

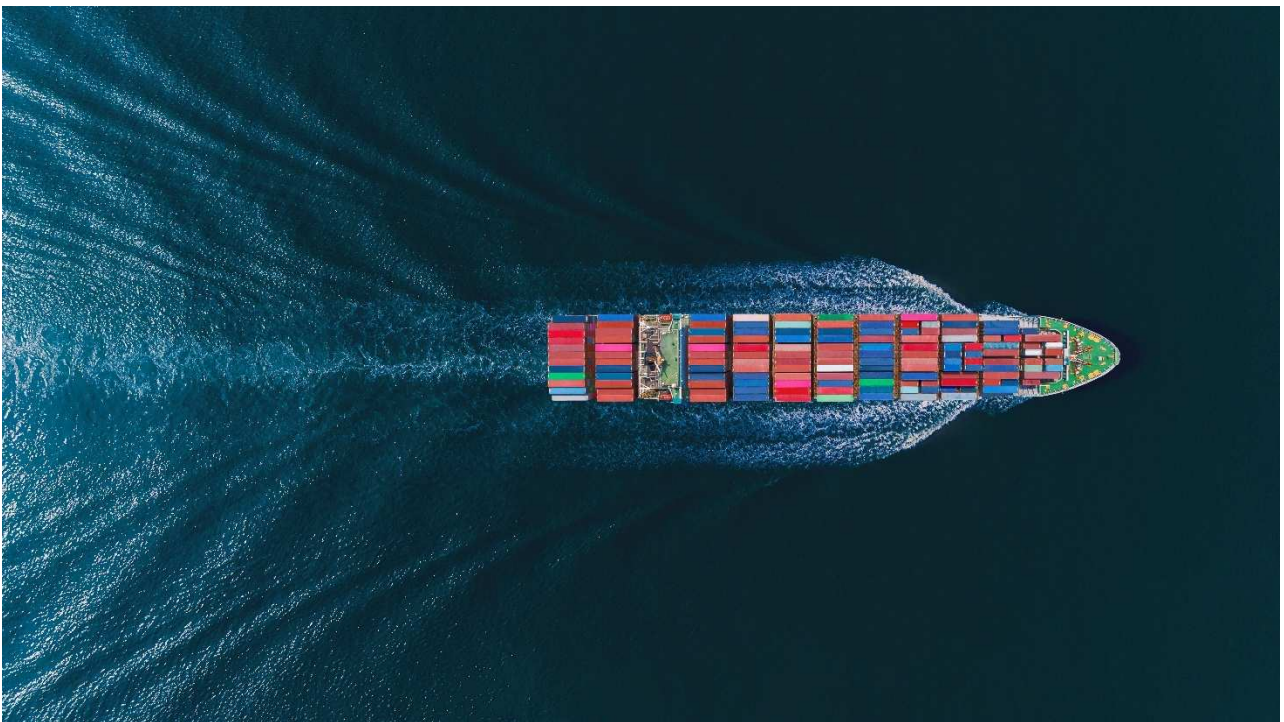
Analyse av ulykkessannsynlighet og miljøkonsekvenser som følge av utslipp av IMDG-last i norske farvann

Sjøsikkerhetsanalysen 2022

Kystverket

Rapport Nr.: 2023-0080, Rev. 0

Dato: 2023-10-18



Prosjektnavn: Sjøsikkerhetsanalysen 2022
 Rapporttittel: Analyse av ulykkessannsynlighet og miljøkonsekvenser med utslipp av IMDG-last i norske farvann
 Oppdragsgiver: Kystverket
 Kontaktperson: Trond Langemyr
 Dato: 2023-10-18
 Prosjektnr.: 10360876
 Org. enhet: Risk, Safety & Reliability
 Rapportnr.: 2023-0080, Rev. 0

DNV AS Maritime, Safety Advisory
 Safety, Risk & Reliability
 Veritasveien 1, 1363 Høvik, Norway

Levering av denne rapporten er underlagt bestemmelsene i relevant(e) kontrakt(er):
 Rammeavtale Risikoanalyser 2020

Utført av:	Verifisert av:	Godkjent av:
<hr/>	<hr/>	<hr/>
Maria Gravelseth Environmental Consultant	Hans Petter Dahlslett Group Leader	Peter Nyegaard Hoffmann Head of Section
<hr/>	<hr/>	
Gjermund Gravr Principal Specialist	Hans Jørgen Johnsrud Principal Consultant	
<hr/>		
Harald Tvedt Principal Consultant		

Beskyttet etter lov om opphavsrett til åndsverk m.v. (åndsverkloven) © DNV 2023. Alle rettigheter forbeholdes DNV. Med mindre annet er skriftlig avtalt, gjelder følgende: (i) Det er ikke tillatt å kopiere, gjengi eller videreformidle hele eller deler av dokumentet på noen måte, hverken digitalt, elektronisk eller på annet vis; (ii) Innholdet av dokumentet er fortrolig og skal holdes konfidensielt av kunden, (iii) Dokumentet er ikke ment som en garanti overfor tredjeparter, og disse kan ikke bygge en rett basert på dokumentets innhold; og (iv) DNV påtar seg ingen aktsomhetsplikt overfor tredjeparter. Det er ikke tillatt å referere fra dokumentet på en slik måte at det kan føre til feiltolkning.

- DNV distribusjon:
- ÅPEN. Fri distribusjon, internt og eksternt.
 - INTERN. Fri distribusjon internt i DNV.
 - KONFIDENSIELL. Distribusjon som angitt i distribusjonsliste*
 - HEMMELIG. Kun autorisert tilgang.

Nøkkelord:
 Miljøfarlig-, radioaktiv-, og eksplosjonsfarlig last, sikkerhetsbarriere og miljøkonsekvens og -risiko

*Distribusjonsliste:

Rev.nr.	Dato	Årsak for utgivelser	Utført av	Verifisert av	Godkjent av
A	2023-02-03	Utkast for kommentarer	MARGRAV/GGRA/HABT	HPDAHL/HAJOH	
B	2023-04-11	Utkast for kommentarer	MARGRAV/GGRA/HABT	HPDAHL/HAJOH	
C	2023-05-30	Oppdatert utkast for kommentarer	MARGRAV/GGRA/HABT	HPDAHL/HAJOH	
D	2023-09-01	Personrisiko alternative drivstoff	MARGRAV/GGRA/HABT	HAJOH/MALE	
0	2023-10-18	Endelig versjon	MARGRAV/GGRA/HABT	HAJOH/MALE	PHOFF

Innholdsfortegnelse

1	SAMMENDRAG	1
2	INNLEDNING	6
2.1	Bakgrunn	6
2.2	Formål	6
2.3	Forkortelser og begreper	6
3	METODISK TILNÆRMING	8
3.1	Datagrunnlaget	8
3.2	Avgrensing av analysen	9
3.3	Ulykkeskategorier	11
3.4	Fartøystyper og størrelseskategorier	11
4	TRANSPORT AV IMDG-LAST	12
4.1	Regulering og klassifisering av farlig last	12
4.2	Transport av IMDG-last i norske farvann	13
4.3	Transport av eksplosjonsfarlig last	16
5	TRANSPORT AV SPESIELT MILJØFARLIG LAST	24
5.1	Kategorisering av miljøfarlige lasttyper	24
5.2	Aktiviteten i norske farvann	25
6	RADIOAKTIV LAST OG DRIVSTOFF	39
6.1	Om radioaktivitet og stråling	39
6.2	Kategorisering av radioaktive lasttyper	40
6.3	Aktiviteten i norske farvann	41
7	RISIKO VED UTSLIPP AV NYE TYPER DRIVSTOFF	56
7.1	Vurdering av ulike nye typer drivstoff	56
7.2	Sammenstilling av miljøpåvirkning- og konsekvens	62
7.3	Sammenstilling av personrisiko	63
9	REFERANSER	65

Vedlegg A Utseilt distanse fordelt på fartøystyper

1 SAMMENDRAG

Formålet med rapporten er å beskrive dagens transport av IMDG-last i norske farvann, samt å beregne sannsynligheten for ulykker med fartøy som fører slik last. I tillegg er det gjennomført en delanalyse for bestemte stoffer for å illustrere hvilke norske havnebyer de største volumene transporteres fra og til. Klassifiseringssystemet i IMDG-koden omfatter alle typer pakket farlig last (også flytende last) og er her benyttet til klassifisering av lasttyper. Merk at fokus i denne analysen er transport av farlig gods og at det ikke er lagt til grunn noen definerte utslippsvolum for analysen som en helhet, kun for spesifikke eksempelstoff. Hensikten med analysen er å gi et innblikk i hvilke farlige stoffer det transporteres mest av og hvilke konsekvenser et eventuelt utslipp kan forårsake. Innholdet i rapporten kan være et utgangspunkt for videre analysearbeid med tanke på å etablere en statlig beredskap mot annen akutt forurensning enn olje. Det understrekes at det ikke er foretatt noen vurderinger utover de beskrevne stoffene.

Analysen er basert på data fra SafeSeaNet Norway for perioden 01.10.2021 – 01.10.2022, heretter referert til som 2021/2022, samt AIS og AISyRisk data. Analysen har identifisert områdene i norske farvann med høyest sannsynlighet for ulykker, og hvilke typer forurensning som potensielt kan inntreffe. Analyseområdet omfatter norske farvann som her defineres som alle havområder og farvann innenfor 200 nm av grunnlinjen, inkludert farvannet innenfor grunnlinjen. Kysten er inndelt i fem geografiske områder (Sørøst, Vest, Midt-Norge, Nordland og Troms & Finnmark). I tillegg er det ett område rundt Svalbard og ett rundt Jan Mayen.

En sammenlikning med hovedtall fra «Sjøsikkerhetsanalysen 2014» /8/ er også inkludert, hvor et gjennomsnitt av de tre analyseårene 2012, 2013 og 2014 er sammenliknet med analyseåret 2021/2022.

Transport av IMDG-last til sjøs reguleres i all hovedsak av internasjonale regelverk utviklet av FNs International Maritime Organisation (IMO), og gjort obligatorisk gjennom SOLAS VII:

- IMDG-koden: Transport av pakket farlig gods.
- IBC-koden: Transport av farlige, flytende kjemikalier i bulk.
- IGC-koden: Transport av farlige, flytende gasser i bulk.
- IMSBC-koden: Transport av farlige, faste bulkklaster.
- INF-koden: Transport av pakket, bestrålt kjernebrensel, plutonium og høyradioaktivt avfall.

Transport av spesielt miljøfarlige laster

I perioden 2021/2022 er det registrert 238 seilaser med miljøfarlig last i norske farvann fordelt på 23 forskjellige produkter (UN-koder). UN-kodene (United Nations Code for Trade and Transport Locations) er underlagt IMDG-klasse 3, 4.1, 5.1, 6.1, 8 og 9, med en majoritet (65 %) av produktene i klasse 3 og 6.1. 4 av 23 lasttyper står på nasjonal prioritetsliste og/eller OSPAR (Oslo/Paris konvensjonen for beskyttelse av det marine miljøet i Nordøst-Atlanteren) sin prioriteringsliste. Til sammenlikning ble det i snitt i 2012-2014 /8/ registrert 223 seilaser med miljøfarlig last i norske farvann, fordelt på 49 forskjellige produkter (UN-koder). Antall seilaser med miljøfarlig last er derfor marginalt opp siden 2014 (7 %), mens antall UN-koder lasten er fordelt på er ned med 53 %.

Trafikken i norske farvann knyttet til transport av spesielt miljøfarlig (P-merket) last domineres av konteinerskip, offshore supply skip og ro-ro lasteskip med henholdsvis 40 %, 25 % og 16 % av den totale utseilte distansen.

Den forventede totale årlige frekvensen for en skipsulykke med fartøy som fører miljøfarlig last i norske farvann er beregnet til 0,045, dvs. gjennomsnittlig én ulykke hvert 22. år. Det presiseres at dette er sannsynligheten for en ulykke med et fartøy som fører miljøfarlig last, ikke sannsynlighet for et utslipp av miljøfarlig last.

Det forventede antallet ulykker innenfor hvert geografisk område påvirkes hovedsakelig av aktivitetsnivå, noe som bidrar til at det forventes flest ulykker i Sørøst-området. Grunnstøting er den dominerende ulykkestypen. I Sørøst-området er det konteinerskip og offshore supply skip som er de dominerende fartøystypene av fartøy som fører miljøfarlig last.

Tabell 1-1 gir en kort oppsummering av miljøkonsekvenser for de fire hovedkategoriene av miljøfarlige lasttyper. Alvorlighetsgraden av konsekvensene ved et utslipp, og behov for tiltak, vil naturlig nok være avhengig av størrelsen på utslippet, men også av lokalitet og sesong. Det er også viktig å understreke at alvorlige eller målbare miljøkonsekvenser ikke nødvendigvis vil være begrenset til uhellsutslipp av P-merket last. Utslipp av store mengder av middels toksiske forbindelser i følsomme områder vil også kunne gi alvorlige effekter på det marine miljø.

Tabell 1-1 Oppsummering av miljøkonsekvenser gitt et uhellsutslipp av 4 hovedkategorier miljøfarlig last.

Kategori	Antall seilaser 2021/2022	Største registrerte last (tonn) 2021/2022	Miljøkonsekvenser gitt et uhellsutslipp
Hydrokarboner & naturlige oljer	103	7	Kan ha et betydelig skadepotensial, avhengig av resipientens egenskaper og lokasjon. Akutte effekter konsentrert til havoverflaten. Langtidseffekter forventes ikke.
Halokarboner & metallokarboner	58	21	Akutte effekter konsentrert til havbunnen. Langtidseffekter grunnet lav nedbrytbarhet.
Cyanider, aminer & korroderende stoffer	68	15	Akutte effekter konsentrert til vannsøylen. Langtidseffekter forventes ikke pga. forbindelsenens fordamping- og biodegraderingspotensial.
Tungmetaller	9	21	Akutte effekter konsentrert til sjøbunn og vannsøylen (avhengig av løselighet). Langtidseffekter forventes da metaller ikke brytes ned.

Forsendelse av store registrerte lastevæker av spesielt miljøfarlige stoffer i norske farvann viser at topp 10 % utgjør til sammen 25 forsendelser (fordelt på 25 ulike seilaser). 80 % av disse faller under IMDG klasse 6,1 (epiklorhydrin), mens 20 % faller under IMDG klasse 8 (én forsendelse med ammoniakkløsning og fire med sinkklorid). Lasten som er registrert spenner mellom 22 tonn og 26 tonn. De viktigste ankomst- og avgangshavner er lokalisert i Drammen, Moss, Larvik og Kristiansand, mens Rotterdam er den viktigste transporthavnen utenfor Norge.

Radioaktiv last og drivstoff

I Nordsjøen og Norskehavet er det i perioden 01.10.2021 – 01.10.2022 totalt 1157 registreringer med radioaktiv last fordelt på 937 seilaser (SafeSeaNet Norway). Disse representerer 10 forskjellige UN-koder, hvor 3 UN-koder (18 %) er definert som ikke skadelige av IAEA, 3 UN-koder (11 %) er registrert med last som er potensielt skadelig ved innånding eller spising, og 4 UN-koder (71 %) er registrert som potensielt skadelig for alle organismer. Til sammenlikning var det i snitt i 2012-2014 /8/ 1341 registreringer med radioaktiv last fordelt på 1055 seilaser. Antall registreringer med radioaktiv last har minket med 14 % siden 2014, mens antall seilaser er redusert med 11 %.

Trafikken til og fra Fastlands-Norge domineres av offshore supplyskip med 80 % av den totale utseilte distansen. Videre utgjør ro-ro-skip og passasjerskip henholdsvis 13 % og 4 % av totalen. Når det gjelder transittreiser i NØS viser data rapportert av Barents SRS at disse seilasene domineres av atomdrevne isbrytere.

Barents SRS data er benyttet for å kartlegge aktiviteten av fartøy som kun transitterer Norsk Økonomisk Sone (NØS) med radioaktiv last eller drivstoff. I Barentshavet er det i perioden 2021/2022 registrert 3 fartøy med radioaktiv last (Barents SRS); to isbrytere og ett stykkgodsskip (også isbryter). Det er ikke registrert UN-kode i radioaktiv last transportert i Barentshavet for de tre skipene. DNV har kategorisert de russiske atomisbryterne (6 seilaser) under UN-kode 3331 (potensielt skadelig) - all øvrig klassifisering i datasettet stammer fra registreringer i databasen til Kystverket (SafeSeaNet Norway).

Den forventede totale årlige frekvensen for en skipsulykke med fartøy som fører radioaktiv last (IMDG-klasse 7) til og fra Norge er beregnet til 0,051, dvs. gjennomsnittlig én ulykke hvert 20. år. Det presiseres sannsynligheten for en ulykke med et fartøy som fører radioaktiv last, ikke tilsvarer sannsynlighet for et utslipp av radioaktiv last.

Forventet antall ulykker innen hvert område påvirkes hovedsakelig av utseilt distanse, noe som bidrar til at det forventes flest ulykker i Vest, ettersom dette området har høyest utseilt distanse. Grunnstøting er samlet sett den dominerende ulykkestypen, mens brann/eksplosjon er dominerende for fire av fem områder.

Beskrivelsen av radioaktive stoffer og miljøkonsekvenser for transport av radioaktive stoffer er hentet fra 2014-analysen /8/, ettersom de samme utslippsscenariene anses som relevante i dag. I tillegg til presentasjon av transporttall for radioaktivt materiale for perioden 2021/2022 er det også lagt til noen nyere data-/informasjonskilder. I forrige analyse (DNV GL, 2015) var den generelle konklusjonen at et momentant utslipp til sjøen av hele lasten er svært usannsynlig, siden radioaktiv last skal være godt sikret med skjermemateriale som er tilpasset strålingsnivået. En annen viktig konklusjon er at vann som medium er en effektiv stopper for radioaktiv stråling, og at stråling i vann derfor ikke har samme rekkevidde som i luft. Det forutsettes at disse kriteriene også er gjeldende i dag.

Miljøkonsekvensene vil være betydelig større dersom en ulykke inntreffer med atomdrevne isbrytere, sammenlignet med resterende trafikk som frakter radioaktiv last. Isbrytere kan inneholde over 200 brenselementer bestående av 90 % anriket uran-235, noe som ofte er langt mer enn mengden som blir fraktet av offshore supplyskip. Ettersom det i perioden 2021/2022 kun ble registrert 3 atomdrevne isbrytere/stykkgodsskip over totalt 6 seilaser, vil det derimot ikke være stor sannsynlighet for en ulykke med atomdrevne fartøy.

For en ulykke med inspeksjonskjemikalier forventes miljøkonsekvensen å være begrenset til lokale effekter på/nær havbunnen som følge av rask fortykning og kort rekkevidde av radioaktiv stråling i vann.

For en ulykke med lav-radioaktive avleiringer fra offshoreindustrien («scale») er det konkludert at miljøkonsekvensen vil være konsentrert til et begrenset sjøbunnsbiotop fordi stoffene ikke løses opp i vannsøylen, men blir liggende på sjøbunnen.

Historiske hendelser med senking/havari av ubåter med høyanriket uran, høyanriket kjernebrensel og utbrent kjernebrensel har vist høyt strålingsnivå om bord, men ikke i omgivelsene og det er derfor heller ikke beskrevet alvorlige miljøkonsekvenser fra disse. Basert på erfaring fra tidligere ulykker er sannsynligheten for større pulsutslipp med radioaktive stoffer lav, men dette er noe som må vurderes for hvert enkelt scenario og basert på en rekke parametere; lokasjon, vanddyp, barrierer, skadebilde, med mer.

Modelleringsstudier viser også at kontinuerlig utlekking av cesium-137 over tid ikke vil gi målbare effekter i fisk selv om lekkasjen skjer på grunt vann (<50 m). Det er kun større pulsutslipp av radioaktivitet som vil kunne gi målbare effekter i biota inkludert fisk, og som derfor kan føre til midlertidig nedstenging av all fiskerivirksomhet, lokalt eller regionalt. At det ikke forventes større effekter, skyldes rask fortykning i vannsøylen, og vannets evne til å redusere rekkevidden til radioaktiv stråling. Spontan spaltingsreaksjon av uran-235 (fisjon) på grunt vann, 50 m (K-27) kan resultere i pulsutslipp av store mengder radioaktiv stråling og derfor gi miljøeffekter også på regionalt nivå. På grunt vann vil en slik hendelse føre til spredning av radioaktiv stråling til luft.

DNV har ikke vurdert miljøkonsekvenser av utslipp til luft. Det er heller ikke mulig å vurdere sannsynligheten for et fisjonsscenario på generell basis, da dette vil være en vurdering basert på mengder gjenstående uranbrensel gitt en ulykke, konstruksjonen og eventuelle skader på reaktor, og andre parametere.

