

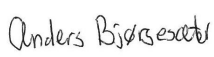
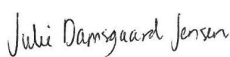
RAPPORT

Stokastisk oljedriftsimulering, miljørisikoanalyse og
beredskabsanalyse for Ormen Lange

En analyse for A/S Norske Shell



GODKJENNINGSTABELL

Rapporttittel: Stokastisk oljedriftsimulering, miljørisikoanalyse og beredskapsanalyse for Ormen Lange	
Kunde: A/S Norske Shell	Kundekontakt: Ragnhild Båtnes Berntsen
Utført av: Anders Bjørgesæter	Signatur: 
Kontrollert av: Julie Damsgaard Jensen	Signatur: 
Versjon: VERSJON-02	Dato: 01.10.2021
Aconas prosjektnummer: 820326	
Referer til denne rapporten som: IKM Acona AS 2021. Stokastisk oljedriftsimulering, miljørisikoanalyse og beredskapsanalyse for Ormen Lange. En analyse for A/S Norske Shell. Versjonsdato: 01.10.2021. IKM Aconas prosjektnummer: 820326. www.acona.com .	

VERSJONSHISTORIKK

Versjon / Dato	Beskrivelse av endring:
VERSJON-01 27.09.2021	Utkast til kunden, for gjennomlesning og tilbakemelding
VERSJON-02 01.10.2021	Lagt til engelsk sammendrag. Endelig versjon

SAMMENDRAG

IKM Acona AS har gjennomført stokastiske oljedriftsimuleringer, miljørisikoanalyse og beredskapsanalyse på vegne av A/S Norske Shell for feltet Ormen Lange i Norskehavet. Analysene er helårlige og utført i samsvar med Styringsforskriften (paragraf 17), metode for miljørettet risikoanalyse (ERA Acute), veiledning for miljørettede beredskapsanalyser og dokumentet *Beste Praksis* for oljedriftsimuleringer.

Ormen Lange produserer i hovedsak gass, med en del kondensat, og analysene er gjennomført med Ormen Lange kondensat. Feltet ligger ca. 130 km sørvest for Draugen og ca. 80 km utenfor øyer i Sandøy kommune på kysten av Møre og Romsdal.

Feltet produserer fra fire havbunnsrammer med totalt plass til 24 dypvannsbrønner. Det er planlagt to produksjonsboringer og en boring som er definert som en leteboring i 2022. En utblåsning på feltet gir en begrenset utbredelse av olje på sjøoverflaten, lave oljekonsentrasjoner i vannkolonnen (< 58 ppb) og mindre enn 5,0 % sannsynlighet for stranding. Bestandtap og miljøskade er lav og klassifisert i ERA Acute's RDF-skadekategorier er det for alle VØK-er (sjøfugl, fisk og strand) og måneder 100 % sannsynlighet for miljøskade i laveste kategori (ubetydelig). Fremstilt i Shells risikomatrise gir dette utslag i lyseblått område (ingen eller svært liten innvirkning) for alle VØK-er. Resultatene fra analysen er i samsvar med resultater fra forrige miljørisikoanalyse (Acona AS 2019) med lite olje på sjøoverflaten og lav miljørisiko.

Kondensatet Ormen Lange er lite egnet for mekanisk oppsamling og kjemisk dispergering. Overvåkning vil være et viktig beredskapstiltak ved en akutt utslippsituasjon. Det er likevel gjort en teoretisk beregning av systembehov for mekanisk oppsamling vha. NOFO-systemer i barriere 1 og 2. Tilflytsraten til barrierene er lav (< 22 Sm³/d) og beregnet systembehov er ett system hver i barriere 1 og 2, som er minste systembehov som kan beregnes iht. standard metodikk. Dette gir en betydelig overkapasitet i barrierene og beregnet beredskapsbehov dekker (i tillegg til dimensjonerende scenario) høyeste utblåsningsrate for alle produksjonsrater på feltet og alle utblåsningsrater for boreoperasjoner.

Den etablerte beredskapsløsningen ved Ormen Lange er dekkende for den oppdaterte beredskapsanalysen.

EXECUTIVE SUMMARY

An environmental risk and oil spill contingency analysis has been performed for the Ormen Lange field in the Norwegian Sea. The analyses are performed in accordance with the Management regulations (section 17) using recommended industrial guidelines and methodology (ERA Acute and Norsk Olje og Gass guideline for environmental oil spill contingency analysis). The analyses are based on data from stochastic oil drift simulations performed with OSCAR v.11.0.1 in accordance with the document *Best Practice* for setup of oil drift simulations for environmental risk and oil spill contingency analysis.

The analyses cover the whole year with a seasonal and monthly resolution.

Ormen Lange produces gas and condensate. The field is located approximately 130 km southwest of Draugen and about 80 km off islands in Sandøy municipality on the coast of Møre og Romsdal. The field produces from four seabed templates, each with slots for eight wells. In the period 2021 - 2026, two new production wells and one exploration well are planned to be drilled.

A blowout on the field will result in relatively small influence areas on the sea surface, low oil concentration in the water column (< 58 ppb THC). There is less than 5% probability of oil beaching along the coastline. The estimated population loss on seabirds and marine mammals is low and it is not registered fish larvae loss. Categorised in ERA Acute damage categories, it is 100% probability of damage in the category defined as Insignificant Converted to Shell's risk matrix, this results in damage in the light blue risk area ("none" or "very small impact" and "low risk") for all natural resources. The results are in accordance with the results from the environmental risk analysis in 2019.

The Ormen Lange condensate is unsuitable for mechanical recovery and chemical dispersion. In the event of an acute discharge, monitoring will be an important contingency measure. Nevertheless, the analysis includes theoretical calculations of system requirements for mechanical recovery by use of NOFO-systems in barriers 1 and 2. The amount of emulsion into the barriers is low (<22 Sm³/d). The calculated system requirement is one system each in barriers 1 and 2, which is the minimum system requirement that can be calculated according to standard methodology. This means that there is a significant overcapacity in the barriers. The calculated emergency preparedness requirement covers (in addition to the dimensioning scenario) the highest blowout rate for all producers on the field and all estimated blowout rates for the drilling operations. The established emergency preparedness at Ormen Lange is valid for the updated oil spill contingency analysis.

FORKORTELSER OG DEFINISJONER

Akseptkriterier Operatørens aksepterte maksimalsannsynlighet for miljøskade i ulike skadekategorier. Benyttes for å avgjøre om en risiko akseptabel eller uakseptabel.

ALARP As low as reasonably practical: prinsipp som benyttes ved vurdering av risikoreducerende tiltak.

BA Beredskapsanalyse for akuttutslipp av olje.

Barriere Tekniske, operasjonelle og organisatoriske elementer som enkeltvis eller til sammen skal redusere muligheten for at konkrete feil, fare- og ulykkessituasjoner inntreffer, eller som begrenser eller forhindrer skader/ulempen.

DFU Definerte fare- og ulykkeshendelser.

Eksempelområder for oljevern Prioriterte kystområder forhåndsdefinert som dimensjonerende for oljevernberedskapen. Disse er karakterisert ved at de ligger i ytre kystsone, har høy tetthet av miljøprioriterte lokaliteter og som også på andre måter setter strenge krav til oljevernberedskapen.

Felt En samling installasjoner som borer/produserer fra ett eller flere reservoarer, eller innenfor et naturlig avgrenset geologisk område.

HI Havforskningsinstituttet.

IGSA InnsatsGruppe Strand Akutt. Operativ beredskapstjeneste med spesialopplæring og utstyr til rask og effektiv oppsamling av olje i strandsone.

IUA Interkommunalt Utvalg mot Akutt forurensning. Det interkommunale beredskapssamarbeidet som er delt inn i ulike IUA-regioner.

MDir Miljødirektoratet

MEMW Marine Environmental Modelling Workbench. Programvarepakke fra SINTEF.

MIRA Metode for miljørettet risikoanalyse.

MMB Maritim Miljø-Beredskap

MRA Miljørisikoanalyse (Environmental Risk Analysis). Risikoanalyse som vurderer risiko for ytre miljø.

NOFO Norsk oljevernforening for operatørselskap.

NOROG Norsk Olje og Gass. Forkortelsen OLF benyttes fremdeles for publikasjoner utgitt da organisasjonen het Oljeindustriens Landsforening.

NORSOK Norsk sokkels konkurranseposisjon. Et samarbeidsprosjekt mellom aktørene i oljeindustrien og myndighetene, mest kjent for NORSOK-standardene.

ODS Oljedriftsimulering.

Oljevernssystem Sett av utstyrsenheter for å samle sammen, ta opp og oppbevare oljeforurensning.

OR-fartøy Oljevern fartøy (Oil spill Response vessel). Del av NOFO-system, der den andre delen er et slepefartøy.

OSCAR Oil spill contingency and response. Modul for oljedriftsimuleringer i programvarepakken

MEMW 11.0.1 fra SINTEF.

PL Produksjonslisens.

Ptil Petroleumstilsynet.

Ressursskedefaktor Et mål på miljøskade som kombinerer effekt (f.eks. bestandstap) og konsekvens (f.eks. restitusjonstid).

Restitusjonstid Tiden det tar fra et oljeutslipp skjer og til restitusjon er oppnådd. Restitusjon er oppnådd når bestanden eller habitatet er tilbake på tilnærmet samme nivå som før oljeutslippet.

Skadekategorier Kategorisering av miljøskader i MRA analyser på grunnlag av ressursskedefaktor.

SVO Særlig verdifulle områder

THC Total Hydrocarbon Concentration. Total mengde hydrokarbon - inkluderer både dispergert olje og løste komponenter.

Vektet utblåsningsrate/-varighet Sannsynlighetsvektet gjennomsnitt av hhv. utblåsningsrate og -varighet.

VØK Verdsatt økosystemkomponent. En bestand og/eller et habitat som oppfyller et sett spesifikke definisjoner og prioriteringskriterier.

INNHold

Godkjenningstabell	2
Versjonshistorikk	3
Sammendrag	4
Executive summary	5
Forkortelser og definisjoner	6
Innhold	9
1 Introduksjon	10
1.1 Definerte fare- og ulykkeshendelser	13
1.1.1 Statistikk for hver DFU	13
1.2 Oljens forvitringsegenskaper	16
1.3 Risikomatrise	17
2 Områdebeskrivelse	19
3 Metoder	21
3.1 Oljedriftsimuleringer	21
3.2 Miljørisikoanalyse	23
3.2.1 Verdsatte økosystemkomponenter	25
3.3 Beredskapsanalyse	26
4 Resultater fra oljedriftsimulering	27
4.1 Influensområder	27
5 Resultater for miljørisikoanalyse	31
5.1 Effekt og miljøskade for utblåsninger	31
5.1.1 Resultater for sjøfugl på åpent hav	31
5.1.2 Resultater for sjøfugl ved kysten	34
5.1.3 Resultater for sel	34
5.1.4 Resultater for fisk	34
5.1.5 Resultater for strandhabitat	35
5.2 Miljørisiko	37
6 Oppsummering og konklusjon	40
7 Resultater for beredskapsanalyse	41

7.1	Krav til oljevernberedskap	41
7.2	Valg av dimensjonerende hendelse	41
7.3	Oljens forvitring og egenskaper relatert til beredskap	42
7.4	Beredskapsbehov på åpent hav	44
7.5	Oppsummering oljevernberedskap	46
Referanseliste		50
A Vedlegg: Resultater		51
A.1	Strandingsstatistikk for dimensjonerende scenarioer	51
B Vedlegg: Parametere benyttet i ERA Acute analysen		52
B.1	Sjøfugl og sjøpattedyr	52
B.2	Strandhabitat	55
B.3	Fisk	56
B.4	Oversikt geografiske bestander	58

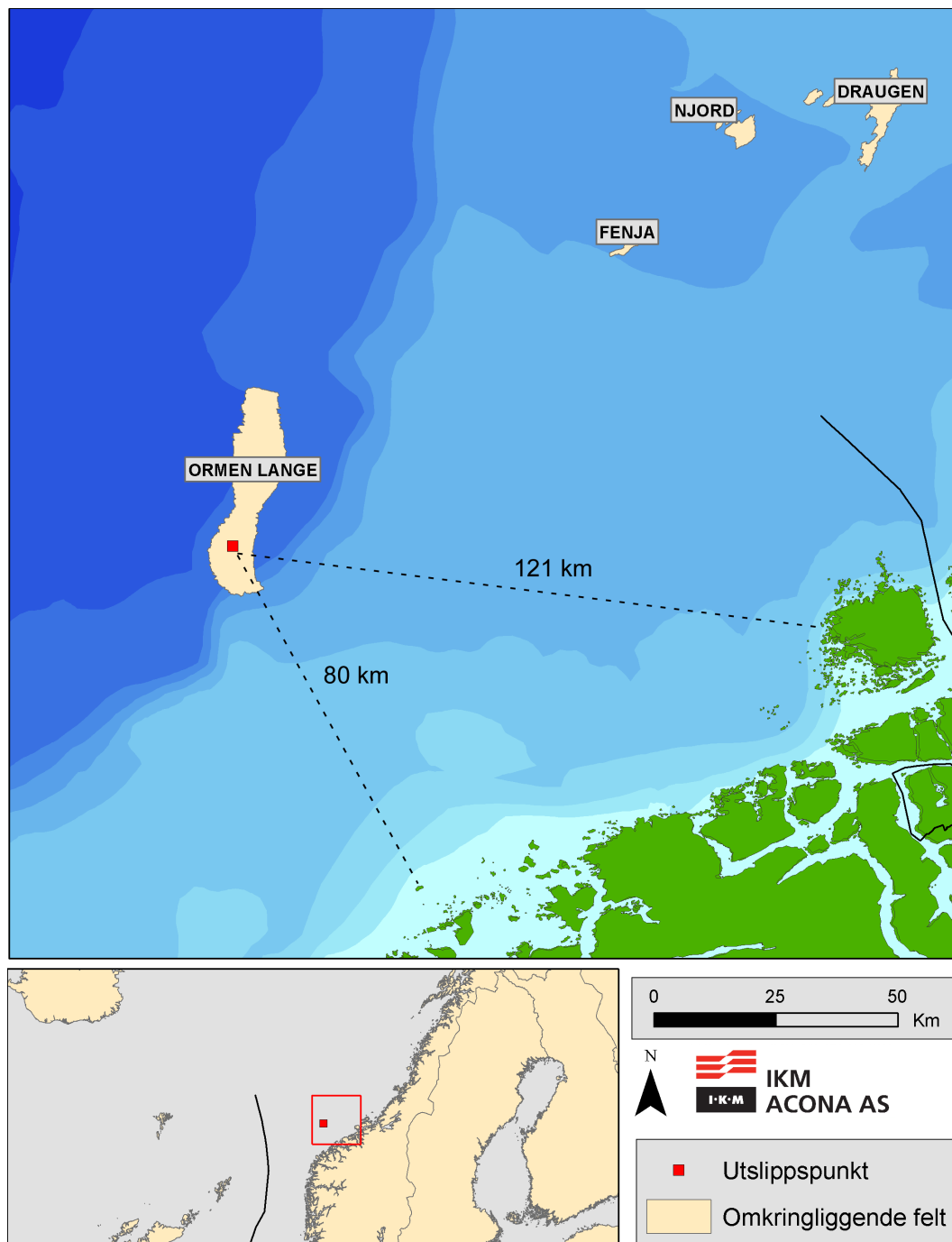
1 INTRODUKSJON

Denne rapporten er utarbeidet av IKM AconaAS, på vegne av A/S Norske Shell (heretter Shell). Rapporten inneholder følgende tre analyser: (1) stokastiske oljedriftsimuleringer, (2) miljørisikoanalyse, og (3) beredskapsanalyse for oljevern. Analysene er utført i samsvar med Styringsforskriften (paragraf 17), metode for miljørettet risikoanalyse (ERA Acute, Norsk olje og gass 2019) og dokumentet Beste Praksis for oljedriftsimuleringer utarbeidet på oppdrag fra Norsk Olje og Gass (Acona, Akvaplan-niva & DNV GL 2020) samt veiledning for miljørettede beredskapsanalyser (Norsk olje og gass 2013).

