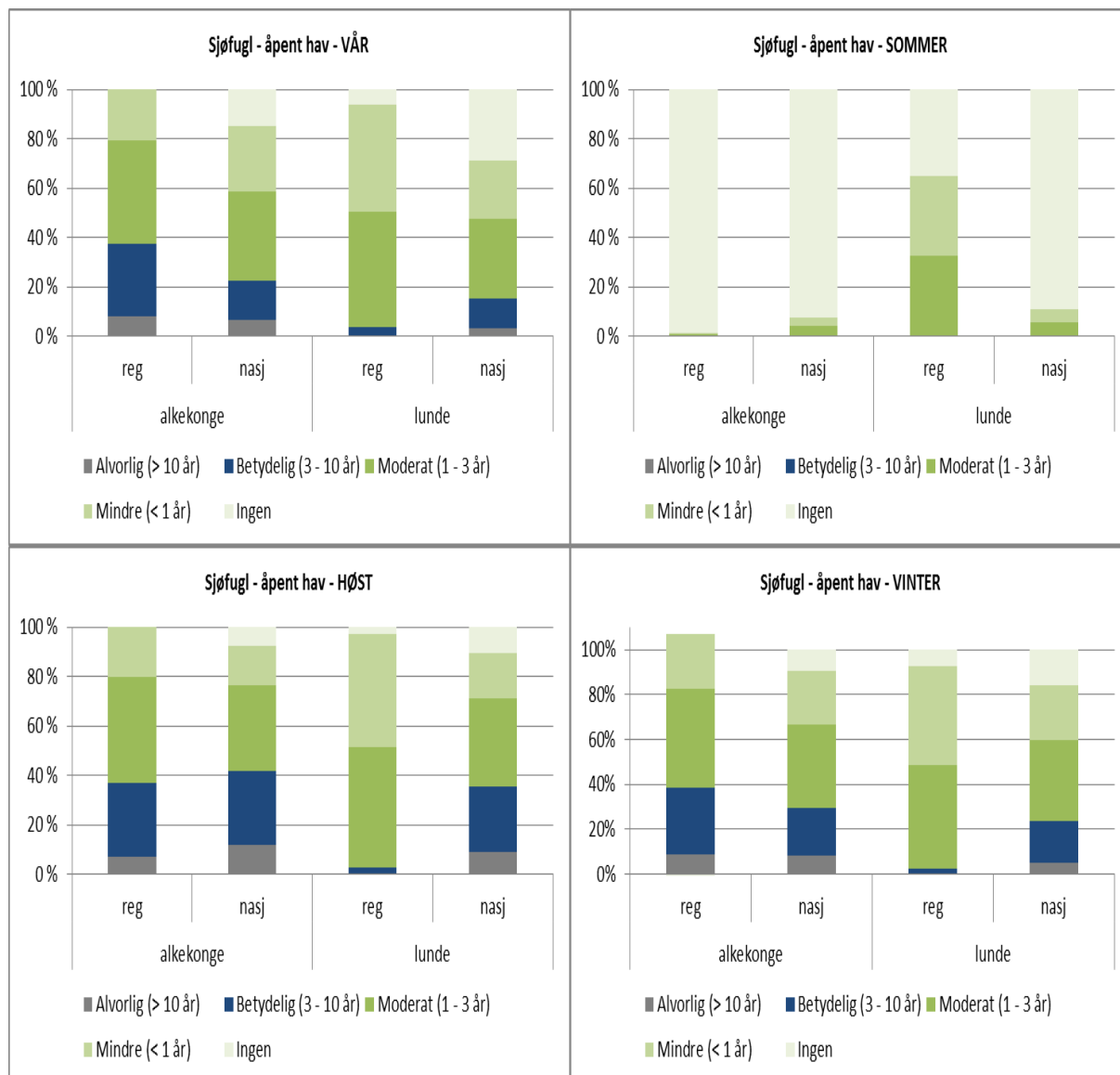
##### 3.3.1.1 Storbarden (Nordsjøen)

Resultatene for sjøfugl i åpent hav er presentert sesongvis i Figur 3-10. **Tabell 3-5** oppsummerer videre endring i skadesannsynlighet. Figur 3-11 og **Tabell 3-6** illustrerer tilsvarende resultater for kystnær sjøfugl.

Hekkebestanden av lomvi (kyst) er arten med størst skadesannsynlighet og størst reduksjon som følge av modellering med nasjonalt datasett sammenlignet med regionale data; fra 32,4 % med regionale data til 1,3 % ved bruk av nasjonale data (-31,1 prosentpoeng) sannsynlighet for alvorlig miljøskade i høstsesongen.

For sjøfugl i åpent hav viser analysen en økning i sannsynlighet for betydelig og alvorlig miljøskade for alkekonge og lunde ved å kjøre med nasjonalt datasett sammenliknet med regionalt datasett. Dette har sammenheng med at de regionale datasettene er avgrenset til

Nordsjøen, mens influensområdet til Storbarden strekker seg nordover og inn i Norskehavet. Størst økning er fra 3 % til 27 % for betydelig miljøskade og fra 0 til 8,7 % sannsynlighet for alvorlig miljøskade for lunde i høstsesongen.

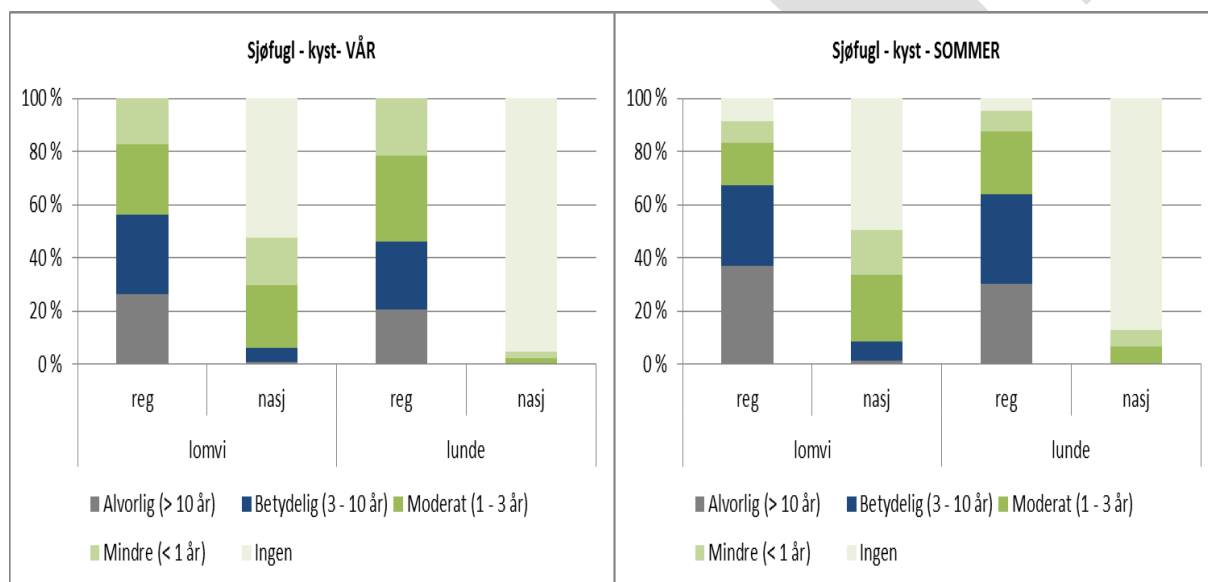


**Figur 3-10 Sammenlikning av sannsynlighet for ulike miljøskade for sjøfugl i åpent hav ved modellering av samme scenario med henholdsvis nasjonale og regionale populasjonsdatasett.**



**Tabell 3-5 Endring i sannsynlighet for de ulike skadekategoriene (definert ved restitusjonstid) ved bruk av nasjonale versus regionale populasjonsdatasett i modelleringen av miljørisiko for sjøfugl åpent hav for sesongene vår, sommer, høst og vinter. Fargekodingen illustrerer økning/reduksjon i sannsynlighet for skade; orange viser økning, grønn viser reduksjon (hvit; tilnærmet ingen endring).**

| Referansepunkt<br>= regionalt<br>datasett | Vår                |                       |                             |                       | Sommer             |                       |                             |                       |
|-------------------------------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|
|                                           | Mindre<br>(< 1 år) | Moderat<br>(1 - 3 år) | Betydelig<br>(3 - 10<br>år) | Alvorlig<br>(> 10 år) | Mindre<br>(< 1 år) | Moderat<br>(1 - 3 år) | Betydelig<br>(3 - 10<br>år) | Alvorlig<br>(> 10 år) |
| Alkekonge                                 | 6,3 %              | -6,1 %                | -13,7 %                     | -1,3 %                | 3,3 %              | 3,2 %                 | 0,0 %                       | 0,0 %                 |
| Lunde                                     | -19,5 %            | -14,5 %               | 8,2 %                       | 3,2 %                 | -26,7 %            | -26,9 %               | -0,2 %                      | 0,0 %                 |
|                                           | Høst               |                       |                             |                       | Vinter             |                       |                             |                       |
|                                           | Mindre<br>(< 1 år) | Moderat<br>(1 - 3 år) | Betydelig<br>(3 - 10<br>år) | Alvorlig<br>(> 10 år) | Mindre<br>(< 1 år) | Moderat<br>(1 - 3 år) | Betydelig<br>(3 - 10<br>år) | Alvorlig<br>(> 10 år) |
| Alkekonge                                 | -3,9 %             | -8,5 %                | 0,0 %                       | 4,6 %                 | -0,6 %             | -6,8 %                | -8,5 %                      | -0,5 %                |
| Lunde                                     | -28,1 %            | -12,7 %               | 24,0 %                      | 8,7 %                 | -19,8 %            | -9,7 %                | 15,9 %                      | 5,1 %                 |



**Figur 3-11 Sammenlikning av sannsynlighet for ulike miljøskade for kystnær sjøfugl (hekkebestand) ved modellering av samme scenario med henholdsvis nasjonale (nasj.) og regionale (reg.) populasjonsdatasett. I høst- og vintersesongen er hekkeperioden over (dvs. ingen utslag i kystdatasettene).**

**Tabell 3-6 Endring i sannsynlighet for de ulike skadekategoriene (definert ved restitusjonstid) ved bruk av nasjonale versus regionale populasjonsdatasett i modelleringen av miljørisiko for kystnær sjøfugl for sesongene vår- og sommer. Fargekodingen illustrerer økning/reduksjon i sannsynlighet for skade; orange viser økning, grønn viser reduksjon (hvit; tilnærmet ingen endring). I høst- og vintersesongen er hekkeperioden over (dvs. ingen utslag i kystdatasett).**

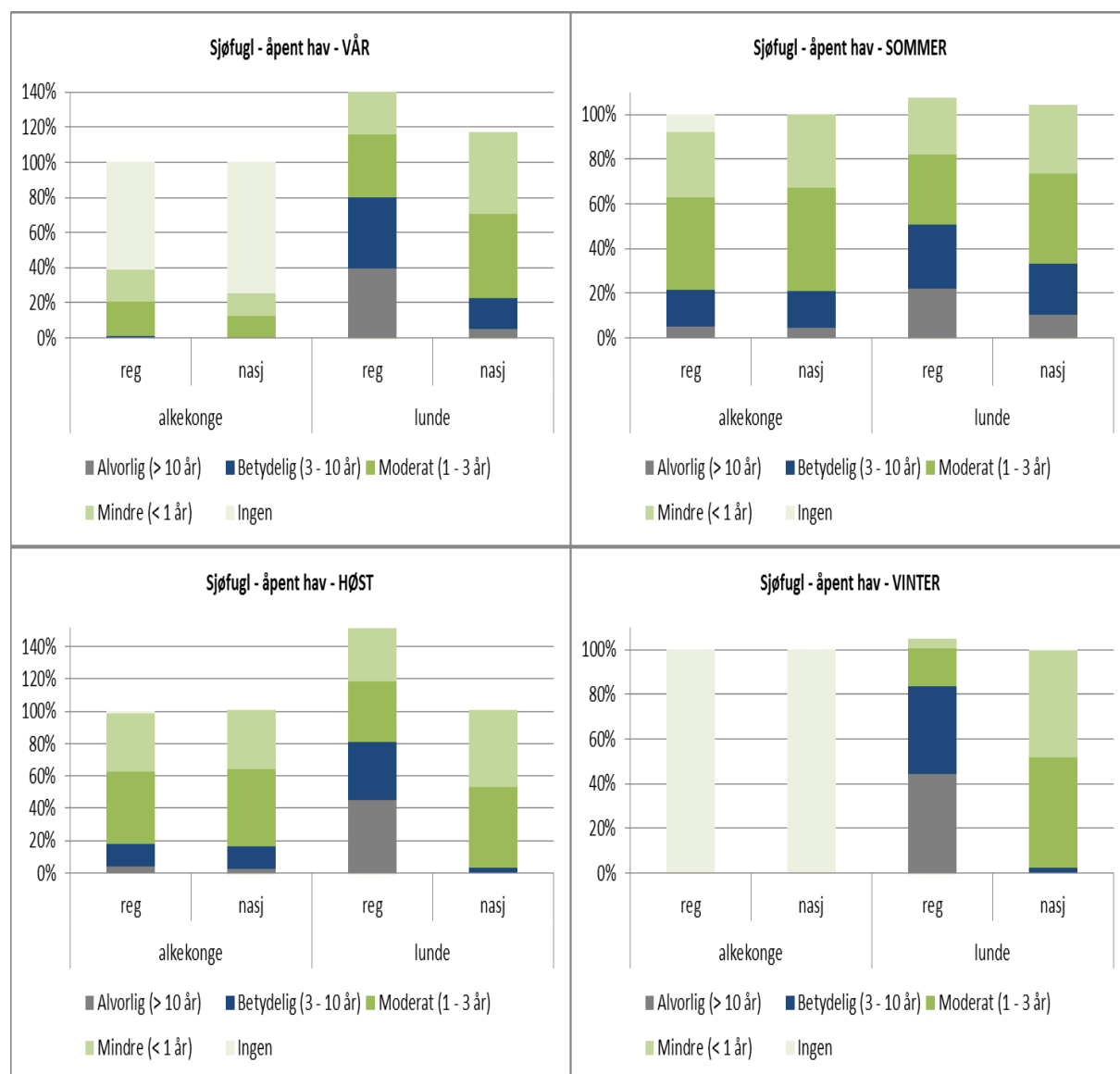
| Referansepunkt<br>= regionalt<br>datasett | Vår                |                       |                             |                       | Sommer             |                       |                             |                       |
|-------------------------------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|
|                                           | Mindre<br>(< 1 år) | Moderat<br>(1 - 3 år) | Betydelig<br>(3 - 10<br>år) | Alvorlig<br>(> 10 år) | Mindre<br>(< 1 år) | Moderat<br>(1 - 3 år) | Betydelig<br>(3 - 10<br>år) | Alvorlig<br>(> 10 år) |
| Lomvi                                     | 0,4 %              | -2,7 %                | -23,7 %                     | -25,8 %               | 9,9 %              | 10,8 %                | -19,1 %                     | -31,1 %               |
| Lunde                                     | -17,9 %            | -28,4 %               | -24,0 %                     | -19,3 %               | -0,6 %             | -15,6 %               | -31,3 %                     | -28,2 %               |

### 3.3.1.2 N-O6 (Norskehavet)

Resultatene for bruk av regionalt versus nasjonalt datasett er presentert sesongvis i Figur 3-12 for sjøfugl åpent hav. **Tabell 3-7** oppsummerer endringene i skadesannsynlighet. Figur 3-13 og **Tabell 3-8** illustrerer tilsvarende resultater for kystnær sjøfugl.