Forsendelse av store registrerte lastevekter av særlige radioaktive stoffer i norske farvann viser at topp 10 % utgjør til sammen 78 forsendelser. Siden 76 av disse forsendelsene faller under UN kode 3332, også definert som «Scale», har en ny analyse blitt gjort uten UN kode 3332. De nye resultatene viser at topp 10 % av registrert lastvekter inkluderer totalt 23 forsendelser, 17 stykk med UN kode 2916 og 6 med UN kode 2915. Lasten som er registrert spenner mellom 180 kg og 3 tonn. Ankomst- og avgangsløkasjoner domineres av offshoreinstallasjoner, i tillegg til havner i Kristiansund, Langesund (ufullstendig kartrepresentasjon) og Hirtshals i Danmark.

IMDG og eksplosjonsfarlig last

Totalt er det registrert 72 396 forsendelser i snitt i 2012-2014 og 132 916 forsendelser i 2021/2022. Det er IMDG-klassene 2, 3, 8 og 9 som dominerer for begge snitt-år, med henholdsvis 22 %, 31 %, 17 % og 16 % av forsendelsene i 2012-2014, og 18 %, 29 %, 22 % og 18 % i 2021/2022.

Eksplisjonsfarlig last omfatter produkter i flere IMDG-klasser. I denne analysen er eksplosjonsfarlig last definert som stoffer som er klassifisert under følgende IMDG-klasser:

- IMDG-klasse 1 – Eksplosiver.
- IMDG-klasse 2 – Gasser.
- IMDG-klasse 5 – Oksiderende stoffer og organiske peroksider.

I perioden 2021/2022 er det totalt 31 854 registreringer med eksplosjonsfarlig last fordelt på 10 205 seilaser (SafeSeaNet Norway). Til sammenlikning var det i snitt i 2012-2014 /8/ 20 190 registreringer med eksplosjonsfarlig last fordelt på 9 349 seilaser. Antall registreringer med eksplosjonsfarlig last har derfor økt med 58% siden 2014, mens antall seilaser har økt med 9%.

Det er beregnet utseilt distanse for 2021/2022 for fartøy som fører eksplosjonsfarlig last (IMDG klasse 1, 2 og 5) i norske farvann. Trafikken domineres av offshore supply skip og gasstankere med henholdsvis 44 % og 18 % av den totale utseilte distansen. Videre har ro-ro-skip, passasjerskip og konteinerskip 12 %, 12 % og 11 % av totalen. Gasstankere representerer de største fartøyene; ca. 2 % av den totale utseilte distansen er for gasstankere på mer enn 100 000 bruttotonn.

Akkumulert årlig ulykkesfrekvens for transport av materialer i IMDG-klassene 1, 2 og 5 er på 0,985, altså gjennomsnittlig én ulykke i året. Det presiseres at dette er sannsynligheten for en ulykke med et fartøy som fører eksplosjonsfarlig last, ikke sannsynlighet for at utslipp forekommer. Ulykkene inkluderer de ulykkestypene som er angitt i kapittel 4.2, med en overvekt av grunnstøtingsulykker.

Forsendelse av store registrerte lastevekter av ammoniumnitrat i norske farvann viser at topp 10 % utgjør til sammen 8 forsendelser. Disse faller under IMDG klasse 5,1 – flytende ammoniumnitrat. Den registrerte lasten varierer fra 22 500 tonn til 28 000 tonn. Hver last blir fraktet fra Herøya i Porsgrunn til enten Nederland eller USA.

Nye typer drivstoff

Av de nye drivstofftypene er miljøpåvirkningen i forbindelse med et utslipp ansett å være lokal, unntaket er lavsvoveldrivstoff og til en viss grad biodiesel. Dette er avhengig av stoffenes egenskaper kombinert med mengder, spredning, nedbrytning/forvitring og miljøets/økosystemenes sårbarhet. For de andre kildene er det først og fremst miljøpåvirkning i forbindelse med brann og eksplosjon (kvelning) og nedkjøling for naturressurser innenfor spredningsområdet. I tillegg er levetiden kort. Unntaket er ammoniakk hvor nedblanding i vannsøylen kan føre til økt giftighet for marine organismer, så vel som forhøyet pH-verdi.



En utslippshendelse langs kysten, gjerne i skjermede områder, anses som mer kritisk enn på åpent hav. I drøftingen er det ikke gjort vurderinger på eksakte utslippsvolum. Det påpekes derfor at økt utslippsvolum, særlig for oljeproduktene, forventes å gi større miljøpåvirkning og -konsekvens.

I beredskapssammenheng er mekanisk oppsamling på sjøoverflaten relevant for oljeproduktene og andre stoffer med oljelignende egenskaper ettersom de øvrige væskene fordampes/nedblandes raskt. Angående marine batterier så er eventuelt fysisk fjerning fra havbunnen et relevant tiltak.

2 INNLEDNING

2.1 Bakgrunn

Denne rapporten er en del av «Sjøsikkerhetsanalysen 2022», utarbeidet for Kystverket. I 2014 utførte DNV «Sjøsikkerhetsanalysen 2014» på oppdrag fra Kystverket. Dette utgjorde en viktig del av grunnlaget for Meld. St. 35 (2015–2016) og inngår i dag i Kystverkets kunnskapsgrunnlag for sjøsikkerheten i norske farvann.

På grunn av den lange tiden som er gått siden analysen ble ferdigstilt i 2015, og på grunn av behovet for gode forberedelser for arbeidet i Kystverket frem mot Nasjonal transportplan 2025-2036, er det behov for å revidere denne kunnskapen gjennom å revidere deler av Sjøsikkerhetsanalysen 2014.

2.2 Formål

Formålet med rapporten er å beskrive dagens transport av IMDG-last i norske farvann, samt å beregne sannsynligheten for ulykker med fartøy som fører slik last. I tillegg er det gjennomført en delanalyse for bestemte stoffer for å illustrere hvilke norske havnebyer de største volumene transporteres fra og til. Klassifiseringssystemet i IMDG-koden omfatter alle typer pakket farlig last (også flytende last) og er her benyttet til klassifisering av lasttyper. Det er også utført en overordnet miljøkonsekvensanalyse av akutt utslipp med «ikke-ordinære drivstoff».

Merk at de mer ordinære oljelastene og drivstoff (f.eks. marine drivstoff, tungolje, råolje etc.) ikke behandles i denne rapporten. For denne type hendelser henvises det til dokumentet: "Dimensjonering av statens beredskap mot akutt forurensning; Beredskapsanalyse, 2022" /63/.

Denne rapporten, sammen med øvrige rapportene knyttet til prosjektet «Sjøsikkerhetsanalysen 2022», utgjør basis for forståelsen av risikoen vi har i dag til sjøs og hvor vi skal iverksette tiltak. Rapporten vil være med på å sikre at beslutninger og tiltak baseres på oppdatert og relevant informasjon. Etableringen av datagrunnlaget, og utarbeidelsen av rapporten, har foregått i et tett samarbeid med Kystverket.

2.3 Forkortelser og begreper

Tabell 2-1 gir en oversikt over forkortelser og begreper benyttet i rapporten.

Tabell 2-1 Forkortelser brukt i rapporten.

Begrep	Forklaring
AIS	Automatisk identifikasjonssystem
BQ	Becquerel
BT	Bruttotonn
CAS	Chemical Abstracts Service
DDT	Deflagrering til detonasjonsovergang
EØS	Det europeiske økonomiske samarbeidsområde
GPS	Globalt posisjoneringssystem
IAEA	Det internasjonale atomenergibyrådet
IBC	IBC-koden (Transport av farlige, flytende kjemikalier i bulk)
IGC	IGC-koden (Transport av farlige, flytende gasser i bulk)
IHS	Information Handling Services
IMO	Den internasjonale sjøfartsorganisasjonen
IMDG	International Maritime Dangerous Goods Code

Begrep	Forklaring
IMSBC	IMSBC-koden (Transport av farlige, faste bulklaster)
INF	INF-koden (Transport av pakket, bestrålt kjernebrensel, plutonium og høyradioaktivt avfall)
LNG	Liquefied Natural Gas (flytende naturgass)
LPG	Liquefied Petroleum Gas (våtgass)
LSA	Lav spesifikk aktivitet
NØS	Norges økonomiske sone
RO-RO fartøy	Fartøy der lastning og lossing skjer ved at lasten kjører på egne hjul eller trekkes på spesielle traller.
SCO	Surface contaminated object
SSB	Statistisk sentralbyrå
SSN	SafeSeaNet Norway
VTS	Trafikksentraltjeneste (Vessel Traffic Service)

3 METODISK TILNÆRMING

Sannsynligheter for skipsulykker i norske farvann er hentet fra AISyRisk /1/. Analysen er basert på data fra SafeSeaNet Norway for perioden 01.10.2021 – 01.10.2022 (heretter referert til som 2021/2022), samt AIS- og AISyRisk data. Analysen har identifisert hvilke områder som har høyest sannsynlighet for ulykker, og hvilke typer akutt forurensing som potensielt kan inntreffe.

3.1 Datagrunnlaget

Dette kapittelet beskriver hvilke data som er benyttet i den statistiske fremstillingen og i modelleringen av sannsynligheten for ulykkeshendelser.

Datagrunnlaget for fartøysbevegelser

Data fra skipsrapporteringssystemet SafeSeaNet Norway (SSN) er benyttet som grunnlag for de statistiske betraktningene av aktiviteten knyttet til transport av IMDG-last, inkludert miljøfarlig IMDG-last, radioaktiv last og eksplosjonsfarlig last. SafeSeaNet Norway er et nasjonalt meldingssystem for skipsfarten, som blant annet innbefatter lovfestet innrapportering av frakt av IMDG-last. Data for perioden 2021/2022 er benyttet som grunnlag. Utseilt distanse er deretter beregnet ut fra AIS-data for de konkrete seilasene.

Data fra skipsrapporteringssystemet Barents SRS er benyttet for å kartlegge aktiviteten av fartøy som kun transitterer NØS med radioaktiv last eller drivstoff. Fartøy i transitt rapporterer ikke til SSN, men i SRS. Barents SRS dekker området mellom Lofoten og Murmansk.

Datagrunnlaget for analysen av sannsynlighet for skipsulykker

DNV bruker seilas- og skipsspesifikke data fra SafeSeaNet Norway til å hente ut ulykkesfrekvenser fra AISyRisk, for å muliggjøre konsekvensanalyser. Data for perioden 2021/2022 er benyttet som grunnlag for denne analysen.

Sammenlikning

En sammenlikning med hovedtall fra «Sjøsikkerhetsanalysen 2014» /8/ er inkludert i rapporten, hvor et gjennomsnitt av de tre analyseårene 2012, 2013 og 2014 er sammenliknet med analyseåret 2021/2022. Sammenlikninger inkluderer antall forsendelser og seilaser registrert i SSN (fordelt på spesielt miljøfarlig-, eksplosjonsfarlig- og radioaktiv last), aktiviteten i norske farvann (utseilt distanse fordelt på fartøystype og område) og sannsynligheten for skipsulykker. Det må derimot tas i betraktning at utseilt distanse ble kalkulert basert på et annet system enn AISyRisk i 2014, og at sammenlikningen dermed inneholder noe usikkerhet.

Analyse av store mengder fraktet last

Tre separate analyser har blitt gjort for å undersøke hvor i Norge de største mengdene av spesielt «farlige» stoffer fra hver kategori (eksplosjonsfarlig-, spesielt miljøfarlig-, og radioaktiv last) fraktes. For å kunne analysere de største lastvektene har dataene fra hver kategori blitt filtrert til å kun inkludere topp 10 % av registrerte lastvekter. Disse seilasene er illustrert ved bruk av tetthetsplott.

Datakvaliteten på registreringer av transporterte mengder av farlig last i SafeSeaNet Norway er varierende, hvor det ofte er forveksling mellom tonn og kilogram eller totalt fraværende data. Vurderingen har derfor sine usikkerheter, men er likevel utført for å gi et anslag og en overordnet oversikt over hvor i Norge spesielt store mengder av gitte stoffer blir fraktet. En «vasking» av dataene har blitt gjort for å redusere usikkerheten knyttet til feilregistreringer ved å fjerne forsendelser med åpenbare avvik i lastvekt.

De tre kategoriene som har blitt analysert er 1. Ammoniumnitrat (eksplosjonsfarlig last), 2. Spesielt miljøfarlig last (hele datasettet, og 3. Radioaktiv last med høyest skadekategori – Potensielt Skadelig (Gruppe I).

Miljørisiko er ikke vurdert i denne rapporten da en slik analyse behøver sikrere data knyttet til registrerte lastveker gjennom hele datasettet, og ikke kun for de tre gruppene analysert ovenfor.

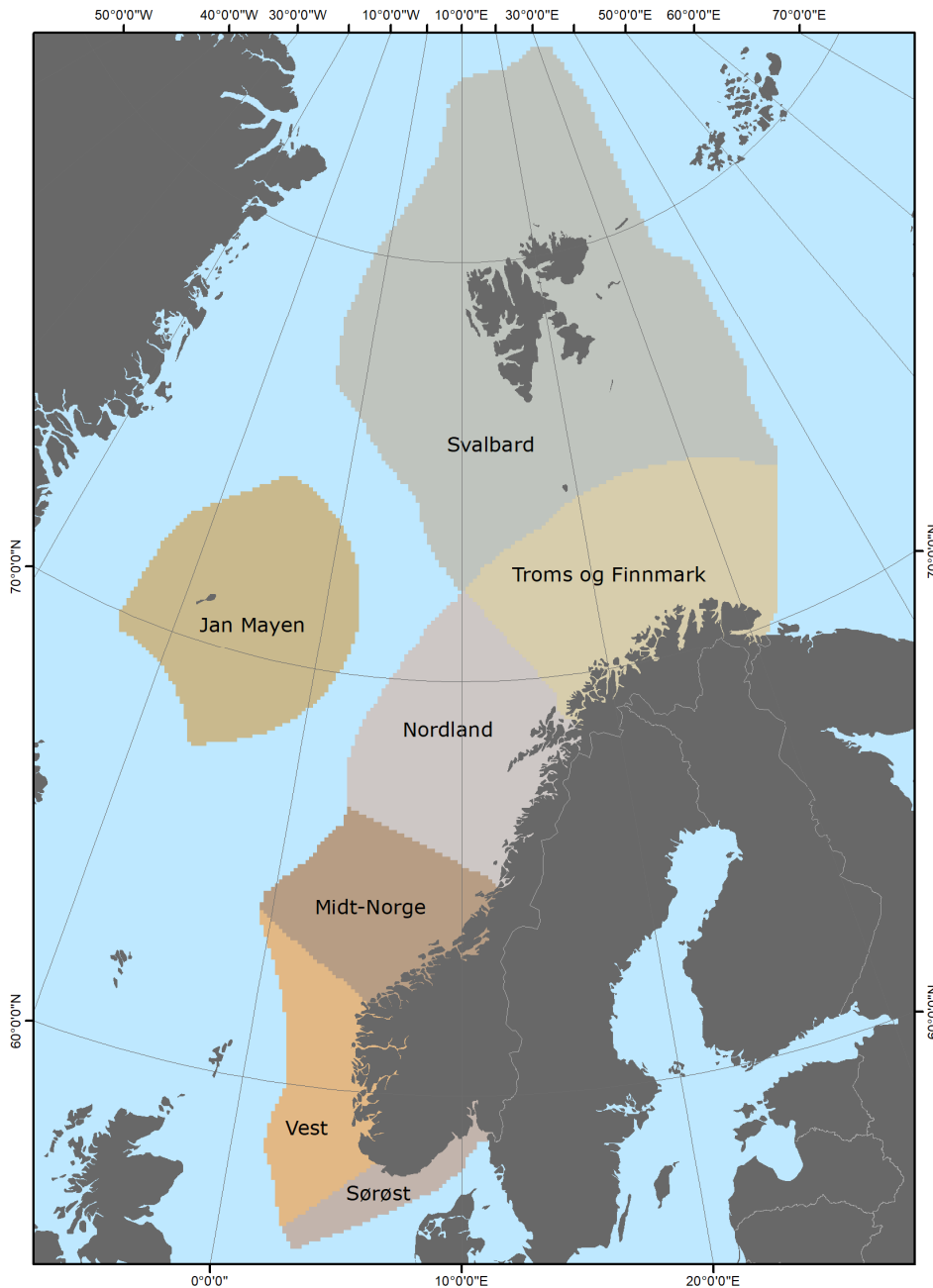
3.2 Avgrensning av analysen

Analyseområdet omfatter norske farvann som her defineres som alle havområder og farvann innenfor 200 nm av grunnlinjen (NØS). Farvannet innenfor grunnlinjen er også inkludert. Skipstrafikken er delt inn i syv geografiske områder, illustrert i Figur 3-1.

- Sørøst
- Vest
- Midt-Norge
- Nordland
- Troms og Finnmark
- Jan Mayen
- Svalbard

Områdene er relativt store og av ulik størrelse. Det siste kan potensielt påvirke tolkningen av resultatene, ettersom en lang kystlinje gir flere utseilte nautiske mil gitt det samme antall passerende skip. Det nevnes at Troms og Finnmark har den lengste kystlinjen, mens Svalbard er det største området.

Områdene er tilsvarende de som ble benyttet i foregående sjøsikkerhetsanalyse, med noen endringer: 1) Området Troms og Finnmark strekker seg ut til 200 nm grensen, slik at alle områdene rundt fastlands-Norge strekker seg like langt ut fra kysten (Figur 3-1) og 2) Områdene er knyttet til samme 10X10 km grid som Kystverket benytter i AISyRisk.



Figur 3-1 Inndeling av analyseområdet i områder med 10x10 km grid.

3.3 Ulykkeskategorier

Ulykkeskategoriene som er brukt i analysen er hentet fra AISyRisk:

- Grunnstøting: Grunnstøting inkluderer to typer; grunnstøting med maskinkraft og drivende grunnstøting. Fartøyet kan gå på grunn med maskinkraft, og grunnstøtingen skyldes da ofte en menneskelig eller teknisk feil. Alternativt kan fartøyet drive på land etter å ha mistet maskinkraft eller manøvreringsevne av tekniske årsaker.
- Kollisjon: Kollisjon mellom to fartøy skyldes ofte at kurskontroll i ett (eller begge) av fartøyene opphører i en periode, ulike oppfatninger av situasjonen, feilvurderinger eller lignende. Kontaktulykker (kollisjon med kai, bro etc.) er ikke inkludert.
- Strukturfeil (forlis): Strukturfeil inkluderer påkjenninger fra grov sjø (f.eks. stabilitetssvikt) og skader på skrog som medfører at fartøyet tar inn vann og synker (engelsk; foundering).
- Brann/eksplosjon: Brann/eksplosjon er uhellshendelser som kan føre til totalhavari. Brann ombord kan skade skroget slik at sjø kommer inn og fartøyet synker helt eller delvis.

3.4 Fartøystyper og størrelseskategorier

For analysen av skipstrafikken er fartøyene inndelt i de samme fartøystyper og størrelseskategorier som vist i Tabell 3-1. Disse er de samme som er benyttet i AISyRisk. Fartøystyper som har en utseilt distanse på under 0,5 % av den totale utseilte distansen i videre analyse er ekskludert i fremstillingen av resultatene.

Tabell 3-1 Fartøystyper og størrelseskategorier.

Fartøystyper	Størrelseskategorier
Råoljetankere	< 1 000 BT
Produkttankere	1 000 – 4 999 BT
Kjemikalietankere	5 000 – 9 999 BT
Gasstankere	10 000 – 24 999 BT
Bulkskip	25 000 – 49 999 BT
	50 000 – 99 999 BT
	≥ 100 000 BT
Stykkgodsskip	
Konteinerskip	
Ro-Ro last	
Kjøle-/fryseskip	
Cruise	
Passasjer	
Offshore supply skip	
Andre offshore service skip	
Andre aktiviteter	
Fiskefartøy	
Ukjent fartøystype	

4 TRANSPORT AV IMDG-LAST

4.1 Regulering og klassifisering av farlig last

Transport av farlig last til sjøs reguleres i all hovedsak av internasjonale regelverk utviklet av FNs International Maritime Organisation (IMO), og gjort obligatorisk gjennom SOLAS VII:

- IMDG-koden: Transport av pakket farlig gods.
- IBC-koden: Transport av farlige, flytende kjemikalier i bulk.
- IGC-koden: Transport av farlige, flytende gasser i bulk.
- IMSBC-koden: Transport av farlige, faste bulkklaster.
- INF-koden: Transport av pakket, bestrålt kjernebrensel, plutonium og høyradioaktivt avfall.

IMDG-koden

Klassifiseringssystemet i IMDG-koden (International Maritime Dangerous Goods) omfatter alle typer pakket farlig last (også flytende last) og er derfor benyttet til klassifisering av lasttyper i gjeldene studie. IMDG-koden har til hensikt å fremme trygg transport av pakket farlig gods. Koden regulerer stoffer sikkerhetsmessig ut fra risiko for mennesker, skip og miljø, og adresserer pakking og stuving av forsendelser, med særlig fokus på segregering av inkompatible produkter.