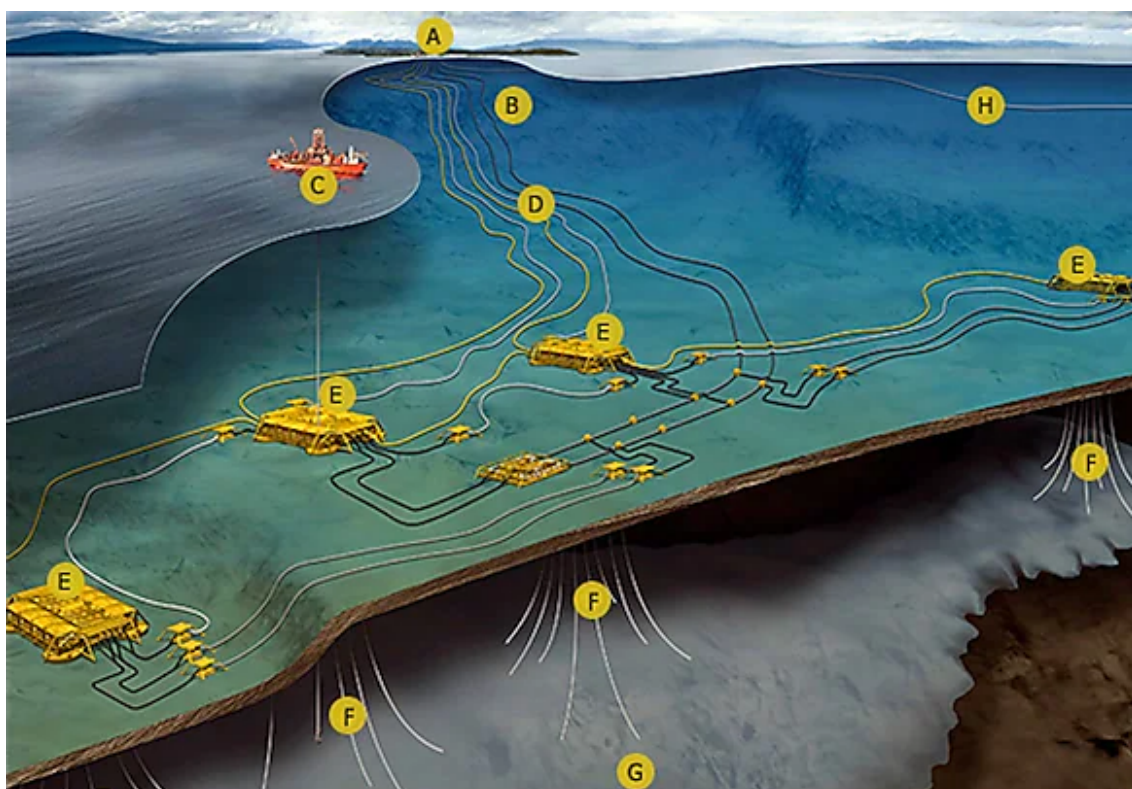
Ormen Lange ligger i den sørlige delen av Norskehavet i produksjonlisensene PL208, 209 og 250 i blokkene 6305/7 og 8 (figur 1.1). Nærmeste avstand til land er ca. 80 km, til mindre øyer og holmer utenfor kysten av Nordøyane i Møre og Romsdal. Vanndypet på feltet varierer mellom 800 og 1100 meter.

Ormen Lange er Norges nest største gassfelt og produserer også betydelige mengder kondensat. Feltet kom i produksjon i 2007. Lisenspartnerne er Shell (operatør), Equinor, Petoro, INEOS og Vår Energi. Feltet er bygget ut med fire havbunnsrammer, hver med åtte brønnsliiser og tilsammen 24 produksjonsbrønner. Feltet produseres med trykkavlastning. Gass og kondensat prosesseres på landanlegget på Nyhamna, 120 kilometer fra feltet (figur 1.2). Gassen eksporteres til Storbritannia gjennom Langeled, en av verdens lengste undersjøiske rørledninger. Ved normal produksjon på feltet er det ingen aktivitet på overflaten.

Lokasjon for feltet og utslippspunkt for analysene er vist i figur 1.1 og en oversikt over installasjonene på Ormen Lange er vist i figur 1.2.



Figur 1.1: Beliggenheten til Ormen Lange og omkringliggende felt. Den røde firkanten markerer posisjonen til utslippspunktet benyttet i oljedriftssimuleringene.



Figur 1.2: Oversikt over installasjonene på Ormen Lange. A: Nyhamna landanlegg, B: Storeegga, C: Boreskip, D: Rørledningssystem, E: Brønnrammene, F: Brønnene, G: Reservoaret, H: Eksportørledningen Langeled (kilde: www.shell.no).

1.1. Definerte fare- og ulykkeshendelser

1.1.1 DEFINERTE FARE- OG ULYKKESHENDELSER

For de planlagte aktivitetene ved Ormen Lange har Shell identifisert fire definerte fare- og ulykkessituasjoner (DFU) for miljørisikoanalysen: (1) utblåsninger under produksjon, (2) utblåsning under produksjonsboring (3) lekkasjer og brudd på eksportørledning til Nyhamna og (4) utblåsning under boring av en letebrønn. Det er ikke å planlagt brønnoperasjoner ved feltet ild de neste fem årene. En oversikt over aktiviteter som kan forårsake en utblåsning er gitt i tabell 1.1.

DFU-ene er nærmere beskrevet nedenfor.

Tabell 1.1: Oversikt over planlagte aktiviteter på Ormen Lange som kan forårsake en utblåsning.

Aktivitet	Antall	Basisfrekvens (per år)	Total frekvens (per år)
Produksjon	22	6.87E-05	6.87E-04
Produksjonsboring	2	3.78E-05	7.56E-05
Leteboring	1	1.36E-04	1.36E-04
SUM			8.90E-04

1.1.1.1 STATISTIKK FOR HVER DFU

Hver DFU er karakterisert ved tre ulike statistikker: (1) sannsynligheten (frekvensen) for utslipp, (2) sannsynlighetsfordelingen mellom sjøbunn- og overflateutslipp, og (3) sannsynlighetsfordeling av utslippsrater og -varigheter.

UTBLÅSNING UNDER PRODUKSJON En oversikt over utblåsningsratene til de produserende brønnene på feltet er gitt tabell 1.2. Ved normal drift vil det i 2022 være ti dypvannsbrønner som har utblåsningspotensial. Dette gir en samlet sannsynlighet for en utblåsning fra produksjonsbrønner på 6,87E-04 per år. Sannsynligheten er beregnet fra basisfrekvensen til produserende gassbrønner i SINTEF offshore blowout database 2020 (dvs. 6,87E-05 per år jf. tabell 1.1). Det kun aktuelt med utblåsninger på sjøbunnen.

Rate- og varighetsfordelingen benyttet i analysene er vist i tabell 1.3 (Shell 2021). Utblåsningsratene til brønnene er beregnet av fagekspertise i Shell iht. til NORSOK Z-10, interne retningslinjer og Beste Praksis for "Worst Case Discharge (WCSD)" beregninger (SR.17.10218 og EP201406213573).

Raten er basert på brønnen med størst produksjon (brønn D4 med planlagt oppstart i 2022). Dette gir et konservativt, men representativt estimat av utblåsningspotensialet til alle brønnene på feltet. Utblåsningsvarighetene er basert på varighetene beregnet for de to planlagte produksjonsboringene på feltet (se under). Vektet varighet for en utblåsning er 15,9 dager. Lengste varighet, som reflekterer nødvendig tid for boring av avlastningsbrønn, er 54 dager.

Tabell 1.2: Add caption

Brønn	Utblåsningsrate $\text{Sm}^3/\text{døgn}$	Vanndyp (m)	Kommentar
A2	0	850	0 $\text{Sm}^3/\text{døgn}$ pga. lavt trykk
A3	0	850	0 $\text{Sm}^3/\text{døgn}$ pga. lavt trykk
A4	0	850	0 $\text{Sm}^3/\text{døgn}$ pga. lavt trykk
A5	0	850	0 $\text{Sm}^3/\text{døgn}$ pga. lavt trykk
A6	0	850	0 $\text{Sm}^3/\text{døgn}$ pga. lavt trykk
A7	0	850	0 $\text{Sm}^3/\text{døgn}$ pga. lavt trykk
B2	0	855	0 $\text{Sm}^3/\text{døgn}$ pga. lavt trykk
B3	0	855	0 $\text{Sm}^3/\text{døgn}$ pga. lavt trykk
B6	Na	855	Brønn er lukket og vil bli stengt ned
B7	86	855	
C2	0	925	0 $\text{Sm}^3/\text{døgn}$ pga. lavt trykk
C6	0	925	0 $\text{Sm}^3/\text{døgn}$ pga. lavt trykk
C7	56	925	
D1	144	854	
D2	159	854	
D3	147	854	
D5	102	854	
D7	157	854	
D8	150	854	
C3	0	925	0 $\text{Sm}^3/\text{døgn}$ pga. lavt trykk
D4	384	854	Oppstart i 2022, kun Egga 3
D4	174	854	Oppstart i 2022, hele Egga

1.1. Definerte fare- og ulykkeshendelser

Tabell 1.3: Rate- og varighetsmatrisen for utblåsninger under produksjon på Ormen Lange. Utblåsningsraten er basert brønnen med størst produksjon (se tekst).

Utslippspunkt		Rater		Sannsynlighet for varighet				
Dybde	Sanns. (%)	Sm ³ /døgn	Sanns. (%)	2 dager	5 dager	15 dager	25 dager	54 dager
Sjøbunn	100	384	100	36	17	18	14	15

UTBLÅSNING UNDER PRODUKSJONSBORING Det planlegges å bore to nye produksjonsbrønner på feltet, C-3AH og D-4H. Rate- og varighetsfordelingen benyttet i analysene er vist i tabell 1.4. Dataene er aggregert fra rate- og varighetsmatrisen til brønnen med de høyeste ratene (D-4H) i utblåsningsstudiet (Ranold AS 2021) ihht. Beste Praksis for oppsett av stokastiske oljedriftsimuleringer for bruk i miljørisikoanalyser (Acona, Akvaplan-niva & DNV GL 2020).

Forutsatt at begge brønnen bores i samme år er sannsynligheten for en utblåsning 7,56E-04 per år (iht. statistikk for produksjonsboring av en normal gassbrønn i SINTEF's offshore blowout database for 2020). Gitt at en utblåsning finner sted, er sannsynligheten for overflate- og sjøbunnsutblåsninger hhv. 10% og 90%. Vektet utblåsningsrate og -varighet er hhv. 225 Sm³/d og 14,0 dager for overflateutblåsninger og 196 Sm³/d og 16,9 dager for sjøbunnsutblåsninger. Lengste varighet, som reflekterer nødvendig tid for boring av avlastningsbrønn, er 54 dager.

Tabell 1.4: Rate- og varighetsmatrisen for utblåsninger under produksjonsboring på Ormen Lange. Dataene er basert på brønnen med høyeste utblåsningsrater (D-4H) og er aggregert fra rate- og varighetsmatrisen oppgitt i Ranold AS (2021).

Utslippspunkt		Rater		Sannsynlighet for varighet				
Dybde	Sanns. (%)	Sm ³ /døgn	Sanns. (%)	2 dager	5 dager	15 dager	25 dager	54 dager
Overflate	10	61	4	47	18	15	3	17
	10	140	38	47	18	15	3	17
	10	195	21	47	18	15	3	17
	10	285	34	47	18	15	3	17
	10	931	4	47	18	15	3	17
Sjøbunn	90	51	4	36	17	18	14	15
	90	120	38	36	17	18	14	15
	90	166	21	36	17	18	14	15
	90	252	34	36	17	18	14	15
	90	818	4	36	17	18	14	15

LETEBORING Brønn C-3H, som planlegges boret i 2022, er definert som en letebrønn. Rate- og varighetsfordelingen benyttet i analysene er vist i tabell 1.5. Dataene er aggregert fra rate- og

1.2. Oljens forvittringsegenskaper

varighetsmatrisen til brønnen (Ranold AS 2021) ihht. Beste Praksis for oppsett av stokastiske oljedriftsimuleringer for bruk i miljørisikoanalyser (Acona, Akvaplan-niva & DNV GL 2020).

Sannsynligheten for en utblåsning er $1,36 \cdot 10^{-4}$ per år (iht. til statistikk for normal gassbrønn i SINTEFs offshore blowout database for 2020). Gitt at en utblåsning finner sted, er sannsynligheten for overflate- og sjøbunnsutblåsninger hhv. 10% og 90% (Ranold AS 2021). Vektet utblåsningsrate og -varighet er hhv. $261 \text{ Sm}^3/\text{d}$ og 16,7 dager for overflateutblåsninger og $258 \text{ Sm}^3/\text{d}$ og 18,3 dager for sjøbunnsutblåsninger. Lengste varighet, som reflekterer nødvendig tid for boring av avlastningsbrønn, er 70 dager.

Tabell 1.5: Rate- og varighetsmatrisen for utblåsninger under boring av letebrønn C3-H ved Ormen Lange. Dataene er aggregert fra rate- og varighetsmatrisen oppgitt i Ranold AS (2021).

Utslippspunkt		Rater		Sannsynlighet for varighet				
Dybde	Sanns. (%)	$\text{Sm}^3/\text{døgn}$	Sanns. (%)	2 dager	5 dager	15 dager	25 dager	70 dager
Overflate	10	128	42	47	18	15	3	17
	10	287	23	47	18	15	3	17
	10	400	31	47	18	15	3	17
	10	449	4	47	18	15	3	17
Sjøbunn	90	127	42	36	17	18	14	15
	90	291	23	36	17	18	14	15
	90	391	31	36	17	18	14	15
	90	439	4	36	17	18	14	15

LEKKASJER I forbindelse med miljørisikoanalyser for Ormen Lange i 2014 og 2019 er det utført PVTsim-analyse av en lekkasje fra eksportrørledningen til Nyhamna (Acona AS 2019; DNV GL 2014). Begge analysen konkluderte med at en eventuell lekkasje kun vil medføre utslipp av hydrokarbon i gassform. En lekkasje ved eksportrørledningen ble derfor ikke modellert i analysen. I forbindelse med oppdateringen av miljørisikoanalysen er gyldigheten til inngangsdataene til PVTsim-analysen gjennomgått og det er funnet at komposisjonen til hydrokarbon som fraktes i eksportrøret er tilnærmet lik hva som ble lagt til grunn i 2014 og 2019. Konklusjonene fra analysene er derfor fortsatt gyldig: utslipp av gass fra rørledningen vil ikke gi skade på naturressurser i en skadebasert miljørisikoanalyse. Hendelsen er derfor ikke modellert i OSCAR.

Andre mindre lekkasjer ved feltet er ikke tatt med i miljørisikoanalysen da de ikke forventes å kunne gi målbar skade på naturressurser i en miljørisikoanalyse.

1.2 OLJENS FORVITRINGSEGENSKAPER

Forvittringsegenskapene til Ormen Lange har blitt beskrevet av SINTEF (2008).

Ormen Lange er et kondensat med lavt innhold av voks og asfaltener. Kondensatet vil ikke ta

1.3. Risikomatrise

opp vann (emulgere). Dette bidrar til at viskositeten vil holde seg lav og kondensatet vil spre seg raskt på havoverflaten. Det høye innholdet av lette komponenter og den raske spredningen vil føre til en svært rask avdamping og kort levetid på sjøen. Den raske avdampningen gjør også at flammepunktet raskt når sjøtemperaturen.

Ved lave vindstyrker vil Ormen Lange kunne ha levetid på sjøen over noen dager, men som en oljefilm ("sheen") og ikke som et tykkere flak. Den lave viskositeten gjør at kondensatet vanskelig vil la seg samle opp med lenser og skimmere. På grunn av den korte predikerte levetiden på sjøen vil behandling med dispergeringsmidler i de aller fleste tilfeller være uaktuelt. Se også kapittel 7.3 i beredskapsanalysen for en mer detaljert beskrivelse av oljens egenskaper relatert til beredskap. Ormen Lange er et kondensat med lavt innhold av voks og asfaltener. Kondensatet vil ikke ta opp vann (emulgere). Dette bidrar til at viskositeten vil holde seg lav og kondensatet vil spre seg raskt på havoverflaten. Det høye innholdet av lette komponenter og den raske spredningen vil føre til en svært rask avdamping og kort levetid på sjøen. Den raske avdampningen gjør også at flammepunktet raskt når sjøtemperaturen.

Ved lave vindstyrker vil Ormen Lange kunne ha levetid på sjøen over flere dager, men som en oljefilm (sheen) og ikke som et tykkere flak

1.3 RISIKOMATRISSE

I ERA Acute er det anbefalt å benytte ressurssskedefaktoren (RDF) som mål på miljøskade i forbindelse med beregning og vurdering av miljørisiko. Enheten for RDF er bestands-år og km-år. Per i dag er det ikke utviklet egne akseptkriterier for RDF og det er således ikke mulig å beregne miljørisiko som andel av akseptkriterier tilsvarende det som har vært praksis ved MIRA-analyser. I stedet er aktiviteten ved Ormen Lange vurdert mot Shells risikomatriser i kapittel 5.2 (A/S Norske Shell 2019a,b).

En risikomatrise er et diagram for å oppsummere og beskrive risiko i to dimensjoner (figur 1.3). Skadekategorien er oppgitt på y-aksen og tilhørende sannsynlighet for skaden på x-aksen. Sannsynligheten for skaden (A - E) er frekvensen til hendelsene (DFU-ene) multiplisert med sannsynlighet for at skaden oppstår, gitt at hendelsen har funnet sted.