Lunde i åpent hav er arten med størst skadesannsynlighet og størst reduksjon som følge av modellering med nasjonalt datasett; fra 44,9 % til ingen sannsynlighet for alvorlig miljøskade i høstsesongen.

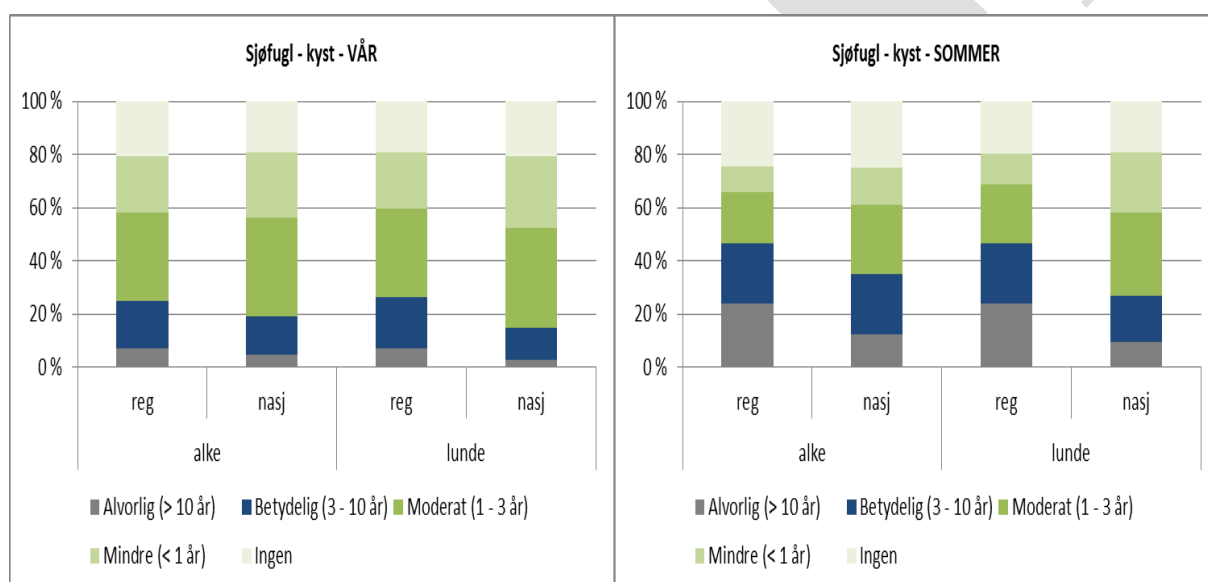
For sjøfugl kystnært er det hekkebestanden av lunde som gir størst utslag, og størst reduksjon i sannsynligheten for alvorlig miljøskade gitt en utslippshendelse; fra 24 % til 9,5 % (-14,5 %) i sommersesongen.



**Figur 3-12 Sammenlikning av sannsynlighet for ulike miljøskade for sjøfugl i åpent hav ved modellering av samme scenario med henholdsvis nasjonale og regionale populasjonsdatasett.**

**Tabell 3-7 Endring i sannsynlighet for de ulike skadekategoriene (definert ved restitusjonstid) ved bruk av nasjonale versus regionale populasjonsdatasett i modelleringen av miljørisiko for sjøfugl åpent hav for sesongene vår, sommer, høst og vinter. Fargekodingen illustrerer økning/reduksjon i sannsynlighet for skade; orange viser økning, grønn viser reduksjon (hvit; tilnærmet ingen endring).**

| Referansepunkt<br>= regionalt<br>datasett | Vår                |                       |                             |                       | Sommer             |                       |                             |                       |
|-------------------------------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|
|                                           | Mindre<br>(< 1 år) | Moderat<br>(1 - 3 år) | Betydelig<br>(3 - 10<br>år) | Alvorlig<br>(> 10 år) | Mindre<br>(< 1 år) | Moderat<br>(1 - 3 år) | Betydelig<br>(3 - 10<br>år) | Alvorlig<br>(> 10 år) |
| Alkekonge                                 | -5,9 %             | -6,9 %                | -1,0 %                      | 0,0 %                 | 3,5 %              | 4,5 %                 | 0,30 %                      | -0,7 %                |
| Lunde                                     | 21,6 %             | 13,2 %                | -23,3 %                     | -34,6 %               | 4,7 %              | 9,0 %                 | -5,2 %                      | -11,9 %               |
|                                           | Høst               |                       |                             |                       | Vinter             |                       |                             |                       |
|                                           | Mindre<br>(< 1 år) | Moderat<br>(1 - 3 år) | Betydelig<br>(3 - 10<br>år) | Alvorlig<br>(> 10 år) | Mindre<br>(< 1 år) | Moderat<br>(1 - 3 år) | Betydelig<br>(3 - 10<br>år) | Alvorlig<br>(> 10 år) |
| Alkekonge                                 | 0,9 %              | 2,4 %                 | 0,1 %                       | -1,0 %                | 0,0 %              | 0,0 %                 | 0,0 %                       | 0,0 %                 |
| Lunde                                     | 14,4 %             | 12,5 %                | -32,8 %                     | -44,9 %               | 43,4 %             | 32,7 %                | -37,5 %                     | -44,1 %               |



**Figur 3-13 Sammenlikning av sannsynlighet for ulike miljøskade for kystnær sjøfugl (hekkebestand) ved modellering av samme scenario med henholdsvis nasjonale og regionale populasjonsdatasett. I høst- og vintersesongen er hekkeperioden over (dvs. ingen utslag i kystdatasett).**

**Tabell 3-8 Endring i sannsynlighet for de ulike skadekategoriene (definert ved restitusjonstid) ved bruk av nasjonale versus regionale populasjonsdatasett i modelleringen av miljørisiko for kystnær sjøfugl. Fargekodingen illustrerer økning/reduksjon i sannsynlighet for skade; orange viser økning, grønn viser reduksjon (hvit; tilnærmet ingen endring). I høst- og vintersesongen er hekkeperioden over (dvs. ingen utslag i kystdatasett).**

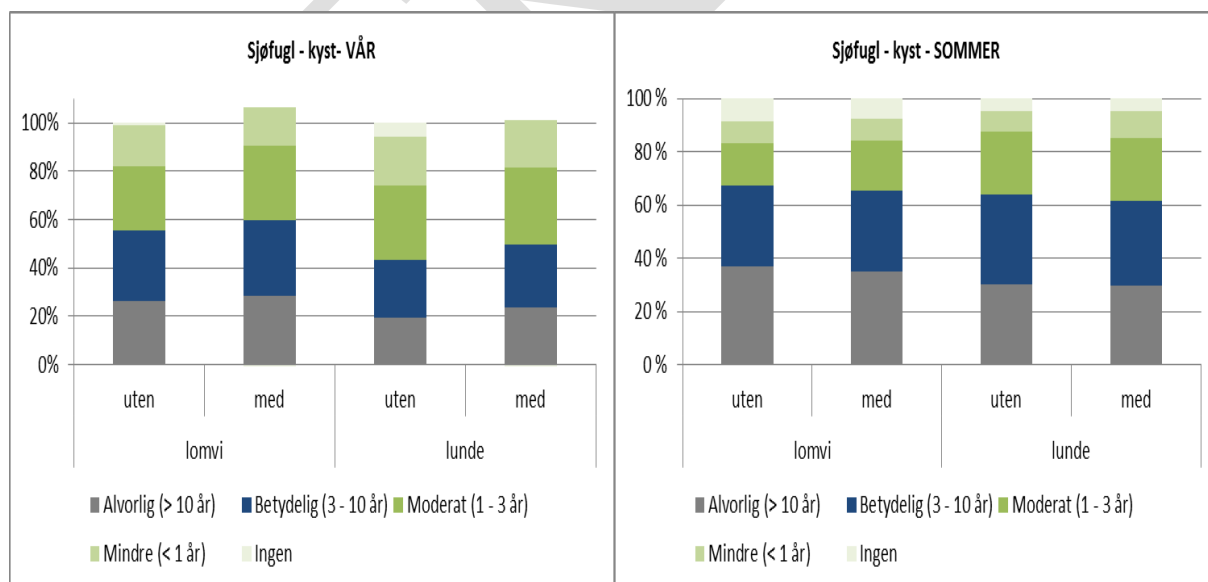
| Referansepunkt<br>= regionalt<br>datasett | Vår                |                       |                             |                       | Sommer             |                       |                             |                       |
|-------------------------------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|
|                                           | Mindre<br>(< 1 år) | Moderat<br>(1 - 3 år) | Betydelig<br>(3 - 10<br>år) | Alvorlig<br>(> 10 år) | Mindre<br>(< 1 år) | Moderat<br>(1 - 3 år) | Betydelig<br>(3 - 10<br>år) | Alvorlig<br>(> 10 år) |
| Alke                                      | 3,7 %              | 3,8 %                 | -3,7 %                      | -2,2 %                | 4,2 %              | 6,9 %                 | -0,2 %                      | -11,6 %               |
| Lunde                                     | 5,7 %              | 4,2 %                 | -7,0 %                      | -4,5 %                | 10,9 %             | 9,0 %                 | -5,2 %                      | -14,5 %               |

### 3.3.2 Med eller uten funksjonsområder rundt hekkekoloni

#### 3.3.2.1 Storbarden (Nordsjøen)

Resultatene med og uten funksjonsområder rundt hekkekoloniene er illustrert i Figur 3-14. **Tabell 3-9** oppsummerer endringene i skadesannsynlighet.

Hekkebestanden av lomvi (kyst) er arten med størst skadesannsynlighet. Ved å modellere med funksjonsområder øker sannsynligheten for alvorlig miljøskade med 2,4 prosentpoeng i sommersesongen sammenliknet med ingen funksjonsområder. Størst endring er 4,2 prosentpoeng økning for alvorlig miljøskade for lunde i vårsesongen.



**Figur 3-14 Sammenlikning av sannsynlighet for ulike miljøskade for kystnær sjøfugl (hekkebestand) ved modellering med og uten funksjonsområder rundt hekkekoloniene for kystnær sjøfugl. I høst- og vintersesongen er hekkeperioden over.**

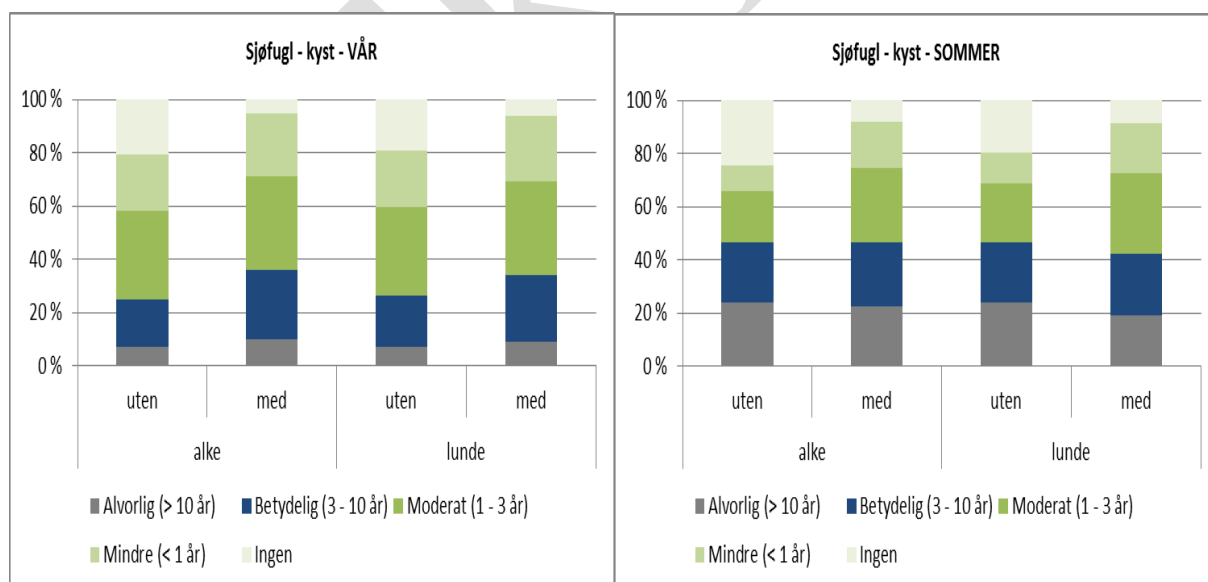
**Tabell 3-9 Endring i sannsynlighet for de ulike skadekategoriene (definert ved restitusjonstid) med og uten bruk av funksjonsområder rundt hekkekoloniene i modelleringen av miljørisiko for kystnær sjøfugl. Fargekodingen illustrerer økning/reduksjon i sannsynlighet for skade; orange viser økning, grønn viser reduksjon (hvit; tilnærmet ingen endring).**

| Referansepunkt = med funksjonsområder | Vår             |                    |                       |                    | Sommer          |                    |                       |                    |
|---------------------------------------|-----------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
|                                       | Mindre (< 1 år) | Moderat (1 - 3 år) | Betydelig (3 - 10 år) | Alvorlig (> 10 år) | Mindre (< 1 år) | Moderat (1 - 3 år) | Betydelig (3 - 10 år) | Alvorlig (> 10 år) |
| Lomvi                                 | -0,8 %          | 4,4 %              | 1,6 %                 | 2,3 %              | 1,0 %           | 5,0 %              | 4,1 %                 | 2,4 %              |
| Lunde                                 | -0,7 %          | 1,1 %              | 2,1 %                 | 4,2 %              | 3,1 %           | 1,5 %              | 0,3 %                 | 1,7 %              |

### 3.3.2.2 N-O6 (Norskehavet)

Resultatene med og uten funksjonsområder rundt hekkekoloniene er illustrert i Figur 3-15. **Tabell 3-10** oppsummerer endringene i skadesannsynlighet.

Hekkebestanden av lunde (kyst) er arten med størst skadesannsynlighet. Ved å modellere med funksjonsområder øker sannsynligheten for alvorlig miljøskade med 2,8 prosentpoeng i vårsesongen sammenliknet med ingen. I sommersesongen er det derimot motsatt, modelleringen med funksjonsområder reduserer sannsynligheten for alvorlig miljøskade for lunde med 5,1 prosentpoeng.