IMDG-koden er basert på FNs modellregelverk ("The Orange Book") og deler derved klassifiseringssystem med regelverkene for transport av farlig gods på vei og jernbane. Regelverkene benytter seg av FNs klassifikasjonsregime for farlige substanser der hver substans har en unik UN-kode. Videre deler regelverkene farlig gods i 9 kategorier eller klasser (Tabell 4-1):

Tabell 4-1 Klassifisering av farlig gods i henhold til IMDG koden.

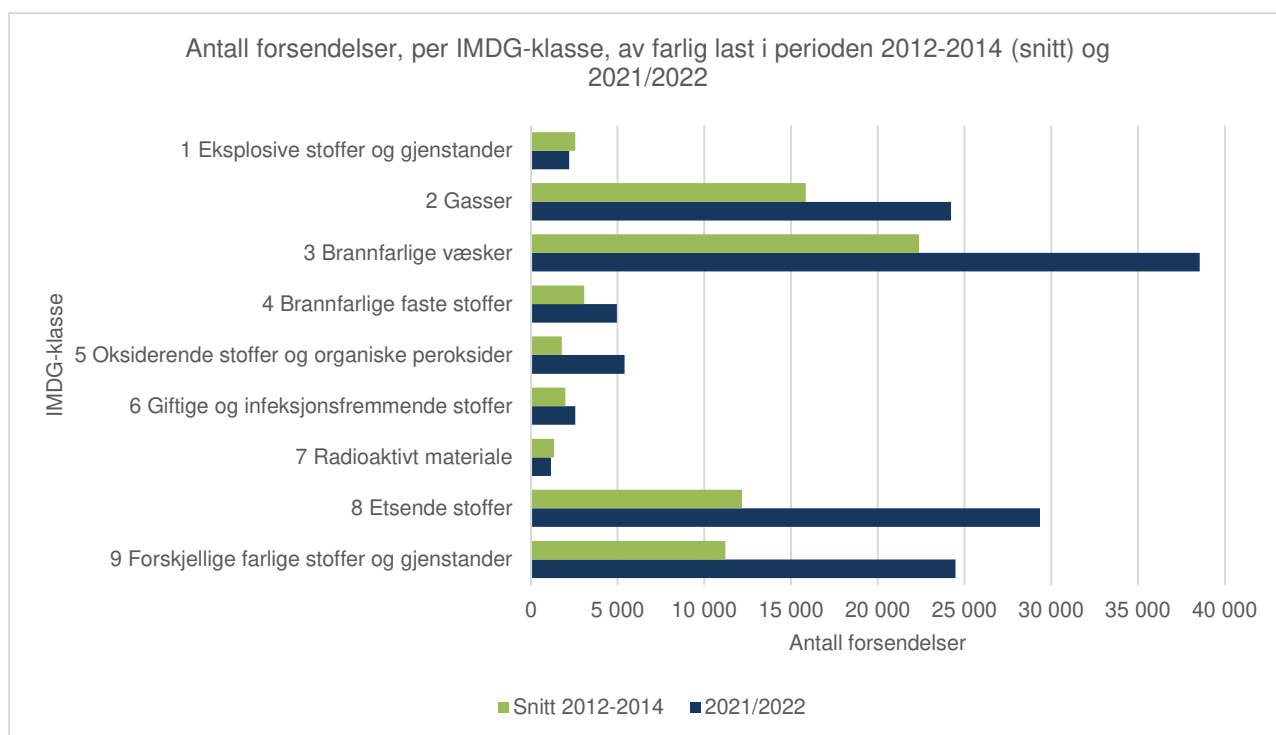
IMDG-klasse	Beskrivelse
1	Eksplorative stoffer og gjenstander
2	Gasser
3	Brannfarlige væsker
4	Brannfarlige faste stoffer
5	Oksiderende stoffer og organiske peroksider
6	Giftige og infeksjonsfremmende stoffer
7	Radioaktivt materiale
8	Etsende stoffer
9	Forskjellige farlige stoffer og gjenstander

Detaljer rundt spesifikke regelverk og gjeldende sikkerhetsbarrierer diskuteres i nærmere detalj i kapitlene om miljøfarlig last, radioaktiv last og drivstoff, og eksplosjonsfarlig last.

4.2 Transport av IMDG-last i norske farvann

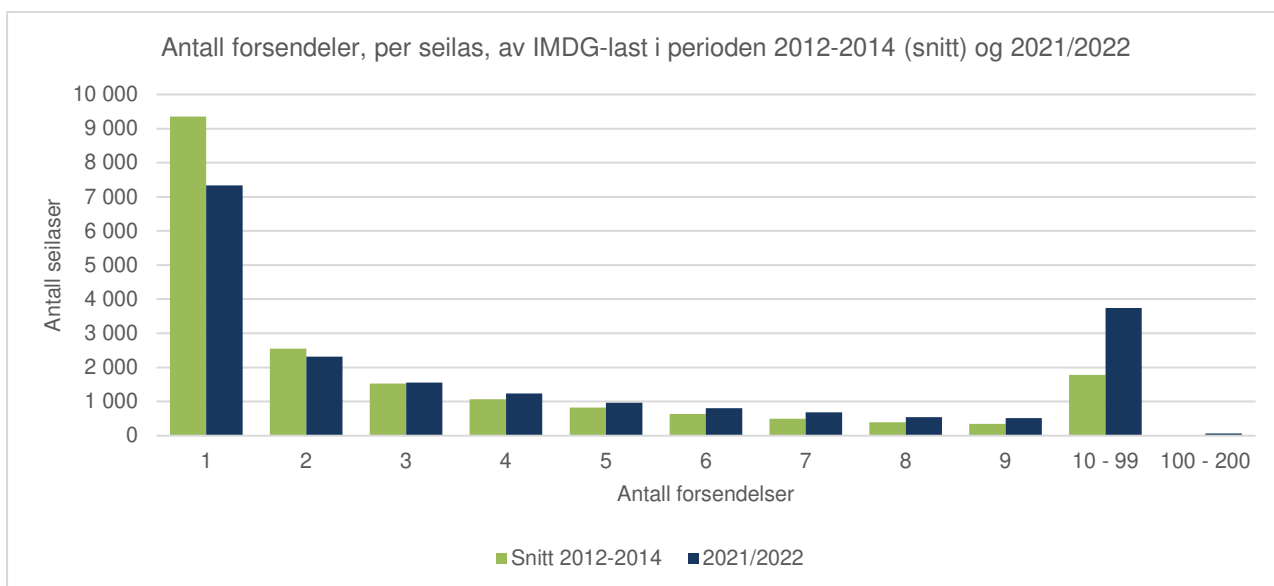
Det er gjennomført en statistisk analyse av data fra SafeSeaNet Norway for å presentere årlig transport av IMDG-last i norske farvann i 2012-2014 (snitt) /8/ sammenlignet med 2021/2022 (ett år).

Figur 4-1 viser antall registrerte forsendelser/laster per IMDG-klasse i perioden 2012-2014 (snitt) /8/ og 2021/2022. Totalt er det registrert 72 396 forsendelser i snitt i 2012-2014 og 132 916 forsendelser i 2021/2022. Figur 4-1 viser at IMDG-klasse 2, 3, 8 og 9 dominerer for begge år, med henholdsvis 22 %, 31 %, 17 % og 16 % av forsendelsene i 2012-2014, og 18 %, 29 %, 22 % og 18 % i 2021/2022. Merk at en forsendelse kan være alt fra en bunt gassflasker til gasstankere. I tillegg kan flere forsendelser med ulike IMDG-klasser inngå i en seilas.



Figur 4-1 Antall forsendelser merket som IMDG-last i norske farvann i perioden 2012-2014 (snitt) og 2021/2022, fordelt på IMDG-klasse.

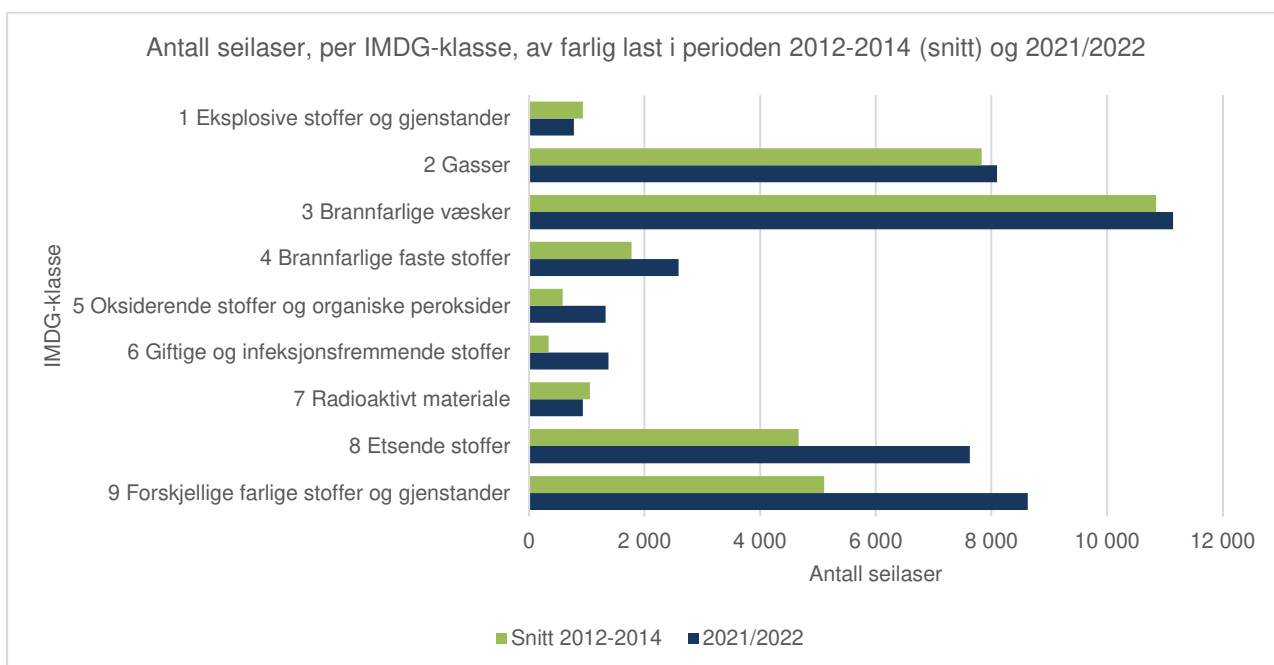
Det er foretatt 18 986 unike seilaser med IMDG-last i perioden 2012-2014 (snitt) /8/ og 19 757 unike seilaser i 2021/2022. Figur 4-2 viser at antall forsendelser per seilas varierer fra 1-200. I 2012-2014 (snitt) har kun 9 % av seilasene mer enn 9 forsendelser, og ca. 50 % av seilasene har kun én forsendelse. I 2021/2022 har 19 % av seilasene mer enn 9 forsendelser, og ca. 37 % av seilasene har kun én forsendelse. Seilaser med kun én forsendelse er mest sannsynlig tankskip, men kan også være kontainerskip med kun én konteiner med farlig gods.



Figur 4-2 Antall forsendelser (last-enheter) merket som IMDG-last i norske farvann i perioden 2012-2014 (snitt) og 2021/2022, per seilas.

Figur 4-3 viser antall seilaser per IMDG-klasse. Merk at totalt antall seilaser vil være lavere enn totalen av seilaser per IMDG-klasse, da en del seilaser vil inneholde gods fra ulike IMDG-klasser.

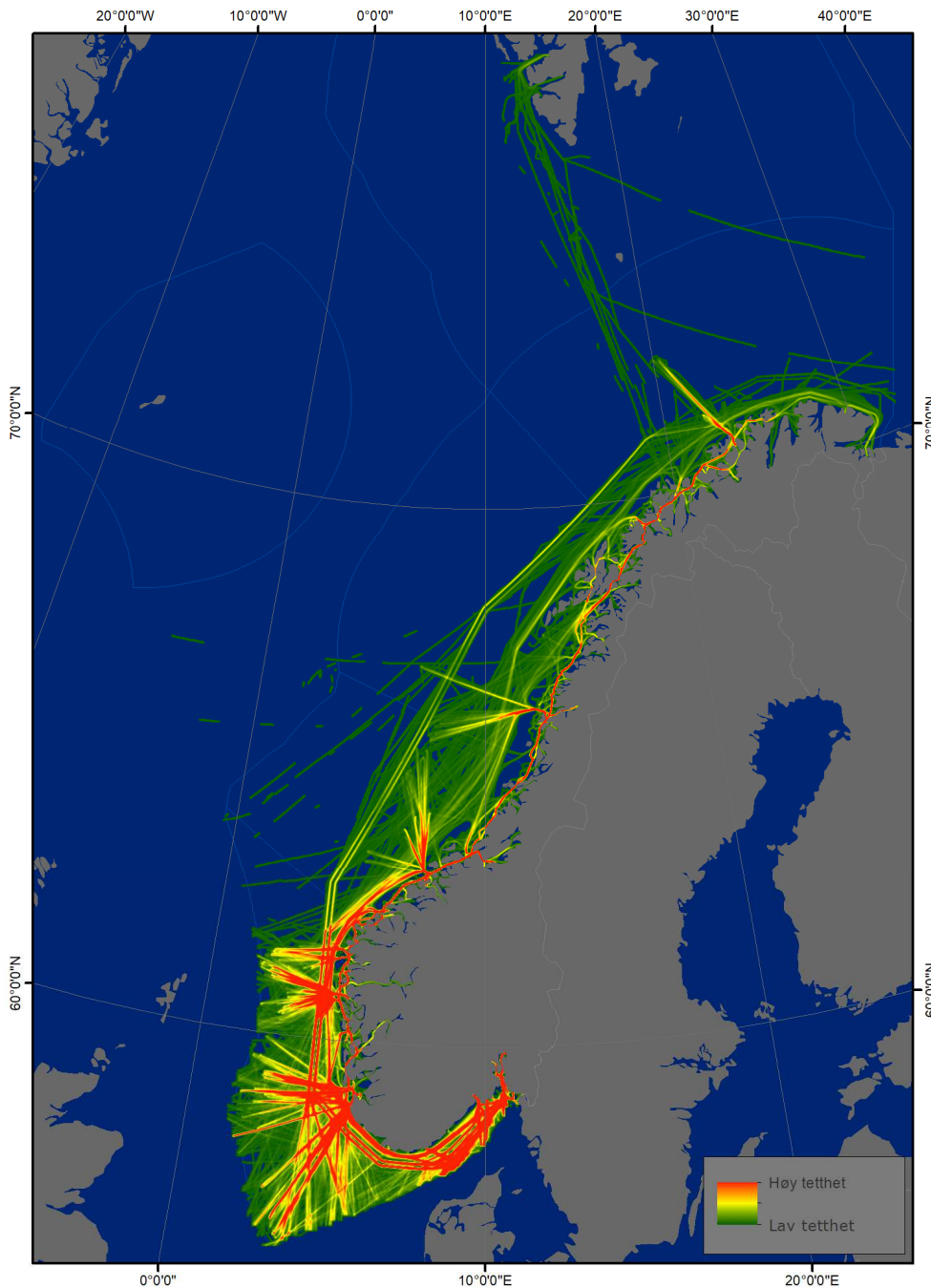
Fordelingen på fartøystyper og statistikk for lastvekter er ikke vurdert i denne delen. Dette vil bli diskutert i de påfølgende kapitlene som omhandler spesifikke typer IMDG-last.



Figur 4-3 Antall seilaser med IMDG-last i norske farvann i perioden 2012-2014 (snitt) og 2021/2022, fordelt på IMDG-klasse.

Figur 4-4 viser tetthetsplott for skipstrafikken med IMDG-last (alle registreringer i SafeSeaNet Norway, alle IMDG-klasser) i norske farvann, for perioden 2021/2022. Tetthetsplottet gir et totalbilde av farlige laster som transporteres i NØS. Formålet med tetthetsplottene er å differensiere intensiteten av skipstrafikken geografisk. Intensiteten i fargen indikerer frekvens, og er dermed et uttrykk for hvor tett skipstrafikken er ¹.

Det fremgår av Figur 4-4 at en stor andel av aktiviteten kan knyttes til olje- og gassproduksjon på sokkelen; det er klare spor fra alle forsyningsbasene langs kysten, og i farvannet rundt raffineriet på Mongstad og gassanleggene på Kårstø og Melkøya. Plottet viser også mye aktivitet i Oslofjorden og ved Grenland, og lite aktivitet rundt Svalbard.



Figur 4-4 Tetthet av spor fra fartøy som fører IMDG-last for perioden 2021/2022.

¹ Tettheten beregnes ut fra total lengde av spor innenfor en radius på 500 m dividert på arealet.

4.3 Transport av eksplosjonsfarlig last

Dette kapittelet presenterer resultater fra en kartlegging av dagens aktivitet for fartøy som fører eksplosjonsfarlig last i norske farvann (2021/2022). Eksplosjonsfarlig last omfatter produkter i flere IMDG-klasser. En delanalyse av ammoniumnitrat har blitt gjort for å se nærmere på hvor i Norge de største mengdene av stoffet transporteres fra og til.

Videre beregnes sannsynligheten for skipsulykker for fartøy som fører denne typen last, og gjeldende sikkerhetsbarrierer og hvilken konsekvens denne aktiviteten representerer diskuteres. En sammenlikning med hovedtall fra «Sjøsikkerhetsanalysen 2014» /8/ er også inkludert underveis.

I denne analysen er eksplosjonsfarlig last definert som stoffer som er klassifisert under følgende IMDG-klasser:

IMDG-klasse 1 – Eksplosiver

Stoffer i klasse 1 varierer fra stoffer med høy fare for massedetonasjon av hele forsendelsen, til mindre farlige stoffer der eksplosjonsfaren i hovedsak er begrenset til beholderen, og der det ikke forventes farlig projeksjon av fragmenter.

IMDG-klasse 2 – Gasser

Klasse 2 består av brennbare gasser som acetylen og hydrogen, ikke-brennbare gasser som flytende og komprimerte gasser, og giftige gasser. Brennbare og ikke-brennbare gasser vil begge representere en eksplosjonsfare gitt en ulykke; ikke-brennbare gasser som for eksempel LNG vil ved utslipp til luft bli brennbar. Alle gassbeholdere vil representere en eksplosjonsfare ved oppvarming.

IMDG-klasse 5 – Oksiderende stoffer og organiske peroksider

Organiske peroksider er stoffer som har evne til eksoterm dekomponering ved normal eller forhøyet temperatur. Dekomponeringen kan utløses av varme, kontakt med forurensninger, friksjon eller støt. Noen organiske peroksider kan dekomponere eksplosivt.

Oksiderende stoffer kan, selv om de ikke nødvendigvis er brennbare selv, forårsake eller bidra til forbrenning av andre materialer og gjenstander som inneholder brennbare stoffer, hovedsakelig ved å avgj oksygen.

Grad av sensitivitet og eksplosjonsfare for spesifikke stoffer i de utvalgte IMDG-klassene er ikke analysert i detalj.

4.3.1 Aktiviteten i norske farvann

Dette kapittelet presenterer resultatene for dagens transport av eksplosjonsfarlig last, samt en overordnet vurdering av miljøkonsekvenser ved ulykke. Videre presenteres sannsynligheten for ulykker med fartøy som transporterer eksplosjonsfarlig last.