Fargeforklaring til Shells risikomatrise er som følger:

- **LYS-** og **MØRKEBLÅ**: Risiko er innenfor toleransegrensen og risikoreduserende tiltak er normalt sett ikke nødvendig. ALARP-prinsippet og kontinuerlig forbedring gjelder også her.
- **GUL**: Risiko kan tolereres dersom det er vurdert og iverksatt risikoreduserende tiltak basert på ALARP-prinsippet (As Low as Reasonably Practible).
- **RØD**: Risiko tolereres generelt ikke og risikoreduserende tiltak skal iverksettes

Mulige konsekvenser					A	B	C	D	E
Personskade P	Materielle skader A	Innvirkning på lokalsamfunn C	Innvirkning på miljø E	Alvorlighets grad	Aldri hørt om i industrien	Hørt om i industrien	Har funnet sted i UPO/N, eller mer enn én gang i året i UPO/Europe	Har funnet sted på anlegget, eller mer enn én gang i året i UPO/Europe	Har funnet sted på anlegget mer enn én gang i året
Ingen skader eller innvirkning på helse	Ingen skader	Ingen innvirkning	Ingen innvirkning	0					
Svært liten skade eller innvirkning på helse	Veldig små skader – kostnader mindre enn 100 000 USD	Svært liten innvirkning - Lokalbefolkning er klar over hendelse, men ingen merkbare bekymringer	Svært liten innvirkning – Svært liten miljøskade, men begrenset på stedet	1					
Mindre personskaade eller innvirkning på helse	Mindre skader – kostnader på mellom 100 000- 1 million USD	Liten innvirkning - Begrenset, kortvarig påvirkning/ubehag på lokalsamfunn. Lokal bekymring.	Liten innvirkning - Liten miljøskade, men uten varig virkning	2					
Alvorlig personskaade eller innvirkning på helse	Moderat skade – kostnader på mellom 1 og 10 millioner USD	Moderat innvirkning - Vedvarende påvirkning/ubehag på lokalsamfunn. Lokal eller regional bekymring. Lokalsamfunn, frivillig organisasjon, industri og myndigheter er oppmerksomme	Moderat innvirkning - Begrenset miljøskade som vil vedvare eller må samles/vaskes opp	3					
Skader som fører til medisinsk invaliditet eller opptil tre dødsfall	Store skader – kostnader på mellom 10 og 100 million USD	Stor innvirkning – Nasjonal bekymring eller innvirkning på forhold til lokale og nasjonale interesser	Stor innvirkning - Alvorlig miljøskade som vil kreve omfattende tiltak for å gjenopprette miljøet til god bruksstand	4					
Mer enn tre dødsfall	Massive skader - kostnader overstiger 100 millioner USD	Massiv innvirkning – Internasjonal bekymring eller høy grad av bekymring og tiltak fra myndigheter og/eller internasjonale frivillige organisasjoner.	Massiv innvirkning - Vedvarende, alvorlig miljøskade som vil føre til tap av naturressurser over et stort område	5					

Figur 1.3: A/S Norske Shell sin risikomatrix for vurdering av miljørisiko (A/S Norske Shell 2019c).

2 OMRÅDEBESKRIVELSE

I dette kapittelet følger en beskrivelse av viktige områder for verdsettinge økosystemkomponenter (VØK) som kan være sårbare ved oljeutslipp ved Ormen Lange. Områdene er vist i kart i figur 2.1. Se forøvrig beskrivelse av verdifulle og sårbare områder i Helhetlig forvaltningsplan for de norske havområdene (Klima- og miljødepartementet 2020).

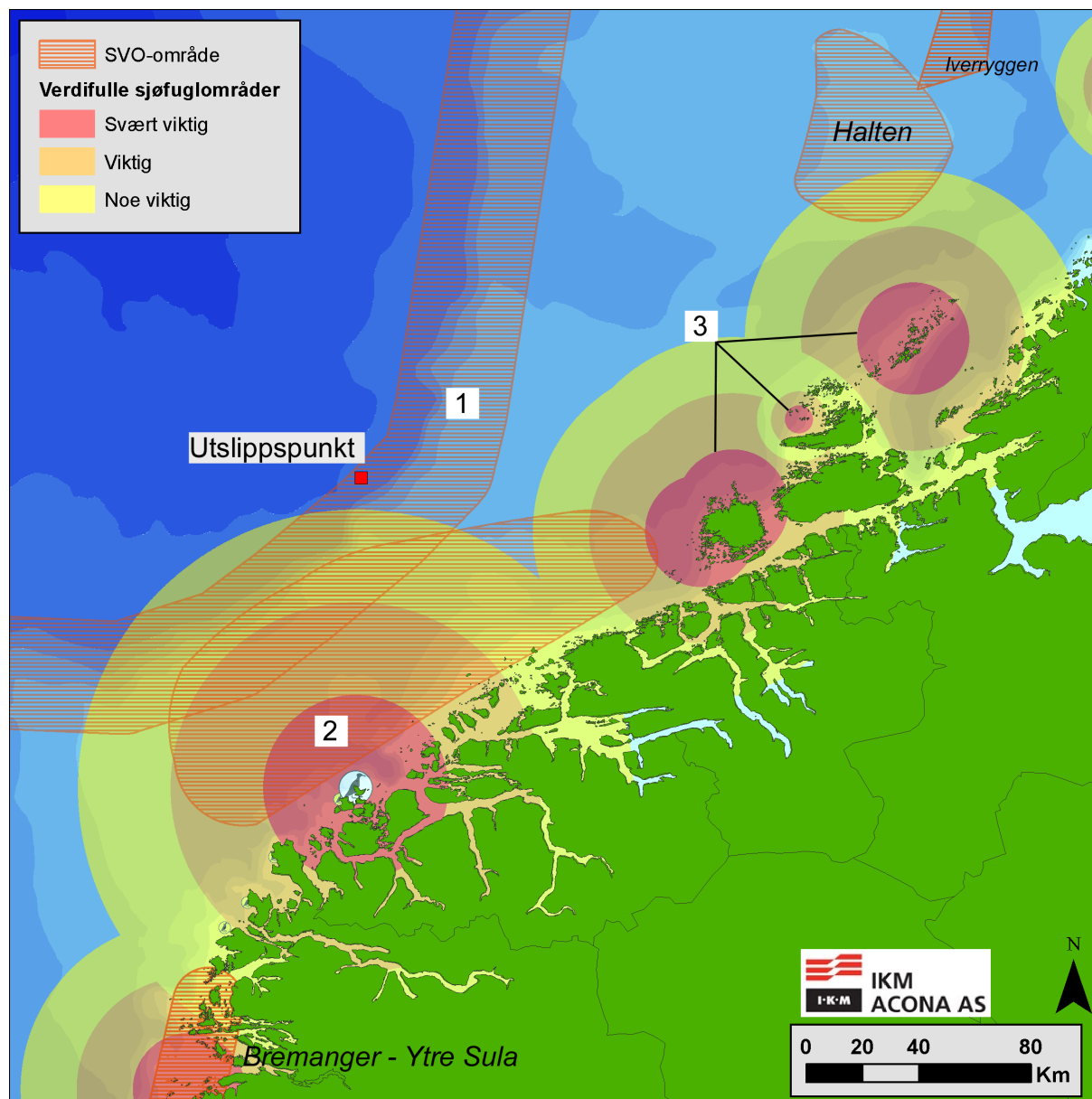
(1) **EGGAKANTEN** Eggakanten angir grensen mellom kontinentalsokkelen og dyphavet og inkluderer kontinentalskråningen. Avstanden til kysten varierer betraktelig, og Eggakanten ligger nærmest norskehavskysten i Sunnmøre og utenfor kysten av Vesterålen/Lofoten og Andøya. Atlanterhavsstrømmen og kyststrømmen bringer opp næringsrikt vann fra dyphavet langs kanten, noe som gir høy produksjon av plante- og dyreplankton. Området fungerer som transportområde for gyteprodukter og er et viktig beiteområde for bardehval, spermhval og pelagisk sjøfugl som alkefugl, havhest og krykkje. Dypvannsfisk som uer, snabeluer, blåkveite og vassild har gyteområder langs ulike deler av Eggakanten. Området har også høy tetthet av korallrev og svamptilstand og kartlegging av havbunnen har avdekket at det kan finnes flere potensielt nye naturtyper og kandidater til ansvarsarter for Norge i området. Eggakanten er definert som SVO-område i Helhetlig forvaltningsplan for de norske havområdene.

(2) **MØREKYSTEN MED RUNDE** Mørebankene er hovedgyteområde for norsk vårgytende sild og svært viktig gyteområde for nordøstarktisk torsk og nordøstarktisk sei. Om våren og sommeren er det stor tetthet av fiskelarver og -yngel på bankene noe som er avgjørende for hekkesuksessen til sjøfuglarter som lunde, lomvi og krykkje da disse artene i liten grad kan nyttiggjøre seg voksenalder fisk som matkilde. Spekkhogger er tilknyttet Mørebankene tidlig på våren, når silden gyter, og området er et viktig beiteområde for sjøfugl som beiter på pelagiske fiskearter. Mørebankene er vurdert som et SVO-område i forvaltningsplanen for Norskehavet.

Runde er det sørligste store fuglefjellet i Norge og i Skandinavia med store hekkekolonier av pelagiske arter som lunde, havsule, krykkje, alke, lomvi og havhest, men er også et viktig hekkeområde for kystbundne sjøfuglarter som for eksempel toppskarv Mørkekysten i sin helhet, og spesielt området fra Stadlandet til Sandøy, er et viktig kaste- og leveområde for steinkobbe.

(3) **FRØYA, FROAN OG SMØLA** Øygruppen Froan er et av de viktigste marine verneområdene i Norge. Øygruppen består av Froan naturreservat og landskapsvernområde med tilhørende dyrelivsfredning. Området er svært viktig som hekke- og overvintringsområde for kystbundne sjøfuglarter, med blant annet flere store hekkekolonier av storskarv og teist. Både steinkobbe og havert har betydelige kastekolonier på øygruppa, og mer enn halvparten av Norges havertpopulasjon kaster ungene sine her. SVO-området inkluderer sokkelområdet, fra kysten og ut til og med Sularevet (Froan-Sularevet). Området er kandidat område for nasjonal marin verneplan med formål å ta vare på verneverdier som er representative for den indre del av midtnorsk sokkel. Det er utarbeidet en egen forvaltningsplan for Froan. Området rundt

Smøla inneholder flere viktige hekke- og overvintringsområder for kystbunden sjøfugl som toppskarv, storskarv, ærfugl og sildemåke. Smøla inneholder også flere viktige kasteområder for steinkobbe og området er spesielt viktig i vinter- og vårsesongen.



Figur 2.1: Viktige områder for verdsette økosystemkomponenter som kan være sårbare ved oljeutslipp ved Ormen Lange. (1) Eggakanten (2) Mørebankene og Runde (3) Frøya, Froan og Smøla. Den røde firkanten markerer posisjonen til utslippspunktet benyttet i oljedriftssimuleringene.

3 METODER

Påfølgende kapitler gir en kort oversikt over metoder og inngangsdata. Metodikk for ERA Acute er beskrevet av Acona (2015), DNV (2015), SINTEF og DNV GL (2015) og Stephansen et al. (2021). Alle rapportene er tilgjengelig på Norsk olje og gass sine nettsider og Springer Nature (<https://library.oapen.org/handle/20.500.12657/48711>).

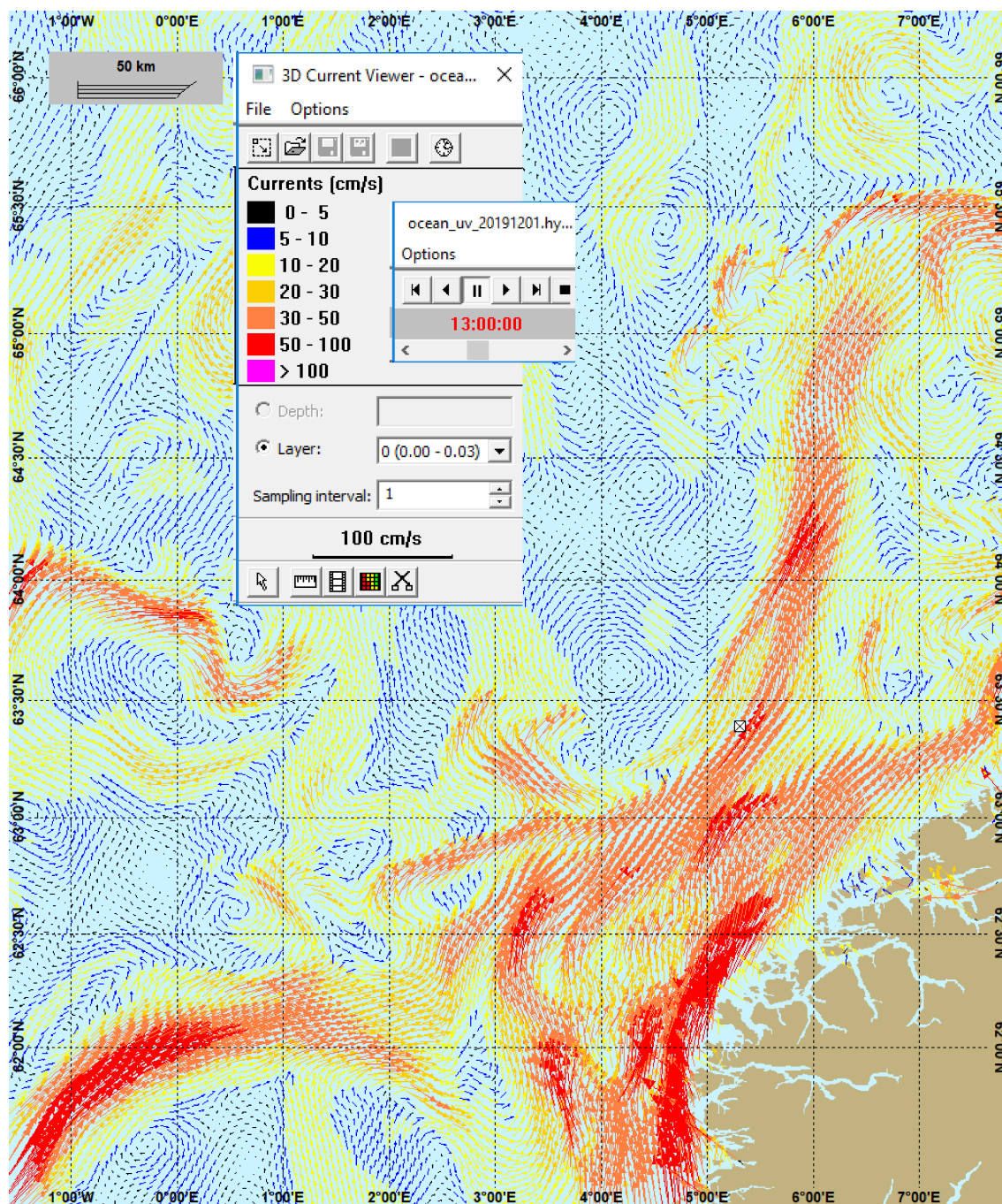
3.1 OLJEDRIFTSIMULERINGER

Oljens fysiske utbredelse er estimert vha. stokastiske oljedriftsimuleringer (ODS) med programvaren Oil Spill Contingency And Response (OSCAR) (SINTEF 2019), en del av programvarepakken MEMW 11.0.1 fra SINTEF. Modellen er satt opp i henhold til *Beste Praksis* for oljedriftmodellering for ERA Acute miljørisikoanalyser (Acona, Akvaplan-niva & DNV GL 2020).

Det er modellert totalt 100 utblåsningsscenarioer (unike kombinasjoner av utslippsdyp, -rate og -varighet) (produksjon: 10, produksjonsboring: 50, leteboring: 40) med totalt 21 600 enkeltsimuleringer (produksjon: 2 160, produksjonsboring: 10 800, leteboring: 8 640).

Vind- og havstrømdata er fra hhv. NORA10 (2010-2019) og SVIM (2010-2019). Vinddataene har horisontal- og tidoppløsning på hhv. 10 km og 3 timer. Strømdataene har horisontal- og tidsoppløsning på hhv. 4 km og 1 dag .

En illustrasjon av overflatestrøm fra SVIM arkivet er vist i figur 3.1. Hastigheten er vist ved ulike fargekoder og lengde på vektorene (pilene).



Figur 3.1: Illustrasjon av overflatestrømmer i Norskehavet. Figuren viser et øyeblikksbilde for 1. desember 2019. Kilde: Metrologisk institutt, SVIM arkivet.