**Figur 3-15 Sammenlikning av sannsynlighet for ulike miljøskade for kystnær sjøfugl (hekkebestand) ved modellering av samme scenario med og uten bruk av funksjonsområder rundt hekkekoloniene. I høst- og vintersesongen er hekkeperioden over.**



**Tabell 3-10 Endring i sannsynlighet for de ulike skadekategoriene (definert ved restitusjonstid) med og uten bruk av funksjonsområder rundt hekkekoloniene i modelleringen av miljørisiko for kystnær sjøfugl. Fargekodingen illustrerer økning/reduksjon i sannsynlighet for skade; orange viser økning, grønn viser reduksjon (hvit; tilnærmet ingen endring).**

|       | Vår             |                    |                       |                    | Sommer          |                    |                       |                    |
|-------|-----------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
|       | Mindre (< 1 år) | Moderat (1 - 3 år) | Betydelig (3 - 10 år) | Alvorlig (> 10 år) | Mindre (< 1 år) | Moderat (1 - 3 år) | Betydelig (3 - 10 år) | Alvorlig (> 10 år) |
| Alke  | 2,7 %           | 2,0 %              | 7,9 %                 | 2,8 %              | 7,6 %           | 8,9 %              | 1,3 %                 | -1,5 %             |
| Lunde | 3,4 %           | 2,1 %              | 5,5 %                 | 1,8 %              | 7,3 %           | 8,0 %              | 0,8 %                 | -5,1 %             |

### 3.3.3 Diskusjon

Analyseresultatene viser at bruken av regionale versus nasjonale datasett for sjøfugl stor grad gir redusert miljørisiko ved å benytte nasjonale datasett i modelleringsarbeidet, gjelder spesielt for kystnær sjøfugl. Dette innebærer at den «regionale» populasjonsinndelingen som DNV normalt anvender gir en konservativ tilnærming i de fleste tilfeller. For flere av sjøfuglartene er det stor forskjell i antall hekkende par i de ulike koloniene, og diskutabelt om enkeltkolonier kan defineres som en «bestand». Utslagene har i visse tilfeller vist seg å være veldig store (mange hundre prosent endring ved å benytte nasjonale datasett kontra regionale).

For sjøfugl i åpent hav viser derimot analysen at utslag i miljørisiko kan øke som følge av modellering med nasjonale datasett. Dette er eksempelvis observert for Storbarden, der influensområdet dekker store deler av Nordsjøen, men samtidig strekker seg godt inn i Norskehavet. I dette tilfellet er det faktisk mindre konservativt å gjøre regionale bestandsinndelinger da regionen (Nordsjøen) ikke dekker hele interesseområdet.

Betydningen av å inkludere «funksjonsområder» (dvs. vandringsområder) rundt hekkekoloniene har mindre betydning for resultatene enn selve bestandsinndelingen. Modellering med funksjonsområder medfører større sannsynlighet for treff av sjøfugl, men potensielt lavere bestandsandeler per rute som blir berørt. Modellering uten funksjonsområder medfører lavere treffsannsynlighet, men større potensiale for skade gitt at den enkeltruta definert som hekkekoloni blir berørt. Analysen viser at sammenhengen mellom modellering med eller uten funksjonsområder og størst sannsynlighet for alvorlig miljøskade varierer mellom arter og perioder, men generelt er det større sannsynlighet for «ingen skade» dersom funksjonsområdene ikke er inkludert.

## 3.4 Scenario 4: Populasjonsdefinisjon fisk

I havforskningsinstituttets operasjonelle larvedriftsmodell (<http://www.imr.no/larvedrift/larve.html>) er initieringen av virtuelle gyteprodukter fra torsk gaussisk fordelt i tid med start 1. mars og slutt 1. mai. Initieringen av virtuelle sildelarver er også gaussisk fordelt i tid med start 15. mars og slutt 15. april. Dette innebærer at ved døgn 80 (20. mars) er bare om lag 20 % av silde- og torskelarvene klekt og en eventuell tapsandel som blir

beregnet ved dette tidspunktet bør egentlig multipliseres med 0,2 for å få en reell tapsandel. Først ved døgn 110 har man 100 % av gyteproduktene for sild og ved døgn 120 for torsk (jfr. tabellen under som viser andel av totale gyteprodukter ved ulike tidspunkt). Denne informasjonen bør tas hensyn til i vurderingen av miljøkonsekvenser for sild og torsk.

|              | <b>20.mar</b> | <b>01.apr</b> | <b>10.apr</b> | <b>20.apr</b> | <b>01.mai</b> |
|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|              | døgn 80       | 90            | 100           | 110           | 120           |
| <b>sild</b>  | 20 %          | 50 %          | 80 %          | 100 %         | 100 %         |
| <b>torsk</b> | 20 %          | 50 %          | 70 %          | 90 %          | 100 %         |

Når det gjelder eksponeringstid utover en 10-døgn- periode anvender DNV en tilnærming hvor man ved langvarige utblåsninger adderer tapsandeler for ulike 10-døgn- intervaller dvs. at man for hvert 10. døgn har en full utskiftning av larver som kan eksponeres. Gitt en utblåsningsvarighet på 50 døgn vil man di henhold til metodikken summere tapsandeler fra 5 påfølgende 10-døgnintervaller til en samlet tapsandel.

### 3.5 Scenario 5: Effektnøkkel sjøfugl

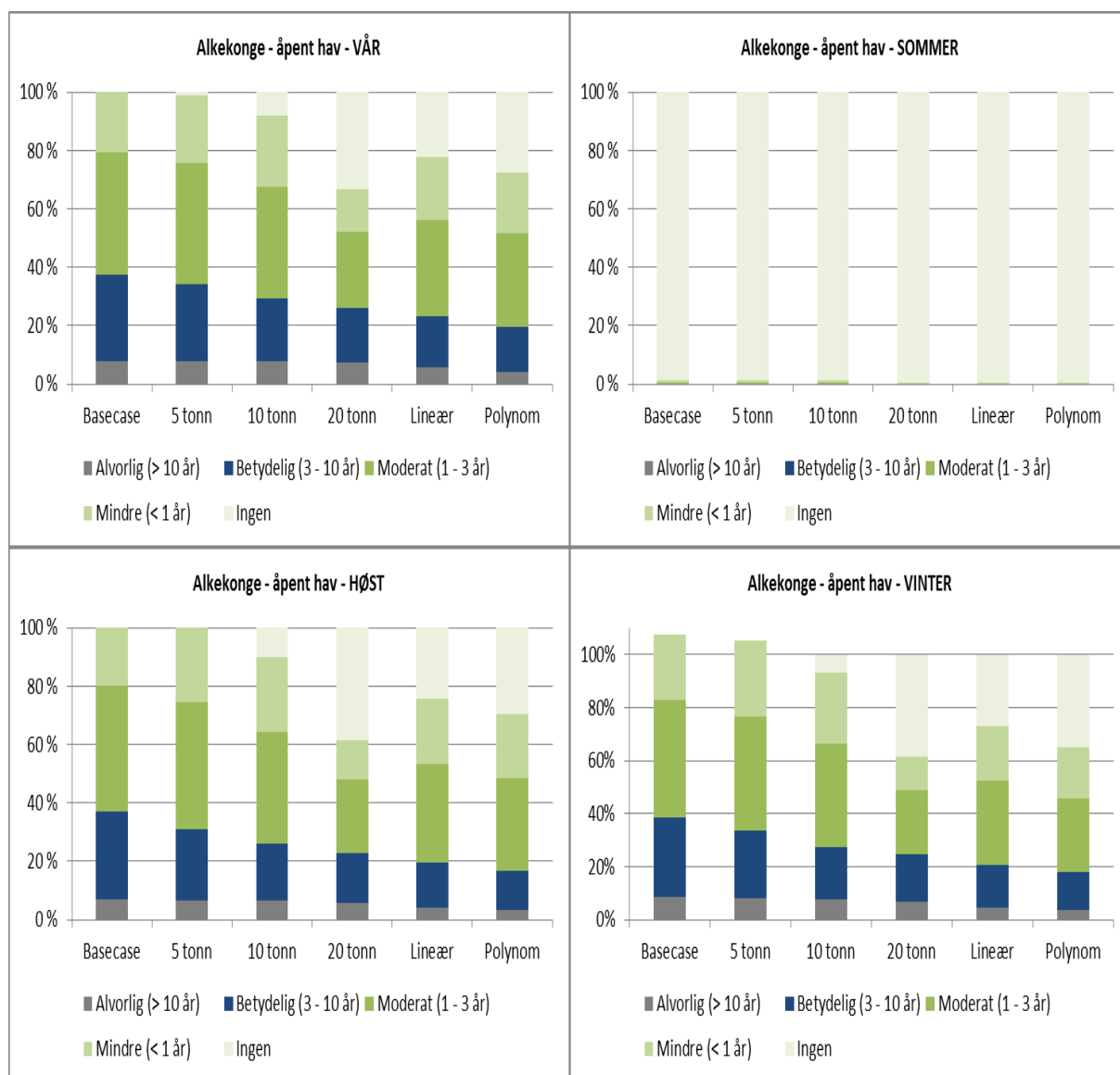
#### 3.5.1 Storbarden (Nordsjøen)

##### 3.5.1.1 Effektnøkler MIRA-metodikk

Resultatene er presentert sesongvis i Figur 3-16, for sjøfugl åpent hav. Tabell 3-11 oppsummerer videre prosentvis endringene i skadesannsynlighet. Figur 3-17 og Tabell 3-12 illustrerer tilsvarende resultater for kystnær sjøfugl.

Resultatene er vist for alkekonge i åpent hav og lomvi (hekkebestand) og havelle kystnært, der effektnøkkel varierer fra «base case» (i henhold til standard MIRA-metodikk med 1 tonn effektgrense), 5 tonn effektgrense, 10 tonn effektgrense, 20 tonn effektgrense, samt for bruken av lineær og polynom funksjon til å beskrive sammenhengen mellom treff av ulike oljemengder og dødelighet av sjøfugl (basert på standard MIRA-metodikk).

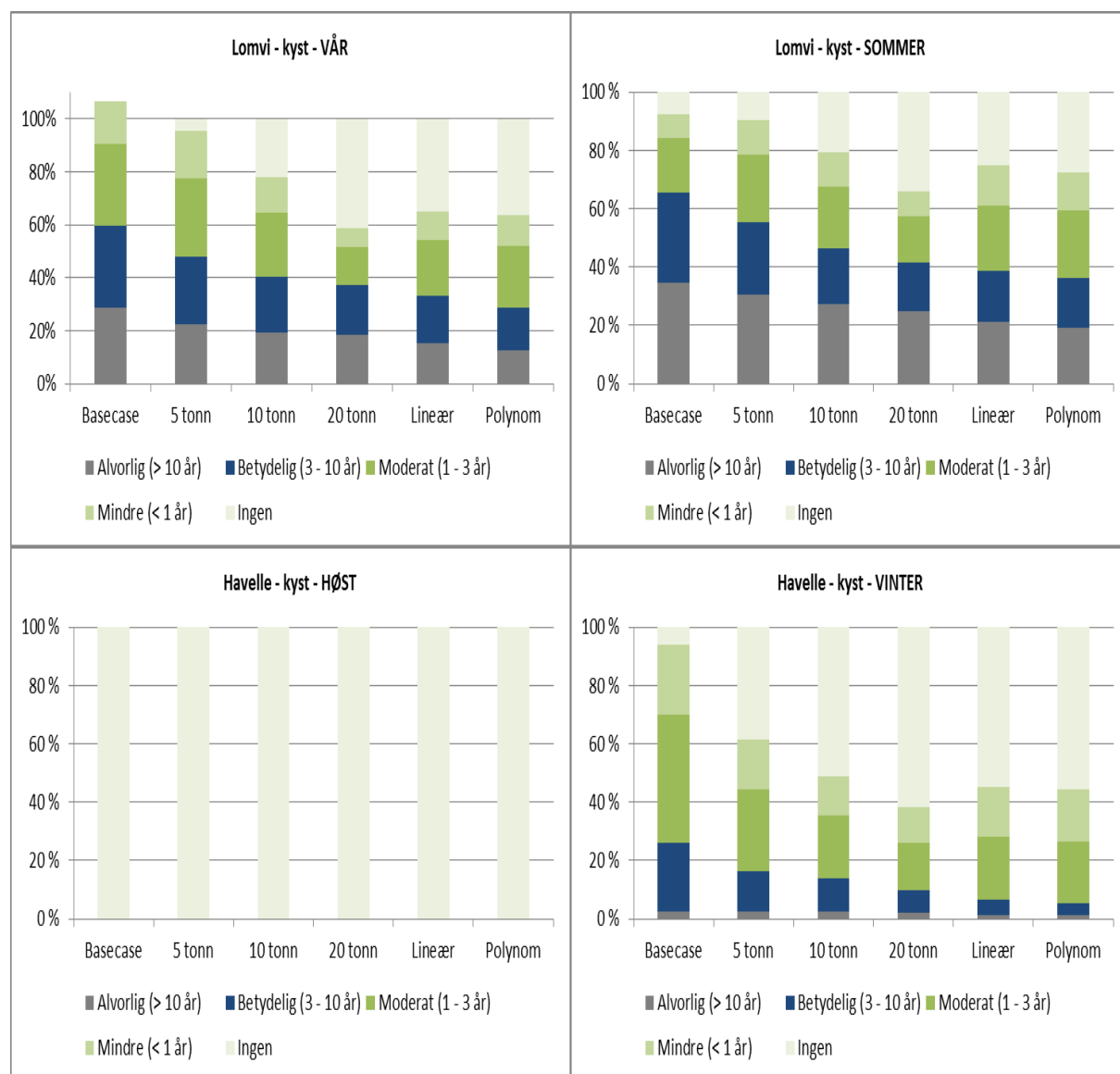
Både for sjøfugl i åpent hav og kystnært viser resultatene en gradvis reduksjon i sannsynlighet for miljøskade ved økt effektgrense. Bruk av lineær og polynom funksjon gir ytterligere reduksjon i skadesannsynlighet.