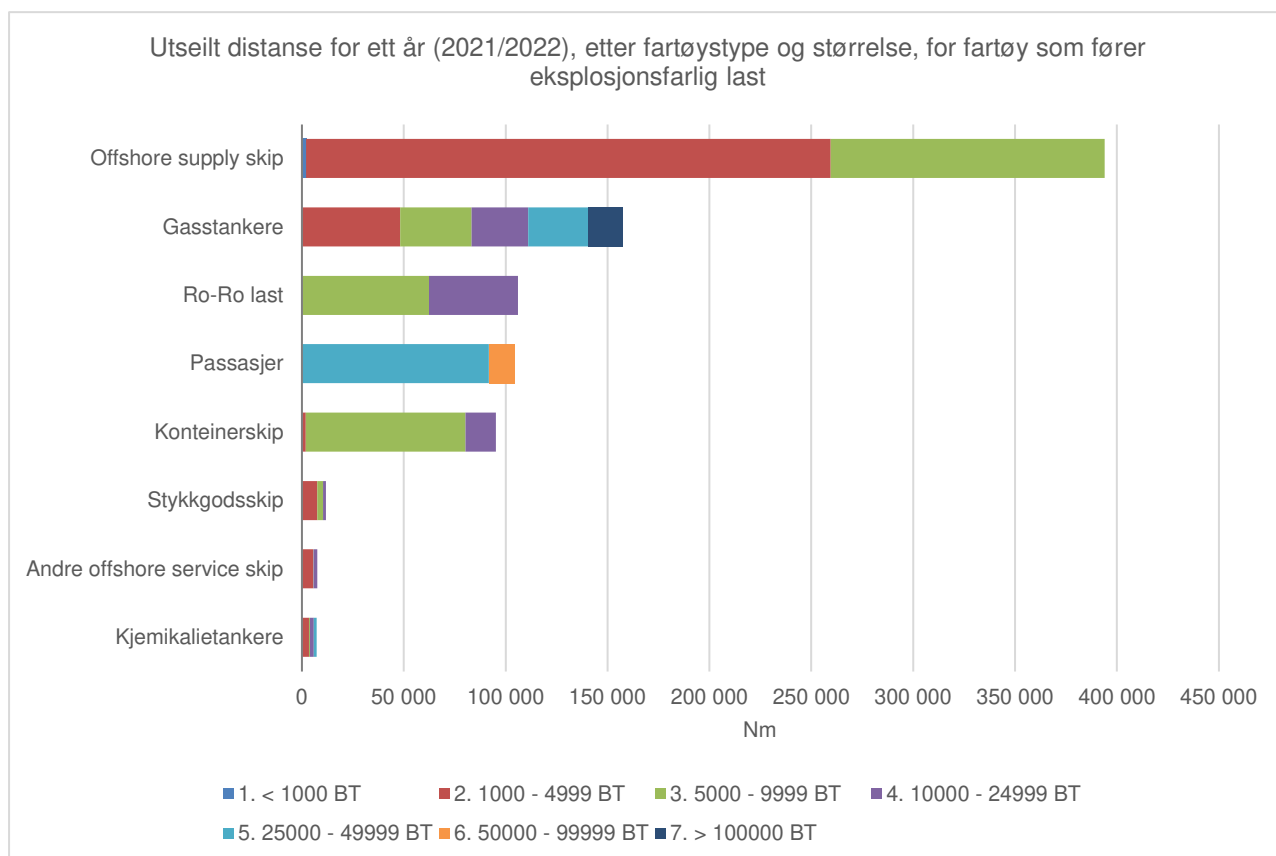
I perioden 2021/2022 er det totalt 31 854 registreringer med eksplosjonsfarlig last i 10 205 seilaser (SafeSeaNet Norway). Til sammenlikning var det i snitt i 2012-2014 /8/ 20 190 registreringer med eksplosjonsfarlig last i 9 349 seilaser. Antall registreringer med eksplosjonsfarlig last har derfor økt med 58 % siden 2014, mens antall seilaser har økt med 9 %.

En modellering av skipstrafikken blir gjort ved å bruke SafeSeaNet Norway til å hente ut rapporterte seilaser med eksplosjonsfarlig last (IMDG klasse 1, 2 og 5) i norske farvann for 2021/2022. Utseilt distanse er deretter beregnet ut fra AIS-data.

Beregnet utseilt distanse fordelt på fartøytype og størrelse

Figur 4-5 viser utseilt distanse for ett år (2021/2022) for fartøy som fører eksplosjonsfarlig last (IMDG klasse 1, 2 og 5). Trafikken domineres av offshore supply skip og gasstankere med henholdsvis 44 % og 18 % av den totale utseilte distansen. Videre har ro-ro skip, passasjerskip og konteinerskip 12 %, 12 % og 11 % av totalen. Gasstankere representerer de største fartøyene; ca. 2 % av den totale utseilte distansen er for gasstankere på mer enn 100 000 bruttotonn. Fartøystyper som har en utseilt distanse på under 0,5 % av den totale utseilte distansen er ikke inkludert i fremstillingen av resultatene.

I 2013 var trafikken også dominert av offshore supply skip (37 %), gasstankere (35 %), og ro-ro skip (9 %) /8/. Utseilt distanse med gasstankere har derfor gått ned 17 prosentpoeng siden 2013, mens de andre nevnte skipstypene har økt.

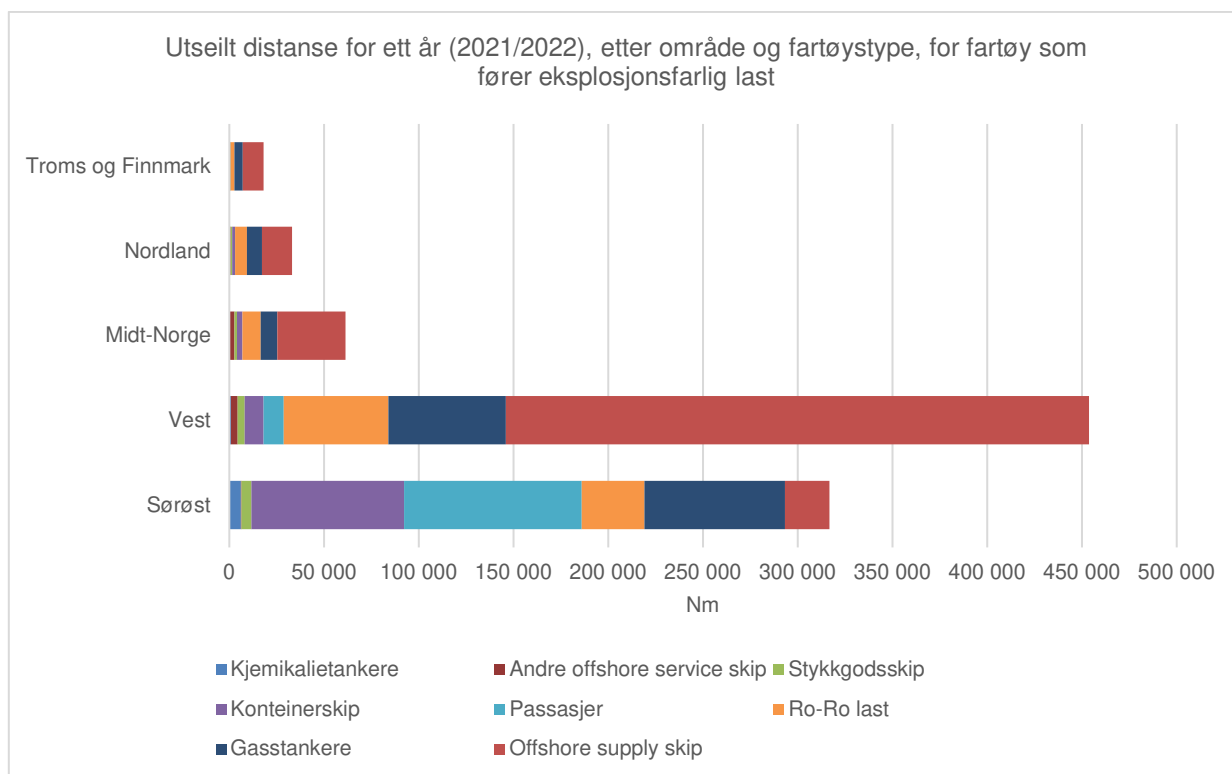


Figur 4-5 Utseilt distanse (nm) for ett år (2021/2022) for fartøy som fører eksplosjonsfarlig last (IMDG-klasse 1, 2 og 5) i norske farvann, etter fartøystype og størrelse.

Beregnet utseilt distanse fordelt på område

Figur 4-6 viser utseilt distanse for ett år (2021/2022) for fartøy som fører eksplosjonsfarlig last (IMDG-klasse 1, 2 og 5), etter område og fartøystype. Resultatene viser at det er mest trafikk i Vest og Sørøst med en andel på henholdsvis 51 % og 36 %, etterfulgt av Midt-Norge med 7 % av den totale utseilte distansen. Fartøystyper som har en utseilt distanse på under 0,5 % av den totale utseilte distansen er ikke inkludert i fremstillingen av resultatene. Det samme gjelder for områder som representerer under 0,5 % av den totale utseilte distansen.

I 2013 /8/ hadde også området Vest mest skipstrafikk med eksplosjonsfarlig last (52% av den totale utseilte distansen), etterfulgt av Sørøst (27 %) og Midt-Norge (12 %). Størst endring i fordelingen av distanse fra 2013 er at trafikken i Sørøst har gått opp med 9 prosentpoeng.



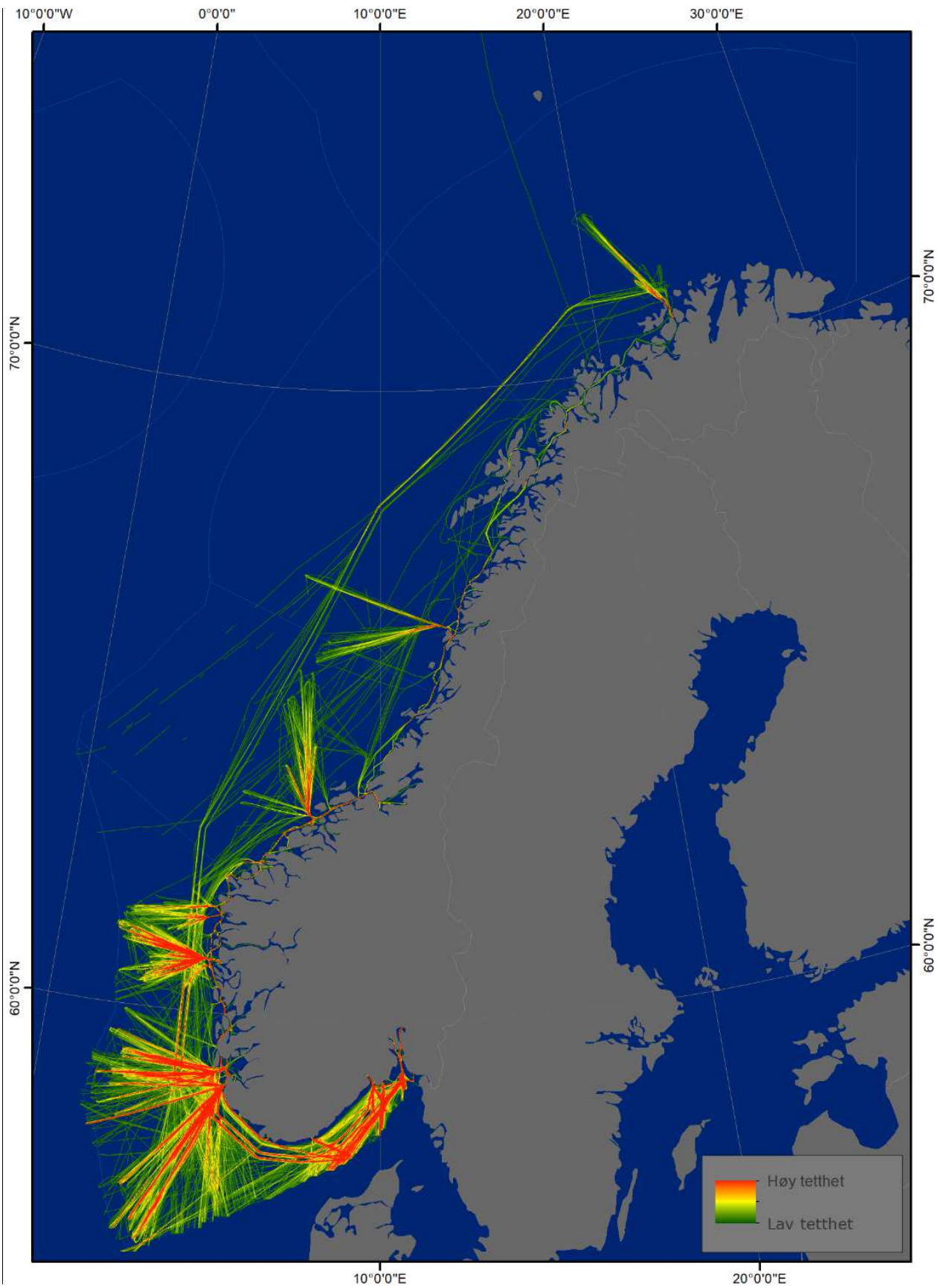
Figur 4-6 Utseilt distanse (nm) for ett år (2021/2022), for fartøy som fører eksplosjonsfarlig last (IMDG-klasse 1, 2 og 5) i norske farvann, etter område og fartøytype.

Tetthetsplott

Figur 4-7 viser et tetthetsplott for skipstrafikk som fører eksplosjonsfarlig last (IMDG-klasse 1, 2 og 5) til og fra Norge basert på AIS-data for 2021/2022. Formålet er å differensiere intensiteten av skipstrafikken geografisk. Intensiteten i fargen indikerer frekvens, og er dermed et uttrykk for hvor tett skipstrafikken er langs kysten².

Tetthetsplottet viser at transport av eksplosjonsfarlig last er meget tett koblet til olje- og gassproduksjon på sokkelen; bortimot alt av skipsspor er knyttet til forsyningsbasene langs kysten. Det er også en del aktivitet i Oslofjorden og Skagerrak.

² Tettheten beregnes ut i fra total lengde av spor innenfor en radius av 500 m dividert på arealet.



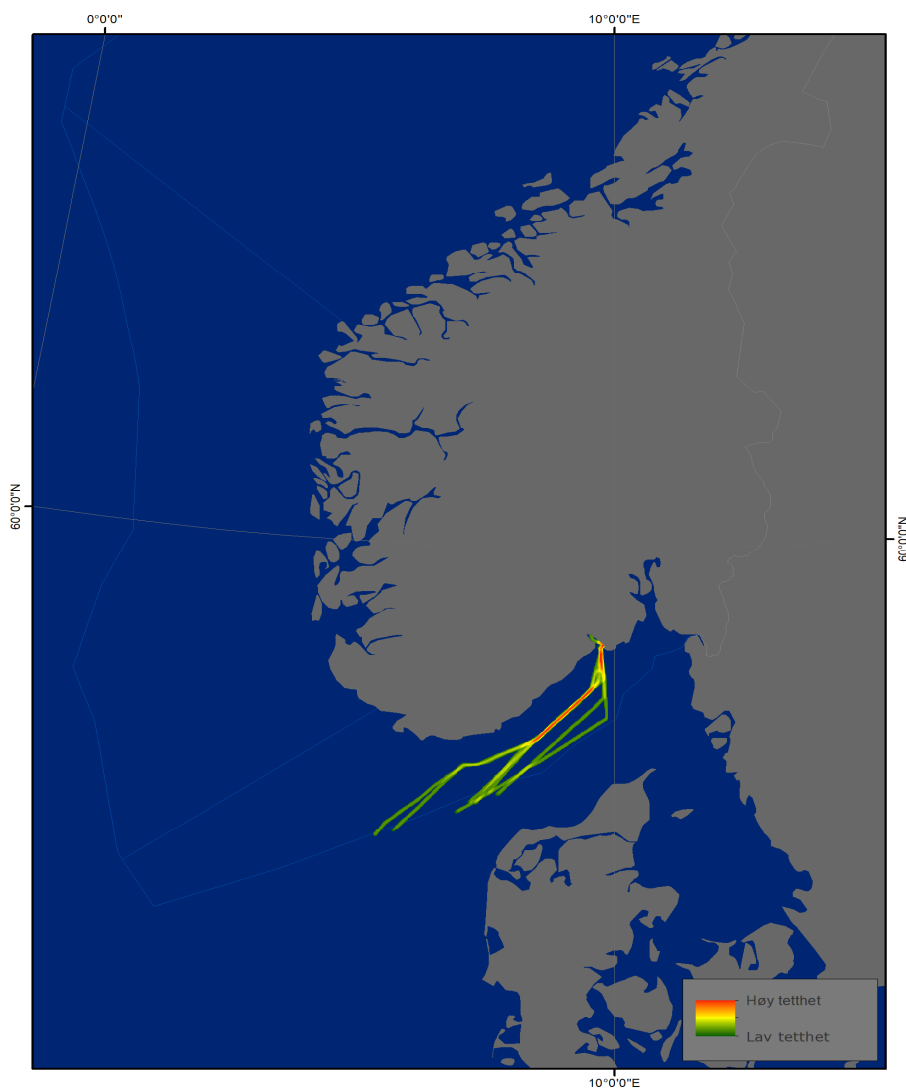
Figur 4-7 Tetthet av spor fra fartøy som fører eksplosjonsfarlig last (IMDG-klasse 1, 2 og 5) for 2021/2022.

Transport av større mengder ammoniumnitrat

Det er gjennomført en delanalyse av særlige eksplosjonsfarlige stoffer for å illustrere hvilke norske havnebyer de største volumene transporteres fra og til, hvor ammoniumnitrat er valgt som eksempelstoff grunnet fokus på dette produktet. Ammoniumnitrat i seg selv er ikke lett antennelig, men i kontakt med et annet brennbart materiale er det svært eksplosivt. Stoffet benyttes blant annet til å lage gjødsel og eksplosiver.

Forsendelse av store registrerte lastevekter av ammoniumnitrat i norske farvann viser at topp 10 % utgjør til sammen 8 forsendelser (fordelt på 8 ulike seilaser). Disse faller under IMDG klasse 5,1 – flytende ammoniumnitrat. Den registrerte lasten varierer fra 22 500 tonn til 28 000 tonn.

Hver last blir fraktet fra Herøya i Porsgrunn (Figur 4-8) til enten havnen Sluiskil (Rotterdam) i Nederland eller til USA (ikke oppgitt).



Figur 4-8 Tetthet av spor fra fartøy i norske farvann som fører større mengder ammoniumnitrat (IMDG-klasse 5,1) for 2021/2022.

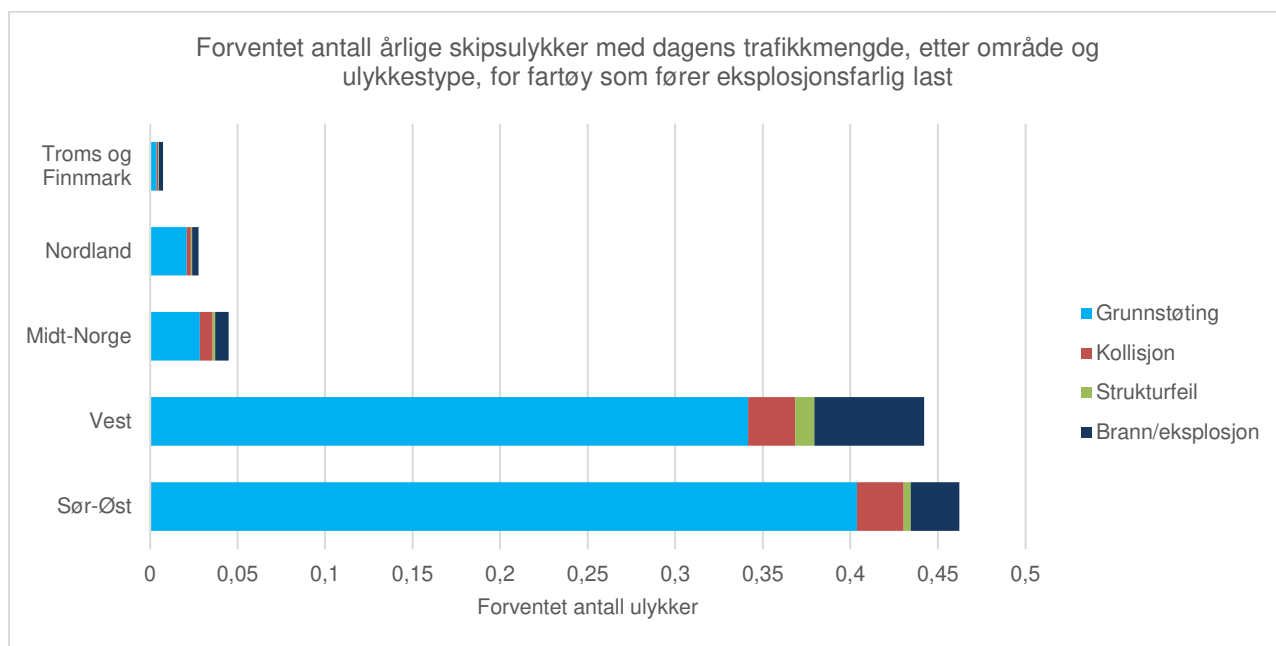
4.3.2 Beregnet sannsynlighet for skipsulykke

Sannsynligheten for ulykker i norske farvann innenfor hvert område blir beregnet ved å bruke de relevante seilasene (IMDG-klasse 1, 2 og 5) fra SafeSeaNet Norway til å hente ut ulykkesfrekvenser fra AISyRisk.

Figur 4-9 viser forventet antall årlige skipsulykker med dagens trafikkmengde (2021/2022), etter område og ulykkestype. Den forventede totale årlige frekvensen for en skipsulykke med fartøy som fører eksplosjonsfarlig last (IMDG-klasse 1, 2 og 5) i norske farvann er beregnet til 0,985, dvs. gjennomsnittlig én ulykke i året. Det presiseres at dette er sannsynligheten for en ulykke med et fartøy som fører eksplosjonsfarlig last, ikke sannsynlighet for et utslipp av eksplosjonsfarlig last.