3.2 MILJØRISIKOANALYSE

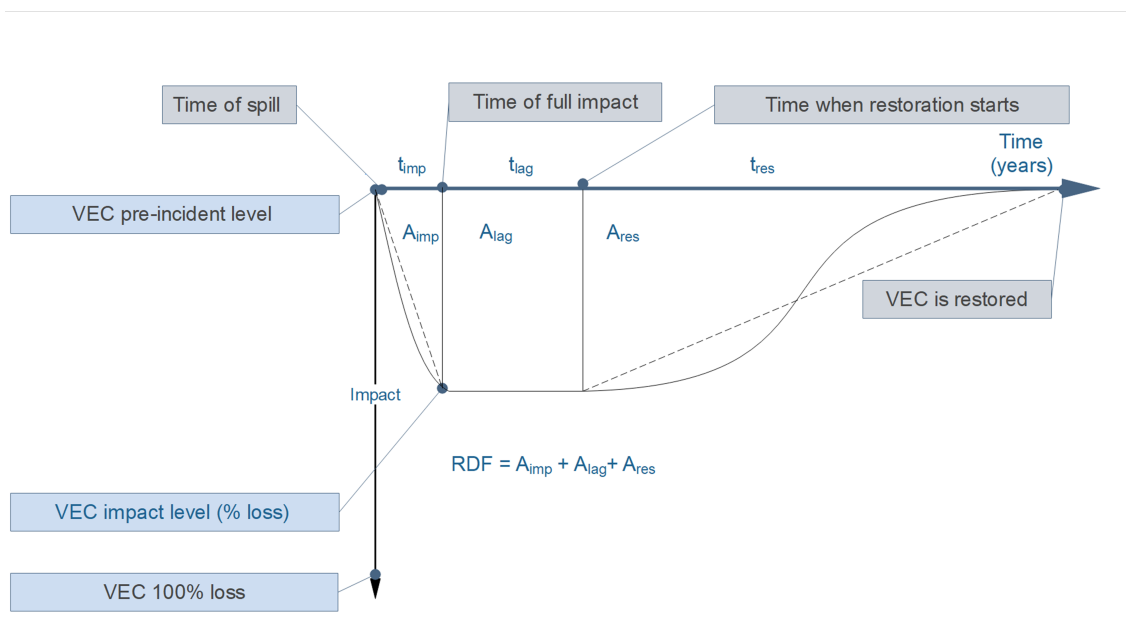
Miljørisikoanalysen er utført i henhold til Norsk Olje og Gass veiledning for gjennomføring av miljørisikoanalyser for petroleumsaktiviteten på norsk sokkel, ERA Acute (Norsk olje og gass 2020). Det er benyttet ERA Acute Programvare v.1.1.1 med kjernekalculator v. 2.0.1.

I en ERA Acute analyse beregnes det tre hovedendepunkter:

- Effekt (bestandstap, larvetap og lengde berørt strandlinje)
- Konsekvens (restitusjonstid)
- Ressursskedefaktor, RDF (miljøskade)

Ressursskedefaktoren (RDF) er et mål på miljøskade som kombinerer effekt og konsekvens (se figur 3.2) og benyttes i forbindelse med beregning av miljørisiko for å vurdere om operatørens kriterier for akseptabel skade på ytre miljø er oppfylt. Anbefalte kategorier for illustrasjon av de tre endepunktene er gitt i tabell 3.1, 3.2 og 3.3. En oversikt over parametere benyttet i analysen er gitt i vedlegg B.

Grenseverdiene for RDF-kategoriene er konstruert fra effekt- og konsekvenskategorier utarbeidet i samarbeid mellom operatørselskapene og NOROG (Acona, Akvaplan-niva og DNV GL 2020). Nomenkaltur for kategoriene er utarbeidet av operatørene Vår Energi, Aker BP, Equinor og Wintershall Dea. Skadekategoriene i ERA Acute er avstemt med konsekvenskategoriene i Shells risikomatrix i tabell 3.4 (A/S Norske Shell 2019b).



Figur 3.2: Illustrasjon av bruk av bestandstap, larvetap og berørt lengde strandlinje ("impact") og restitusjonstid ($t_{imp} + t_{lag} + t_{res}$) for å beregne ressurskedefaktoren (RDF). VEC = Valuable Ecosystem Component. Kilde: Stephansen et al. (2021).

Tabell 3.1: Kategorier for presentasjon av beregnet effekt for VØK-er på sjøoverflate, vannkolonne og strandlinje.

VØK-gruppe	Enhet	Effektkategorier - bestandstap, larvetap og km berørt strandlinje						
		Kat. 1	Kat. 2	Kat. 3	Kat. 4	Kat. 5	Kat. 6	Kat. 7
Sjøfugl, sjøpattedyr	%-bestandstap	0–1	1–5	5–10	10–20	20–30	30–50	50–100
Fiskeegg/ larver	%-larvetap	0–1	1–5	5–10	10–20	20–30	30–50	50–100
Strandhabitat, fauna (ESI 1-10)	km	0–1	1–50	50–250	250–500	500–1 000	1 000–2 000	>2 000
Strandhabitat, flora (ESI 8-10)	km	0–1	1–30	30–150	150–300	300–600	600–1 200	>1 200

Tabell 3.2: Kategorier for presentasjon av beregnet konsekvens (restitusjonstid) for VØK-er på sjøoverflate, vannkolonne og strandlinje.

VØK gruppe	Enhet	Skadekategorier - restitusjonstid						
		Kat. 1	Kat. 2	Kat. 3	Kat. 4	Kat. 5	Kat. 6	Kat. 7
Sjøfugl, sjøpattedyr og fisk	År	0–1	1–5	5–10	10–20	20–30	30–40	>40
Strandhabitat. Fauna og flora	År	0-1	1–3	3–5	5–7	7–9	9–11	>11

Tabell 3.3: Kategorier for presentasjon av beregnet skade (RDF) for VØK-er på sjøoverflate, vannkolonne og strandlinje.

VØK gruppe	Enhet	Skadekategorier - ressurskedefaktor						
		Ubetydelig	Liten	Moderat	Alvorlig	Svært alvorlig	Stor	Katastrofal
Sjøfugl, sjøpattedyr	bestands-år	0–10	10–50	50–100	100–200	200–400	400–800	>800
Fiskeegg/ larver	bestands-år	0–10	10–50	50–100	100–200	200–400	400–800	>800
Strandhabitat, fauna (ESI 1-10)	km-år	0–10	10–350	350–2 000	2 000–4 000	4 000–8 000	8 000–16 000	>16 000
Strandhabitat, flora (ESI 8-10)	km-år	0–5	5–150	150–750	750–1 500	1 500–3000	3 000–6 000	>6 000

Tabell 3.4: Skadekategorier benyttet i ERA Acute og tilhørende konsekvenskategorier i risikomatrisen til Shell.

ERA Acute kategorier	Shells kategorier
Ubetydelig	Alvorlighetsgrad 0 (Ingen innvirkning)
Liten	Alvorlighetsgrad 1 (Svært liten innvirkning)
Moderat	Alvorlighetsgrad 2 (Liten innvirkning)
Alvorlig	Alvorlighetsgrad 3 (Moderat innvirkning)
Svært alvorlig	Alvorlighetsgrad 4 (Stor innvirkning)
Stor	Alvorlighetsgrad 4 (Stor innvirkning)
Katastrofal	Alvorlighetsgrad 5 (Massiv innvirkning)

3.2.1 VERDSATTE ØKOSYSTEMKOMPONENTER

Viktige inngangsdata til miljørisikoanalysen er verdsatte økosystemkomponenter (VØK). Det er benyttet siste oppdaterte datasett for alle VØK-grupper i analysen:

- Sjøfugl - Åpent hav: SEATRACK, 2021 (regionale bestander og kolonier)
- Sjøfugl - Kyst: NINA, 26.11.2018
- Gyteområder: HI, 18.04.2020
- Fiskelarver og -egg: HI, 16.10.2018
- Sjøpattedyr (sel): MRDB, 02.09.2010
- Strandhabitat: Akvaplan-niva og DNV GL, 02.09.2019

Sjøfugldataene anvendt for denne rapporten omfatter to datasett: (1) Datasett for åpent hav som omfatter seks arter fra SEATRACK-programmet delt inn i fem bestander (Nordsjøen, Norskehavet, Barentshavet, Russland og Storbritannia) (Fauchald 2016; Fauchald et al. 2019, 2021; Seatrack 2019), samt ny tilrettelegging av data for alke og havsule fra SEAPOP 2013, tilrettelagt i samråd med NINA, (2) datasett for kyst omfatter 41 arter der alle delt inn i nasjonale bestander (Systad et al. 2018).

Datasett for sjøpattedyr består av to arter, steinkobbe og havert, begge delt inn i tre regionale bestander. Fisk er delt inn to typer datasett: (1) Gyteprodukter for nordøstarktisk torsk og norsk vårgytende sild og (2) gyteområder til 13 utvalgte fiskebestander. Førstnevnte består av gyteprodukter for hhv. 15 og 12 årsklasser i perioden mellom 2000 og 2014. Strandhabitatdata for ERA Acute er basert på ESI-klassifisering (Environmental Sensitivity Index) av ti ulike strandtyper (tabell 3.5) (Akvaplan-niva, DNV GL 2019).

Planktonorganismer med unntak av fiskeegg og -larver er ikke tatt med i analysen pga. deres lave sensitivitet for olje, noe som skyldes stor geografisk fordeling av de enkelte artene og kort restitusjonstid.

3.3. Beredskapsanalyse

Tabell 3.5: Oversikt over ESI-strandtyper i datasettet for norskekysten. Originale navn på ESI-kategoriene er gitt i parenteser.

ESI Rank	Beskrivelse av ESI strandhabitat (strandtyper)	Flora	Fauna
ESI 1	Ekspontert strandberg (exposed, rocky shores and cliffs with boulder talus base, man-made structures)		x
ESI 4	Sandstrand (coarse-grained sand beaches)		x
ESI 6	Steinstrand og ekspontert blokkstrand og ur (gravel beaches and riprap)		x
ESI 7	Ekspontert tørrfall (exposed tidal flats)		x
ESI 8	Beskyttet strandberg, klippe, menneskeskapt, blokkstrand og ur (sheltered, scarps in bedrock, mud, clay, rocky shores, solid, man-made structures, riprap, rocky rubble shores, peat shorelines)	x	x
ESI 9	Beskyttet tørrfall og leirstrand (sheltered tidal flats, vegetated low banks, hypersaline tidal flats)	x	x

3.3 BEREDSKAPSANALYSE

Beredskapsanalysen er utført i henhold til *veiledning for miljørettede beredskapsanalyser* (Norsk olje og gass 2021) og NOFOs planforutsetninger for oljevernberedskap (www.nofo.no/planverk) og ved hjelp av BarKal v. 15. Mekanisk oppsamling og kjemisk dispergering er i den oppdaterte veilederen likeverdige tiltaksalternativer, og den ansvarlige for petroleumsaktiviteten skal vurdere begge alternativer når de planlegger oljevernberedskap.

Behov for resurser for oljevern (ressursbehov) er beregnet for følgende barrierer:

- Barriere 1: Bekjempelse nær utslippskilden
- Barriere 2: Bekjempelse på åpent hav langs drivbanen mellom kilden og kysten

Det er ikke beregnet ressursbehov for oljevernberedskap i barrierene 3, 4 og 5 pga. det er mindre enn 5% sannsynlighet for stranding av olje (ytelseskravet til barrierene er at de skal ha tilstrekkelig kapasitet til å håndtere 95-persentilen til strandet emulsjonsmengde, som i denne analysen er 0). Resultatene fra beredskapsanalysen danner beslutningsgrunnlag for operatørens valg av avtalefestet stående beredskapsløsning.

4 RESULTATER FRA OLJEDRIFTSIMULERING

Resultatene fra de helårige stokastiske oljedriftsimuleringene presenteres som influensområder for to perioder: vinterhalvår (oktober-mars) og sommerhalvår (april-september). Strandingsstatistikken til de dimensjonernde scenarioene for beredskapen er gitt i tabell [A.1](#) i vedlegg [A](#).

4.1 INFLUENSOMRÅDER

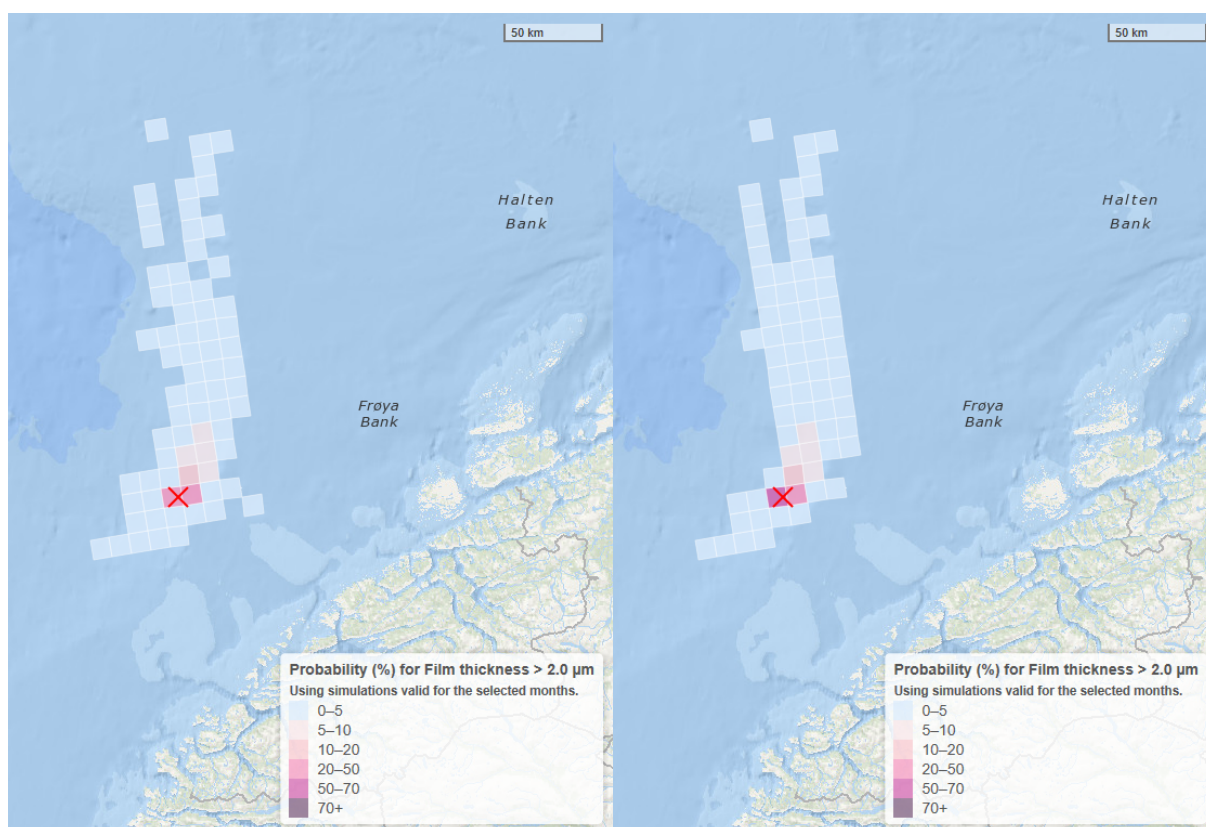
Influensområdene for olje på sjøoverflaten, i vannkolonnen og akkumulert på strandlinjen består av alle 10×10 km kartruter som har mer olje enn en viss grenseverdi i mer enn 5 % enkeltsimuleringene. Grenseverdien representerer nedre grense for miljøskade, og er 2 mikrometer for sjøoverflaten, 1 tonn per 10×10 km kartrute for strandlinjen¹ og 58 ppb THC (Total Hydrocarbon Concentration, oppløst og i dråpeform) for vannkolonnen. Merk at influensområdene ikke viser omfanget av et enkelt oljeutslipp, men er en statistisk størrelse som er beregnet fra enkeltsimuleringer og angir sannsynligheten for at en kartrute vil bli berørt av mer olje enn grenseverdien *forutsatt* at en utblåsning finner sted.

Gitt at en utblåsning finner sted under produksjon (DFU 1), produksjonsboring (DFU 2) eller boring av letebrønnen C-3H (DFU 3) er det kun kartruter på sjøoverflaten som har olje som overstiger grenseverdien i mer enn 5% av enkeltsimuleringene. Det er dermed ikke beregnet influensområder i vannkolonne eller på strandlinjen og figurer av disse er ikke vist.