**Figur 3-16 Sammenlikning av sannsynlighet for ulike miljøskade for sjøfugl i åpent hav (alkekonge) ved modellering av samme scenario med ulike effektgrenser (1 tonn, 5 tonn, 10 tonn og 20 tonn, samt lineær og polynom funksjon).**

**Tabell 3-11 Endring i sannsynlighet for de ulike skadekategoriene (definert ved restitusjonstid) ved implementering av ulike effektgrenser og funksjoner i modelleringen av miljørisiko for sjøfugl i åpent hav. Fargekodingen illustrerer økning/reduksjon i sannsynlighet for skade; orange viser økning, grønn viser reduksjon (hvit; tilnærmet ingen endring). Referanse er nedre effektgrense på 1 tonn.**

|         | Vår             |                    |                       |                    | Sommer          |                    |                       |                    |
|---------|-----------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
|         | Mindre (< 1 år) | Moderat (1 - 3 år) | Betydelig (3 - 10 år) | Alvorlig (> 10 år) | Mindre (< 1 år) | Moderat (1 - 3 år) | Betydelig (3 - 10 år) | Alvorlig (> 10 år) |
| 5 tonn  | 2,6 %           | -0,4 %             | -3,1 %                | -0,1 %             | 0,0 %           | 0,0 %              | 0,0 %                 | 0,0 %              |
| 10 tonn | 4,0 %           | -3,9 %             | -8,0 %                | -0,1 %             | 0,1 %           | 0,0 %              | -0,1 %                | 0,0 %              |
| 20 tonn | -5,7 %          | -15,9 %            | -10,8 %               | -0,6 %             | -0,3 %          | -0,4 %             | -0,1 %                | 0,0 %              |
| Lineær  | 1,0 %           | -9,2 %             | -12,0 %               | -1,9 %             | -0,3 %          | -0,4 %             | -0,1 %                | 0,0 %              |
| Polynom | 0,2 %           | -10,0 %            | -13,9 %               | -3,7 %             | -0,3 %          | -0,4 %             | -0,07 %               | 0,0 %              |
|         | Høst            |                    |                       |                    | Vinter          |                    |                       |                    |
|         | Mindre (< 1 år) | Moderat (1 - 3 år) | Betydelig (3 - 10 år) | Alvorlig (> 10 år) | Mindre (< 1 år) | Moderat (1 - 3 år) | Betydelig (3 - 10 år) | Alvorlig (> 10 år) |
| 5 tonn  | 5,7 %           | 0,6 %              | -5,7 %                | -0,6 %             | 4,1 %           | -1,1 %             | -4,8 %                | -0,5 %             |
| 10 tonn | 5,6 %           | -4,4 %             | -10,6 %               | -0,6 %             | 2,3 %           | -5,3 %             | -10,2 %               | -0,9 %             |
| 20 tonn | -6,3 %          | -17,9 %            | -12,9 %               | -1,3 %             | -11,9 %         | -20,1 %            | -12,1 %               | -1,8 %             |
| Lineær  | 2,4 %           | -9,2 %             | -14,5 %               | -2,9 %             | -4,1 %          | -12,2 %            | -14,1 %               | -4,1 %             |
| Polynom | 2,1 %           | -11,0 %            | -16,8 %               | -3,8 %             | -5,4 %          | -16,1 %            | -15,9 %               | -4,9 %             |



**Figur 3-17 Sammenlikning av sannsynlighet for ulike miljøskade for kystnær sjøfugl (lomvi – vår/sommer, havelle – høst/vinter) ved modellering av samme scenario med ulike effektgrenser (1 tonn, 5 tonn, 10 tonn og 20 tonn, samt lineær og polynom funksjon).**

**Tabell 3-12 Endring i sannsynlighet for de ulike skadekategoriene (definert ved restitusjonstid) ved implementering av ulike effektgrenser og funksjoner i modelleringen av miljørisiko for kystnær sjøfugl.**

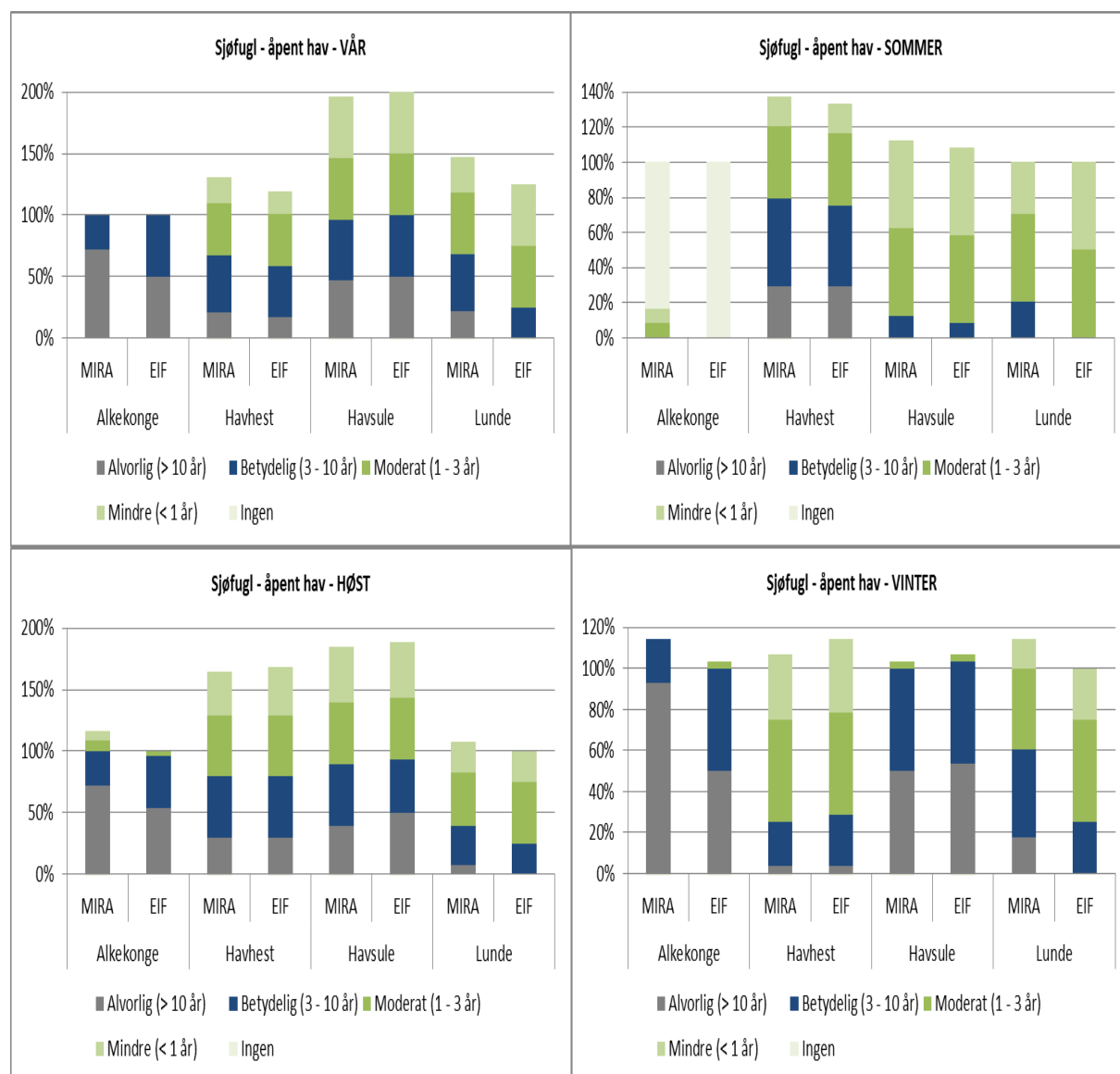
|         | Vår             |                    |                       |                    | Sommer          |                    |                       |                    |
|---------|-----------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
|         | Mindre (< 1 år) | Moderat (1 - 3 år) | Betydelig (3 - 10 år) | Alvorlig (> 10 år) | Mindre (< 1 år) | Moderat (1 - 3 år) | Betydelig (3 - 10 år) | Alvorlig (> 10 år) |
| 5 tonn  | 1,6 %           | -0,9 %             | -5,7 %                | -6,1 %             | 3,6 %           | 4,0 %              | -5,8 %                | -4,1 %             |
| 10 tonn | -2,9 %          | -6,6 %             | -10,0 %               | -9,3 %             | 3,5 %           | 2,1 %              | -11,1 %               | -7,7 %             |
| 20 tonn | -9,0 %          | -16,2 %            | -12,5 %               | -10,1 %            | 0,5 %           | -3,1 %             | -14,1 %               | -9,9 %             |
| Lineær  | -5,7 %          | -9,6 %             | -13,0 %               | -13,6 %            | 5,5 %           | 3,6 %              | -13,1 %               | -13,7 %            |
| Polynom | -5,0 %          | -7,2 %             | -15,1 %               | -15,9 %            | 5,1 %           | 4,1 %              | -13,6 %               | -15,5 %            |
|         | Høst            |                    |                       |                    | Vinter          |                    |                       |                    |
|         | Mindre (< 1 år) | Moderat (1 - 3 år) | Betydelig (3 - 10 år) | Alvorlig (> 10 år) | Mindre (< 1 år) | Moderat (1 - 3 år) | Betydelig (3 - 10 år) | Alvorlig (> 10 år) |
| 5 tonn  | 0,0 %           | 0,0 %              | 0,0 %                 | 0,0 %              | -7,0 %          | -15,6 %            | -10,0 %               | -0,01 %            |
| 10 tonn | 0,0 %           | 0,0 %              | 0,0 %                 | 0,0 %              | -10,3 %         | -22,6 %            | -12,2 %               | -0,01 %            |
| 20 tonn | 0,0 %           | 0,0 %              | 0,0 %                 | 0,0 %              | -11,6 %         | -27,7 %            | -16,1 %               | -0,4 %             |
| Lineær  | -0,01 %         | -0,01 %            | 0,0 %                 | 0,0 %              | -6,6 %          | -22,6 %            | -18,5 %               | -1,1 %             |
| Polynom | -0,01 %         | -0,01 %            | 0,0 %                 | 0,0 %              | -6,1 %          | -23,2 %            | -19,6 %               | -1,1 %             |

### 3.5.1.2 EIF/ERA akutt metodikk

Resultatene fra sammenlikningen mellom EIF/ERA-akutt metodikk og MIRA-metodikk er presentert sesongvis i Figur 3-18, for sjøfugl i åpent hav. **Tabell 3-13** oppsummerer de prosentvise endringene i skadesannsynligheten. Figur 3-19 og Tabell 3-14 illustrerer tilsvarende resultater for kystnær sjøfugl.

Resultatene er vist for fire ulike arter i åpent hav og hekkebestandene av lomvi og lunde, samt havelle og sjøorre kystnært i høst- og vinterperioden.

Analysen viser at MIRA-metodikken stort sett er mer konservativ enn ERA-akutt metodikken; større sannsynlighet for alvorlig miljøskade for de fleste arter/sesonger. Unntaket er for arter med lavere sårbarhetsverdi (S2) som åpent hav bestanden av havhest der resultatene fra MIRA og EIF/ERA er sammenlignbare, og for havsule der ERA akutt mer konservativ i vår-, høst- og vintersesongen.

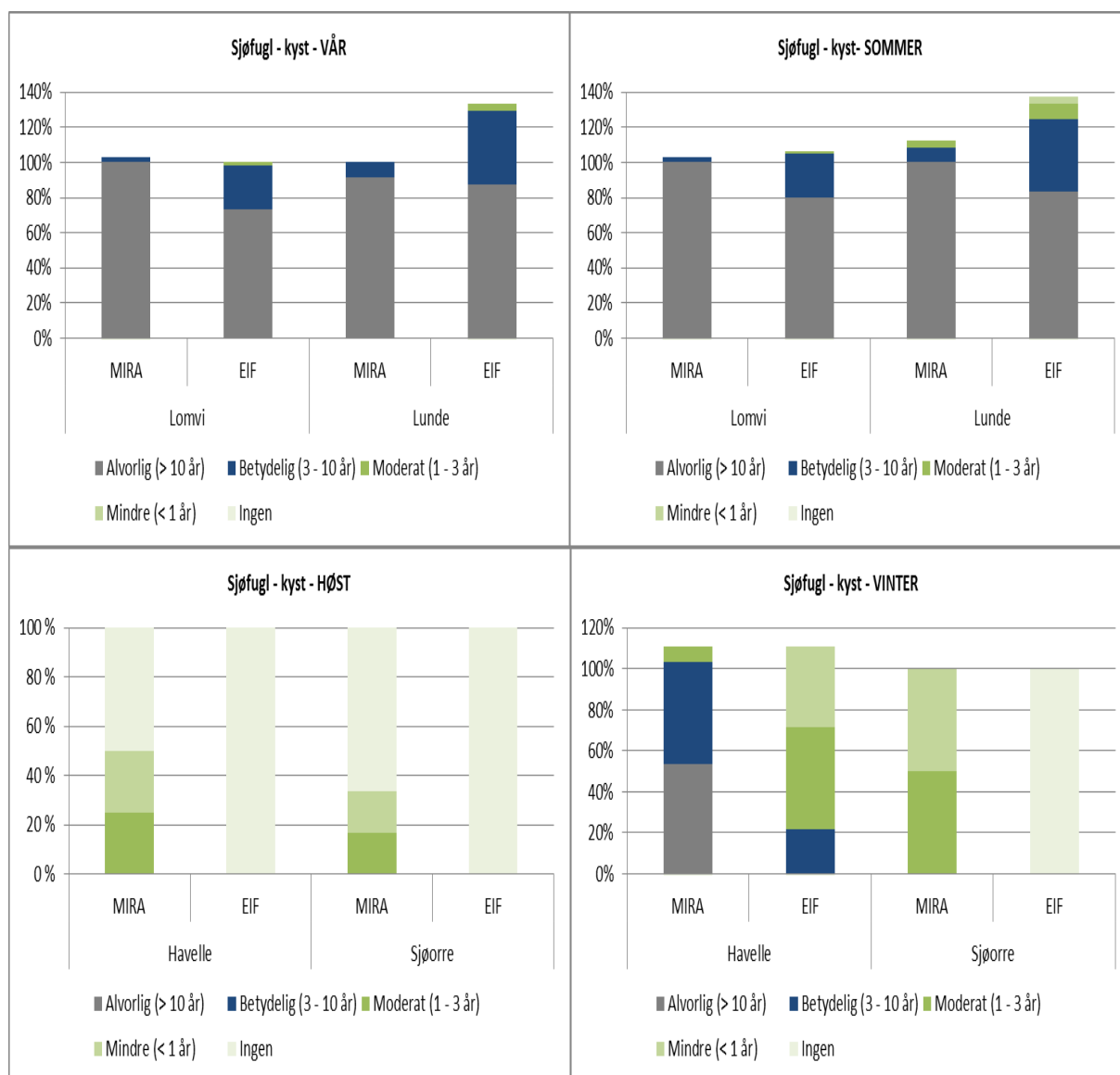


**Figur 3-18 Sammenlikning av sannsynlighet for ulike miljøskade for sjøfugl i åpent hav ved modellering av samme scenario med ERA akutt-metodikk og MIRA-metodikk.**



**Tabell 3-13 Endring i sannsynlighet (prosentpoeng) for de ulike skadekategoriene (definert ved restitusjonstid) ved implementering av ERA-akutt metodikk sammenliknet med MIRA metodikk for sjøfugl i åpent hav. Fargekodingen illustrerer økning/reduksjon i sannsynlighet for skade; orange viser økning, grønn viser reduksjon (hvit; tilnærmet ingen endring). MIRA metodikken er referansepunkt.**

|           | Vår                |                       |                          |                       | Sommer             |                       |                          |                       |
|-----------|--------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|
|           | Mindre<br>(< 1 år) | Moderat<br>(1 - 3 år) | Betydelig<br>(3 - 10 år) | Alvorlig<br>(> 10 år) | Mindre<br>(< 1 år) | Moderat<br>(1 - 3 år) | Betydelig<br>(3 - 10 år) | Alvorlig<br>(> 10 år) |
| Alkekonge | 0,0 %              | 0,0 %                 | 21,4 %                   | -21,4 %               | -8,3 %             | -8,3 %                | 0,0 %                    | 0,0 %                 |
| Havhest   | -3,6 %             | 0,0 %                 | -4,2 %                   | -4,2 %                | 0,0 %              | 0,0 %                 | -4,2 %                   | 0,0 %                 |
| Havsule   | 0,0 %              | 0,0 %                 | 0,0 %                    | 3,6 %                 | 0,0 %              | 0,0 %                 | -4,2 %                   | 0,0 %                 |
| Lunde     | 20,8 %             | 0,0 %                 | -21,4 %                  | -21,4 %               | 20,8 %             | 0,0 %                 | -20,8 %                  | 0,0 %                 |
|           | Høst               |                       |                          |                       | Vinter             |                       |                          |                       |
|           | Mindre<br>(< 1 år) | Moderat<br>(1 - 3 år) | Betydelig<br>(3 - 10 år) | Alvorlig<br>(> 10 år) | Mindre<br>(< 1 år) | Moderat<br>(1 - 3 år) | Betydelig<br>(3 - 10 år) | Alvorlig<br>(> 10 år) |
| Alkekonge | -8,3 %             | -4,8 %                | 14,3 %                   | -17,9 %               | 0,0 %              | 3,6 %                 | 28,6 %                   | -42,9 %               |
| Havhest   | 3,6 %              | 0,0 %                 | 0,0 %                    | 0,0 %                 | 3,6 %              | 0,0 %                 | 3,6 %                    | 0,0 %                 |
| Havsule   | 0,0 %              | 0,0 %                 | -7,1 %                   | 10,7 %                | 0,0 %              | 0,0 %                 | 0,0 %                    | 3,6 %                 |
| Lunde     | 0,0 %              | 7,1 %                 | -7,1 %                   | -7,1 %                | 10,7 %             | 10,7 %                | -17,9 %                  | -17,9 %               |