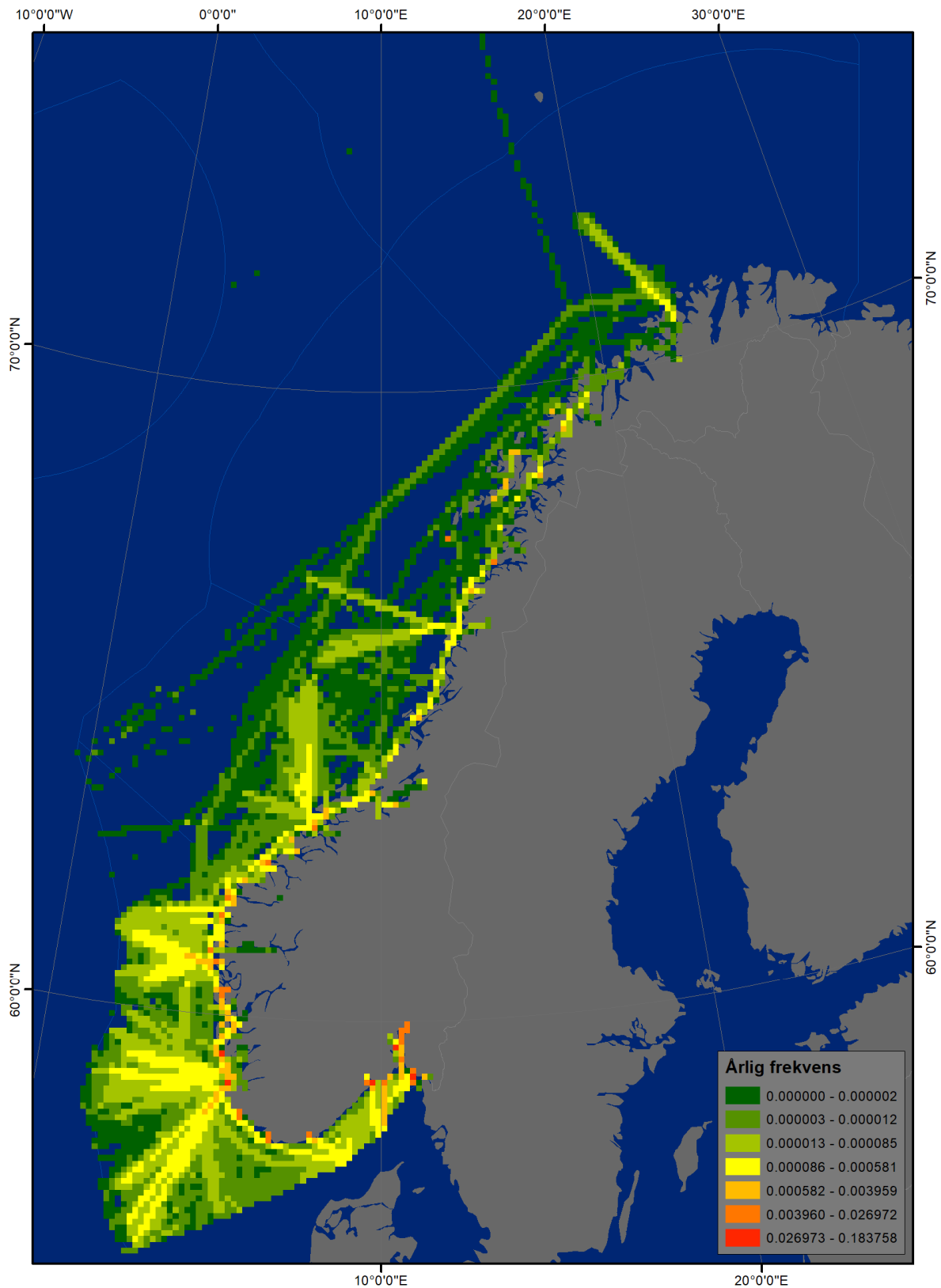
Forventet antall ulykker innen hvert område drives hovedsakelig av den utseilte distansen. Resultatene viser at for skipstrafikk med eksplosjonsfarlig last i norske farvann forventes det flest ulykker i Sørøst og Vest, ettersom disse områdene har høyest utseilt distanse. Grunnstøtinger er den dominerende ulykkestypen for hele kysten. Områder med en ulykkesfrekvens på under 0,5 % av den totale årlige frekvensen er ikke inkludert i fremstillingen av resultatene.

Til sammenlikning var den årlige frekvensen for en skipsulykke med fartøy som fører eksplosjonsfarlig last i 2013 /8/ beregnet til 1,7, dvs. gjennomsnittlig mer enn én ulykke hvert år (Vedlegg A). Det var da forventet flest ulykker i området Vest (0,9 per år), og grunnstøting var den dominerende ulykkestypen for hele kysten.



Figur 4-9 Forventet antall årlige skipsulykker med dagens trafikkmengde (2021/2022), etter område og ulykkestype, for fartøy som fører eksplosjonsfarlig last (IMDG-klasse 1, 2 og 5) i norske farvann.

Figur 4-10 viser den geografiske fordelingen av sannsynligheten for en ulykke med fartøy som fører eksplosjonsfarlig last (IMDG-klasse 1, 2 og 5). Vi ser at sannsynligheten for ulykker er forhøyet for farvannet rundt forsyningsbasene og sentrale havner langs kysten, og for farvannet ved Grenland, Larvik og Oslofjorden.



Figur 4-10 Forventet antall årlige skipsulykker per grid celle (10x10 km) for fartøy som fører eksplosjonsfarlig last (IMDG-klasse 1, 2 og 5) (2021/2022). Summen av ulykkesfrekvenser over alle grid-celler gir den forventede årlige frekvensen for en ulykke i norske farvann.

Sikkerhetsbarrierer

Eksplisjonsfarlig gods transporteres av flere ulike typer fartøy; de mest dominerende er offshore supply skip, gasstankere, ro-ro skip, passasjerskip og konteinerskip. Alle fartøytypene foruten gasstankere frakter alle farlig gods i pakket form, og er derfor som tidligere nevnt regulert av IMDG-koden.

Krav i IMDG-koden kan deles inn i tre nivå:

- Krav til design og testing av emballasje (kanner, kasser og fat), tanker og containere.
- Krav til pakking, stuing og merking av forsendelsen.
- Krav til plassering og segregering av forsendelsen ombord.

IMDG-koden setter krav til plassering av forsendelser basert på IMDG-klasse. For krav til plassering skiller det mellom lasteskip og fartøy med lavt passasjerantall (ikke mer enn 25 eller 1 per 3 meter skipslengde), og fartøy med høyere passasjerantall. Avhengig av IMDG-klasse og fartøytype kan forsendelser plasseres under dekk, på dekk, eller ikke være lovlig å føre.

4.3.3 Oppsummering av aktiviteten i norske farvann

I perioden 2021/2022 er det totalt 31 854 registreringer med eksplisjonsfarlig last fordelt på 10 205 seilaser (SafeSeaNet Norway). Til sammenlikning var det i snitt i 2012-2014 /8/ 20 190 registreringer med eksplisjonsfarlig last fordelt på 9 349 seilaser. Antall registreringer med eksplisjonsfarlig last har derfor økt med 58% siden 2014, mens antall seilaser har økt med 9%.

Det er beregnet utseilt distanse for 2021/2022 for fartøy som fører eksplisjonsfarlig last (IMDG klasse 1, 2 og 5) i norske farvann. Trafikken domineres av offshore supply skip og gasstankere med henholdsvis 44 % og 18 % av den totale utseilte distansen. Videre har ro-ro-skip, passasjerskip og konteinerskip 12 %, 12 % og 11 % av totalen. Gasstankere representerer de største fartøyene; ca. 2 % av den totale utseilte distansen er for gasstankere på mer enn 100 000 bruttotonn.

Akkumulert årlig ulykkesfrekvens for transport av material i IMDG-klasse 1, 2 og 5 er på 0,985, altså gjennomsnittlig én ulykke i året. Det presiseres at dette er sannsynligheten for en ulykke med et fartøy som fører eksplisjonsfarlig last, ikke sannsynlighet for at utslipp (og eksplisjon) forekommer.

For å danne et riktig risikobilde er det nødvendig å vite hvor store mengder av ulike produkter som transporteres, ikke bare antall forsendelser. Dataen fra SafeSeaNet Norway er derimot ikke god nok til denne type analyse for alle seilaser av eksplisjonsfarlig last, da kvaliteten på registreringer av transporterte mengder er varierende, hvor det ofte er forveksling mellom tonn og kilogram eller totalt fraværende data. Den mer begrensede delanalysen som ser nærmere på hvor i Norge de største mengdene av ammoniumnitrat transporteres fra og til, har kun gitt et anslag på aktivitet knyttet til dette spesifikke stoffet.

Forsendelse av store registrerte lastevæker av ammoniumnitrat i norske farvann viser at topp 10 % utgjør til sammen 8 forsendelser. Disse faller under IMDG klasse 5,1 – flytende ammoniumnitrat. Den registrerte lasten varierer fra 22 500 tonn til 28 000 tonn. Hver last blir fraktet fra Herøya i Porsgrunn til enten Nederland eller USA.

5 TRANSPORT AV SPESIELT MILJØFARLIG LAST

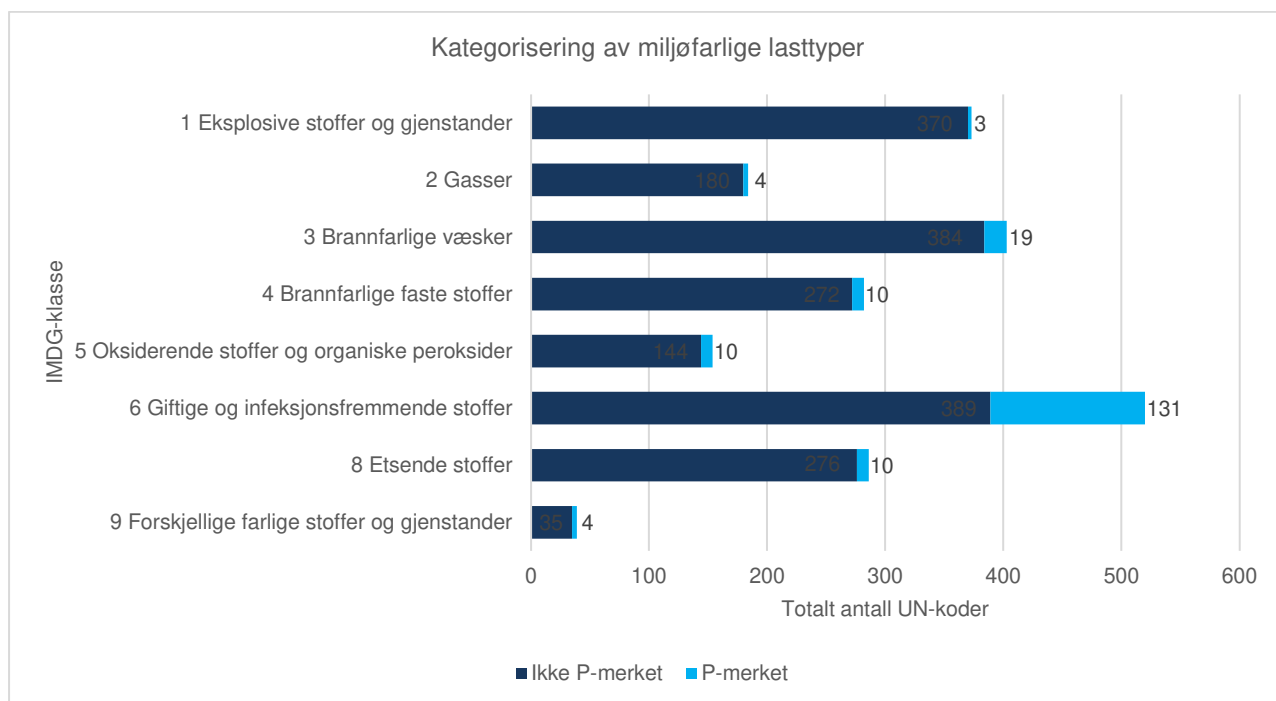
Dette kapittelet fokuserer på spesielt miljøfarlig last, annet enn olje (heretter referert til som miljøfarlig last). Først presenteres ulike typer og kategorier miljøfarlig last, etterfulgt av en overordnet vurdering av miljøkonsekvenser. Videre vises en modellering av dagens skipstrafikk (2021/2022) i norske farvann, tetthetsplott til å differensiere intensiteten av skipstrafikken geografisk, og sannsynligheten for ulykker med fartøy som transporterer miljøfarlig last. En analyse av hvor i Norge det fraktes større mengder spesielt miljøfarlige stoffer er også utført. Til slutt diskuteres gjeldende sikkerhetsbarrierer.

5.1 Kategorisering av miljøfarlige lasttyper

IMOs kriterier for «environmental hazardous substances» («P-merket») er lagt til grunn i videre kartlegging av miljøfarlige laster. Kriteriene er basert på internasjonalt arbeid i EU og OSPAR, og er nedfelt i EUs kjemikalierregelverket (REACH), Annex XIII. Kjemikaliene testes her med hensyn på bioakkumulering³, biologisk nedbrytbarhet og akutt giftighet. Lasttyper med P-merking inneholder derfor forbindelser som enten er meget giftige, lite nedbrytbare og/eller bioakkumulerende.

Av totalt 2241 eksisterende UN-koder (United Nations Code for Trade and Transport Locations), er 191 UN-koder klassifisert som P-merket (miljøfarlig). Kriteriene for miljøfarlig last gjelder ikke IMDG-klasse 7 (radioaktiv last), men er ellers representert i alle IMDG-klasser. Høyest andel miljøfarlige lasttyper finnes i IMDG-klasse 6 (25 %), som illustrert i Figur 5-1.

Hvis man trekker en parallell med fargemerkingen av kjemikalier i offshoreindustrien (grønn, gul, rød og sort kategori), så sorterer P-merket last under kategoriene rød og sort.



Figur 5-1 Fordelingen av miljøfarlig last (P-merket) og generell farlig last (ikke P-merket) på de ulike IMDG-kategoriene.

³ Med bioakkumulering menes når et stoff oppkonsentreres i næringskjeden.

I tillegg er det identifisert miljøfarlige stoffer som er omfattet av resultatmål om vesentlige reduksjoner, og derfor satt opp på en nasjonal prioritetsliste. Denne er, med noen unntak, identisk med OSPAR sin prioriteringsliste. For offshoreindustrien er det forbud mot bruk og utslipp av stoffer på den nasjonale prioritetslisten. Stoffer som står på prioritetslisten, oppfyller minst ett av følgende kriterier:

- Lite nedbrytbare stoffer, som hoper seg opp i levende organismer og som a) har alvorlige langtidsvirkninger for menneskers helse, eller b) er svært giftige i miljøet.
- Svært lite nedbrytbare stoffer som svært lett hoper seg opp i levende organismer (uten krav til kjente giftvirkninger).
- Stoffer som gjenfinnes i næringskjeden og som gir tilsvarende grunn til bekymring.
- Andre stoffer, slik som hormonforstyrrende stoffer og tungmetaller, som gir tilsvarende grunn til bekymring.

For en mer detaljert beskrivelse av kriterier og verdier for prioritetslisten vises det til Miljøforvaltningens nettsider.

5.2 Aktiviteten i norske farvann

Dette kapittelet presenterer resultatene av en kartlegging av dagens transport av miljøfarlig last (2021/2022). Det er benyttet de samme UN-kodene for P-merket last som for «Sjøsikkerhetsanalysen 2014» /8/. En overordnet vurdering av miljøkonsekvenser ved ulykke er presentert, samt sannsynligheten for ulykker med dagens skipstrafikk. En sammenlikning med hovedtall fra «Sjøsikkerhetsanalysen 2014» /8/ er også inkludert underveis.

5.2.1 Aktivitet i norske farvann og miljøkonsekvenser ved ulykke

I perioden 2021/2022 er det registrert 238 seilaser med miljøfarlig last i norske farvann fordelt på 23 forskjellige produkter (UN-koder). Disse UN-kodene går under IMDG-klasse 3, 4.1, 5.1, 6.1, 8 og 9, med en majoritet (65 %) av produktene i klasse 3 og 6.1 (Tabell 5-1). 4 av 23 lasttyper står på nasjonal prioritetsliste og/eller OSPAR sin prioritetsliste.

Til sammenlikning ble det i snitt i 2012-2014 /8/ registrert 223 seilaser med miljøfarlig last i norske farvann, fordelt på 49 forskjellige produkter (UN-koder). Disse UN-kodene gikk også under IMDG-klasse 3, 4.1, 5.1, 6.1, 8 og 9, med en majoritet (75 %) av produktene i klasse 3 og 6.1. 15 av 49 lasttyper stod på nasjonal prioritetsliste og/eller OSPAR sin prioritetsliste.

Antall seilaser med miljøfarlig last er derfor marginalt opp siden 2014 (7 %), mens antall UN-koder lasten er fordelt på er ned med 53 %.

Tabell 5-1 Miljøfarlige produkter transportert i norske farvann i perioden 2021/2022, fordelt på IMDG-klasse.

IMDG-klasse	Antall produkter
3 Eksplosive stoffer og gjenstander	8
4.1 Brannfarlige faste stoffer	1
5.1 Oksiderende stoffer	3
6.1 Giftige stoffer	7
8 Etsende stoffer	3
9 Forskjellige farlige stoffer og gjenstander	1

IMDG-klassifiseringen er HMS-relatert og definerer krav til emballasje, merking og barrierer ved skipstransport, men sier lite om hvilken type miljøskade man kan forvente gitt en ulykkeshendelse. For en overordnet vurdering av miljøkonsekvenser er det derfor valgt å gjøre en klassifisering uavhengig av IMDG-koden. I stedet er vurderingen basert på fellestrekk i komposisjon, spredning, effekt og/eller levetid i det marine miljø. Miljøfarlige lasttyper transportert med fartøy i perioden 2021/2022 er presentert for fire hovedgrupper, etterfulgt av en overordnet vurdering av miljøkonsekvenser for hver gruppe, gitt et uhellsutslipp.

Følgende hovedgrupper er vurdert:

- Hydrokarboner og naturlige oljer
- Halokarboner og metallokarboner
- Cyanider, aminer og korroderende stoffer
- Tungmetaller

I vurdering av miljøkonsekvenser er det ikke tatt hensyn til eksisterende barrierer, sannsynlighet for lekkasje eller lekkasjerater til det ytre miljø. Vurderingene er basert på et i-verste-fall scenario, hvor lasten brått lekker ut i sjøen. En kvantitativ miljørisikovurdering basert på definerte utslippsscenarioer (stoff, mengde, lokalitet og sesong) inngår ikke i gjeldende studie.

Hydrokarboner og naturlige oljer

Hovedgruppen hydrokarboner og naturlige oljer (Tabell 6-2) består av 6 ulike produkter som til sammen er registrert i 103 seilaser i perioden 2021/2022, tilsvarende 43 % av alle seilaser med miljøfarlig last. Kategorien består stort sett av raffinerte oljeprodukter, foruten UN-kode 1272 (terpentinolje) som er et rensset konsentrat fra furutrær. To viktige fellestrekk i denne kategorien er at forbindelsene er uløselige, eller svært lite løselige i vann, og er i tillegg lettere enn vann. Gitt et uhellsutslipp av stoffer i denne kategorien vil miljøkonsekvensene likne mye på et oljesøl, med den forskjellen at de rensede oljefraksjonene ikke inneholder vannløselige komponenter (BTEX og korte alkaliske forbindelser). Konsekvensene vil derfor primært være avgrenset til havoverflaten, og miljøressurser som kan bli eksponert er i første rekke sjøfugl og marine pattedyr.

Tabell 6-2 viser en oversikt over miljøfarlig last i hovedgruppen *hydrokarboner og naturlige oljer*. CAS (Chemical Abstracts Service) nummer i parentes viser til hovedsubstansen i en substansgruppe (f.eks. n-heptan for heptaner). Relativ tetthet angir tetthet i forhold til sjøvanntetthet.

Tabell 5-2 Oversikt over miljøfarlig last i hovedgruppen *hydrokarboner og naturlige oljer* som ble transportert i norsk farvann i perioden 2021/2022.

UN	IMDG	ID	CAS	Fase	Relativ tetthet i forhold til vann	Løselighet (g/liter ved 20 °C)
1206	3	HEPTANE(S)	142-82-5	Væske	Lavere	<0,001
1262	3	OCTANE(S)	111-65-9	Væske	Lavere	<0,001
1920	3	NONANE(S)	111-84-2	Væske	Lavere	<0,001
1299	3	TURPENTINE	8006-64-2	Væske	Lavere	<0,001
1272	3	PINE OIL	8002-09-3	Væske	Lavere	<0,001
2850	3	PROPYLENE TETRAMER (1-DODECENE)	112-41-4	Væske	Lavere	<0,001

Transport av heptan(er) dominerer denne kategorien med totalt 64 registrerte seilaser (62 %). Rensede alkaner (heptaner-C7, oktaner-C8, nonaner-C9) er relativt bestandig med halveringstider i sjøvann på 1-3 måneder. I tilfelle et alkanutslipp anses det naturlig å vurdere beredskapstiltak (mekanisk oppsamling og/eller tilsetning av dispergeringsmidler), og særlig hvis utslippet inntreffer nær viktige områder for sjøfugl og pattedyr.