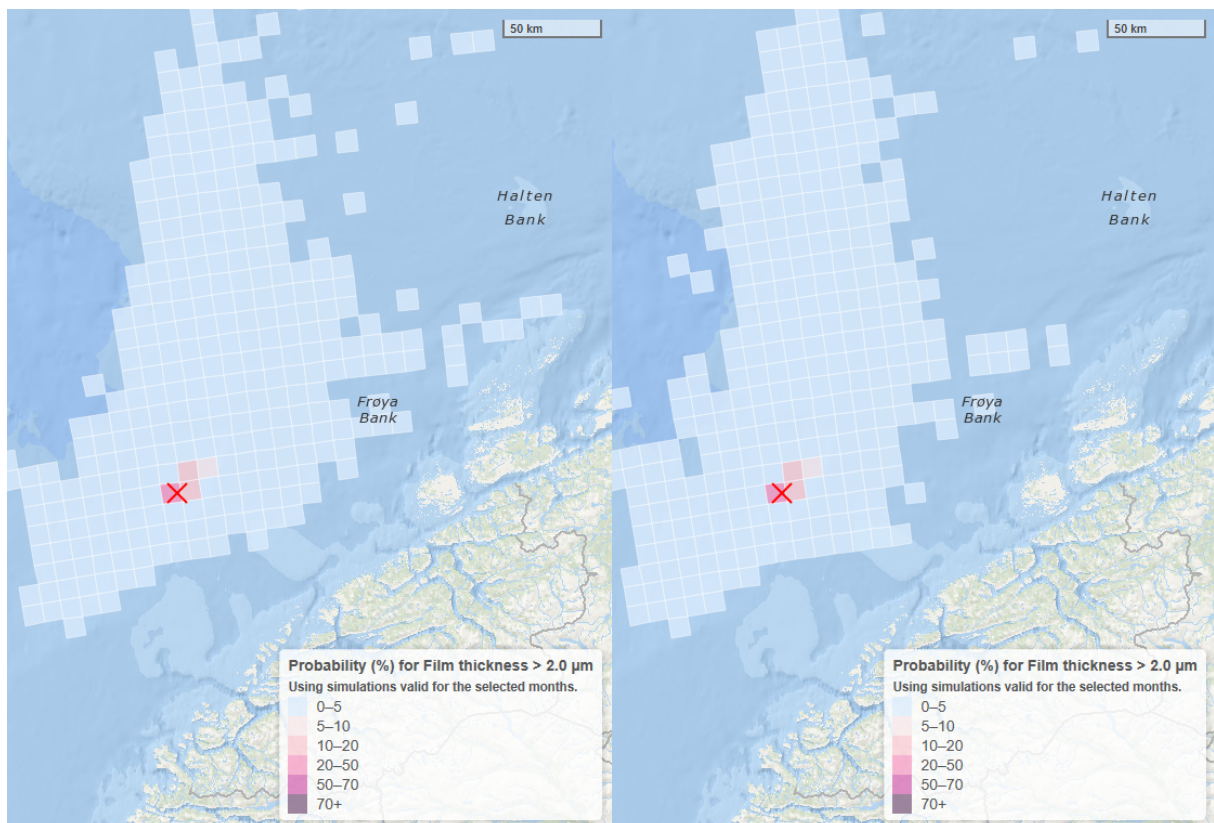
Illustrasjoner av influensområder på sjøoverflaten til DFU 1 (utblåsning under produksjon), DFU 2 (utblåsning under produksjonsboring) og DFU 3 (utblåsning ved boring av letebrønn) er gitt i hhv. figur [4.1](#), figur [4.2](#) og figur [4.3](#).

Influensområdene til alle DFU-ene har liten utstrekning og det er små forskjeller mellom vinter- og sommersesongen. I nordøstlig retning strekker de seg 25 til 50 km fra utslippspunktet. Det er utblåsning under produksjonsboring og leteboring som har størst influensområde (opptil syv 10×10 km kartruter versus fire ruter gitt en utblåsning under produksjon).

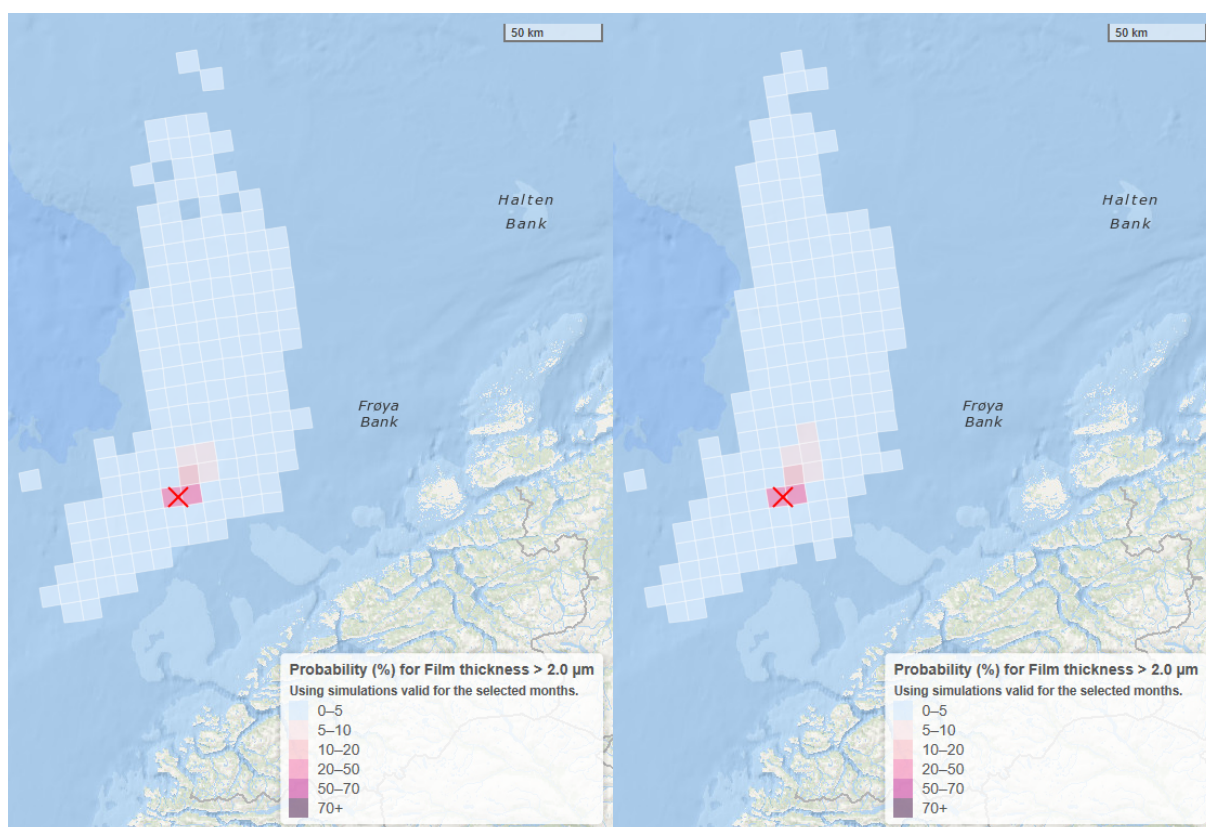
¹Grenseverdien for strand er 0,1 mm og 1 mm olje for fauna og flora. Tykkelsen beregnes fra strandet mengde olje basert på faktorer som hellingsgrad, tidevann og substrat.



Figur 4.1: Influensområdene for olje på sjøoverflaten, (vinterhalvår venstre og sommerhalvår høyre) gitt en utblåsning under produksjon ved Ormen Lange. Hvert område består av alle 10×10 km kartruter som har tykkere olje på overflaten enn 2 mikrometer i mer enn 5, 10, 20, 50 eller 70% av enkeltsimuleringene, gjengitt med ulike fargekoder.



Figur 4.2: Influensområdene for olje på sjøoverflaten, (vinterhalvår venstre og sommerhalvår høyre) gitt en utblåsning under produksjonsboring ved Ormen Lange. Hvert område består av alle 10×10 km kartruter som har tykkere olje på overflaten enn 2 mikrometer i mer enn 5, 10, 20, 50 eller 70% av enkeltsimuleringene, gjengitt med ulike fargekoder.



Figur 4.3: Influensområdene for olje på sjøoverflaten, (vinterhalvår venstre og sommerhalvår høyre) gitt en utblåsning under boring av letebrønn C-3H ved Ormen Lange. Hvert område består av alle 10×10 km kartruter som har tykkere olje på overflaten enn 2 mikrometer i mer enn 5, 10, 20, 50 eller 70% av enkelt-simuleringene, gjengitt med ulike fargekoder.

5 RESULTATER FOR MILJØRISIKOANALYSE

I dette kapitlet vises miljøskade (effekt og konsekvens) og miljørisiko for hver av DFU-ene ved Ormen Lange. Resultater presenteres for (1) sjøfugl fra datasett for åpent hav, (2) sjøfugl fra datasett for kyst, (3) sel, (4) fisk og (5) strandhabitat.

Presentasjon av resultatene fra miljørisikoanalysen er delt opp i to delkapitler:

- Kapittel 5.1 presenterer resultater for VØK-ene med høyest miljøskade og miljørisiko i hvert miljøkompartiment (overflate, vannkolonne og strand) for alle DFU-ene.
- Kapittel 5.2 presenterer miljørisiko og gir en vurdering av risikonivået for feltet.

På grunn av lavt skadepotensiale og miljørisiko er resultatene fra de ulike DFU-ene omtalt sammen for hver VØK-gruppe (sjøfugl på åpent hav, sjøfugl ved kysten, sel, fisk og strandhabitat). Det er gitt en oppsummering og konklusjon av miljørisikoanalysen i kapittel 6.

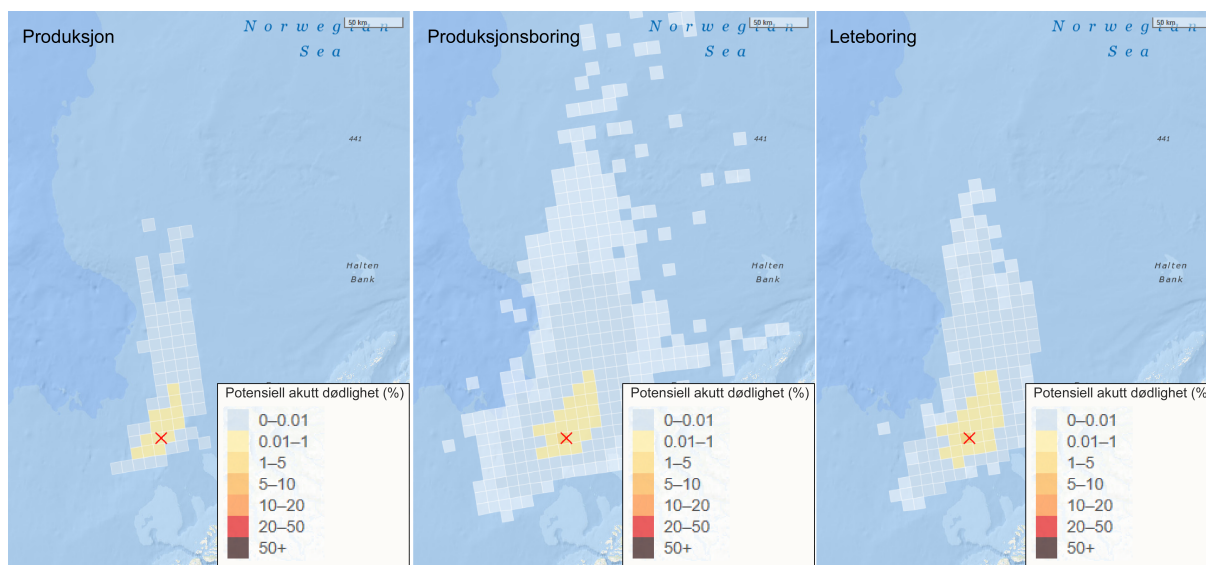
5.1 EFSEKT OG MILJØSKADE FOR UTBLÅSNINGER

5.1.1 RESULTATER FOR SJØFUGL PÅ ÅPENT HAV

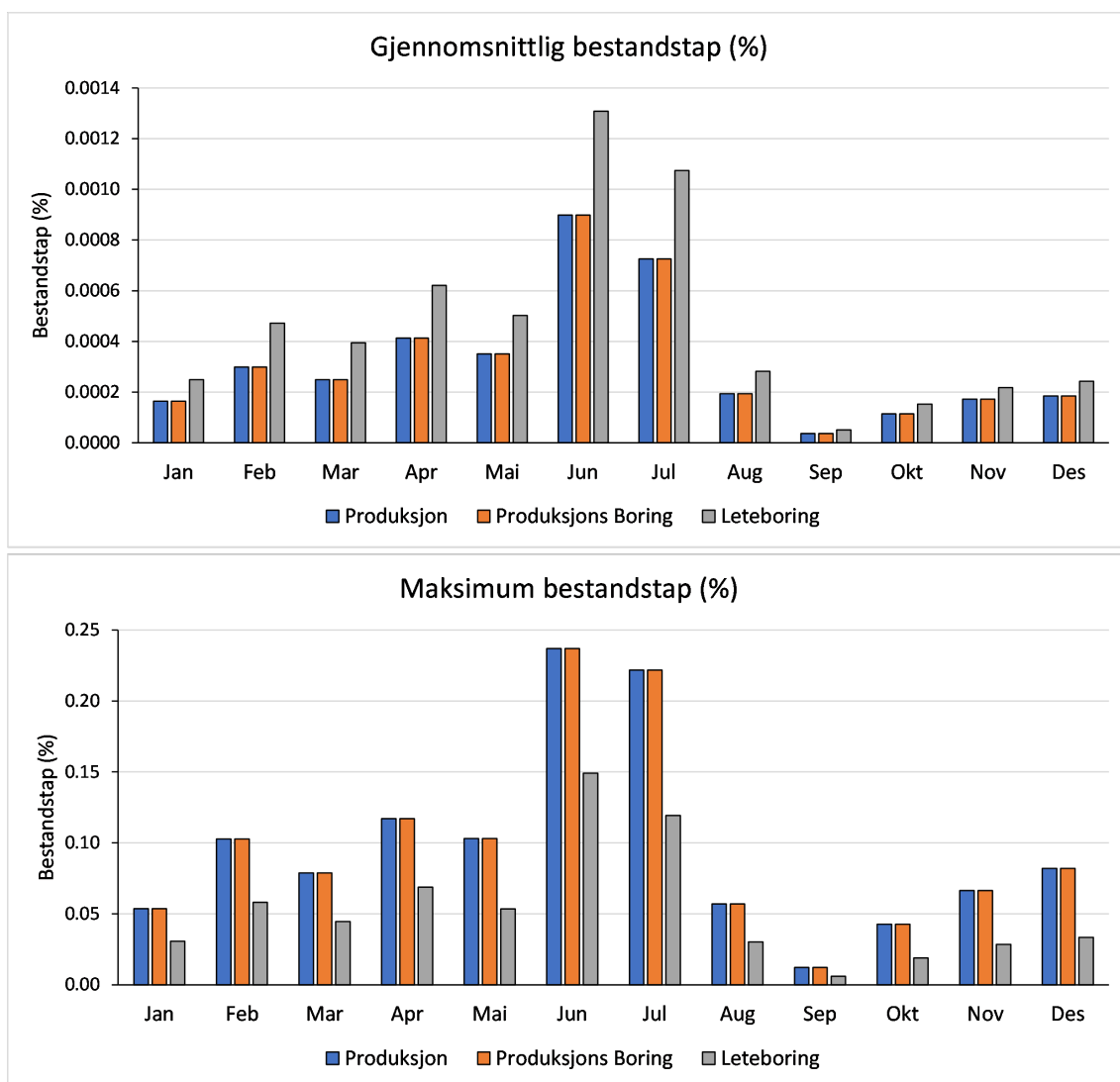
Dødelighet for sjøfugl og sjøpattedyr er i ERA Acute en funksjon av dekningsgrad og eksponeringstid av olje over en viss filmtykkelse på sjøoverflaten. Siden Ormen Lange-kondensatet har kort levetid på sjøen er det i nærområdet rundt brønnen man kan forvente størst dødelighet.

Et eksempel på forventet dødelighet for utblåsning under produksjon, produksjonsboring eller ved boring av brønn C-3H er vist i figur 5.1. Figuren viser forventet dødelighet til pelagisk dykkende sjøfugl i havområdet rundt utslippslokasjonen. En forventet akutt dødelighet på f.eks 5 % betyr at i gjennomsnitt 5 % av fuglene (individene) som befinner seg i kartruten vil bli drept forutsatt at en utblåsning finner sted. I 10 × 10 km-kartruten til utslippslokasjonen er forventet dødelighet på mellom 1 % og 5 %, og den avtar til mellom 0,01 % og 1 % i en avstand på opptil 50 km fra utslippslokasjonen. For utblåsning under produksjon vil forventet dødelighet ikke overstige 1 % i noen av kartrutene.

Figur 5.2 viser gjennomsnittlig og maksimum bestandstap til den mest berørte sjøfuglbestanden på åpent hav. Gjennomsnittlig bestandstap er svært lave og høyeste beregnede bestandstap for sjøfugl på åpent hav er: 0,24 % for produksjonsboring og 0,01 % for produksjon og boring av brønn C-3H. Dette gir tilnærmet 100 % sannsynlighet for en miljøskade mellom 0-10 bestands-år, dvs. i ERA Acute kategorien ubetydelig (jf. tabell 3.1). Figurerer med sannsynligheter for miljøskade i de ulike skadekategoriene er derfor ikke vist.



Figur 5.1: Forventet dødelighet for pelagisk dykkende sjøfugl forutsatt at de er tilstede i havområdet ved Ormen Lange ("Level A1 analyse i ERA Acute"). Utblåsning under produksjon til venstre, utblåsning under produksjonsboring i midten og utblåsning under boring av brønn C-3H til høyre. Det er ingen kartruter der forventet dødelighet overstiger 5%. Utslippspunktet er markert med et rødt kryss.



Figur 5.2: Illustrasjon av gjennomsnittlig og maksimum bestandstap for sjøfugl på åpent hav gitt en utblåsning under produksjon, produksjonsboring og boring av brønn C-3H ved Ormen Lange. Grafen er for norskehavsbestanden av havhest som var den mest utsatte bestanden.