**Figur 3-19 Sammenlikning av sannsynlighet for ulike miljøskade for kystnær sjøfugl ved modellering av samme scenario med ERA akutt-metodikk og MIRA-metodikk.**

**Tabell 3-14 Endring i sannsynlighet (prosentpoeng) for de ulike skadekategoriene (definert ved restitusjonstid) ved implementering av ERA akutt-metodikk sammenliknet med MIRA-metodikk for kystnær sjøfugl. Fargekodingen illustrerer økning/reduksjon i sannsynlighet for skade; orange viser økning, grønn viser reduksjon (hvit; tilnærmet ingen endring). MIRA metodikken er referansepunkt.**

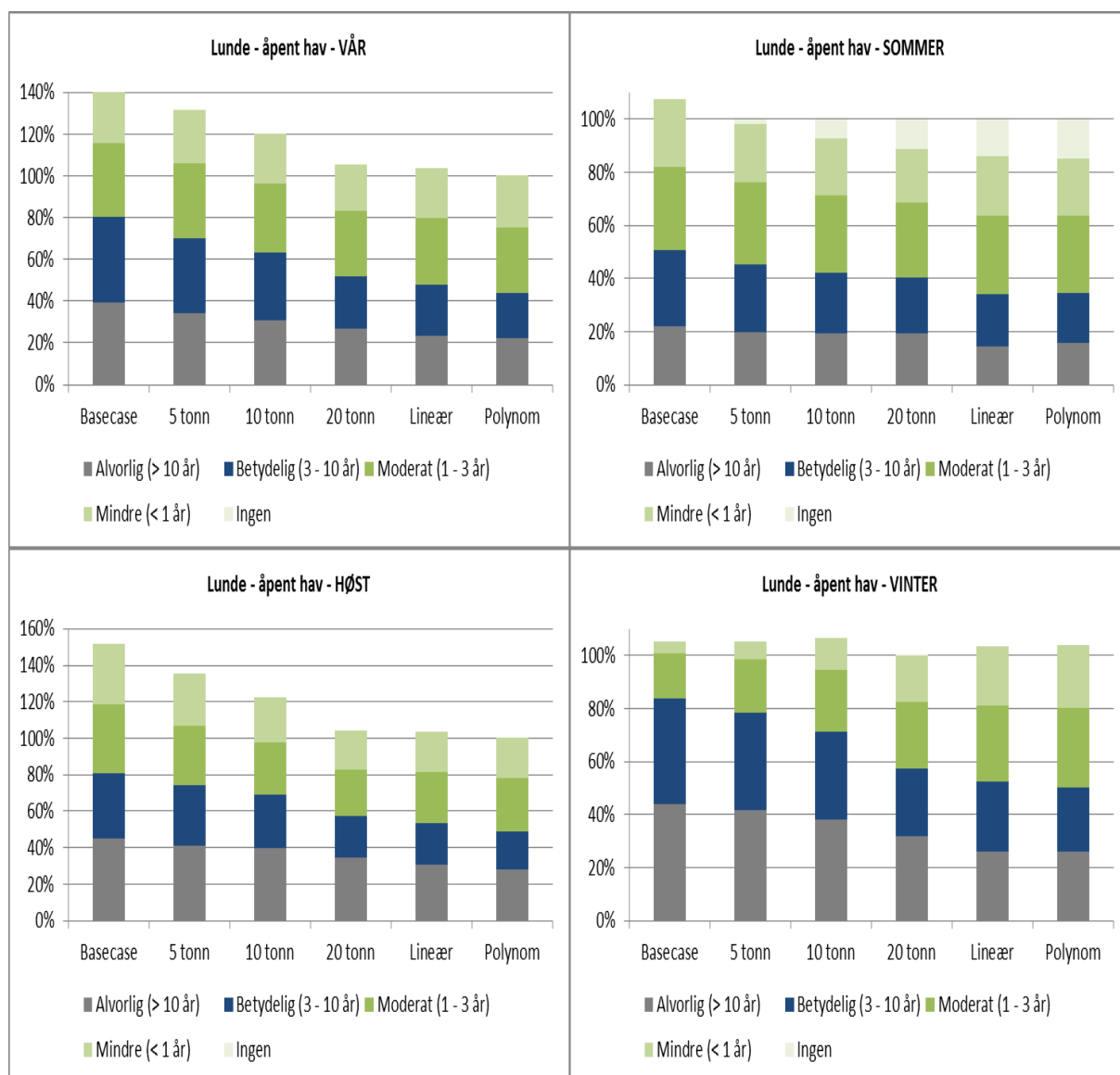
|          | Vår             |                    |                       |                    | Sommer          |                    |                       |                    |
|----------|-----------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
|          | Mindre (< 1 år) | Moderat (1 - 3 år) | Betydelig (3 - 10 år) | Alvorlig (> 10 år) | Mindre (< 1 år) | Moderat (1 - 3 år) | Betydelig (3 - 10 år) | Alvorlig (> 10 år) |
| Lomvi    | 0,0 %           | 1,7 %              | 21,7 %                | -26,7 %            | 0,0 %           | 1,7 %              | 21,7 %                | -20,0 %            |
| Lunde    | 0,0 %           | 4,2 %              | 33,3 %                | -4,2 %             | 4,2 %           | 4,2 %              | 33,3 %                | -16,7 %            |
|          | Høst            |                    |                       |                    | Vinter          |                    |                       |                    |
|          | Mindre (< 1 år) | Moderat (1 - 3 år) | Betydelig (3 - 10 år) | Alvorlig (> 10 år) | Mindre (< 1 år) | Moderat (1 - 3 år) | Betydelig (3 - 10 år) | Alvorlig (> 10 år) |
| Havelle  | -25,0 %         | -25,0 %            | 0,0 %                 | 0,0 %              | 39,3 %          | 42,9 %             | -28,6 %               | -53,6 %            |
| Sjørørre | -16,7 %         | -16,7 %            | 0,0 %                 | 0,0 %              | -50,0 %         | -50,0 %            | 0,0 %                 | 0,0 %              |

### 3.5.2 N-O6 (Norskehavet)

Resultatene er presentert sesongvis i Figur 3-20, for sjøfugl åpent hav. Tabell 3-15 oppsummerer de prosentvise endringene i skadesannsynlighet. Figur 3-21 og Tabell 3-16 illustrerer tilsvarende for kystnær sjøfugl.

Resultatene vises for lunde i åpent hav og alke (hekkebestand) og praktærfugl kystnært, der effektnøkkelen varierer fra «basecase» (dvs. standard MIRA-metodikk med 1 tonn effektgrense), 5 tonn effektgrense, 10 tonn effektgrense, 20 tonn effektgrense, samt for bruken av lineær og polynom funksjon til å beskrive sammenhengen mellom treff av ulike oljemengder og dødelighet av sjøfugl (basert på standard MIRA-metodikk).

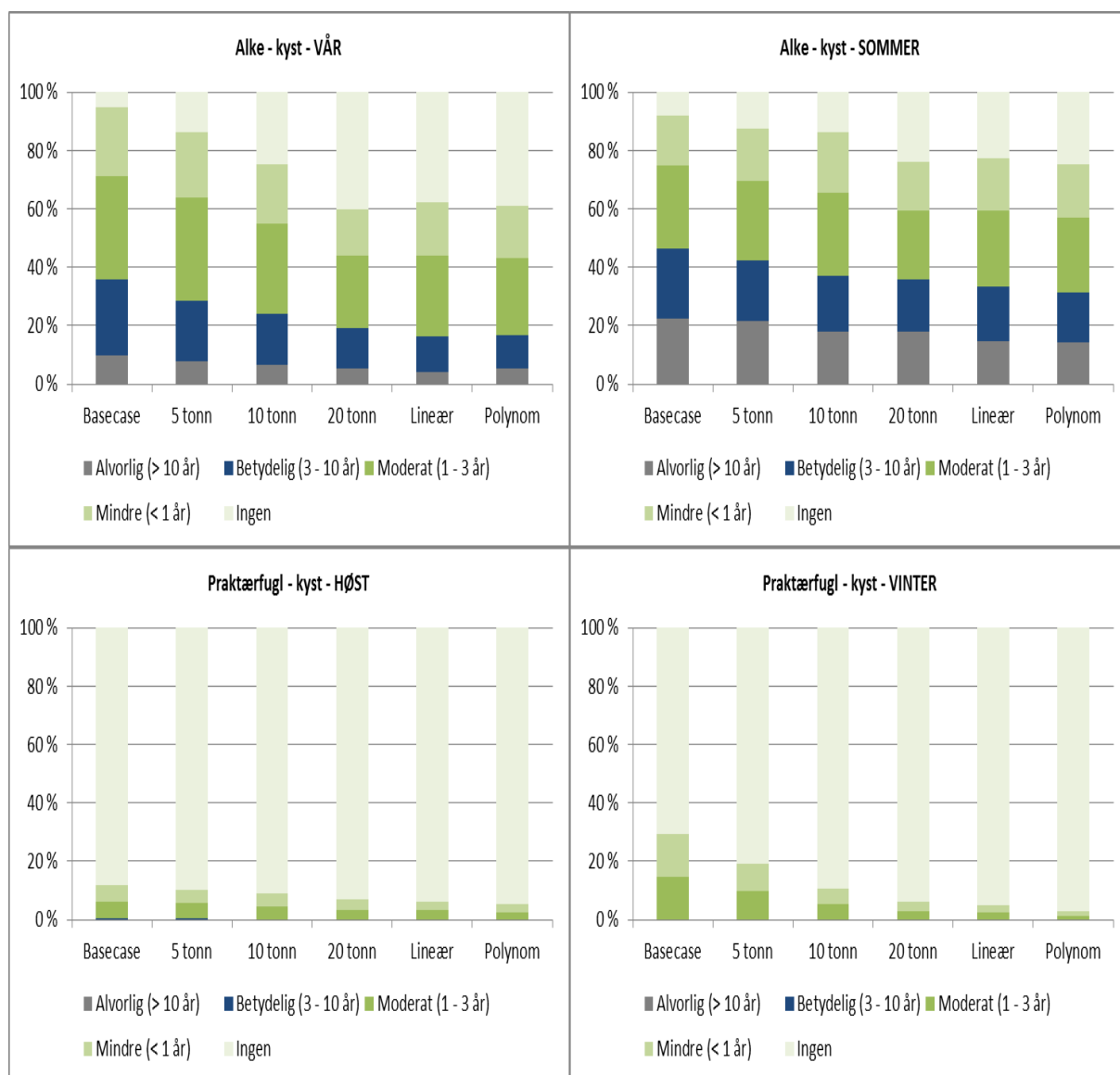
Både for sjøfugl i åpent hav og kystnært viser resultatene en gradvis reduksjon i sannsynlighet for miljøskade ved økt effektgrense. Bruk av både lineær og polynom funksjon gir ytterligere reduksjon i skadesannsynlighet.



**Figur 3-20 Sammenlikning av sannsynlighet for ulike miljøskade for sjøfugl i åpent hav i (lunde) ved modellering av samme scenario med ulike effektgrenser (1 tonn, 5 tonn, 10 tonn og 20 tonn, samt lineær og polynom funksjon).**

**Tabell 3-15 Endring i sannsynlighet (prosentpoeng) for de ulike skadekategoriene (definert ved restitusjonstid) ved implementering av ulike effektgrenser og funksjoner i modelleringen av miljørisiko for sjøfugl i åpent hav. MIRA metodikken er referansepunkt.**

|         | Vår                |                       |                             |                       | Sommer             |                       |                             |                       |
|---------|--------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|
|         | Mindre<br>(< 1 år) | Moderat<br>(1 - 3 år) | Betydelig<br>(3 - 10<br>år) | Alvorlig<br>(> 10 år) | Mindre<br>(< 1 år) | Moderat<br>(1 - 3 år) | Betydelig<br>(3 - 10<br>år) | Alvorlig<br>(> 10 år) |
| 5 tonn  | 1,0 %              | 0,2 %                 | -4,6 %                      | -5,4 %                | -4,0 %             | -0,4 %                | -2,7 %                      | -2,4 %                |
| 10 tonn | -0,7 %             | -2,4 %                | -8,3 %                      | -8,6 %                | -4,3 %             | -2,1 %                | -5,7 %                      | -2,8 %                |
| 20 tonn | -2,0 %             | -4,3 %                | -15,7 %                     | -12,6 %               | -6,0 %             | -3,0 %                | -7,5 %                      | -2,8 %                |
| Lineær  | -0,7 %             | -3,2 %                | -16,3 %                     | -16,3 %               | -3,6 %             | -1,7 %                | -8,5 %                      | -7,8 %                |
| Polynom | 0,1 %              | -3,5 %                | -19,2 %                     | -17,3 %               | -4,6 %             | -2,2 %                | -9,79 %                     | -6,16 %               |
|         | Høst               |                       |                             |                       | Vinter             |                       |                             |                       |
|         | Mindre<br>(< 1 år) | Moderat<br>(1 - 3 år) | Betydelig<br>(3 - 10<br>år) | Alvorlig<br>(> 10 år) | Mindre<br>(< 1 år) | Moderat<br>(1 - 3 år) | Betydelig<br>(3 - 10<br>år) | Alvorlig<br>(> 10 år) |
| 5 tonn  | -4,4 %             | -4,8 %                | -3,2 %                      | -3,5 %                | 2,6 %              | 2,7 %                 | -2,6 %                      | -2,5 %                |
| 10 tonn | -8,2 %             | -8,7 %                | -6,7 %                      | -5,3 %                | 7,9 %              | 6,5 %                 | -6,5 %                      | -6,1 %                |
| 20 tonn | -11,7 %            | -12,3 %               | -13,4 %                     | -10,1 %               | 13,0 %             | 7,7 %                 | -13,7 %                     | -12,4 %               |
| Lineær  | -11,2 %            | -9,6 %                | -13,2 %                     | -14,2 %               | 17,9 %             | 11,8 %                | -13,3 %                     | -18,1 %               |
| Polynom | -10,9 %            | -8,3 %                | -14,9 %                     | -16,8 %               | 19,3 %             | 13,1 %                | -15,5 %                     | -18,1 %               |