Halokarboner og metallokarboner

Hovedgruppen *halokarboner og metallokarboner* (Tabell 6) består av 4 ulike produkter som til sammen er registrert i 58 seilaser i perioden 2021/2022, tilsvarende 24 % av alle seilaser med miljøfarlig last. Denne kategorien inneholder organiske substanser (både ferdig produkter og forstadier av produkter) med enten halogen (klor, fluor, brom eller jod) eller et metall i strukturen.

Et viktig fellestrekk for produktene i denne kategorien er at de er tyngre, ofte mye tyngre enn vann og derfor vil synke og forbli på havbunnen gitt et uhellsutslipp. Løseligheten varierer fra nærmest uløselig til lav, med unntak av UN 2023 (epiklorhydrin; se Tabell 6).

Tungt løselige organiske stoffer som inneholder enten halogen eller metall har generelt sett lang levetid i det marine miljø. I tillegg har flere av disse stoffene stor tendens til bioakkumulering, det vil si at celler og generelt organisk materiale vil inneholde (mye) høyere konsentrasjoner enn vann. Avhengig av størrelse og kompleksitet på forbindelsen, og evnen til omdanning (avgiftning) i eksponerte organismer, vil forbindelser i denne kategorien også kunne oppkonsentreres i næringskjeden (biomagnifisering).

Grunnet høy tetthet og lav løselighet vil produkter i denne kategorien i første omgang gi miljøeffekter på havbunnsorganismer, og på fisk som beiter på bunnsstratet, for eksempel hyse og torsk. Produktene er resistente mot bakteriell nedbrytning og forblir i det marine miljø over lang tid (år). Miljøeffektene av et utslipp forventes derfor å være målbar over lang tid.

Datasettet viser transport av ett produkt (UN 3432) som det innen EØS er forbud mot produksjon og eksport av. DNV antar at dette gjelder transport av utrangert materiale som skal til videre prosessering i sertifiserte, landbaserte avfallsanlegg.

Tetrakloroetylen (UN 1897), bedre kjent som PER eller PERC, er på nasjonal prioritetsliste fordi det mistenkes å være kreftfremkallende. PER blir mest brukt til rensing av tekstiler og metaller, og er på land hovedsakelig en kilde til luftforurensning. Det ble i perioden 01.10.2021-01.10.2022 registrert 16 seilaser med last av denne typen. PER er en flyktig forbindelse som fordampes til atmosfæren, hvis lekkasjen skjer over vannoverflaten. Gitt en hendelse under vannlinjen vil størrelsen på utslippet være avgjørende for hva som akkumuleres på havbunnen. Ifølge en risikovurdering fra EU, brytes forbindelsene kun ned i anaerobt (oksygenfritt) miljø /10/. Ved mindre utslipp forventes PER å bli transportert med vannmassene, noe som resulterer i økt spredning og dermed mindre akkumulering i de marine sedimentene. PER har lavt potensiale for bioakkumulering og biomagnifisering.

Epiklorhydrin (UN 2023) er utypisk for kategorien ved at den hydrolyserer i kontakt med vann og danner en vannløselig, gentoksiske og hormonforstyrrende forbindelse (3-MCPD) som er et kjent biprodukt i soyabaserte dagligvarer. Epiklorhydrin og 3-MCPD er ikke satt opp på nasjonal eller internasjonal prioritetsliste. Det er ikke gjennomført en risikovurdering av 3-MCPD eller en generell vurdering av effekter på akvatiske organismer, men forbindelsen er ifølge sikkerhetsdatabladet fra Sigma ikke klart bionedbrytbar. Gitt god løselighet i vann forventes det ikke at 3-MCPD vil bioakkumulere i akvatiske organismer. Det er registrert skipstransport av epiklorhydrin i volumer opp til 26 tonn. Det er totalt registrert 31 seilaser som fører last med epiklorhydrin. Et utslipp av epiklorhydrin vil i første omgang gi effekter på organismer i vannsøylen. Langtidseffekter av 3-MCPD kan ikke utelukkes.

Tabell 5-3 viser en oversikt over miljøfarlige last i hovedgruppen *halokarboner og metallokarboner*. Relativ tetthet angir tetthet i forhold til sjøvann: «+» = høyere tetthet enn sjøvann. Produkter i kursiv er på nasjonal/internasjonal liste over

prioriterte stoffer som omfattes av resultatmål om vesentlige reduksjoner. Produkter skygget med mørk grå farge (og skravert) mistenkes å være kreftfremkallende.

Tabell 5-3 Oversikt over miljøfarlig last i hovedgruppen *halokarboner og metallokarboner* som ble transportert i norsk farvann i perioden 2021/2022.

UN	IMDG	ID	CAS	Fase	Relativ tetthet	Løselighet (g/liter ved 20 °C)
1897	6.1	TETRACHLOROETHYLENE (PERC)	127-18-4	Væske	+	1,5
3432	9	POLYCHLORINATED BIPHENYLS, SOLID	1336-36-3	Fast	+	<0,001
2023	6.1	EPICHLOROHYDRIN (3-MCPD)	106-89-8 (96-24-2)	Væske	+ (+)	Hydrolyserer (Godt løselig)
1702	6.1	1,1,2,2-TETRACHLOROETHANE	79-34-5	Væske	+	2,8

I tilfelle et utslipp med halo- og metallokarboner anses det naturlig å vurdere tiltak som overdekking/ berging.

Cyanider, aminer og korroderende stoffer

Hovedgruppen *cyanider, aminer og korroderende stoffer* (Tabell 5-4) er en heterogen gruppe bestående av 9 ulike produkter som sammen er registrert i 68 seilaser i perioden 2021/2022, tilsvarende 29 % av alle seilaser med miljøfarlige laster. Kategorien består av industrielle standardkjemikalier (hypokloritt, cyanider), eller mellomledd til standardkjemikalier. Det er ingen produkter i denne kategorien som er omfattet av resultatmål på prioritetsliste om vesentlige reduksjoner.

Viktige fellestrekk for alle produkter i denne kategorien er at de er meget toksiske, men raskt nedbrytbare i det marine miljø. I tillegg er de fleste produktene godt løselige i vann. Cyanider i vann finnes som frie cyanider (HCN, CN⁻), metallcyanid komplekser (Metall-CN), cyanate (CNO⁻), thiocyanate (SCN⁻) og organocyanider (nitriles) /53/. Formen av cyanid som er tilstede i sjøvannet er avhengig av miljøfaktorer som pH og temperatur /54/. Den mest dominerende cyanidformen i vann med pH under 9,2 (sjøvanns pH ~ 8,1) er hydrogen cyanid (HCN). Denne formen for cyanid (HCN) er flyktig og vil fordampe raskt fra vannoverflaten. Hydrogen cyanid (HCN) er en spesielt giftig forbindelse og er den formen av cyanid som er mest tilgjengelig for biota, men vil trolig ikke vedvare i det marine miljø over lenger tid på grunn av dens flyktige egenskaper. Halveringstiden til HCN i gassform er 1-3 år, i åpent luftrom vil HCN raskt fordeles og fortynnes til konsentrasjoner som ikke er giftige /55, 56/. HCN bindes ikke til planter eller jord, men kan bli mikset inn i vann /56/. Cyanider (hovedsakelig CN⁻) kan danne komplekser med metaller som finnes i sjøvannet som er mindre giftig for akvatiske organismer enn frie cyanider /57/. Dannelsen av cyanid-metall komplekser skjer trolig i mindre skala siden pH nivået i sjøvann ikke forårsaker dannelse av mye CN⁻, men hvor cyanid finnes i formen HCN. Toksisiteten til kompleksene vil være avhengig av type metall og dets stabilitet /58/.

Hypokloritt er et oksideringsmiddel og brukes som et desinfeksjonsmiddel /59/. Tilsettes stoffet i vann blir det til aktive klorforbindelser; underklorisyrling (HOCl) og hypokloritt-ion (OCI⁻). Disse forbindelsene er ustabile og reagerer med organisk materiale. Denne reaksjonen kan danne organhalogener, slike desinfeksjonsbiprodukter (DBP) kan dannes i konsentrasjoner som er skadelige for det marine miljøet. Effekten er avhengig av mengde hypokloritt og konsentrasjon ved et evt. utslipp.

I sjøvann vil den anioniske formen av hypokloritt dominere og reagere med bromid, som er naturlig tilstede i sjøvann, og danne hypobromitt /59/. Tilstedeværelse av ammoniumioner (NH₄⁺) kan føre til dannelse av kloraminer (NH₂Cl) i reaksjon med hypokloritt. Dannelse av hypobromitt og kloraminer er konkurrerende kjemiske reaksjoner og vil være

avhengig av pH, salinitet og Cl/N forhold i sjøvannet, hvor høy pH og lav salinitet vil fremme dannelsen av kloraminer. De bromerte forbindelsene er mer giftige.

Miljøkonsekvenser fra et uhellsutslipp i denne kategorien vil primært være konsentrert til organismer i vannsøylen (fisk og plankton). Effekten vil være akutt toksisk (økt dødelighet) i et vannvolum som vil være avhengig av utslippsmengden. Lette alkalimetallcyanidene løses i vann og danner CN⁻ som vil omdannes til HCN og forsvinne fra vannets overflate gjennom fordamping, mens små mengder av tyngre metallcyanider fjernes fra vannet ved biodegradering eller sedimentering /54/. Metallcyanider med høy tetthet og lav løselighet vil synke og derfor også kunne gi akutte effekter på havbunnsorganismer. Med mindre utslippet gir målbare effekter på (det lokale) bestandsnivået vil det ikke resultere i langtidsvirkninger på miljøet. Produktene i denne kategorien vil ikke akkumulere i organismer eller oppkonsentreres i næringskjeden (biomagnifisering).

Tabell 5-4 viser en oversikt over miljøfarlig last i hovedgruppen *cyanider, aminer og korroderende stoffer* transportert i norske farvann i perioden 2021/2022. Relativ tetthet angir tetthet i forhold til sjøvann: «+» = høyere tetthet enn sjøvann; «0» = tilsvarende tetthet; «-» = lavere tetthet enn sjøvann.

Tabell 5-4 Oversikt over miljøfarlig last i hovedgruppen *cyanider, aminer og korroderende stoffer* som ble transportert i norske farvann i perioden 2021/2022.

UN	IMDG	ID	CAS	Fase	Relativ tetthet	Løselighet (g/liter ved 20 °C)
2672	8	AMMONIA SOLUTION	7664-41-7	Væske	-	Godt løselig
2880	5.1	CALCIUM HYPOCHLORITE, HYDRATED or CALCIUM HYPOCHLORITE, HYDRATED MIXTURE with not less than 5.5% but not more than 16% water	7778-54-3	Fast/væske	+	210
1748	5.1	CALCIUM HYPOCHLORITE, DRY or CALCIUM HYPOCHLORITE MIXTURE, DRY with more than 39% available chlorine (8.8% available oxygen)	7778-54-3	Fast	+	210
1689	6.1	SODIUM CYANIDE, SOLID	143-33-9	Fast	+	637
3487	5.1	CALCIUM HYPOCHLORITE, HYDRATED, CORROSIVE or CALCIUM HYPOCHLORITE, HYDRATED MIXTURE, CORROSIVE with not less than 5.5% but not more than 16% water	7778-54-3	Fast/væske	+	210
2381	3	DIMETHYL DISULPHIDE	624-92-0	Væske	0	2,5
2363	3	ETHYL MERCAPTAN (ETHANETHIOL)	75-08-1	Gass/væske	-	<0,001
1680	6.1	POTASSIUM CYANIDE, SOLID	151-50-8	Fast	+	716
1320	4.1	DINITROPHENOLS, WETTED with not less than 15% water, by mass	51-28-5	Væske	+	6

I tilfelle et utslipp med cyanider, aminer og korroderende stoffer anses det ikke relevant med tiltak ettersom sjøvannets pH er stabil og forbindelsene lett fordampes fra vannets overflate og brytes ned til mindre giftige forbindelser av mikrober som eksisterer naturlig i det marine miljøet. Ett behandlingstiltak for cyanider er alkalisk klorering, metoden er dog uaktuell i vanlig sjøvann ettersom den kun kan anvendes i vann med pH i over 10 grunnet HMS krav /60/.

Tungmetaller

Hovedgruppen tungmetaller (Tabell 5-5) består av 4 ulike produkter som sammen er registrert i 9 seilaser i perioden 2021/2022, tilsvarende 4 % av alle seilaser med miljøfarlige laster. Kategorien inneholder 2 kvikksølvforbindelser som er satt opp på nasjonal prioritetsliste med resultatmål om vesentlige reduksjoner /6/. Kvikksølv er også med på OSPAR sin liste over prioriterte stoffer. Tungmetaller er grunnstoff som ikke brytes ned og derfor blir i det marine miljø over lang tid. Tungmetaller omsettes dårlig i de fleste organismer og øker i konsentrasjon oppover i næringskjeden (biomagnifisering). Flere forbindelser av kvikksølv er også kreftfremkallende.

Løseligheten for forbindelser i denne kategorien varierer fra godt løselig til uløselig. Metaller har naturlig nok høyere tetthet enn sjøvann, noe som tilsier at disse produktene vil synke til havbunnen. Godt løselige produkter vil raskt fortynnes i vannsøylen mens tungt løselige og uløselige forbindelser akkumuleres på havbunnen.

Miljøkonsekvenser gitt et utslipp i denne kategorien vil primært være avgrenset til vannsøylen og havbunnen. Alvorlighetsgraden er avhengig av mengde, løselighet av metallforbindelsen, innhold av organisk materiale i lokale sedimenter, tiltak og i hvilken grad metallforbindelsen kan tas opp i organismer (grad av biotilgjengelighet). Dette vil igjen variere mellom ulike forbindelser og lokaliteter, og kan derfor ikke vurderes på generell basis. For eksempel inneholder den tyske ubåten U864, som ligger på 150 m dyp utenfor Fedje i Nordhordland, ca. 65 tonn metallisk kvikksølv. Her har en imidlertid i flere konsekvensutredninger konkludert med at kvikksølv i sin nåværende form ikke er biotilgjengelig og derfor ikke utgjør en trussel for det marine miljø /9/. Generelt forventes det at utlekking av tungt løselige metallforbindelser skjer over lang tid, og det forventes derfor ikke målbare effekter på (lokalt) bestandsnivå i vannsøylen eller på havbunnen. Imidlertid vil bakteriell omdannelse av metallforbindelser kunne gi mer vannløselige forbindelser over tid, noe som vil kunne gi en raskere utlekkingsrate og en høyere grad av biotilgjengelighet. Iboende egenskaper i mange tungmetallforbindelser (ikke nedbrytbare, biomagnifiserende og kreftfremkallende) gir stort potensiale for langtidseffekter. Det er derfor sannsynlig at et stort metallutslipp kan føre til krav om konsekvensutredning og miljøovervåking.

Tabell 5-5 viser en oversikt over miljøfarlig last i hovedgruppen *tungmetaller* som ble transportert i norske farvann i perioden 2021/2022. Produkter i kursiv er på nasjonal/internasjonal liste over prioriterte stoffer som omfattes av resultatmål om vesentlige reduksjoner. Relativ tetthet angir tetthet i forhold til sjøvann: «+» = høyere tetthet enn sjøvann.

Tabell 5-5 Oversikt over miljøfarlig last i hovedgruppen tungmetaller som ble transportert i norske farvann i perioden 2021/2022.

UN	IMDG	ID	CAS	Fase	Relativ tetthet	Løselighet (g/liter ved 20 °C)
2025	6.1	<i>MERCURY COMPOUND, SOLID, N.O.S.</i>	-	Fast	+	Ukjent
2331	8	ZINC CHLORIDE, ANHYDROUS	7646-85-7	Fast	+	432
1840	8	ZINC CHLORIDE SOLUTION	29426-92-4	Væske	+	432
1624	6.1	<i>MERCURIC CHLORIDE</i>	7487-94-7	Fast	+	7,4

I tilfelle en hendelse med utslipp av tungmetaller anses det naturlig å vurdere tiltak som overdekking/ berging.

Oppsummering av miljøkonsekvenser

Tabell 5-6 gir en kort oppsummering av overordnede miljøkonsekvenser for de fire hovedkategoriene av miljøfarlige lasttyper diskutert ovenfor. Alvorlighetsgraden av konsekvensene, og behov for tiltak, vil naturlig nok være avhengig av størrelsen på utslippet, men også av lokalitet og tid på året. Det er også viktig å understreke at alvorlige eller målbare miljøkonsekvenser ikke nødvendigvis vil være begrenset til uhellsutslipp av P-merket last. Utslipp av store mengder middels toksiske forbindelser i følsomme områder, vil også kunne gi alvorlige effekter på det marine miljø.

Tabell 5-6 Oppsummering av miljøkonsekvenser gitt et uhellsutslipp av 4 hovedkategorier miljøfarlig last.

Kategori	Antall seilaser 2021/2022	Største registrerte last (tonn) 2021/2022	Miljøkonsekvenser gitt et uhellsutslipp
Hydrokarboner & naturlige oljer	103	7	Kan ha et betydelig skadepotensial, avhengig av resipientens egenskaper og lokasjon. Akutte effekter konsentrert til havoverflaten. Langtidseffekter forventes ikke.
Halokarboner & metallocarboner	58	21	Akutte effekter konsentrert til havbunnen. Langtidseffekter grunnet lav nedbrytbarhet.
Cyanider, aminer & korroderende stoffer	68	15	Akutte effekter konsentrert til vannsøylen. Langtidseffekter forventes ikke pga. forbindelsenes fordamping- og biodegraderingspotensial.
Tungmetaller	9	21	Akutte effekter konsentrert til sjøbunn og vannsøylen (avhengig av løselighet). Langtidseffekter forventes da metaller ikke brytes ned.

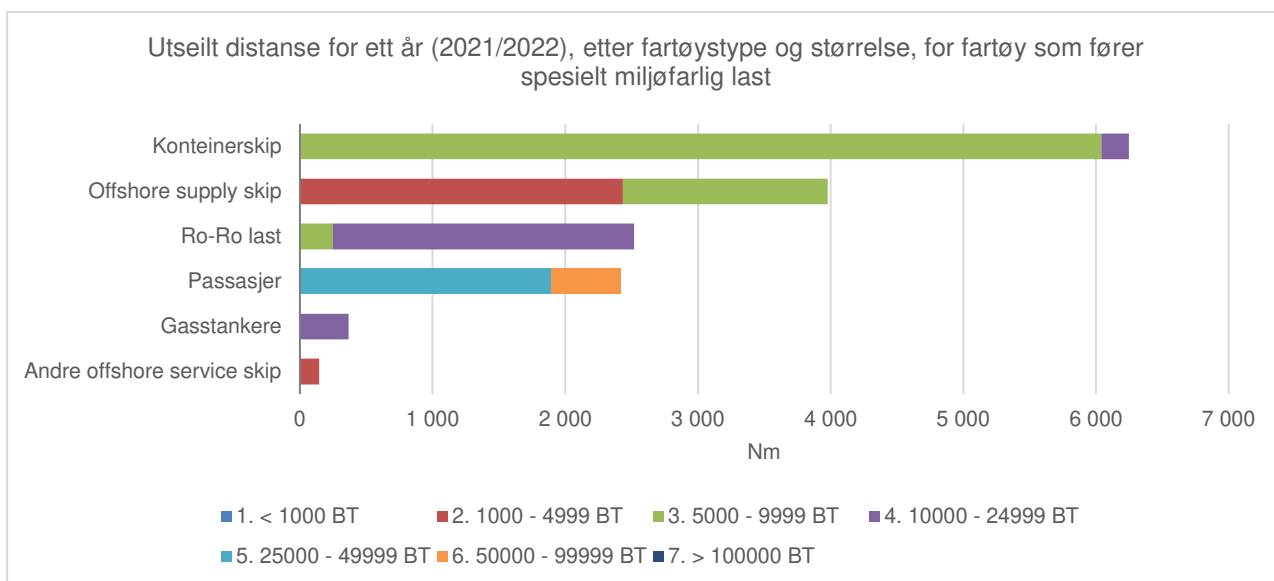
5.2.2 Beregnet utseilt distanse

En modellering av skipstrafikken blir gjort ved å bruke SafeSeaNet Norway til å hente ut rapporterte seilaser med miljøfarlig last i norske farvann for 2021/2022. Utseilt distanse er deretter beregnet ut fra AIS-data.

Beregnet utseilt distanse fordelt på fartøytype og størrelse

Figur 5-2 viser at trafikken domineres av konteinerskip (40 %), offshore supply skip (25 %) og ro-ro lasteskip (16 %). Denne prosentandelen av trafikken er basert på den totale utseilte distansen for alle fartøystyper med miljøfarlige laster. Fartøystyper med utseilt distanse på under 0,5 % av totalen er ikke inkludert i fremstillingen av resultatene.