5.1. Effekt og miljøskade for utblåsninger

5.1.2 RESULTATER FOR SJØFUGL VED KYSTEN

Som vist i figur 5.1 er det kun i nærområdet til brønnen det vil være antatt skadelig olje på sjøoverflaten og svært lite olje når kysten. Beregnet bestandstap for sjøfugl langs kysten er derfor svært lavt ($< 1\%$) og figurerer med gjennomsnitt- og maksimumstap, og sannsynligheter for miljøskade i de ulike skadekategoriene er derfor ikke vist.

5.1.3 RESULTATER FOR SEL

Bestandstap for sel (steinkobbe og havert) er lavere enn for kystfugl ($< 1\%$) og figurerer med gjennomsnitt- og maksimumstap, og sannsynligheter for miljøskade i de ulike skadekategoriene er derfor ikke vist.

ANDRE SJØPATTEDYR Hval som befinner seg i havområdet rundt borelokasjonen kan være utsatte for oljeeksponering ved en hendelse. Enkeltindivider og flokker av delfiner som f.eks kvitnos vil kunne eksponeres for olje. Per i dag foreligger det ikke forekomst- og utbredelsesdata som er egnet for bruk i kvantitative miljørisikoanalyser. Hval på åpent hav er imidlertid generelt sett vurdert å ikke være sårbare på bestandsnivå ved oljeutslipp, og skade på enkeltflokker eller -individer vil ikke kunne fanges opp i en miljørisikoanalyse pga. det ikke gir en målbar skade på bestandene.

5.1.4 RESULTATER FOR FISK

Oljekonsetrasjonen (THC) i vannmassen er lav og det er ikke beregnet larvetap nordøstarktisk torsk (15 årsklasser) og norsk vårgytende sild (12 årsklasser). Da det ikke er influensområder i vannkolonnen er det ingen overlapp med gyteområder.

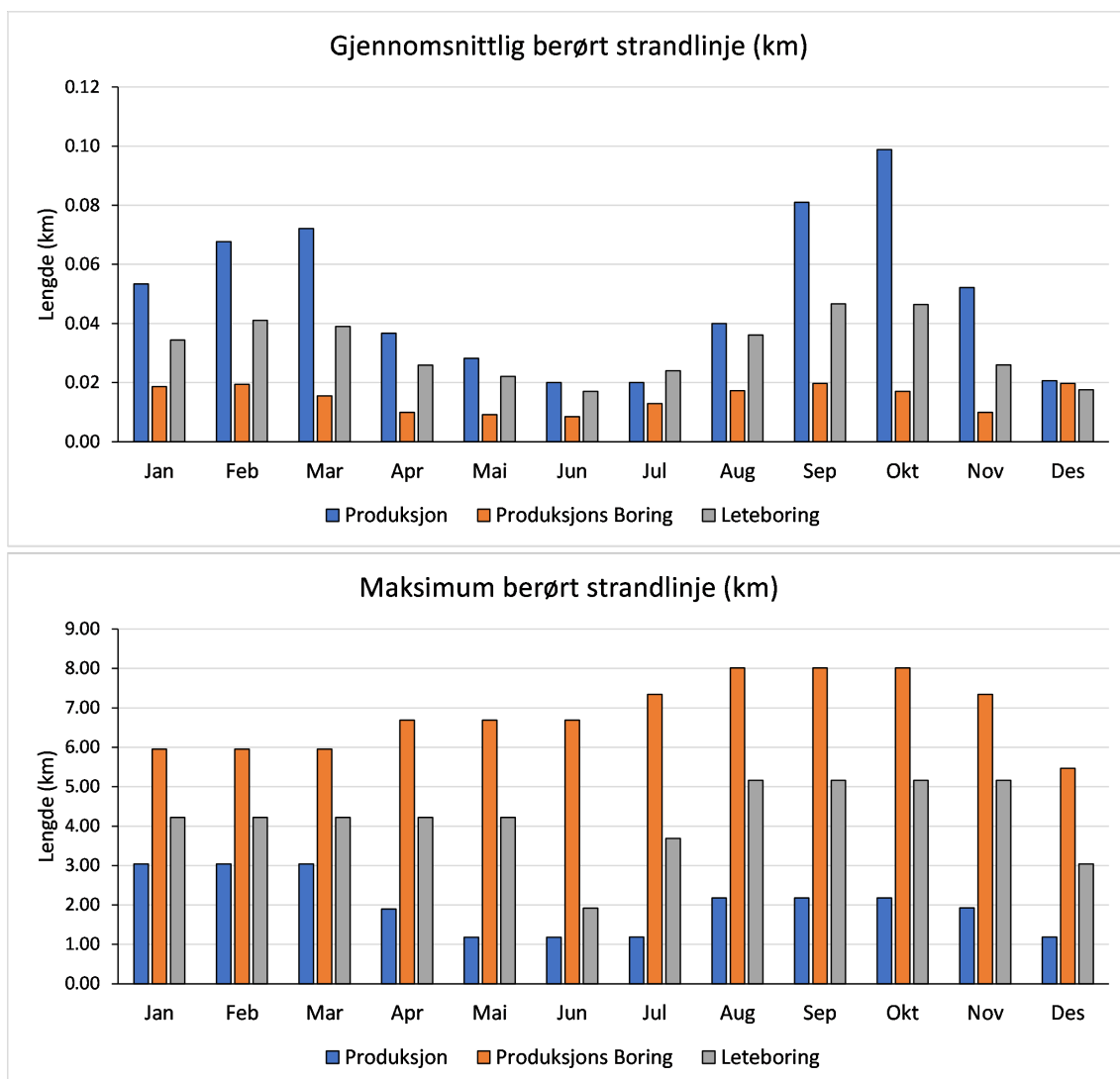
5.1.5 RESULTATER FOR STRANDHABITAT

Datasett for strand består av to VØK-er, fauna (invertebrater) og flora (alger og annen vegetasjon), delt inn i strandtyper (ESI). Den antatte skadelige oljefilmtykkelsen for fauna er 0,1 mm og den skadelige tykkelsen for flora er 1,0 mm.

Det er ikke beregnet skade på flora.

FAUNA Gjennomsnittlig og maksimum (P100) antall kilometer påvirket strandlinje er presentert i figur 5.3. Gjennomsnittlig berørt lengde strandlinje er kort (30 meter) og varierer mellom 8 og 99 meter avhenging av måned og DFU. Maksimalt berørt strandlengde (dvs. 100-persentilen) varierer mellom 1 og 8 kilometer. Det er i hovedsak ytre skjærgård, dominert av eksponert strandberg (ESI 1) og tildels beksyttet strandberg (ESI 8), som blir berørt.

Dette gir tilnærmet 100 % sannsynlighet for en miljøskade mellom 0-10 km-år, dvs. i kategori ubetydelig (jf. tabell 3.1). Grafer med sannsynligheter for miljøskade i de ulike skadekategoriene er derfor ikke vist.



Figur 5.3: Maksimum og gjennomsnittlig berørt strandlinje for fauna og måned gitt en utblåsning under produksjon, produksjonsboring og boring av brønn C-3H ved Ormen Lange.

5.2 MILJØRISIKO

I dette kapitlet er beregnet konsekvens av den planlagte aktiviteten på Ormen Lange-feltet for perioden 2021-2026 vurdert mot Shells risikomatrise. Høyest beregnet miljøskade gjennom året for sjøpattedyr og sjøfugl (øverst) og strand (nederst) er illustrert i tabell 5.2. Tabellen viser kun skade i den mest alvorlige (verste) miljøskadekategorien. Det er satt en grense på 1 % betinget sannsynlighet (dvs. sannsynlighet forutsatt at en utblåsning har funnet sted) for hver skadekategori. Som illustrert slår alle VØK-ene ut i kategorien med alvorlighetsgrad 0 (ubetydelig i ERA Acute).

Miljørisiko uttrykkes ved sannsynlighet for miljøskade i skadekategorier kombinert med sannsynlighet for hendelsene (utblåsning under boring, produksjonsboring og boring av brønn C-3H). Siden alle simuleringer slår ut i samme skadekategori (dvs. sannsynligheten for skaden er 100 %) er sannsynligheten i dette tilfellet lik frekvensen til hendelsene. Frekvensen til hver enkelt DFU og alle DFU-er slått sammen tilordnes i sannsynlighetskategori B ("hørt om i industrien"). Fremstilt i Shells risikomatrise gir dette som illustrert i figur 5.4, utslag i lyseblått område for alle undersøkte VØK-er i alle måneder og sesonger.

Resultatene er i samsvar med resultater fra forrige miljørisikoanalyse (Acona AS 2019). Som forventet er det beregnet lav miljøskade og miljørisiko pga. kandensatets egenskaper og lave utblåsningsrater. Det er i analysen benyttet utblåsningsraten til en brønn som planlegges satt i produksjon i 2022. Denne har høyere utblåsningsrate enn utblåsningsratene i 2019. Planlagt aktivitet på feltet i perioden 2021-2026 er også endret fra forrige analyse, men sannsynligheten for en utblåsning på feltet er lavere enn i 2019 da at det nå er færre brønner ved feltet som kan gi en utblåsning.

Tabell 5.1: Illustrasjon av høyest beregnet miljøskade for sjøfugl og sjøpattedyr (øverst) og strandhabitat (nederst) gitt en utblåsning under produksjon, produksjonsboring eller boring av letebrønn C-3H. Merk at kun skade i den mest alvorlige (verste) skadekategorien med en betinget sannsynlighet over 1 % per måned er vist. VØK-en som slår mest ut er gitt under tabellene. Fargeskalaen illustrerer hvilken risikosone skaden ligger i Shells risikomatrise (jf. kapittel 1.3). Tegnet “-” benyttes der alle VØK-ene i naturressursgruppen slår ut med samme sannsynlighet. Tallene er avrundet til heltall.

Skadekategori	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
Alvorlighetsgrad 5 (katastrofal)												
Alvorlighetsgrad 4 (stor og svært alvorlig)												
Alvorlighetsgrad 3 (alvorlig)												
Alvorlighetsgrad 2 (moderat)												
Alvorlighetsgrad 1 (liten)												
Alvorlighetsgrad 0 (ubetydelig)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
VØK	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Skadekategori	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
Alvorlighetsgrad 5 (katastrofal)												
Alvorlighetsgrad 4 (stor og svært alvorlig)												
Alvorlighetsgrad 3 (alvorlig)												
Alvorlighetsgrad 2 (moderat)												
Alvorlighetsgrad 1 (liten)												
Alvorlighetsgrad 0 (ubetydelig)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
VØK	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

	A	B	C	D	E
Alvorlighets grad	Aldri hørt om i industrien	Hørt om i industrien	Har funnet sted i UPO/N, eller mer enn én gang i året i UPO/Europe	Har funnet sted på anlegget, eller mer enn én gang i året i UPO/Europe	Har funnet sted på anlegget mer enn én gang i året
0		① ② ③			
1					
2					
3					
4					
5					

Figur 5.4: Miljørisiko for sjøfugl og sjøpattedy (1), strand (2) og fisk (3) for Ormen Lange. Matrisen er gyldig for alle DFU-er og måneder av året.

6 OPPSUMMERING OG KONKLUSJON

Miljøeffekt (uttrykt som bestandstap, larvetap og lengde berørt strandlinje) og miljøskade (uttrykt med RDF) er beregnet for sjøfugl, sjøpattedyr, gyteprodukter og strandlinje ved ERA Acute metodikk for tre DFU-er (utblåsning under produksjon, utblåsning under produksjonsboring og utblåsning under boring av en letebrønn) ved Ormen Lange.

Det er beregnet lave bestandstap for sjøfugl på åpent hav ($P100 < 0,5\%$) og det er ikke registret tap ($P100 < 1\%$) på sjøfugl- og sjøpattedyrbestander med forekomst nær kysten. På strandlinjen er det beregnet mindre skade på fauna, i snitt under 100 meter berørt strandlinje og maksimalt ($P100$) 8 km.

Miljørisiko uttrykkes ved sannsynlighet for miljøskade i skadekategorier kombinert med sannsynlighet for hendelsene (DFU). Resultatene klassifisert i RDF-skadekategorier gir for alle VØK-er 100 % sannsynlighet for miljøskade i laveste kategori (ubetydelig). Fremstilt i Shells risikomatrise gir dette utslag i lyseblått område for alle VØK-er (sjøfugl, fisk og strand). Risikoen er gyldig for all planlagt aktivitet (alle DFU-er) og måneder i året.

Som konklusjon viser denne analysen at miljørisikoen på Ormen Lange, illustrert ved Shells risikomatrise, er lav.

7 RESULTATER FOR BEREDSKAPSANALYSE

Beredskapsanalysen danner beslutningsgrunnlag for operatørens valg av avtalefestet stående beredskapsløsning for Ormen Lange.

Formålet med beredskapsanalysen er å kartlegge behovet for oljevernberedskap ved et større uhellsutslipp av olje. Valg av metoder og utstyr for bekjempelse vil baseres på utslippets karakter, værforhold, effektivitet av utstyr og tilstedeværelse av sårbare ressurser. Hovedstrategien for aksjoner er bekjempelse nær kilden. Shell vil tilstrebe å benytte den bekjempelsesmetode som resulterer i minst miljøskade.

7.1 KRAV TIL OLJEVERNBEREDSKAP

Krav til oljevernberedskap for Ormen Lange er basert på Norsk olje og gass sin veiledning for miljørettede beredskapsanalyser (Norsk olje og gass 2021).

- Barriere 1 skal ha tilstrekkelig kapasitet til å håndtere den emulsjonsmengden som tilflytter barrieren daglig som følge av dimensjonerende utslippsrate. Barrieren skal være fullt utbygd innen 95-persentil av korteste drivtid til land eller til spesielt sårbare og utsatte områder identifisert i miljørisikoanalysen.
- Barriere 2 skal ha tilstrekkelig kapasitet til å håndtere den emulsjonsmengden som tilflytter barrieren daglig som følge av dimensjonerende utslippsrate etter effekt av forutgående barriere. Barrieren skal være fullt utbygd innen 95-persentil av korteste drivtid til land eller til spesielt miljøfølsomme områder identifisert i miljørisikoanalysen.

Da det ikke er stranding (< 5 %) er det ikke satt ytelseskrav til beredskap i kyst- og strandsonen (barriere 3-5) (se tabell 7.1).

7.2 VALG AV DIMENSJONERENDE HENDELSE

Dimensjonerende rate og varigheter for de tre DFU-ene er vist i tabell 7.1. Dimensjonerende rate for produksjon er 90-persentilen til de produserende brønnene på feltet og dimensjonerende rate for boreoperasjonene er gjennomsnittlig vektet rate og varighet (Norsk olje og gass 2021). Dimensjonerende varighet er gjennomsnittlig vektet varighet for alle utblåsningsscenarioene (overflate og sjøbunn) i matrisene (Norsk olje og gass 2021).

7.3. Oljens forvitring og egenskaper relatert til beredskap

Tabell 7.1: Oversikt over dimensjonerende rate og varighet for planlagt aktivitet og DFU (utblåsning under aktivitet) på Ormen Lange for perioden 2021-2026. Strandingsmengde er 95-persentilen av størst strandet mengde emulsjon, denne er 0 for alle rater.

Aktivitet (DFU)	Dim. rate ($\text{Sm}^3/\text{døgn}$)	Dim. varighet (d)	Strandingsmengde (tonn)	
			Vinter	Sommer
Produksjon	174	15.9	0	0
Produksjonsboring	199	15.7	0	0
Brønn C-3H	258	18.1	0	0

BARRIERE 1 OG 2 For barriere 1 og 2 beregnes det et behov for antall havgående systemer basert på utslippsrate og forventet oljetype. Dimensjonerende rate for Ormen Lange er 258 Sm^3/d , som er vektet utblåsningsrate til boring av letebrønnen C-3H. Den dekker, som vist i tabell 7.1 90-persentilen for utblåsningsrater til de produserende brønnene på feltet og vektet rate for boring av produksjonsbrønnene (Norsk olje og gass 2021).