**Figur 3-21 Sammenlikning av sannsynlighet for ulik miljøskade for sjøfugl kystnært (alke - vår/sommer, praktærfugl - høst/vinter) ved modellering av samme scenario med ulike effektgrenser (1 tonn, 5 tonn, 10 tonn og 20 tonn, samt lineær og polynom funksjon).**

**Tabell 3-16 Endring i sannsynlighet (prosentpoeng) for de ulike skadekategoriene (definert ved restitusjonstid) ved implementering av ulike effektgrenser og funksjoner i modelleringen av miljørisiko for kystnær sjøfugl.**

|         | Vår             |                    |                       |                    | Sommer          |                    |                       |                    |
|---------|-----------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
|         | Mindre (< 1 år) | Moderat (1 - 3 år) | Betydelig (3 - 10 år) | Alvorlig (> 10 år) | Mindre (< 1 år) | Moderat (1 - 3 år) | Betydelig (3 - 10 år) | Alvorlig (> 10 år) |
| 5 tonn  | -1,4 %          | -0,2 %             | -5,0 %                | -2,1 %             | 0,4 %           | -0,9 %             | -3,1 %                | -0,9 %             |
| 10 tonn | -3,7 %          | -4,1 %             | -8,5 %                | -2,6 %             | 2,0 %           | -0,2 %             | -3,7 %                | -4,0 %             |
| 20 tonn | -8,3 %          | -11,0 %            | -10,5 %               | -3,3 %             | 0,0 %           | -4,0 %             | -5,9 %                | -4,4 %             |
| Lineær  | -4,8 %          | -6,7 %             | -13,3 %               | -5,2 %             | 3,0 %           | -1,0 %             | -5,0 %                | -7,1 %             |
| Polynom | -5,9 %          | -8,8 %             | -14,7 %               | -4,5 %             | 1,0 %           | -2,3 %             | -7,0 %                | -8,3 %             |
|         | Høst            |                    |                       |                    | Vinter          |                    |                       |                    |
|         | Mindre (< 1 år) | Moderat (1 - 3 år) | Betydelig (3 - 10 år) | Alvorlig (> 10 år) | Mindre (< 1 år) | Moderat (1 - 3 år) | Betydelig (3 - 10 år) | Alvorlig (> 10 år) |
| 5 tonn  | -0,8 %          | -0,8 %             | 0,0 %                 | 0,0 %              | -5,1 %          | -5,1 %             | 0,0 %                 | 0,0 %              |
| 10 tonn | -1,3 %          | -1,6 %             | -0,3 %                | 0,0 %              | -9,5 %          | -9,5 %             | 0,0 %                 | 0,0 %              |
| 20 tonn | -2,1 %          | -2,5 %             | -0,4 %                | 0,0 %              | -11,7 %         | -11,7 %            | 0,0 %                 | 0,0 %              |
| Lineær  | -2,5 %          | -2,9 %             | -0,4 %                | 0,0 %              | -12,2 %         | -12,2 %            | 0,0 %                 | 0,0 %              |
| Polynom | -3,0 %          | -3,4 %             | -0,4 %                | 0,0 %              | -13,3 %         | -13,3 %            | 0,0 %                 | 0,0 %              |

### 3.5.3 Diskusjon

Både for sjøfugl i åpent hav og kystnært viser resultatene en gradvis reduksjon i sannsynlighet for miljøskade ved økt effektgrense. Både bruken av lineær og polynom funksjon gir ytterligere reduksjon i skadesannsynlighet i *betydelig* og *alvorlig* kategoriene. For enkelte arter/perioder øker sannsynligheten for *mindre* eller *moderat* miljøskade, noe som kommer som en følge av at sannsynligheten for lavere bestandstap (1-5 %) øker.

Analysen av MIRA versus EIF/ERA-akutt metodikk viser at MIRA i de aller fleste tilfeller er mer konservativ enn ERA-akutt. Men for arter mer lavere sårbarhet (f.eks. havsule og havhest med S2) kan ERA akutt være mer konservativ.

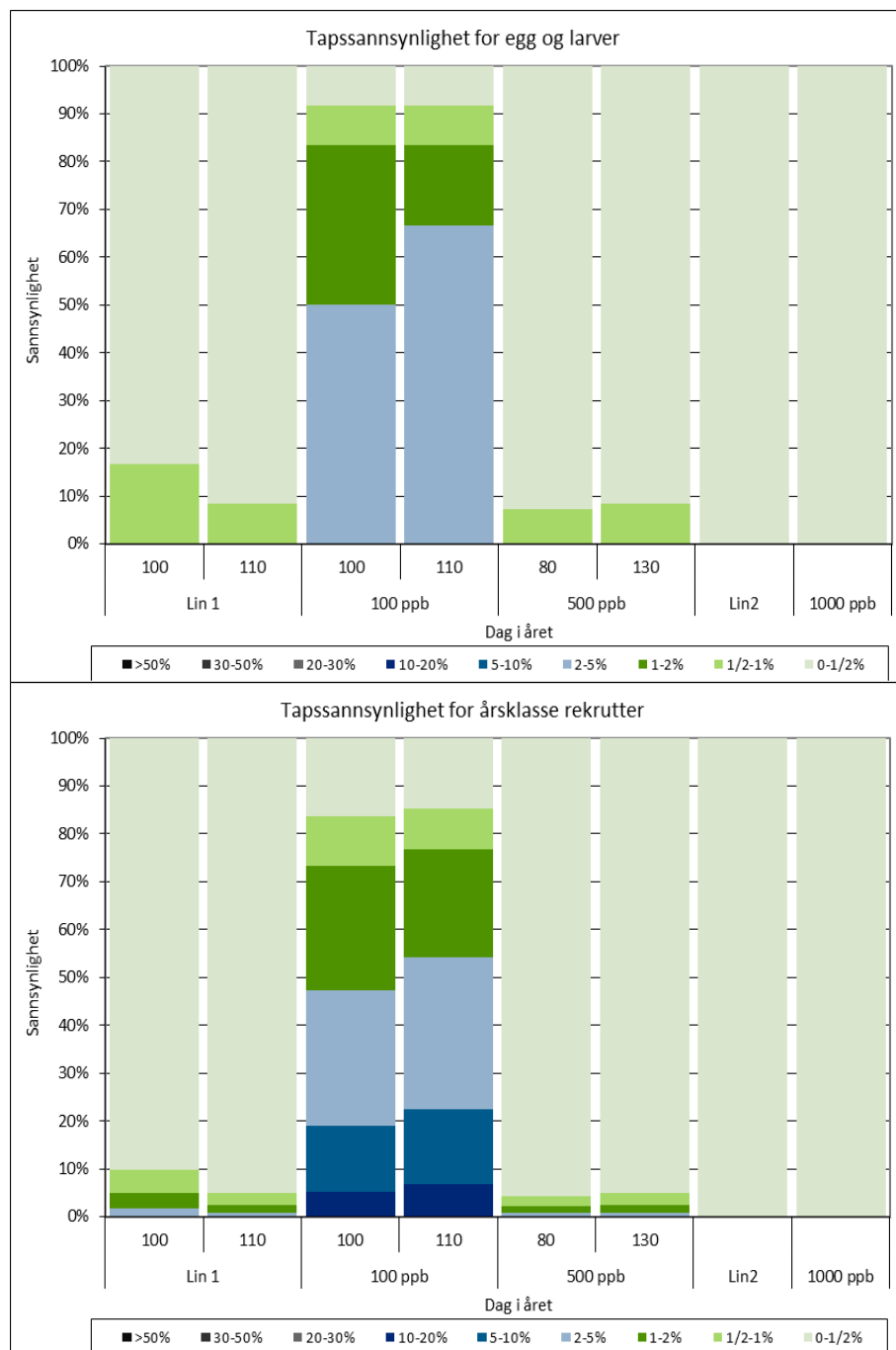
## 3.6 Scenario 6: Effektnøkkel fisk

Betydningen av anvendt effektnøkkel for fisk er kun analysert for N-O6 i Norskehavet, da det ikke foreligger datasett for kvantitative analyser for fisk i Nordsjøen (Storbarden). Resultatene er vist i Figur 3-22.

«Lin 1» beskriver standard metodikk som benyttes i miljørisikoanalyser; en dose-respons funksjon med startpunkt 100 ppb som tilsvarer 1 % dødelighet, opp til 1000 ppb (1 ppm) som gir 100 % dødelighet. Videre er det analysert for mulige tapsandeler ved å benytte terskelkonsentrasjoner på henholdsvis 100 ppb, 500 ppb og 1000 ppb, med antatt 100 % dødelighet over disse konsentrasjonene. «Lin 2» beskriver en dose-responsfunksjon som er en 10 potens mindre konservativ enn Lin 1, dvs. startpunkt 1 ppm-10 ppm.



Resultatene viser at en terskekonsentrasjon på 100 ppb har stor innvirkning og gir betydelig høyere tapsandeler enn ved å bruke dose-respons funksjon. Ved å benytte en terskelkonsentrasjon på 500 ppb blir resultatene i dette tilfellet sammenlignbart med dose-respons funksjonen. Terskelkonsentrasjon på 1000 ppb gir ingen utslag.



## 3.7 Scenario 7: Sårbarhet sjøfugl

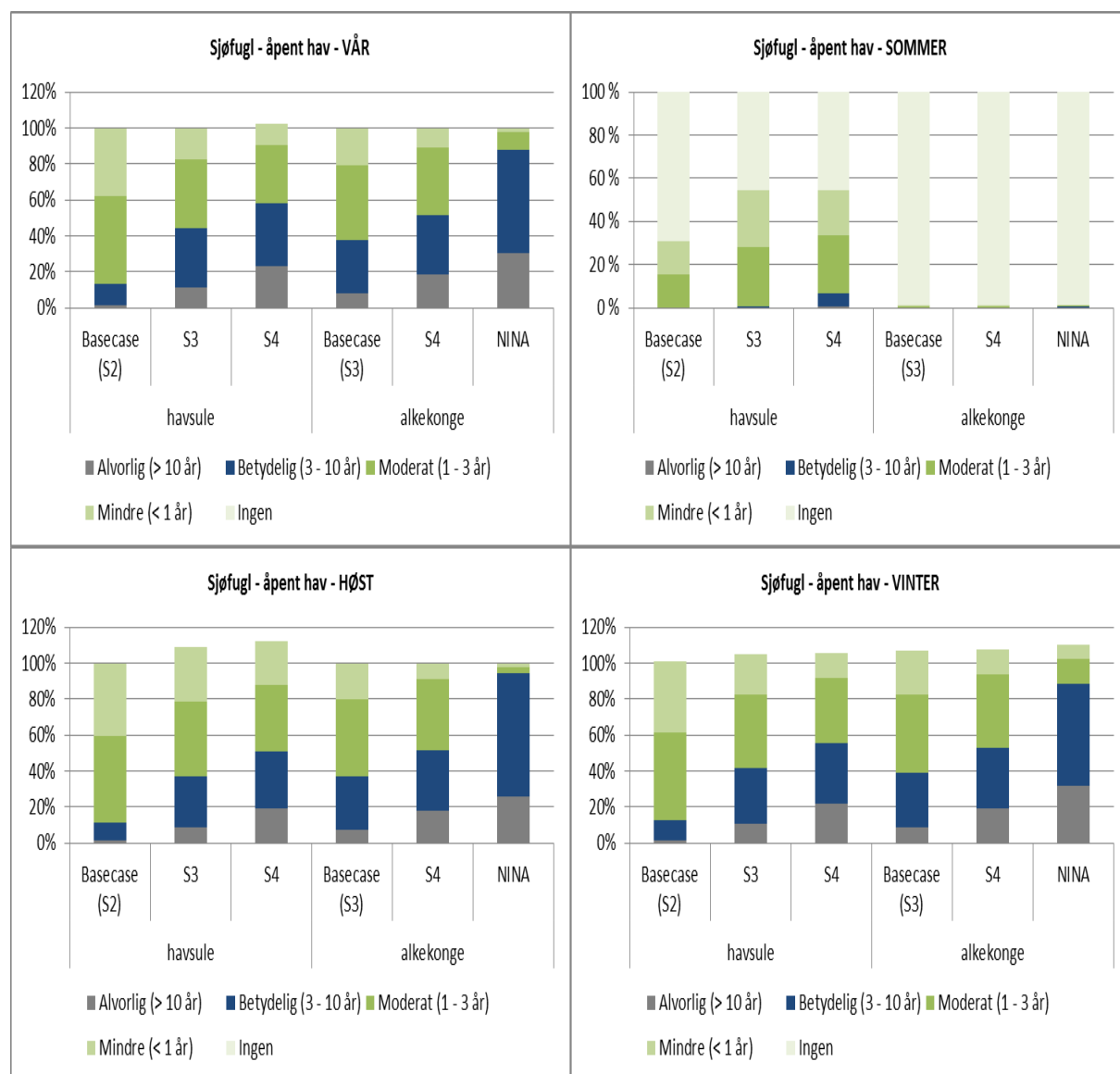
### 3.7.1 Storbarden (Nordsjøen)

Resultatene er presentert sesongvis i Figur 3-23 for sjøfugl i åpent hav. Tabell 3-17 oppsummerer de prosentvise endringene i skadesannsynlighet. Figur 3-24 og Tabell 3-18 illustrerer tilsvarende resultater for kystnær sjøfugl.

Havsule har sårbarhetsverdi S2 i henhold til standard MIRA-metodikk. Til sammenlikning er det valgt å gi arten sårbarhetsverdi S3 og S4, og miljøskade for arten er beregnet i henhold til disse. Resultatene viser at artens definerte sårbarhet har stor betydning for resultatene. Dersom arten gis sårbarhetsverdi S3 eller S4 øker sannsynligheten for alvorlig miljøskade med henholdsvis 10 og 21 prosentpoeng i vårsesongen.

Alkekonge har i utgangspunktet sårbarhetsverdi S3. Til sammenlikning er det valgt å gi arten sårbarhetsverdi S4, og miljøskade for arten er beregnet i henhold til dette. I tillegg er det beregnet miljøskade i henhold til NINA-metodikk for arten. Resultatene viser at sannsynligheten for alvorlig miljøskade øker med om lag 10 prosentpoeng ved å sette sårbarhetsverdien til S4, mens NINA-metodikk er enda mer konservativ og gir en økning på 22 prosentpoeng sannsynlighet for alvorlig miljøskade i vårsesongen.