I 2013 var trafikken også dominert av konteinerskip (34 %), offshore supply skip (31 %) og ro-ro lasteskip (19 %) /8/ (Vedlegg A). Utseilt distanse med konteinerskip har derfor gått opp 6 prosentpoeng siden 2013, mens de andre nevnte skipstypene har gått ned 3-6 prosentpoeng.

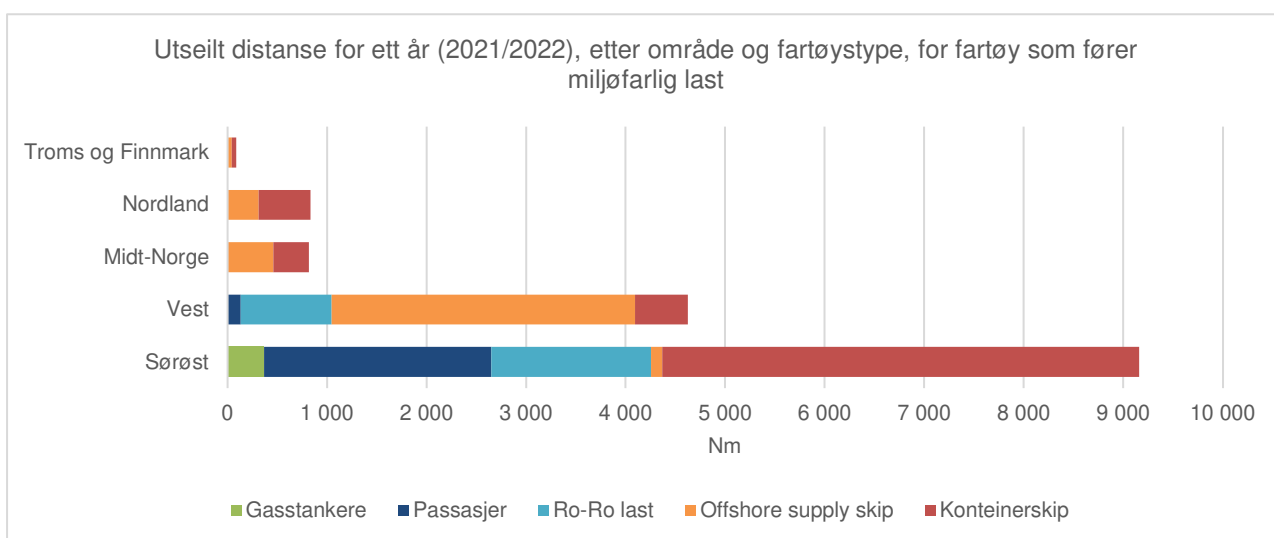


Figur 5-2 Utseilt distanse (nm) for ett år (2021/2022), for fartøy som fører miljøfarlig last i norske farvann, etter fartøystype og størrelse. Merk: Begrepet miljøfarlig last er her brukt om 'spesielt miljøfarlig last', annet enn olje.

Beregnet utseilt distanse fordelt på område

Figur 5-3 viser utseilt distanse (nm) i norske farvann i 2021/2022, fordelt på område og fartøystype. Resultatene viser at området Sørøst har størst andel transport av miljøfarlig last med 59 %, etterfulgt av Vest med 29 %. Midt-Norge, Nordland, og Troms og Finnmark har fra 1-6 % av totalt utseilt distanse. Trafikken i Sørøst-området er hovedsakelig dominert av kontainerskip, mens Vest er dominert av offshore supply skip og ro-ro skip. Fartøystyper som har en utseilt distanse på under 0,5 % av den totale utseilte distansen er ikke inkludert i fremstillingen av resultatene.

I 2013 /8/ hadde også området Sørøst størst andel av miljøfarlig last med 47 % (dominert av kontainerskip), etterfulgt av Vest med 34 % (dominert av offshore supply skip og ro-ro skip). Midt-Norge, Nordland, og Troms og Finnmark har 3-10 % av den totale utseilte distansen hver. Størst endring i fordelingen av distanse fra 2013 er at trafikken i Sørøst har gått opp med 12 prosentpoeng.

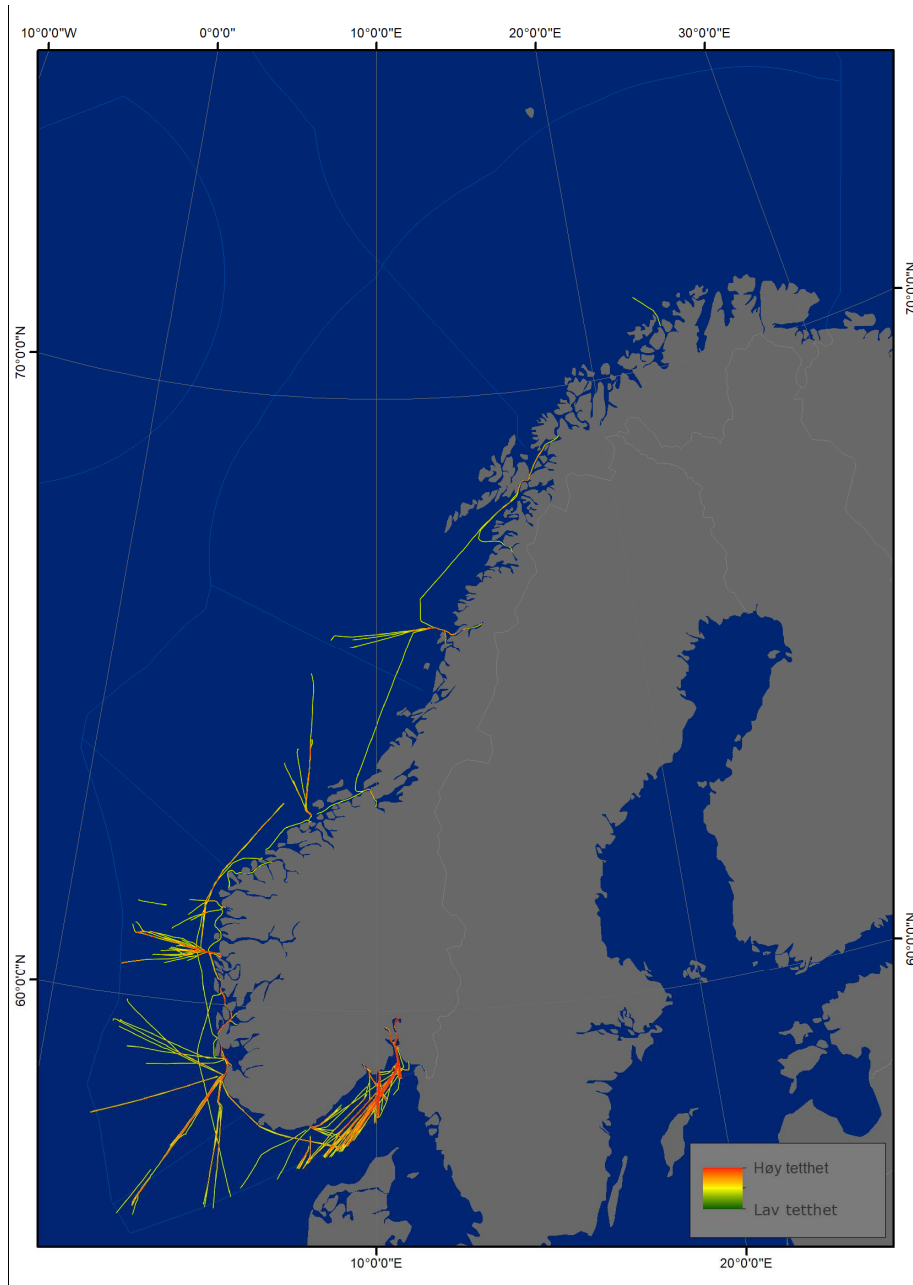


Figur 5-3 Utseilt distanse (nm) for ett år (2021/2022), for fartøy som fører miljøfarlig last i norske farvann, etter område og fartøystype.

Tetthetsplott

Figur 5-4 viser tetthetsplott for skipstrafikken med miljøfarlige laster i norske farvann basert på AIS-data fra 2021/2022. Formålet er å differensiere intensiteten av skipstrafikken geografisk. Intensiteten i fargen indikerer frekvens, og er dermed et uttrykk for hvor tett skipstrafikken er langs kysten⁴.

Kartet viser at en del av aktiviteten er knyttet til olje- og gassproduksjonen på sokkelen; det er klare spor fra alle forsyningsbasene langs kysten. Men hovedtyngden av aktiviteten er i Oslofjorden og Skagerrak. Særlig mye aktivitet er knyttet til Larvik og inn i Oslofjorden, både til Oslo og Drammen.



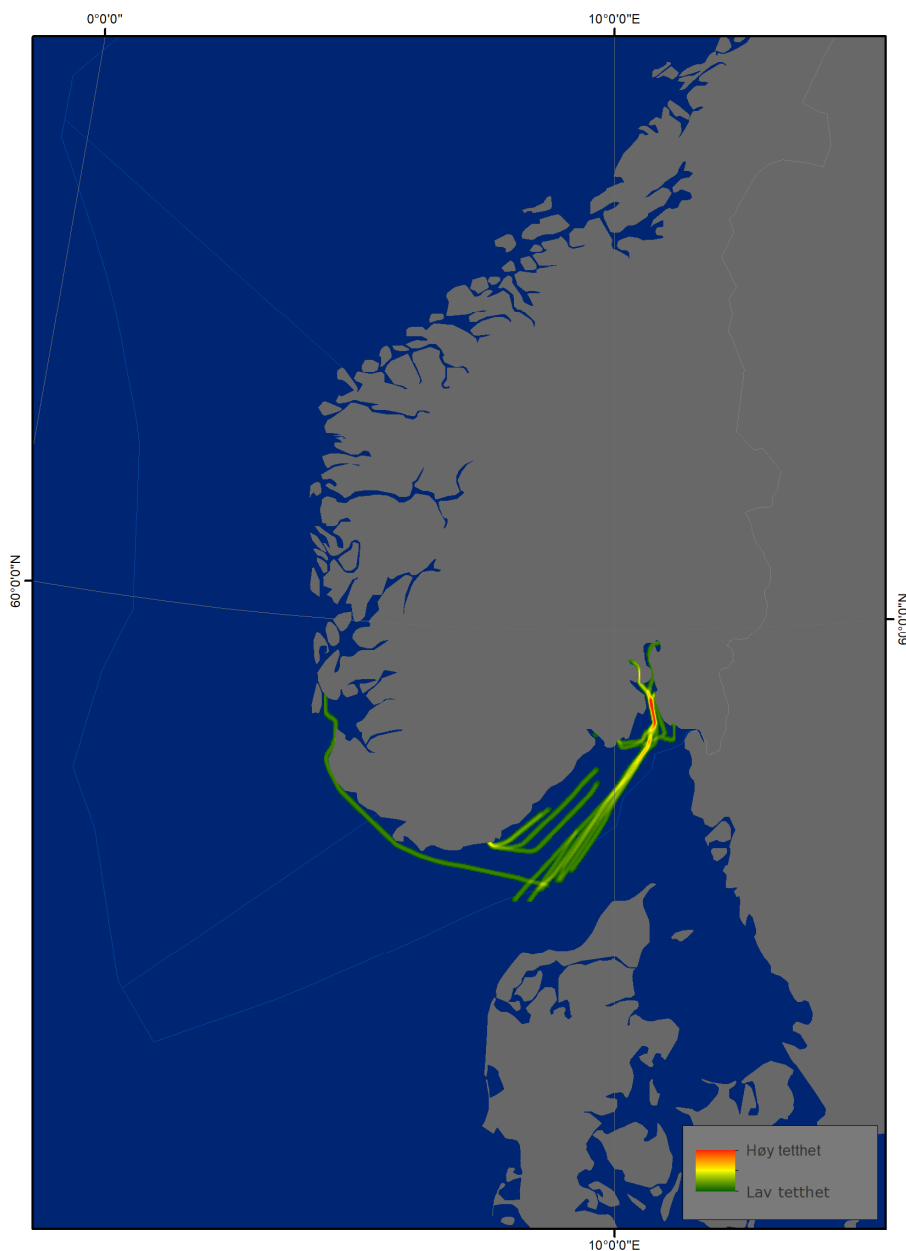
Figur 5-4 Tetthet av spor fra fartøy som fører spesielt miljøfarlig last', annet enn olje, for 2021/2022.

⁴ Tettheten beregnes ut i fra total lengde av spor innenfor en radius av 500 m dividert på arealet.

Frakting av store mengder spesielt miljøfarlig last

Det er gjennomført en delanalyse av spesielt miljøfarlige stoffer for å illustrere hvilke norske havnebyer de største volumene transporteres fra og til. Forsendelse av store registrerte lastevokter av spesielt miljøfarlig last i norske farvann viser at topp 10 % utgjør til sammen 25 forsendelser (fordelt på 25 ulike seilaser). 80% av disse faller under IMDG klasse 6,1 (epiklorhydrin), mens 20% faller under IMDG klasse 8 (én forsendelse med ammoniakkløsning og fire med sinkklorid). Lasten som er registrert spenner mellom 22 tonn og 26 tonn.

De viktigste ankomst- og avgangshavner er lokalisert i Drammen, Moss, Larvik og Kristiansand (Figur 5-5), mens Rotterdam er den viktigste transporthavnen utenfor Norge.



Figur 5-5 Tetthet av spor fra fartøy i norske farvann som fører store mengder spesielt miljøfarlig last for 2021/2022.

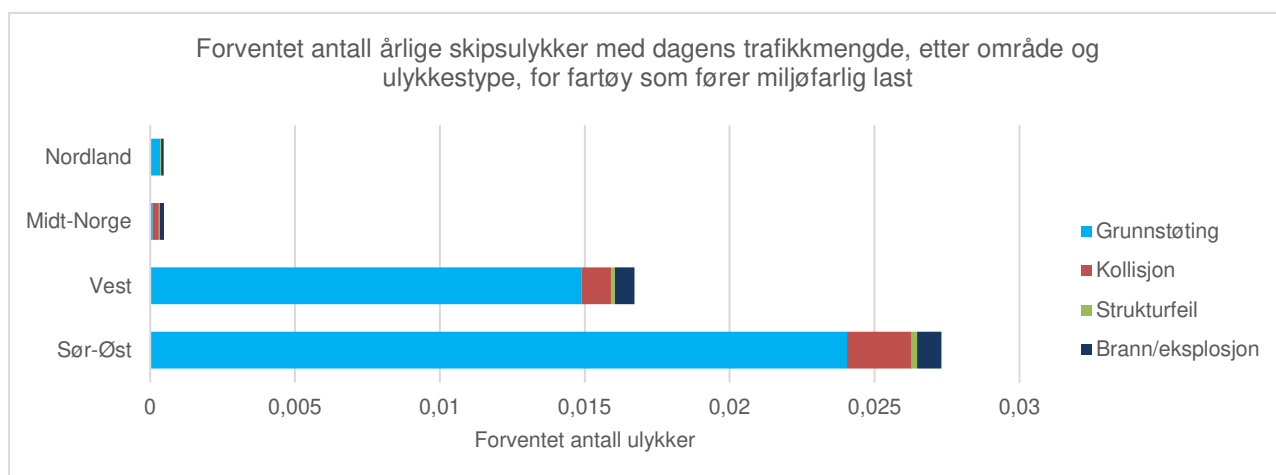
5.2.3 Beregnet sannsynligheten for skipsulykke

Sannsynligheten for ulykker i norske farvann er basert på relevante seilaser (miljøfarlig last) fra SafeSeaNet Norway og tilhørende ulykkesfrekvenser fra AISyRisk.

Figur 5-6 viser det forventede antallet årlige skipsulykker med dagens trafikkmengde (2021/2022), etter område og ulykketype. Den årlige frekvensen for en skipsulykke med fartøy som fører miljøfarlig last i norske farvann er beregnet til 0,045, dvs. gjennomsnittlig én ulykke hvert 22. år. Det presiseres at dette er sannsynligheten for en ulykke med et fartøy som fører miljøfarlig last, ikke sannsynlighet for et utslipp av miljøfarlig last.

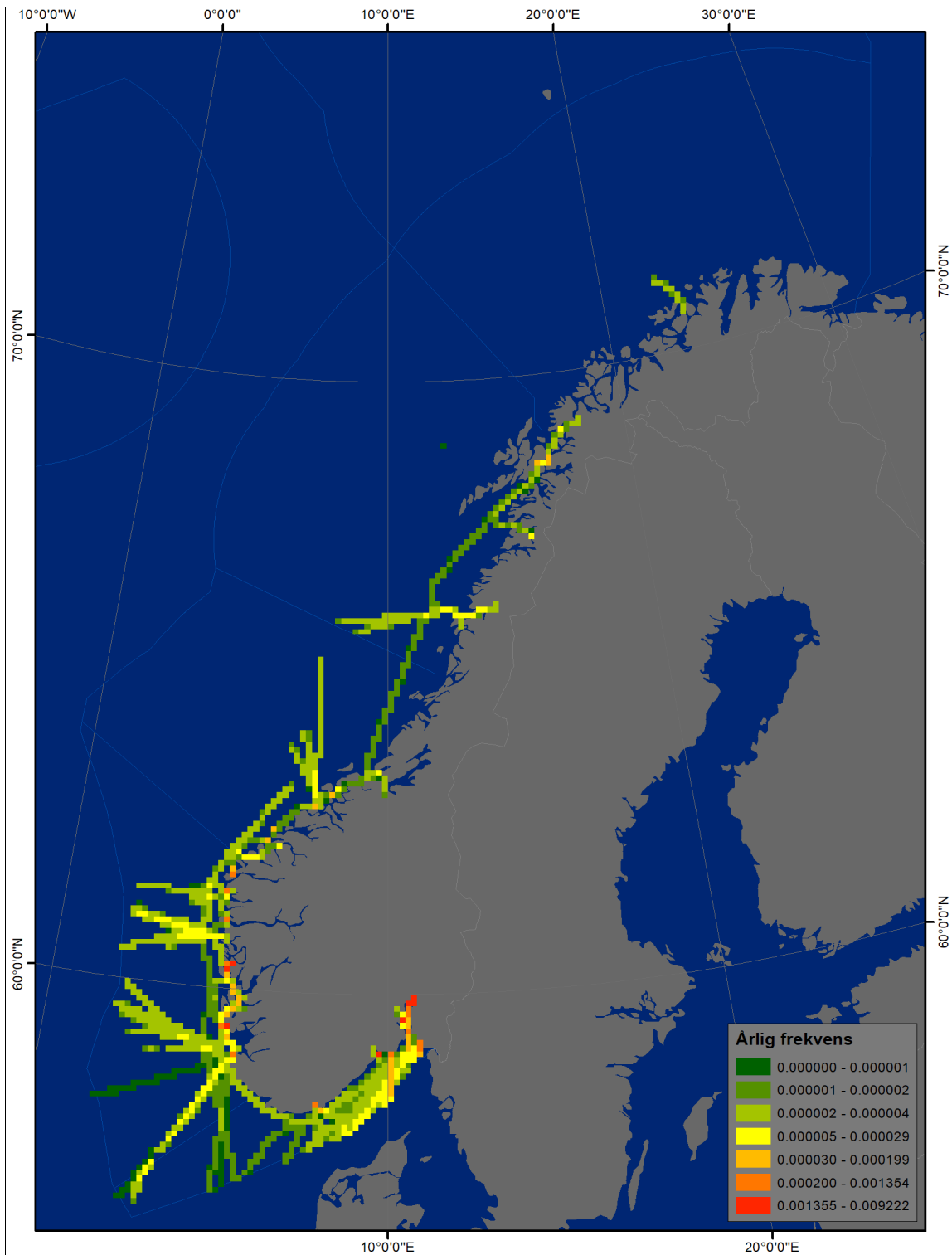
Forventet antall ulykker innen hvert område drives hovedsakelig av den utseilte distansen. Vi ser at for skipstrafikk med miljøfarlig last forventes det flest ulykker i Sørøst, noe som samsvarer med at dette området har høyest utseilt distanse. Grunnstøtinger er den dominerende ulykketypen i områdene Sørøst, Vest og Nordland. Områder med en ulykkesfrekvens på under 0,5 % av den totale årlige frekvensen er ikke inkludert i fremstillingen av resultatene.

Til sammenlikning var den årlige frekvensen for en skipsulykke med fartøy som fører miljøfarlig last i 2013 /8/ beregnet til 0,043, dvs. gjennomsnittlig én ulykke hvert 23. år. Også da var det forventet flest ulykker i Sørøst, og grunnstøting var den dominerende ulykketypen for alle farvann.



Figur 5-6 Forventet antall årlige skipsulykker med dagens trafikkmengde (2021/2022), etter område og ulykketype, for fartøy som fører 'spesielt miljøfarlig last'.

Figur 5-7 viser den geografiske fordelingen av sannsynligheten for en ulykke med fartøy som fører miljøfarlig last. Vi ser en forhøyet sannsynlighet for ulykke bl.a. ved Bergen, Stavanger og Oslofjorden, samt Larvik. Det bør merkes at sannsynlighetsberegningene over viser sannsynlighet for at en ulykke inntreffer, ikke sannsynlighet for utslipp av miljøfarlig last.