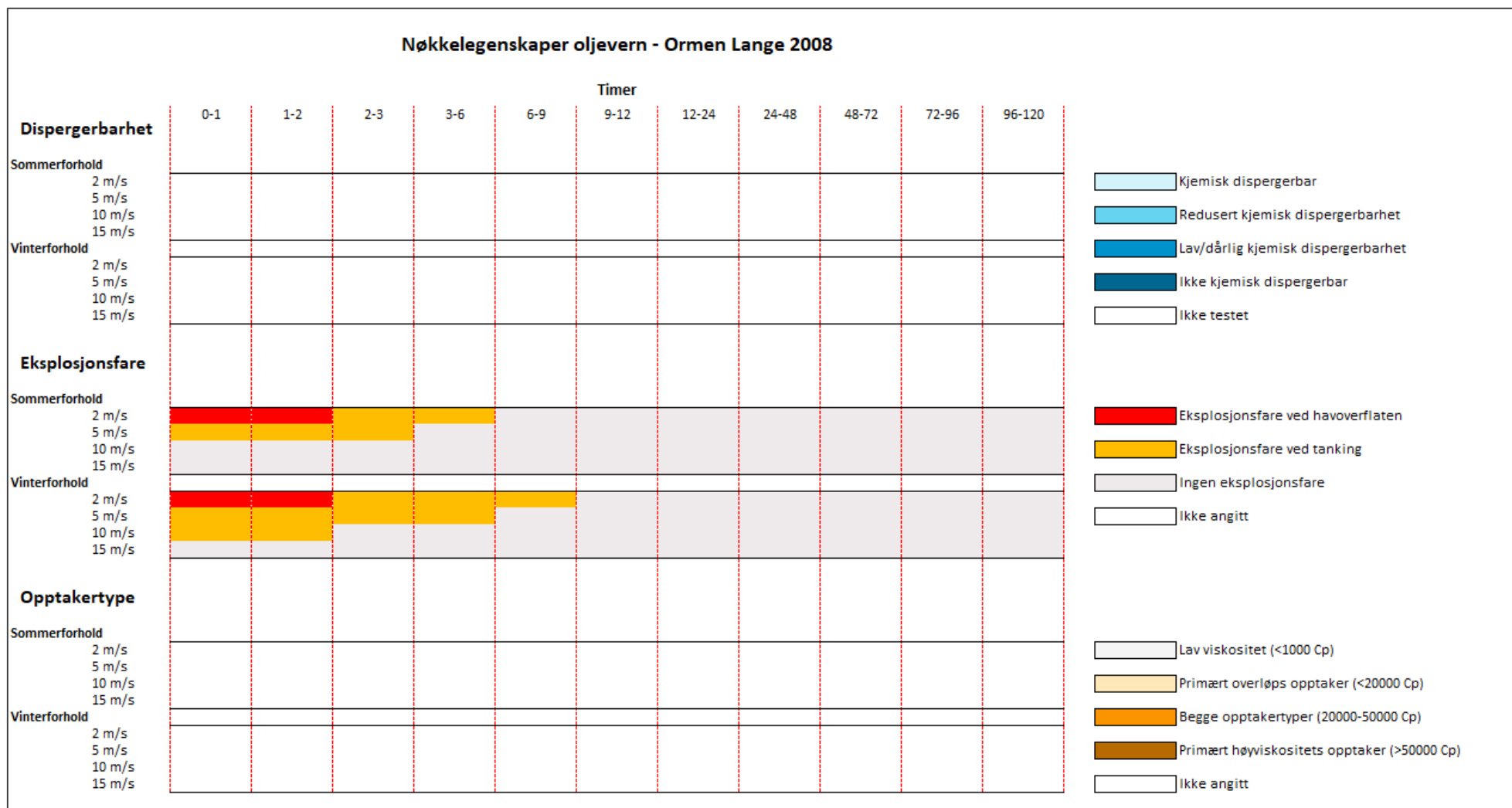
7.3 OLJENS FORVITRING OG EGENSKAPER RELATERT TIL BEREDSKAP

For beregning av systembehov i barriere 1 er forvittringsdata for 2 timer gammel olje lagt til grunn, mens det for beregning av systembehov i barriere 2 er lagt til grunn forvittringsdata for 12 timer gammel olje. Forvittringsdataene benyttes som grunnlag for å beregne tilflytsrater til barriere 1 og barriere 2.

Mekanisk oppsamling og kjemisk dispergering er likeverdige tiltaksalternativer, og den ansvarlige for petroleumsaktiviteten skal vurdere begge (jf. Forurensningsforskriften paragraf 19). Tidsvinduer for mekanisk oppsamling (tilflyt), kjemisk dispergering og eksplosjonsfare for referanseoljen for ulike vindstyrker ved sommer- og vinterforhold er illustrert i figur 7.1. Etter 2 timer på sjøen vil det for Ormen lange ikke være eksplosjonsfare i forbindelse med bekjempelse på sjøen.

Kondensatet tar ikke ta opp vann (emulgere). Grunnet den store spredningen og den lave viskositeten vil oljen være lite egnet for mekanisk oppsamling. Ormen lange er også lite egnet for kjemisk dispergering på grunn av kort levetid på sjøen. Det kan være mulig å forkorte levetiden til et tynn film ("sheen") på overflaten ved bruk av kjemiske dispergeringsmidler, men det vil det i de fleste tilfeller ikke være nødvendig.

Det mest aktuelle og egnede beredskapstiltaket vil derfor være overvåkning av oljeforurensning.



Figur 7.1: Tidsvinduer for mekanisk oppsamling og kjemisk dispergering (øverst) og eksplosjonsfare og tilflyt (nederst) for referanseoljen Ormen lange ved ulike vindstyrker ved sommer- og vinterforhold. Kilde: NOFO planverk, <https://www.nofo.no/planverk>.

7.4 BEREDSKAPSBEHOV PÅ ÅPENT HAV

Systembehovet i barriere 1 og 2 er presentert i tabell [7.2](#).

Beregningene av systembehov tar hensyn til reduksjonsfaktorer som følge av klimatiske forhold på valgt lokasjon for systemer. For Ormen Lange er det lagt inn lokasjoner for åpent hav på stasjon 15 og lokasjon for kyst ved stasjon 4. Se NOFO planverk for detaljer angående lokasjon. Effektiviteten til systemene ved de valgte lokasjonene er oppsummert i tabell [7.3](#).

Forslag til beredskapsfartøy og responstider er presentert i tabell [7.4](#).

Responstider for NOFO-systemer er basert på normal plassering på fartøyene. Beregningene er basert på en ganghastighet på 14 knop. Responstiden for slepefartøy er basert på redningsskøytene til Redningsselskapet (RS) og/eller NOFO slepefartøy. Redningsskøytene har frigivelsestid på 2 timer og en marsjfart på 20 knop.

Med de oppgitte responstider og antall NOFO-systemer er ytelseskravene for den dimensjonerende hendelsen på Ormen Lange i barriere 1 og 2 tilfredsstilt.

7.4. Beredskapsbehov på åpent hav

Tabell 7.2: Beregnet systembehov i barriere 1 og 2. Beregningene er basert på tilflytsraten til barrierene som følge av en utblåsning med vektet rate under leteboring ved Ormen Lange. For beregning av tilflytsrate og systembehov i barriere 2 er det tatt hensyn til effektiviteten i barriere 1. Systembehovet er rundet opp til nærmeste heltall. Merk at beregnet barriereeffektivitet forutsetter høyere viskositet enn det som er tilfelle for Ormen Lange kondensatet og er derfor urealistisk høy (se tekst).

Parameter	Vinter 5° C - 10m/s	Sommer 10° C - 5m/s
Utstrømningsrate (S m ³ /d)	258	258
Tetthet (Kg/Sm ³)	750	750
Fordampning etter 2 timer på sjø (%)	59	61
Nedblanding etter 2 timer på sjø (%)	36	3
Oljemengde tilgjengelig for emulsjonsdannelse (S m ³ /d)	13	93
Vannopptak etter 2 timer på sjø (%)	0	0
Emulsjonsmengde tilgjengelig for opptak i B1 (S m ³ /d)	13	93
Viskositet av emulsjon inn til B1 (cP)	0	0
Beregnet behov for NOFO-systemer i B1	1	1
Samlet barriereeffektivitet i B1	39%	76%
Emulsjonsmengde inn til B2 (S m ³ /d)	8	22
Oljemengde inn til B2 (S m ³ /d)	8	22
Fordampning etter 12 timer på sjø (%)	60	75
Nedblanding etter 12 timer på sjø (%)	39	23
Oljemengde tilgjengelig for emulsjonsdannelse (S m ³ /d)	7	15
Vannopptak etter 12 timer på sjø (%)	0	0
Emulsjonsmengde tilgjengelig for opptak i B2 (S m ³ /d)	7	15
Viskositet av emulsjon inn til B2 (cP)	0	0
Beregnet behov for NOFO-systemer i B2	1	1
Samlet barriereeffektivitet i B2	20%	38%
Behov for NOFO-systemer i B1 og B2	2	2
Samlet barriereeffektivitet i B1 og B2	32%	71%

7.5. Oppsummering oljevernberedskap

Tabell 7.3: Gjennomsnittlig opptakseffektivitet for NOFO-system og kystsystem, gitt bølgeførhold ved Ormen Lange gjennom året.

	Vinter	Vår	Sommer	Høst	År
NOFO-system	39 %	60 %	76 %	56 %	58%
Kystsystem	48%	68%	81%	59 %	64 %

Tabell 7.4: Eksempel på mobilisering av NOFO-systemer på åpent hav. Responstid er summen av mobilisering/frigivelsestid, transittid og utsetting av lensen, rundet opp til nærmeste hele time. RS = Redningskøyte.

System nr	OR-Fartøy/Sleper	Frigivelsestid (t)	Transittid (t)	Utsetting av linse (t)	Klar innen (t)	Responstid (t) komplett system
1	Gjøa	4	9.7	1	15	15
	RS: Kristiansund-N	2	3.4	1	7	
2	Halten	6	8.3	1	16	24
	NOFO-pool	-	-	-	24	

7.5 OPPSUMMERING OLJEVERNBEREDSKAP

Ormen Lange kondensat er lite egnet for både mekanisk oppsamling og kjemisk dispergering. For denne typen hydrokarboner vil overvåkning som regel være det eneste og beste beredskapstiltak. Både dispergering og mekanisk bekjempelse kan benyttes med en viss effekt under enkelte forhold. Utslipet vil imidlertid ha kort levetid på sjøen. Det må planlegges for bruk av oljeopptakere tilpasset lav-viskøs olje.

Beregnet beredskapsbehov for mekanisk oppsamling er ett NOFO-system i barriere 1 og ett system i barriere 2 i begge sesonger. Første system har responstid på 15 timer og barrierene er fullt utbygget etter 24 timer. Ett system i hver barriere er minste systembehov som kan beregnes i BarKal og representerer en betydelig overkapasitet i forhold til tilflytsratene inn til barrierene. Beregnet beredskapsbehov for det dimensjonerende scenarioet dekker høyeste utblåsningsrate til alle produserende brønner på feltet (D-brønnen), og høyeste rate for planlagte boreoperasjoner.

Det anbefales å planlegge for mobilisering av to NOFO-systemer med mulighet for mekanisk oppsamling og kjemisk dispergering. OR-fartøyene bør ha lenser som er egnet for olje med lav viskositet og de kan også benyttes til å fremskynde naturlig nedblanding ved mekanisk dispergering.

Fjernmålingsutstyr ved feltet og på beredskapsfartøy må benyttes for informasjon om bekjempbarhet, transport og spredning av forurensningen. Oljevernberedskapen for Ormen Lange er

7.5. Oppsummering oljevernberedskap

per i dag to NOFO-systemer med responstid på 15 timer og 24 timer. Den etablerte beredskapsløsningen er dermed dekkende for den oppdaterte beredskapsanalysen. Ved eventuell endring i beredskapsløsning må responstider og tilgjengelighet av fartøy verifiseres av NOFO.

Tabell 7.5: Oppsummering av oljevernberedskapsbehov, beregnet ved hjelp av barrierekalkulatoren BarKal, ved Ormen Lange,

Barriere 1 og 2 - bekjempelse nær kilden og på åpent hav	
Systemer og responstid	To NOFO-systemer, vinter og sommer. Første system innen 15 timer, fullt utbygd barrierer innen 24 timer. Tilgang på ressurser for kjemisk dispergering.
Barriere 3 og 4 - bekjempelse i kyst- og strandsone	
Systemer og responstid	Mindre enn 5 % sannsynlighet for stranding. Varsling og mobilisering i samråd med NOFO ved behov.
Barriere 5 - strandrensing	
Ressurser	Mindre enn 5 % sannsynlighet for stranding. Varsling og mobilisering i samråd med NOFO ved behov.

BIBLIOGRAPHY

- Acona. Bjørgesæter, A., Damsgaard Jensen, J. ERA Acute Phase 3. Surface compartment. Acona report to Statoil and Total. Report No. 37571. . 2015.
- Acona, Akvaplan-niva & DNV GL. Oljedriftsimulering for standard miljørisikoanalyser i MIRA & ERA Acute ved bruk av OSCAR - beste praksis, 2020.
- Acona, Akvaplan-niva og DNV GL. Presentasjon og kommunikasjon av resultater fra en ERA Acute analyse. ERA Acute Notat til NOROG, 2020.
- Acona AS. Stokastisk oljedriftsimulering, miljørisikoanalyse og beredskapsanalyse for produksjonsaktivitetpÅ Ormen Lange. En analyse for Norske Shell AS. Versjonsdato: 24.04.19. Aconas prosjektnummer:820210. www.acona.com. Technical report, 2019.
- Akvaplan-niva, DNV GL. Norwegian Shoreline Data Set with ESI-classification in ERA Acute Format. Document Number 60043.05, 2019.
- A/S Norske Shell. Operational Risk Assessment (NSEP17PR14-06). Technical report, A/S Norske Shell, 2019a.
- A/S Norske Shell. Risk acceptance criteria (nsepsafengsp02-02). 2019b.
- A/S Norske Shell. Driftshaandbok, nyhamna. Technical report, Shell, 2019c.
- DNV. Brude, O.W., Rusten, M., Braaten, M., 2015. Era Acute Phase 3 Shoreline. Development of Shoreline Compartment Algorithms. DNV GL Report No.: 2015-0552, Rev. 1. Oslo. 2015.
- DNV GL. Miljørisikoanalyse (MRA) for Ormen Lange feltet i Norskehavet. Report No./DNV Reg No.:2014-1068/ 1DX2557-8. Rev. 00. Technical report, DNV GL, 2014.
- Per Fauchald. Hvordan bruke nye datasett for bedre prediksjoner for sjøfugl i åpent hav. Presentasjon av Per Fauchald (NINA) på arbeidsmøte "SEATRACK data og bruk i miljørisikoanalyser", Gardermoen, Oslo 02.11.2016. Technical report, NINA, 2016.
- Per Fauchald, Arnaud Tarroux, Vegard Sandøy Bråthen, Sebastien Descamps, Morten Ekker, Hálfdán Helgi Helgason, Benjamin Merkel, Børge Moe, Jens Åström, and Hallvard Strøm. Arctic-breeding seabirds hotspots in space and time-A methodological framework for year-round modelling of environmental niche and abundance using light-logger data. NINA report 1657. 2019.
- Per Fauchald, Arnaud Tarroux, Françoise Amélineau, Vegard Sandøy Bråthen, Sébastien Descamps, Morten Ekker, Halfdan Helgi Helgason, Malin Kjellstadli Johansen, Benjamin Merkel, Børge Moe, et al. The year-round distribution of northeast atlantic seabird populations: Applications for population management and marine spatial planning. *Mar. Ecol. Progress Series*. <https://doi.org/10.3354/meps13854>, 2021.
- Klima- og miljødepartementet 2020. Helhetlige forvaltningsplaner for de norske havområdene.
- National Research Council of the National Academies. Oil Spill Dispersants: Efficacy and Effects. The National Academies Press, Washington, DC. doi:10.17226/11283, 2005.

- H Nilsen, JH Greiff, T Nordtug, and O Johansen. Threshold values and exposure to risk functions for oil components in the water column to be used for risk assessment of acute discharges (EIF Acute). 2005.
- Norsk olje og gass. Veiledning for miljørettede beredskapsanalyser. Rev. dato: 16.08. 2013. 2013.
- Norsk olje og gass. Guidance on environmental risk analyses using ERA Acute. Version 18, June 2019, 2019.
- Norsk olje og gass. Guidance on environmental riskanalyses using ERA Acute. Version 01, February2020. Technical report, Norsk olje og gass, 2020.
- Norsk olje og gass. Guidance on calculating blowout rates and duration for use in environmental risk analyses. 2021.
- Ranold AS. Blowout calculations. ormen lange wells c-3ah, d-4h and c-3h. 2021.
- Seatrack. Hovedleveranse 2: Kart over utbredelse og herkomst. Kart over utbredelse og herkomst. Presentasjon av Per Fauchald og Arnaud Tarroux. 2019.
- Shell. Ormen lange worst case discharge (wcd) update june 2021. hui xu, production technologist. Technical report, 2021.
- SINTEF. Ormen lange kondensat - egenskaper og forvitring på sjøen relatert til beredskap, 2008.
- SINTEF. MEMW (Marine environmental modeling workbench) OSCAR and Dream Models. User manual version 11.0.0. Technical report, 2019.
- SINTEF, DNV GL, UiO. Impact and restitution model - Water column. ERA Acute for water column exposed organisms. Brønnner, Ute (SINTEF), Nordtug, Trond (SINTEF), Jonsson, Henrik (DNV GL), Ugland, Karl I (UiO), 2015.
- SINTEF og DNV GL. Brønner, U. (SINTEF), Nordtug, T. (SINTEF), Jonsson, H. (DNV G., Ugland, K.I. (UiO), 2015. Impact and restitution model - Water column. ERA Acute for water column exposed organisms. Trondheim. 2015.
- Cathrine Stephansen, Anders Bjørgesæter, Odd Willy Brude, Ute Brønner, Tonje Waterloo Rogstad, Grethe Kjeilen-Eilertsen, Jean-Marie Libre, and Christian Collin-Hansen. *Assessing Environmental Risk of Oil Spills with ERA Acute: A New Methodology*. Springer Nature, 2021.
- G.H.R Systad, A. Bjørgesæter, O.W. Brude, and G.M. Skeie. Standardisering og tilrettelegging av sjøfugldata til bruk i konsekvens- og miljørisikoberegninger. NINA Rapport 1509. Norsk institutt for naturforskning, bergen, mai 2018. 2018.