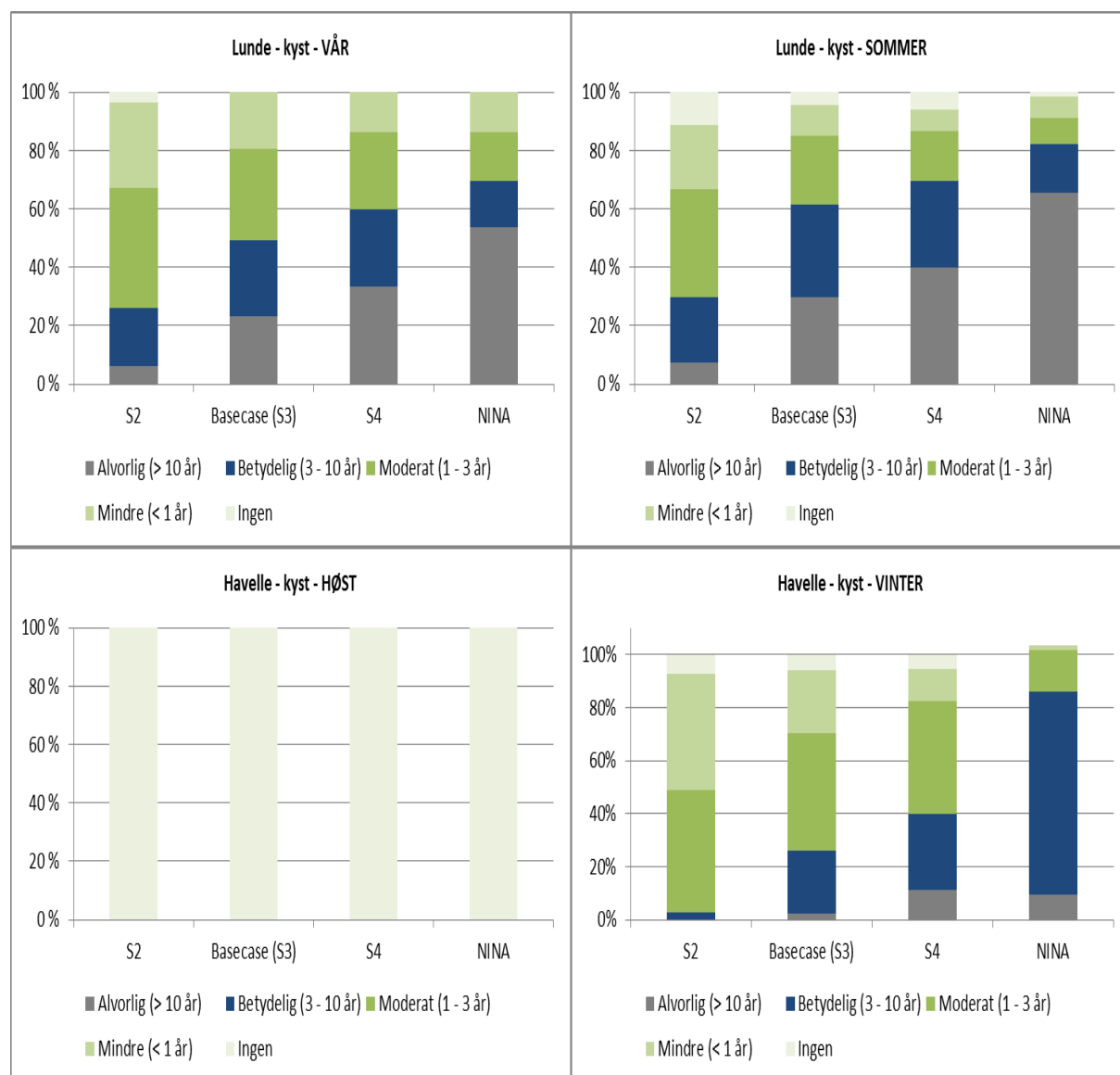
Analysen av kystnære arter (havelle og lunde) viser tilsvarende trend. Begge artene har i utgangspunktet sårbarhetsverdi S3. Reduseres sårbarhetsverdien til S2 avtar sannsynligheten for alvorlig miljøskade med over 20 prosentpoeng for lunde i sommersesongen, mens sannsynligheten for alvorlig miljøskade øker med om lag 10 prosentpoeng ved å sette sårbarhetsverdien til S4. Ved å benytte NINA-metodikk øker sannsynligheten for alvorlig miljøskade med inntil 35 prosentpoeng.



**Figur 3-23 Sammenlikning av sannsynlighet for ulike miljøskade for sjøfugl i åpent hav (havsule og alkekonge) ved modellering av samme scenario med ulike skadenøkler (sårbarhetsverdi S2, S3 og S4, samt NINA-skadenøkkel).**

**Tabell 3-17 Endring i sannsynlighet for de ulike skadekategoriene (definert ved restitusjonstid) ved implementering av ulike sårbarhetsverdier og NINA-skadenøkkel i modelleringen av miljørisiko for sjøfugl i åpent hav.**

|                |      | Vår             |                    |                       |                    | Sommer          |                    |                       |                    |
|----------------|------|-----------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
|                |      | Mindre (< 1 år) | Moderat (1 - 3 år) | Betydelig (3 - 10 år) | Alvorlig (> 10 år) | Mindre (< 1 år) | Moderat (1 - 3 år) | Betydelig (3 - 10 år) | Alvorlig (> 10 år) |
| Havsule (S2)   | S3   | -20,6 %         | -9,9 %             | 20,6 %                | 10,0 %             | 10,8 %          | 11,7 %             | 0,82 %                | 0,0 %              |
|                | S4   | -26,4 %         | -15,7 %            | 23,1 %                | 21,4 %             | 5,2 %           | 11,7 %             | 6,1 %                 | 0,3 %              |
| Alkekonge (S3) | S4   | -9,9 %          | -4,3 %             | 3,8 %                 | 10,5 %             | -0,1 %          | 0,0 %              | 0,1 %                 | 0,0 %              |
|                | NINA | -17,9 %         | -32,8 %            | 28,4 %                | 22,3 %             | -0,5 %          | 0,3 %              | 0,2 %                 | 0,0 %              |
|                |      | Høst            |                    |                       |                    | Vinter          |                    |                       |                    |
| Havsule (S2)   | S3   | -9,6 %          | -7,5 %             | 18,7 %                | 7,5 %              | -17,5 %         | -7,5 %             | 19,7 %                | 9,0 %              |
|                | S4   | -15,8 %         | -12,0 %            | 22,3 %                | 17,7 %             | -25,9 %         | -12,0 %            | 22,3 %                | 20,1 %             |
| Alkekonge (S3) | S4   | -10,8 %         | -3,6 %             | 3,3 %                 | 11,1 %             | -10,6 %         | -3,2 %             | 3,3 %                 | 10,8 %             |
|                | NINA | -17,8 %         | -39,4 %            | 38,3 %                | 18,9 %             | -16,7 %         | -30,4 %            | 26,8 %                | 23,3 %             |



**Figur 3-24 Sammenlikning av sannsynlighet for ulike miljøskade for kystnær sjøfugl (lunde – vår/sommer, havelle – høst/vinter) ved modellering av samme scenario med ulike skadenøkler (sårbarhetsverdi S2, S3 og S4, samt NINA-skadenøkkel).**

**Tabell 3-18 Endring i sannsynlighet for de ulike skadekategoriene (definert ved restitusjonstid) ved implementering av ulike sårbarhetsverdier og NINA-skadenøkkel i modelleringen av miljørisiko for kystnær sjøfugl.**

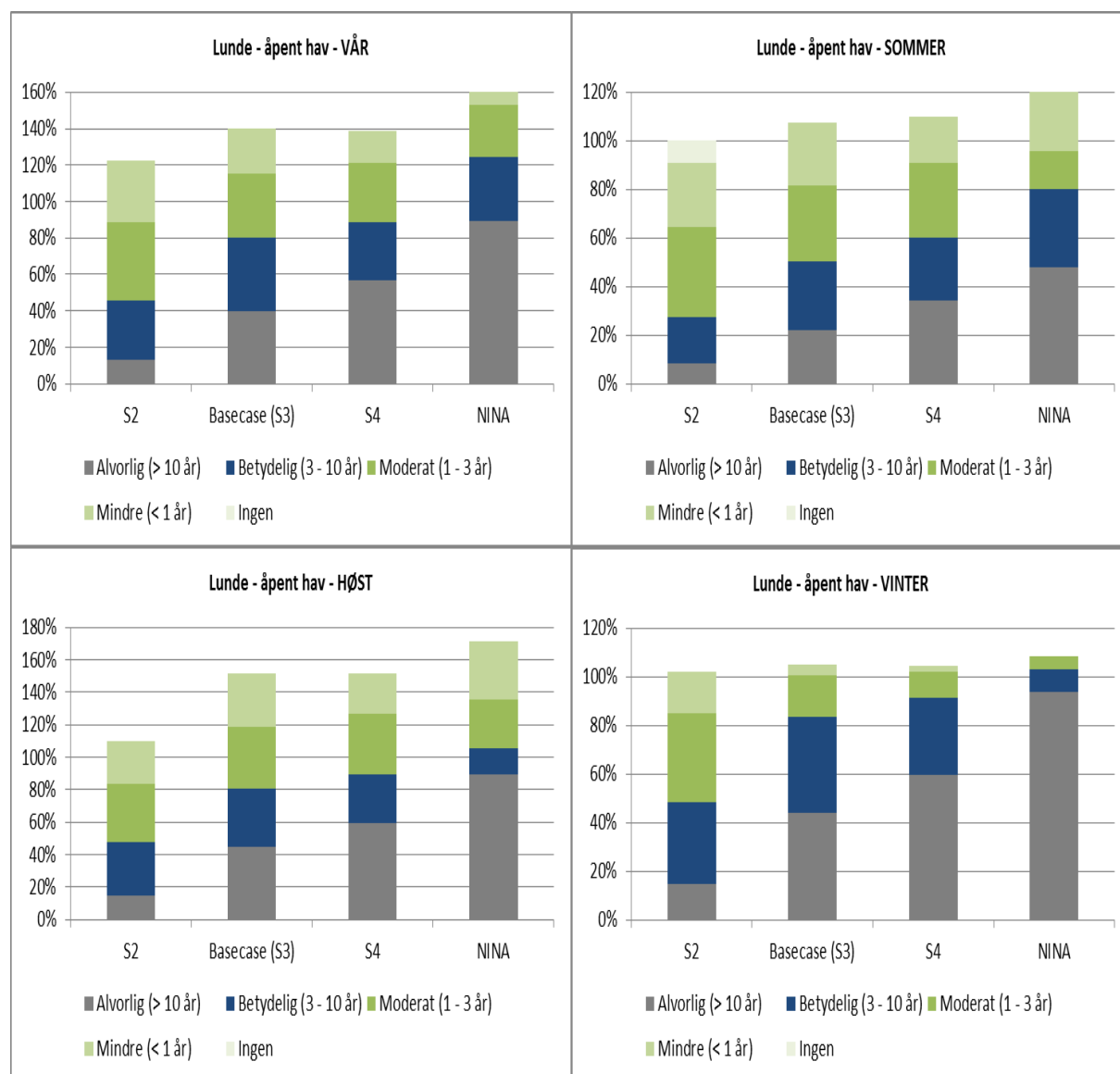
|      | Vår             |                    |                       |                    | Sommer          |                    |                       |                    |
|------|-----------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
|      | Mindre (< 1 år) | Moderat (1 - 3 år) | Betydelig (3 - 10 år) | Alvorlig (> 10 år) | Mindre (< 1 år) | Moderat (1 - 3 år) | Betydelig (3 - 10 år) | Alvorlig (> 10 år) |
| S2   | 9,7 %           | 9,1 %              | -6,3 %                | -17,3 %            | 11,7 %          | 13,3 %             | -9,2 %                | -22,5 %            |
| S4   | -5,5 %          | -5,0 %             | 0,6 %                 | 10,5 %             | -3,2 %          | -6,3 %             | -2,0 %                | 9,9 %              |
| NINA | -0,1 %          | -9,9 %             | -10,6 %               | 20,5 %             | -2,9 %          | -15,0 %            | -14,7 %               | 35,5 %             |
|      | Høst            |                    |                       |                    | Vinter          |                    |                       |                    |
|      | Mindre (< 1 år) | Moderat (1 - 3 år) | Betydelig (3 - 10 år) | Alvorlig (> 10 år) | Mindre (< 1 år) | Moderat (1 - 3 år) | Betydelig (3 - 10 år) | Alvorlig (> 10 år) |
| S2   | -0,02 %         | -0,02 %            | 0,0 %                 | 0,0 %              | 19,8 %          | 2,1 %              | -21,4 %               | -2,2 %             |
| S4   | -0,01 %         | 0,0 %              | 0,01 %                | 0,0 %              | -11,8 %         | -1,4 %             | 4,5 %                 | 9,1 %              |
| NINA | 0,01 %          | -0,01 %            | 0,0 %                 | 0,0 %              | -22,0 %         | -28,6 %            | 53,0 %                | 6,9 %              |

### 3.7.2 N-O6 (Norskehavet)

Resultatene er presentert sesongvis i Figur 3-25, for sjøfugl i åpent hav. **Tabell 3-19** oppsummerer prosentvis endring i skadesannsynlighet. Figur 3-26 og **Tabell 3-20** illustrerer tilsvarende resultater for kystnær sjøfugl.

Lunde har sårbarhetsverdi S3 i henhold til standard MIRA-metodikk. Til sammenlikning er det valgt å gi arten sårbarhetsverdi S2 og S4, og miljøskade for arten er beregnet i henhold til disse. Resultatene viser at artens definerte sårbarhet har stor betydning for resultatene. Dersom arten gis sårbarhetsverdi S2 reduseres sannsynligheten for alvorlig miljøskade med 26 prosentpoeng i vårsesongen, mens ved bruk av S4 øker sannsynligheten for alvorlig miljøskade med 17 prosentpoeng i samme sesong. Ved bruk av NINA-metodikken viser resultatene at sannsynligheten for alvorlig miljøskade øker med nærmere 50 prosentpoeng sammenliknet med MIRA-metodikken (S3).

For kystnære arter (alke og praktærfugl) viser er trenden tilsvarende. Begge artene har i utgangspunktet sårbarhetsverdi S3. Dersom sårbarhetsverdien settes til S2 reduseres sannsynligheten for alvorlig miljøskade med over 15 prosentpoeng (for alke i sommersesongen), mens sannsynligheten for alvorlig miljøskade øker med om lag 9 prosentpoeng ved å sette sårbarhetsverdien til S4. Ved å benytte NINA-metodikken øker sannsynligheten for alvorlig miljøskade med inntil 25 prosentpoeng.