A VEDLEGG: RESULTATER

A.1 STRANDINGSSTATISTIKK FOR DIMENSJONERENDE SCENARIOER

Tabell A.1: Strandingsstatistikk for all oljeberørt kyst, beregnet fra de stokastiske oljedriftsimuleringene for det dimensjonerende scenarioet til de tre DFU-en: Nr. 1: Utblåsning fra produserende brønner, Nr.2: utblåsning under produksjonsboring, Nr. 3: utblåsning under leteboring. Kolonnene dekker sannsynlighet for stranding, korteste drivtid til land og størst mengde strandet mengde oljeemulsjon. Drivtid og mengde oljeemulsjon er oppgitt som tre ulike persentiler fra deres respektive sannsynlighetsfordelinger.

DFU Nr.	Sesong	Sanns. (%)	Drivtid (d)			Strandingsmengde (tonn)		
			P100	P95	P50	P50	P95	P100
1	Vinter	3.4	12	-	-	0	0	0
	Sommer	0.0	-	-	-	0	0	0
2	Vinter	1.7	11	-	-	0	0	5
	Sommer	0.0	-	-	-	0	0	0
2	Vinter	4.2	10	-	-	0	0	5
	Sommer	0.0	-	-	-	0	0	0

B VEDLEGG: PARAMETERE BENYTTET I ERA ACUTE ANALYSEN

B.1 SJØFUGL OG SJØPATTEDYR

Tabell B.1: Oppsummering av parametere benyttet i beregning av akutt dødelighet, bestandstap og miljøskade på sjøfugl og sjøpattedyr. Individuell sårbarhet er angitt med en adferdsfaktor, $P(\text{beh})$ og en fysiologisk faktor, $P(\text{phy})$ og bestandens sårbarhet er angitt med R , den fundamentale netto vekstraten (jf. tabell B.2) (se Acona 2015 for detaljer). Grenseverdi er tykkelsen på oljefilmen som anses å være skadelig. Bestandkodene angir geografisk bestandsinndeling for grupper av sjøfuglarter og for enkeltarter av sel (se tabell B.7). Rødlistestatus til arten er oppgitt for Norge og Svalbard, i parentes (www.artsdatabanken.no).

VØK gruppe	Art	Bestands- kode	Ind. og bestandsårbarhet			Grenseverdi μm	Rødliste status
			$P(\text{beh})$	$P(\text{phy})$	R		
Pelagisk	Alkekonge	BH	0.88	0.90	1.10	2	NA (LC)
dykkende	...	RU	0.88	0.90	1.10	2	...
...	Lunde	NH	0.88	0.90	1.10	2	VU (LC)
...	...	UK	0.88	0.90	1.10	2	...
...	...	BH	0.88	0.90	1.10	2	...
...	Polarlomvi	BH	0.88	0.90	1.10	2	EN (NT)
...	...	RU	0.88	0.90	1.10	2	...
...	Lomvi	RU	0.88	0.90	1.10	2	CR (VU)
...	...	NH	0.88	0.90	1.10	2	...
...	...	BH	0.88	0.90	1.10	2	...
...	...	UK	0.88	0.90	1.10	2	...
...	Alke	NO	0.88	0.90	1.10	2	EN (EN)
...	...	NO	0.88	0.90	1.10	2	...
Pelagisk	Havhest	UK	0.51	0.90	1.05	2	EN (LC)
overflatebeitende	...	NS	0.51	0.90	1.05	2	...
...	...	NH	0.51	0.90	1.05	2	...
...	...	BH	0.51	0.90	1.05	2	...
...	Krykkje	UK	0.51	0.90	1.10	2	EN (NT)
...	...	RU	0.51	0.90	1.10	2	...
...	...	NH	0.51	0.90	1.10	2	...
...	...	BH	0.51	0.90	1.10	2	...
...	Havsule	NO	0.51	0.90	1.15	2	LC (NA)
...	Tyvjo	NO	0.51	0.90	1.05	2	NT (LC)
...	Storjo	NO	0.51	0.90	1.05	2	LC (LC)
...	Ismåke	NO	0.51	0.90	1.15	2	NA (VU)
...	Sabinemåke	NO	0.51	0.90	1.15	2	NA (VU)
Kystbunden	Teist	NO	0.76	0.90	1.10	2	VU (LC)
dykkende	Svartand	NO	0.76	0.90	1.20	2	NT (NA)

Forts. neste side

Tabell B.1: Fortsatt fra forrige side

VØK gruppe	Art	Bestands- kode	Ind. og bestandsårbarhet			Grenseverdi micro	Rødliste status
			P(beh)	P(phy)	R		
...	Storlom	NO	0.76	0.90	1.20	2	LC (NA)
...	Ærfugl	NO	0.76	0.90	1.20	2	NT (LC)
...	Islom	NO	0.76	0.90	1.20	2	NA (NA)
...	Laksand	NO	0.76	0.90	1.20	2	LC (NA)
...	Toppskarv	NO	0.76	0.90	1.20	2	LC (NA)
...	Storskarv	NO	0.76	0.90	1.20	2	LC (NA)
...	Praktærfugl	NO	0.76	0.90	1.20	2	NA (NT)
...	Siland	NO	0.76	0.90	1.20	2	LC (NA)
...	Smålom	NO	0.76	0.90	1.20	2	LC (LC)
...	Stellerand	NO	0.76	0.90	1.20	2	VU (NA)
...	Sjørørre	NO	0.76	0.90	1.20	2	VU (NA)
...	Gulnebbblom	NO	0.76	0.90	1.20	2	NT (NA)
Kystbunden	Rødnebbterne	NO	0.36	0.90	1.15	2	LC (LC)
overflatebeitende	Svartbak	NO	0.36	0.90	1.15	2	LC (LC)
...	Fiskemåke	NO	0.36	0.90	1.15	2	NT (NA)
...	Makrellterne	NO	0.36	0.90	1.15	2	EN (NA)
...	Polarmåke	NO	0.36	0.90	1.15	2	NA (NT)
...	Gråmåke	NO	0.36	0.90	1.15	2	LC (NA)
...	Sildemåke	NO	0.36	0.90	1.15	2	LC (NA)
Våtmarks- tilknyttede	Hvitkinngås	NO	0.54	0.90	1.20	2	LC (LC)
...	Grågås	NO	0.54	0.90	1.20	2	LC (NA)
...	Ringgås	NO	0.54	0.90	1.20	2	- (NT)
...	Brunnakke	NO	0.54	0.90	1.20	2	LC (NA)
...	Dverggås	NO	0.54	0.90	1.20	2	CR (NA)
...	Stokkand	NO	0.54	0.90	1.20	2	LC (NA)
...	Kortnebbgås	NO	0.54	0.90	1.13	2	NA (LC)
Ekte sel	Havert	SO	0.95	0.10	1.13	10	LC (NA)
og hvalross	...	MI	0.95	0.10	1.13	10	...
...	...	NO	0.95	0.10	1.13	10	...
...	Steinkobbe	SO	0.95	0.10	1.13	10	LC (VU)
...	...	MI	0.95	0.10	1.13	10	...
...	...	NO	0.95	0.10	1.13	10	...

Tabell B.2: Oppsummering av R, den fundamentale netto vekstraten, for syv VØK-grupper (se Acona 2015 for detaljer).

Nr.	Navn	Arter inkludert i "Beste Praksis datasett"	R
Gr. 1	Albatross, stormfugler og joer	Havhest, storjo, tyvjo	1.05
Gr. 2	Alkefugl, petreller, lirer og krykkje	Alkekonge, alke, lunde, lomvi, polarlomvi, teist, krykkje	1.10
Gr. 3	Suler, måker, terner og pingviner	Havsule, ismåke, sabinemåke, rødnebbterne, svartbak, fiskemåke, makrellterne, polarmåke, gråmåke, sildemåke	1.15
Gr. 4	Skarv, dykkere, andefugl og gjess	Svartand, storlom, ærfugl, islom, laksand, toppskarv, storskarv, praktærfugl, siland, smålom, stellerand, sjøorre, gulnebbblom, hvitkinngås, grågås, ringgås, brunnakke, dverggås, stokkand, kortnebbgås	1.20
Gr. 5	Ekte sel, sjøløver, pelssel og bardehval	steinkobbe, havert	1.13
Gr. 6	Hvalross og akvatiske pattedyr	Ingen	1.06
Gr. 7	Tannhval, sjøkuer og havskilpadder	Ingen	1.03

B.2 STRANDHABITAT

Tabell B.3: Oppsummering av parametere benyttet i beregning av lengde berørt strandlinje og miljøskade for ulike ESI-strandtyper (se DNV 2015 for detaljer). Absorberingskapasitet (Oil Holding Capacity, OHC) angir evnen til strandtypen å holde på olje, og benyttes til å fordele strandet olje på ulike strandtyper. OHC varierer med viskositet (cS). Grenseverdi er tykkelsen på olje som anses som skadelig for hhv. vegetasjon (flora) og invertebrater (fauna) i strandhabitatene.

ESI Nr.	Absorberingskapasitet (Oil Holding Capacity)			Grenseverdi (mm)		Helningsgrad (°)
	< 30 cS	30-2000 cS	> 2000 cS	Flora	Fauna	
1	2.80	2.70	1.80	-	0.1	35
4	11.90	12.40	13.50	-	0.1	10
6	11.90	12.40	13.50	-	0.1	15
7	17.00	8.20	8.90	-	0.1	1
8	5.70	6.80	8.90	1	0.1	20
9	17.00	8.20	8.90	1	0.1	1

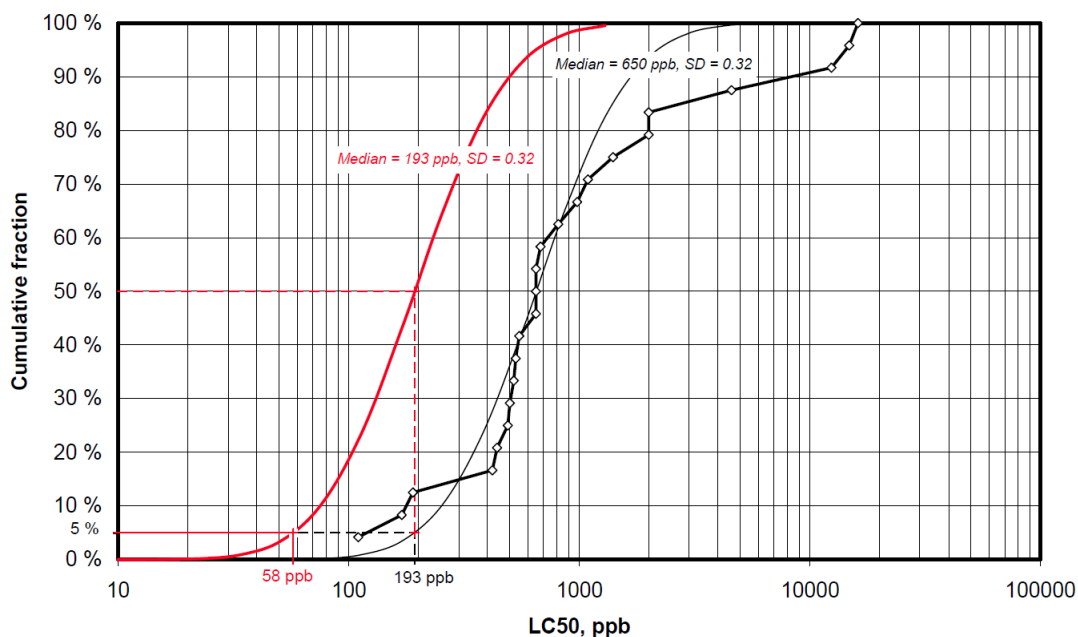
Tabell B.4: Oppsummering av lagtid og restitusjonstider benyttet i av miljøskade for ulike ESI-strandtyper (se DNV 2015 for detaljer).

ESI Nr.	Lagtid (år)				Restitusjonstid (år)	
	Veldig lette oljer	Lette oljer	Medium tunge oljer	Tunge oljer	Flora	Fauna
1	0	0	0	0	0	3
4	0	0	1	1	0	3
6	0	0	1	1	0	3
7	0	0	1	1	0	3
8	0	3	7	10	0	3
9	0	3	7	10	0	3

B.3 FISK

EFFEKTKONSENTRASJON FOR OLJE OG FISK Akutt dødelighet på fiskelarver er beregnet med THC-metodikken utviklet i ERA Acute. Akutt dødelighet beregnes ved bruk av en SSD-kurve ("species sensitivity distribution") (SINTEF, DNV GL, UiO 2015). Kurven er en kumulativ lognormal fordeling tilpasset LC50-datapunkter for 24 utvalgte arter for dispergert olje (National Research Council of the National Academies 2005) (sort linje i figur B.1). Nilsen et al. (2005) benyttet 5-persentilene av LC50-verdiene i denne kurven til å konstruere en ny parallell SSD-kurve med en median (LC50) på 193 ppb og en LC5 på 58 ppb THC (rød linje i figur B.1). Sistnevnte kurve benyttes til å beregne dødelighet for gyteprodukter av torsk og sild for årene 2000-2014 (torsk) og 2000-2011 (sild) som funksjon av modellert THC-konsentrasjon (oppløst og i dråpeform) i vannmassen.

Hvis larvedødeligheten overstiger 1 % beregnes restitusjonstid og en ressurskade faktor (RDF). Viktige inngangsdata til bestandsmodellen til fisk ("kortlivede arter" som lodde og "langlivede arter" som sild og torsk) er gitt i Tabell B.5.



Figur B.1: LC50-verdier fra laboratorieforsøk med dispergert olje for 24 akvatiske arter. Den tynne, svarte kurven er en log-normal fordeling med en median på 650 ppb, tilsvarende median LC50 i datasettet, og et standardavvik på 0,32. Den røde linjen er SSD-kurven konstruert fra 5% persentilene av LC50-verdien og standardavvik på 0,32. Fra denne doseresponskurven er terskelverdien (5 % dødelighet) 58 ppb.

Tabell B.5: Standardinnstillinger for bestandsmodellen for fisk (se SINTEF, DNV GL, UiO 2015 for detaljer).

Parameter	Original navn	Lodde	Torsk og sild
Antall simuleringer	nSIM	100	100
Naturlig dødelighet, juvenil	NatMort Imatures	0.4	0.2
Naturlig dødelighet, voksen	NatMort Adults	0.4	0.2
Alder rekrutt (år)	AGE_RECRUIT	1	3
Alder første gyting (år)	AGE_FIRST_SPAWN	5	8
Levealder (år)	AGE_MAX	5	25
Gjennomsnittlig str. på rekruttering	E_Recr	1000	1000
Kritisk tetthet (%)	CritDens (%)	5	5
Naturlig dødelighet, juvenil < kritisk tetthet	M Small Abund	0.3	0.15
Naturlig dødelighet, voksen < kritisk tetthet	tm Small Abund	4	6
Kritisk oljedødelighet (%)	CritOilMort (%)	1	1
Klima (1 eller 0)	ClimStart (1 or 0)	1	1

Tabell B.6: Fiskebestander hvor det er utført en overlappsanalyse av influensområdet i vannkolonnen og gyteområde. Deres rødlistestatus er vist vha. kodene: VU = Sårbar, LC = Livskraftig.

Gruppe	Art	Rødlistestatus
Fisk	Norsk vårgytende sild	LC
	Nordøstarktisk sei	LC
	Nordøstarktisk torsk (skrei)	LC
	Nordøstarktisk hyse	LC
	Nordsjømakrell	LC
	Nordsjøtorsk	LC
	Nordsjøsild	LC
	Nordsjøsei	LC
	Nordsjøhyse	LC
	Havsil (tobis)	LC
	Snabeluer	VU
	Lodde	LC
	Blåkveite	LC
	Øyepål	LC

B.4 OVERSIKT GEOGRAFISKE BESTANDER

Tabell B.7: Geografisk bestandsinndeling for grupper av sjøfuglarter og for enkeltarter av sel. Geografisk region til fugl på åpent hav er basert på hvor deres hekkekoloni er lokalisert.

VØK-gruppe	Geografisk bestandskode	Geografisk region
Fugl på åpent hav	BH	Barentshavet
	NH	Norskehavet
	NS	Nordsjøen
	RU	Russland
	UK	Storbritannia
Fugl ved kyst	NO	Norsk (nasjonal) bestand
Havert	SO	Sørlig bestand
	MI	Midtnorsk bestand
	NO	Nordlig bestand
Steinkobbe	SO	Sørlig bestand
	MI	Midtnorsk bestand
	NO	Nordlig bestand