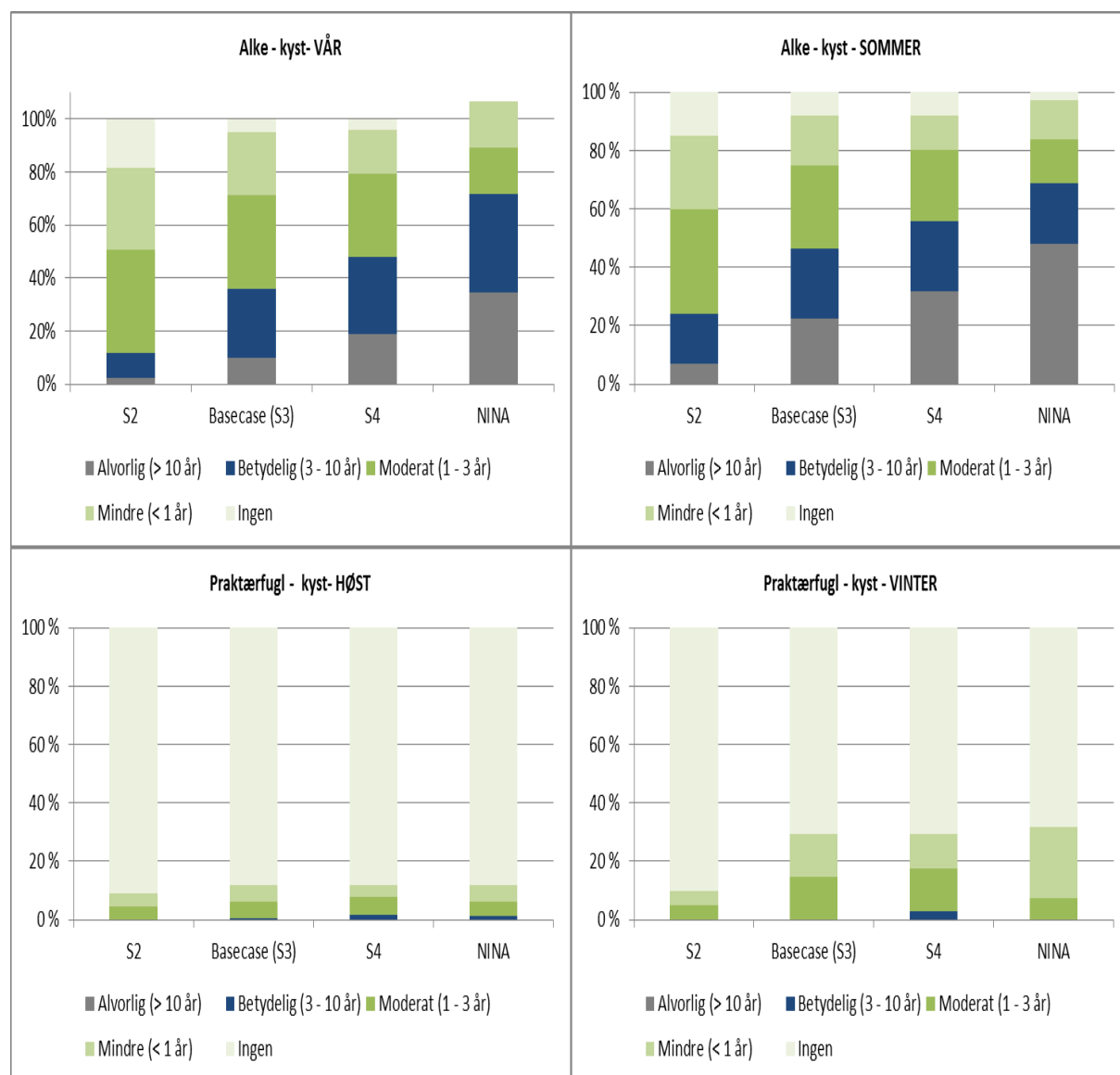


**Figur 3-25 Sammenlikning av sannsynlighet for ulike miljøskade for sjøfugl i åpent hav (lunde) ved modellering av samme scenario med ulike skadenøkler (sårbarhetsverdi S2, S3 og S4, samt NINA-skadenøkkel).**

**Tabell 3-19 Endring i sannsynlighet for de ulike skadekategoriene (definert ved restitusjonstid) ved implementering av ulike sårbarhetsverdier og NINA-skadenøkkel i modelleringen av miljørisiko for sjøfugl i åpent hav.**

|      | Mindre<br>(< 1 år) | Moderat<br>(1 - 3 år) | Betydelig<br>(3 - 10<br>år) | Alvorlig<br>(> 10 år) | Mindre<br>(< 1 år) | Moderat<br>(1 - 3 år) | Betydelig<br>(3 - 10<br>år) | Alvorlig<br>(> 10 år) |
|------|--------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|
| S2   | 9,1 %              | 7,6 %                 | -8,4 %                      | -26,2 %               | 0,6 %              | 5,6 %                 | -9,1 %                      | -13,9 %               |
| S4   | -7,0 %             | -3,3 %                | -8,4 %                      | 17,0 %                | -7,0 %             | -0,6 %                | -2,2 %                      | 12,1 %                |
| NINA | -14,7 %            | -6,6 %                | -5,6 %                      | 49,6 %                | 1,8 %              | -15,7 %               | 3,8 %                       | 25,9 %                |
|      | Høst               |                       |                             |                       | Vinter             |                       |                             |                       |
|      | Mindre<br>(< 1 år) | Moderat<br>(1 - 3 år) | Betydelig<br>(3 - 10<br>år) | Alvorlig<br>(> 10 år) | Mindre<br>(< 1 år) | Moderat<br>(1 - 3 år) | Betydelig<br>(3 - 10<br>år) | Alvorlig<br>(> 10 år) |
| S2   | -6,8 %             | -2,0 %                | -3,2 %                      | -29,8 %               | 12,7 %             | 19,5 %                | -5,9 %                      | -29,5 %               |
| S4   | -8,2 %             | -0,3 %                | -5,8 %                      | 14,2 %                | -1,6 %             | -6,6 %                | -7,9 %                      | 15,6 %                |
| NINA | 2,4 %              | -7,4 %                | -20,1 %                     | 44,8 %                | -4,4 %             | -12,0 %               | -30,3 %                     | 49,7 %                |





**Figur 3-26 Sammenlikning av sannsynlighet for ulike miljøskade for sjøfugl kystnært (alke – vår/sommer, praktærfugl – høst/vinter) ved modellering av samme scenario med ulike skadenøkler (sårbarhetsverdi S2, S3 og S4, samt NINA-skadenøkkel).**

**Tabell 3-20 Endring i sannsynlighet for de ulike skadekategoriene (definert ved restitusjonstid) ved implementering av ulike sårbarhetsverdier og NINA-skadenøkkel i modelleringen av miljørisiko for kystnær sjøfugl.**

|      | Vår                |                       |                             |                       | Sommer             |                       |                             |                       |
|------|--------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|
|      | Mindre<br>(< 1 år) | Moderat<br>(1 - 3 år) | Betydelig<br>(3 - 10<br>år) | Alvorlig<br>(> 10 år) | Mindre<br>(< 1 år) | Moderat<br>(1 - 3 år) | Betydelig<br>(3 - 10<br>år) | Alvorlig<br>(> 10 år) |
| S2   | 6,8 %              | 3,9 %                 | -16,6 %                     | -7,7 %                | 8,0 %              | 7,6 %                 | -6,9 %                      | -15,6 %               |
| S4   | -7,3 %             | -3,8 %                | 3,2 %                       | 9,0 %                 | -5,4 %             | -4,1 %                | 0,2 %                       | 9,2 %                 |
| NINA | -6,7 %             | -17,7 %               | 11,1 %                      | 24,7 %                | -3,6 %             | -13,4 %               | -2,9 %                      | 25,4 %                |
|      | Høst               |                       |                             |                       | Vinter             |                       |                             |                       |
|      | Mindre<br>(< 1 år) | Moderat<br>(1 - 3 år) | Betydelig<br>(3 - 10<br>år) | Alvorlig<br>(> 10 år) | Mindre<br>(< 1 år) | Moderat<br>(1 - 3 år) | Betydelig<br>(3 - 10<br>år) | Alvorlig<br>(> 10 år) |
| S2   | -1,2 %             | -1,6 %                | -0,4 %                      | 0,0 %                 | -9,8 %             | -9,8 %                | 0,0 %                       | 0,0 %                 |
| S4   | -1,3 %             | 0,0 %                 | 1,1 %                       | 0,1 %                 | -2,9 %             | 0,0 %                 | 2,9 %                       | 0,0 %                 |
| NINA | 0,1 %              | -1,2 %                | 1,1 %                       | 0,0 %                 | 9,8 %              | -7,3 %                | 0,0 %                       | 0,0 %                 |

### 3.7.3 Diskusjon

Analysen viser at valg av sårbarhetsverdi og metodikk har stor betydning ved beregning av miljøskade. NINA metodikken skiller ikke mellom ulike sårbarheter for sjøfugl, og gir en mer konservativ tilnærming enn sårbarhetsverdi 4 i MIRA metodikken.

## 4 DISKUSJON AV RESULTATENE

Sensitivitetsstudien er gjennomført ved å endre forskjellige parametere i analysene for deretter å sammenlikne resultatene med et basisscenario («base case»), henholdsvis for én lokasjon i Nordsjøen (Storbarden) og én lokasjon i Nordland VI (N-O6).

Resultatene av de ulike analysene er presentert som sannsynlighet for en gitt miljøskade for sjøfugl definert på bakgrunn av restitusjonstid (henholdsvis *mindre*, *moderat*, *betydelig* og *alvorlig* miljøskade), i henhold til MIRA-metodikk. Resultatene er illustrert i figurer, og i tabellform som endring i sannsynlighet for hver av skadekategoriene i forhold til base case.

I de påfølgende avsnittene er de viktigste funnen i analysen diskutert/oppsummert.

### Utslippsvarighet

Sensitivitetsstudien viser at analysene er følsomme for detaljeringsgraden (antall varigheter) i oljedriftsmodelleringen. Sannsynligheten for betydelig og alvorlig miljøskade reduseres med om lag 30-50 % ved å modellere med åtte versus tre ulike varigheter innenfor utfallsrommet, mens sannsynligheten for mindre og moderat miljøskade i enkelte tilfeller øker. Reduksjonen har sammenheng med en konservativ tilnærming der en antar at alle varigheter opptil den modellerte favnes av én varighet (f.eks. ved en lavest modellert varighet på 2 døgn modelleres alle hendelser med kortere varighet som en utslippshendelse med 2 døgn varighet). Økningen henger sammen med at MIRA-metodikken ikke er kumulativ, Dvs. en reduksjon i oljemengder på havoverflaten (f.eks. fra kategori 500-1000 tonn til 1-100 tonn) kan medføre større sannsynlighet for treff av mindre oljemengder, og således øke sannsynligheten for mindre miljøskader.

### Populasjonsdefinisjoner sjøfugl

Siden miljørisiko beregnes på bakgrunn av bestandstap utgjør dette en fundamental parameter i analysene. Bruk av regionale versus nasjonale datasett for sjøfugl viser at en i stor grad får redusert miljørisiko ved å modellere med nasjonale datasett, spesielt for kystnære sjøfugl. Dette innebærer at anvendelsen av «regional» populasjonsinndeling basert på havområdene er en konservativ tilnærming i de fleste tilfeller. For flere av sjøfuglartene er det stor forskjell i antall hekkende par i de ulike koloniene, og det er derfor diskutabelt om enkeltkolonier kan defineres som en «bestand» eller om regionale bestander er reelle.

For sjøfugl i åpent hav viser derimot analysen at utslag i miljørisiko i noen tilfeller kan øke dersom nasjonalt datasett legges til grunn. Dette er blant annet illustrert i Storbarden analysen, der influensområdet dekker store deler av Nordsjøen, men samtidig strekker seg godt inn i Norskehavet. I dette tilfellet er det faktisk mindre konservativt å regne på to regionale bestandsinndelinger enn på en nasjonal inndeling da hver av regionene ikke dekker hele influensområdet.

Betydningen av å inkludere «funksjonsområder» (vandringsområder) rundt hekkekoloniene har mindre betydning for resultatene enn selve bestandsinndelingen. Modellering med funksjonsområder medfører større sannsynlighet for treff av sjøfugl, men med potensielt lavere bestandsandeler som blir berørt. Modellering uten funksjonsområder medfører lavere treffsannsynlighet, men større potensiale for skade gitt at den enkeltruta definert som hekkekoloni blir berørt. Analysen viser at miljørisikoen i enkelte tilfeller er litt større ved bruk av

funksjonsområder enn uten og at det er det større sannsynlighet for «ingen skade» dersom en ikke inkluderer funksjonsområdene. Resultatene for Norskehavet viser derimot en liten reduksjon i alvorlig miljøskade ved bruk av funksjonsområder. Resultatene gjør det således ikke mulig å konkludere entydig.

### **Effektnøkkel sjøfugl**

Både for sjøfugl i åpent hav og kystnært viser resultatene en gradvis reduksjon i sannsynlighet for miljøskade ved økt effektgrense. Bruk av kontinuerlige effektfunksjoner (både lineær og polynomisk funksjon) gir ytterligere reduksjon i sannsynlighet for betydelig og alvorlig miljøskade. Dette kan trolig forklares med at fordeling av oljemengder innen en kategori (for eksempel 1-100 tonn) som regel er forskjøvet mot nedre verdi i intervallet. For enkelte arter/perioder øker sannsynligheten for mindre eller moderat miljøskade, noe som kommer som en følge av at sannsynligheten for lavere bestandstap (1-5 %) øker.

Analysen av MIRA effektnøkkel versus EIF/ERA-akutt metodikk viser at MIRA effektnøkkel i de aller fleste tilfeller er mer konservativ enn ERA. Men for arter mer lavere sårbarhet (f.eks. havsule med S2) vil ERA akutt kunne være mer konservativ.

### **Skadenøkkel sjøfugl**

Analysen viser at definert sårbarhetsverdi og tilhørende skadenøkkel har stor innvirkning på resultatene. Anvendelse av NINA metodikken gir et mer konservativt risikobilde sammenliknet med MIRA metodikken, uavhengig av sårbarhetsverdi benyttet i sistnevnte metodikk.

## 5 REFERANSER

DNV, 2012. Miljørisikoanalyse for Norskehavet nordøst. Grunnlagsrapport til kunnskapsinnhenting om virkninger av petroleumsvirksomhet i det nordøstlige Norskehavet, for Olje- og energidepartementet. DNV-rapport nr. 2012-1312.

DNV, 2013. Environmental risk analysis (ERA) and effect of oil spill contingency on environmental risk for exploration well 26/5-1 Storbarden in PL506 in the North Sea. Report for AGR Petroleum Services AS. DNV-report no. 2012-1763.

Gasbjerg, G., Christensen-Dalsgaard, S., Lorentsen, S.-H., Systad, G., Anker-Nilssen, T., 2011. Tverrsektoriell vurdering av konsekvenser for sjøfugl. Grunnlagsrapport til en helhetlig forvaltningsplan for Nordsjøen og Skagerrak. NINA-rapport nr. 733

OLF/Norks Hydro – Statoil. Sensitivitetsanalyse – metode for miljørettet risikoanalyse (MIRA). Rapport-nr. 98-3480

OLF, 2007. Metode for miljørettet risikoanalyse (MIRA) revisjon 2007. Rapport-nr. 2007-0063.  
Vikebø m. fl 2009. <http://talos.nodc.no:8080/ncWMS/larve.html>

# Det Norske Veritas:

Det Norske Veritas (DNV) er en ledende, uavhengig leverandør av tjenester for risikostyring, med global virksomhet gjennom et nettverk av 300 kontorer i 100 ulike land. DNVs formål er å arbeide for sikring av liv, verdier og miljø.

DNV bistår sine kunder med risikostyring gjennom tre typer tjenester: klassifisering, sertifisering og konsulentvirksomhet. Siden etableringen som en uavhengig stiftelse i 1864 har DNV blitt en internasjonalt anerkjent leverandør av ledelsestjenester og tekniske konsulent- og rådgivningstjenester, og er et av verdens ledende klassifiseringsselskaper. Dette innebærer kontinuerlig utvikling av ny tilnærming til helse-, miljø- og sikkerhetsledelse, slik at bedrifter kan fungere effektivt under alle forhold.

Global impact for a safe and sustainable future:

Besøk vår internettside for mer informasjon: [www.dnv.com](http://www.dnv.com)