Figur 5-7 Forventet antall årlige skipsulykker per grid celle (10x10 km) for fartøy som fører spesielt miljøfarlig last (2021/2022). Summen av ulykkesfrekvenser over alle grid-celler gir den forventede årlige frekvensen for en ulykke i norske farvann.

Sikkerhetsbarrierer

Som vist i kapittel 5.2.2 transporteres miljøfarlig gods av flere ulike typer fartøy; de mest dominerende er konteinerskip og offshore supply skip. Alle fartøytypene frakter farlig gods i pakket form, og er derfor som tidligere nevnt regulert av IMDG-koden.

Krav i IMDG-koden kan deles inn i tre nivå:

- Krav til design og testing av emballasje (kanner, kasser og fat), tanker og containere.
- Krav til pakking, stuing og merking av forsendelsen.
- Krav til plassering og segregering av forsendelsen om bord.

IMDG-koden setter krav til plassering av forsendelser basert på IMDG-klasse. For krav til plassering skilles det mellom lasteskip og fartøy med lavt passasjerantall (ikke mer enn 25 eller 1 per 3 meter skipslengde), og fartøy med høyere passasjerantall. Avhengig av IMDG-klasse og fartøytype kan forsendelser plasseres under dekk, på dekk, eller ikke være lovlig å føre.

Miljøfarlig gods er anbefalt å plasseres under dekk hvis lovlig, og hvis på dekk bør forsendelser stues på beskyttede dekk eller bort fra skipssiden. IMDG-koden stiller utover dette ingen spesielle krav til transport av miljøfarlig gods.

5.2.4 Oppsummering av aktiviteten i norske farvann

I perioden 2021/2022 er det registrert 238 seilaser med miljøfarlig last i norske farvann fordelt på 23 forskjellige produkter (UN-koder). UN-kodene (United Nations Code for Trade and Transport Locations) er underlagt IMDG-klasse 3, 4.1, 5.1, 6.1, 8 og 9, med en majoritet (65 %) av produktene i klasse 3 og 6.1. 4 av 23 lasttyper står på nasjonal prioritetsliste og/eller OSPAR (Oslo/Paris konvensjonen for beskyttelse av det marine miljøet i Nordøst-Atlanteren) sin prioriteringsliste. Til sammenlikning ble det i snitt i 2012-2014 /8/ registrert 223 seilaser med miljøfarlig last i norske farvann, fordelt på 49 forskjellige produkter (UN-koder). Antall seilaser med miljøfarlig last er derfor marginalt opp siden 2014 (7 %), mens antall UN-koder lasten er fordelt på er ned med 53 %.

Trafikken i norske farvann knyttet til transport av spesielt miljøfarlig (P-merket) last domineres av konteinerskip, offshore supply skip og ro-ro lasteskip med henholdsvis 40 %, 25 % og 16 % av den totale utseilte distansen.

Generelt viser kartleggingen at dagens aktivitetsnivå knyttet til transport av miljøfarlig last er ganske begrenset. Akkumulert årlig ulykkesfrekvens er på 0,045, noe som tilsier at en ulykke gjennomsnittlig forekommer hvert 22. år. Det presiseres at dette er sannsynligheten for en ulykke med et fartøy som fører miljøfarlig last, ikke sannsynlighet for et utslipp av miljøfarlig last.

Gitt utslipp med halokarboner & metallkarboner samt tungmetaller forventes langtidseffekter som følge av lav nedbrytbarhet. Effekten er primært knyttet til havbunnen, men kan også forekomme i vannsøylen. For øvrige forbindelser i denne gruppen forventes ikke langtidseffekter. Omfanget vil være definert av eksempelvis type last, størrelsen på utslipp og lokasjon.

Videre er ikke forsendelser og seilaser koblet, altså er det i denne analysen ikke kartlagt totalt omfang av IMDG-last per seilas. Et konteinerskip kan for eksempel være lastet med flere containere med ulike P-merkede stoffer, noe som vil øke miljørisikoen knyttet til fartøyet.

For å danne et riktig risikobilde er det nødvendig å vite hvor store mengder av ulike produkter som transporteres, ikke bare antall forsendelser. En delanalyse av hvor i Norge det fraktes større mengder spesielt miljøfarlige stoffer er utført. Forsendelse av store registrerte lastevæker av spesielt miljøfarlige stoffer i norske farvann viser at topp 10 % utgjør til sammen 25 forsendelser (fordelt på 25 ulike seilaser). 80 % av disse faller under IMDG klasse 6,1 (epiklorhydrin), mens 20 % faller under IMDG klasse 8 (én forsendelse med ammoniakkløsning og fire med sinkklorid). Lasten som er



registrert spenner mellom 22 tonn og 26 tonn. De viktigste ankomst- og avgangshavner er lokalisert i Drammen, Moss, Larvik og Kristiansand, mens Rotterdam er den viktigste transporthavnen utenfor Norge. Det er imidlertid knyttet stor usikkerhet til disse dataene, da kvaliteten på registreringer av transporterte mengder av farlig last i SafeSeaNet Norway ofte er dårlig (forveksling mellom tonn og kilogram) eller totalt manglende.

6 RADIOAKTIV LAST OG DRIVSTOFF

Dette kapittelet omhandler radioaktiv last og drivstoff. Innledningsvis beskrives ulike typer og kategorier av radioaktiv last med basis i 2015-rapporten /8/. Dette er supplert med informasjon fra Miljødirektoratet og andre relevante kilder, samt tall for transport av radioaktivt materiale for perioden oktober 2021 – oktober 2022 og sammenlikning med hovedtall fra forrige analyse. En analyse av hvor i Norge det fraktes større mengder særlig radioaktive stoffer er også utført.

Det understrekes at selve miljøkonsekvensdelen for ulike utslippshendelser med radioaktivitet er gjengitt fra forrige studie /8/, ettersom det er de samme utslippsscenarioene man ser for seg i dag. 2015-studien var basert på tilgjengelig litteratur, deriblant publiserte artikler fra Statens Strålevern. I tillegg var det kommunikasjon mellom Direktoratet for Strålevern og Atomsikkerhet (DSA) og DNV.

6.1 Om radioaktivitet og stråling

Stråling er energioverføring fra ustabile atomkjerner, og skjer enten som partikler eller ved elektromagnetiske bølger. Avhengig av isotop sendes radioaktiv stråling ut som enten alfapartikler, betapartikler eller gammastråling. Disse har ulike energimengder, og egenskaper, og vil derfor kunne gi ulike effekter i marine organismer.

Ved alfastråling vil av en alfapartikkel (α) sendt ut fra atomkjernen en alfapartikkel er en helium-4-kjerne bestående av 2 protoner og 2 nøytroner. Typiske stoffer som kan sende ut alfapartikler er uranium, thорий og radium /61/. Den radioaktive atomkjernen minker derfor med et massetall (A) på 4, og et atomnummer (Z) på 2. Restproduktene vil således være to nye grunnstoffer som er forskjellige fra utgangsmaterialet. Grunnet alfapartikkelens forholdsvis store masse og lave energi, trenger ikke alfastrålingen gjennom huden. Alfapartikler er imidlertid farligere enn andre typer ioniserende stråling hvis partiklene tas opp i organismer via innånding eller kontaminert føde.

Fordi alfapartiklene er ladet og i samme størrelsesorden som DNA-molekylenes deler, interagerer de med DNA. Den relativt store massen og lave energien i alfapartiklene øker i tillegg sannsynligheten for mutasjoner. Elektroner og nøytroner har ikke de samme egenskapene.

Ved betastråling vil en atomkjerne utsending av en betapartikkel (β), som er en annen type ioniserende stråling enn alfapartikkelen. Det finnes to ulike typer betapartikler: beta minus- (β^-) partikkel hvis et nøytron spaltes og sendes ut som et elektron og proton, og beta pluss- (β^+) partikkel hvis et proton blir spaltet og sendt ut som et nøytron også kalt positron og et anti-nøytron. Ved betastråling forblir antall protoner og nøytroner konstant, mens fordelingen mellom protoner og nøytroner endres, det vil si at kun atomnummeret (Z) endres. Et eksempel på et stoff som kan sende ut betapartikler er strontium-90 /62/. Betapartikler har betydelig lavere masse enn alfapartikler og penetrerer derfor dypere inn i forskjellige materialer. Analogt med alfapartikler er også betapartikler elektrisk ladet og interagerer derfor gjennom Coulombkrefter.

Betapartikler med en energi på 2 MeV (megaelektronvolt) har en rekkevidde på ca. 1 cm i mennesker, og 10 meter i luft. Huden beskytter normalt menneskekroppen fra skader av betastråling, men i likhet med alfastråling kan betastråling forårsake skader på arvestoffet (DNA) hvis det radioaktive materialet spises.

Gammastråling (γ -stråling) er fotonstråling, det vil si ioniserende stråling av fotoner. Kobolt-60 kan sende ut γ -stråler /61/. Gammastråling er den mest gjennomtrengende formen av stråling som forekommer i samband med radioaktiv nedfall. Gammastrålingen kan stoppes med hjelp av betong eller bly, men penetrerer hele menneskekroppen. Gammastråling brukes i industriell sammenheng bl.a. til sterilisering fordi strålingen dreper alle typer celler (bakterier). Fordi gammastråling er ioniserende, har den store effekter på biomolekyler og særlig DNA.

Konsentrasjonene av radioaktive stoffer i Norge

Nivåene i havet av menneskeskapt radioaktiv forurensning er generelt lave. Dette skyldes både at utslipp er strengt regulert, og at de langtransporterte radioaktive stoffene i havet fortynnes sterkt i vannmassene. Norske hav- og kystområder inneholder radioaktiv forurensning fra hovedsakelig tre kilder:

- Atomprøvesprengninger på 1950- og 1960-tallet.
- Utslipp fra reprosesseringsanlegg for brukt kjernebrensel i utlandet i første rekke Sellafield (UK) og La Hague (Frankrike). Førstnevnte avviklet arbeidet med reprosessering av kjernebrensel i 2022 /12/.
- Utstrømning av forurenset vann fra Østersjøen og nasjonale vassdrag, som fremdeles inneholder mye nedfall fra Tsjernobyl-ulykken.

De høyeste konsentrasjonene av radioaktive stoffer finnes hovedsakelig kystnært, som følge av utslipp fra Sellafield (technetium-99) og cesium-137-holdig vann fra Tsjernobyl. Sistnevnte transporteres fra Østersjøen og inn i Kattegat og Skagerrak og nordover i den norske kyststrømmen. For begge isotopene har det over tid vært registrert avtakende konsentrasjoner som følge av redusert tilførsel, gjennom implementering av ny rensemetode i 2004 og nylig avvikling av reprosessering (2022) (Sellafield), mens cesium-137 konsentrasjon er avtakende grunnet lavere konsentrasjon i Østersjøen etter Tsjernobyl-ulykken. Høyest konsentrasjon i norske farvann observeres i Skagerrak, området nærmest Østersjøen /13/.

Konsentrasjonene av cesium-137, målt i sjøvann, tang og flere fiskearter er lave og synkende /14/. Nivåene er høyest i området nær Østersjøen og avtar nordover. Lignende trend er registrert ved måling av technetium-99 i tang, som i hovedsak stammer fra utslipp fra Sellafield.

Petroleumssektoren har økt utslippet av radioaktive stoffer i produsert vann på norsk sokkel, fra 712 GBq i 2013 til 844 GBq i 2021 (gigabecquerel: 10^9 Bq) radium-226 og radium-228 /5/. Bidraget fra feltaktivitetene i Nordsjøen er større enn fra aktivitetene i Norskehavet. I tillegg er det bidrag fra bly-210 og andre isotoper. Årsaken til radioaktivitet i produsert vann skyldes tilstedeværelse av uran-238 og thorium-232 i reservoarene. Radium løses opp i det saltholdige produksjonsvannet ved olje- og gassutvinning og har derfor større mobilitet enn uran og thorium. I formasjonsvannet i olje- og gasslommene finnes ofte høye konsentrasjoner av barium, strontium og kalsium. Problemet med avleiringer oppstår når sjøvann med høyt sulfatinhold blander seg med dette formasjonsvannet. Da utfelles barium, strontium og radiumsulfat som alle er tungt oppløselige stoffer og avsettes i produksjonsrør, prosessutstyr, separatorer osv. Denne oppkonsentrering av radioaktive avleiringer betegnes TENORM (Technologically-Enhanced, Naturally-Occurring Radioactive Material). Siden radium tilhører samme kjemiske gruppe som barium og strontium, vil også radium felles ut som radiumsulfat ($RaSO_4$). Utslipp av TENORM løses ikke opp i vannsøylen, men blir liggende på sjøbunnen, noe som innebærer spredning innenfor et begrenset område. Modelleringsstudier har vist at utslippene fra norske olje- og gassfelt fortynnes raskt i vannsøylen.

6.2 Kategorisering av radioaktive lasttyper

Det er totalt 25 ulike UN-koder som beskriver radioaktiv last (IMDG-klasse 7). UN-kodene uttrykker ikke tydelig hvilke isotoper som finnes i lasten eller hvor høy aktivitet disse har. Det er valgt å gjøre en inndeling i tre hovedgrupper; I) potensielt skadelige, II) potensielt skadelige ved innånding og svelging, og III) ikke skadelige (Tabell 6-1).

Inndelingen er basert på anbefalinger fra IAEA ifm. førstehjelpsinnsetser gitt en ulykke med fartøy som transporterer radioaktivt materiale. Vurderingen av miljøkonsekvenser er gjort med utgangspunkt i disse tre hovedgruppene. Det mangler imidlertid kategorisering av 4 UN-koder i IAEA sine anbefalinger (2919, 2977, 2978 og 3331). Disse fire har konservativt blitt satt i gruppe I) potensielt skadelig.

Tabell 6-1 Oversikt UN-koder som beskriver radioaktiv last (IMDG-klasse 7), fordelt mellom de 3 hovedkategorier som er brukt i vurderingen av miljøkonsekvenser.

UN-kode	Andre merknader	Skadekategori	Relevante marine ressurser i miljøkonsekvens-vurderingen
2915, 3327, 3332, 3333	Type A	Gruppe I: Potensielt skadelig	Alle organismer
2916, 2917, 3328, 3329	Type B(U), Type B(M)		
3323, 3330	Type C		
2919, 3331	Special arrangement ¹		
2977, 2978			
2912, 2913, 3321, 3322, 3324, 3325, 3326	Type IP-1, Type IP-2, LSA, SCO	Gruppe II: Potensielt skadelig ved innånding og svelging	Sjøbunnsorganismer som spiser sedimenter
2908, 2909, 2910, 2911		Gruppe III: Ikke skadelig	Ingen

¹ Gjelder transport av radioaktiv last med strålingsnivå høyere en 2 millisievert (mSv) pr. time. Dette ligger utenfor de sikkerhetskrav som stilles i IMDG koden og må derfor gis tillatelse fra ansvarlig myndighet.

6.3 Aktiviteten i norske farvann

SSN data er her benyttet som grunnlag for aktiviteten knyttet til transport av radioaktiv last til og fra Norge. I Nordsjøen og Norskehavet er det i perioden 2021/2022 totalt 1157 registreringer med radioaktiv last fordelt på 937 seilaser (SafeSeaNet Norway). Til sammenlikning var det i snitt i 2012-2014 /8/ 1341 registreringer med radioaktiv last fordelt på 1055 seilaser. Antall registreringer med radioaktiv last har derfor minket med 14% siden 2014, mens antall seilaser har minket med 11 %.

Barents SRS data er benyttet for å kartlegge aktiviteten av fartøy som kun transitterer NØS med radioaktiv last eller drivstoff. I Barentshavet er det i perioden 2021/2022 registrert 3 fartøy med radioaktiv last (Barents SRS); to isbrytere og ett stykkgodsskip (også isbryter). Det er ikke registrert UN-kode i radioaktiv last transportert i Barentshavet for de tre skipene. DNV har kategorisert de russiske atomisbryterne (6 seilaser) under UN-kode 3331 (potensielt skadelig) - all øvrig klassifisering i datasettet stammer fra registreringer i databasen til Kystverket (SafeSeaNet Norway). I 2012-2014 /8/ ble det registrert 7 fartøy som kun transitterte NØS med radioaktiv last (Barents SRS); 2 kjemikalietankere, en produkttanker, to stykkgodsskip, et ankerhåndteringsfartøy og et cruiseskip.

Det er i perioden 2021/2022 registrert radioaktiv last med 10 forskjellige UN-koder. Av disse er 3 UN-koder (2909, 2910 og 2911), som sammen representerer 182 seilaser (18 %), definert som ikke skadelige av IAEA (

Tabell 6-2) og derfor ikke kommentert i vurderingen av miljøkonsekvenser. Videre er 109 seilaser (11 %), fordelt på 3 forskjellige UN-koder (2912, 2913, 3322), registrert med last som er potensielt skadelig ved innånding eller spising. Fordi strålingen fra disse produktene ikke trenger inn i organismer, vil miljøkonsekvenser være relatert til inntak via mat,

for eksempel i bunnlevende organismer som spiser forurensende sedimenter, gitt et uhellsutslipp. Radioaktive stoffer vil kunne akkumuleres gjennom næringskjeden via kontaminerte organismer som blir spist av andre organismer, men dette er ikke vurdert i analysen.

Bildet domineres imidlertid av radioaktiv last som er potensielt skadelig for alle organismer med 700 seilaser i perioden 2021/2022, tilsvarende 71 % av alle registrerte seilaser med radioaktiv last.

Til sammenlikning ble det over tre-års perioden 2012-2014 /8/ registrert radioaktiv last med 19 forskjellige UN-koder; 4 UN-koder (13 % av seilasene) definert som ikke skadelige, 4 UN-koder (6 % av seilasene) registrert med last som er potensielt skadelig ved innånding eller spising, og resterende UN-koder (81 % av seilasene) registrert som potensielt skadelig for alle organismer.

Høyeste registrerte lastvekter strekker seg fra 8 kg til 64 tonn for de unike UN-numrene, men det er knyttet stor usikkerhet til de høyeste registrerte lastvektene. Denne usikkerheten vil imidlertid ikke ha noen stor innvirkning på vurderingene av miljøkonsekvenser i de neste kapitlene. Dette er fordi vurderingene er gjort på generell basis, og det er ikke foretatt detaljerte utslippsberegninger basert på transportert mengde oppgitt i SSN.

Tabell 6-2 Oversikt over radioaktiv last transportert i NØS i perioden 2021/2022, sortert på UN-kode.

UN	Skadekategori	Antall seilaser 2021/2022
3332	Potensielt skadelig	534
2916	Potensielt skadelig	137
2911	Ikke skadelig	127
2913	Potensielt skadelig ved innånding og svelging	58
2910	Ikke skadelig	54
2912	Potensielt skadelig ved innånding og svelging	50
2915	Potensielt skadelig	28
2909	Ikke skadelig	1
3322	Potensielt skadelig ved innånding og svelging	1
3327	Potensielt skadelig	1

6.3.1 Aktivitet og miljøkonsekvenser ved ulykke for to hovedgrupper

Dette kapittelet gir en overordnet vurdering av miljøkonsekvenser for de to relevante hovedgruppene i Tabell 6-1. UN-koder som er klassifisert som ikke skadelig i Tabell 7-2 (2909, 2910, 2911) er ikke inkludert i vurderingen. For bakgrunnsinformasjon utover det som er gjengitt nedenfor henvises til tidligere studie /8/.

Gruppe I - Potensielt skadelig

Denne gruppen er registrert i 700 seilaser i perioden 2021/2022, og er dominerende totalt sett for skipstransport av radioaktiv last (71 %). Radioaktiv last med UN-kode 3332, 2916 og 2915 utgjør 99,9 % av alle registreringer i gruppen (Tabell 7-2).

Det er registrert totalt 6 transitt seilaser gjennom NØS av russiske atomisbrytere (UN-kode 3331). Det dreier seg om to forskjellige atomisbrytere med en transittseilas hver, hhv. av «*Arktika*» og «*Sibir*», begge ferdigstilt i 2017, samt fire transittseilas fra lasteskipet «*Sevmorput*», som også kan kategoriseres som en atomisbryter (ferdigstilt i 1988).

Miljøkonsekvensene vil være betydelig større dersom en ulykke inntreffer med atomdrevne isbrytere, sammenlignet med resterende trafikk som frakter radioaktiv last. Men ettersom det i perioden 2021/2022 kun ble registrert 3

atomdrevne isbrytere/stykkgodsskip over totalt 6 seilaser, vil det ikke være stor sannsynlighet for en ulykke med atomdrevne fartøy.

Strålevernets vurdering i 2014 /8/ var at en spontan kjernekløyving av uran-235 eller brukt kjernebrensel, gitt et havari av en atomisbryter, er avhengig av skadeomfanget og kan derfor ikke utelukkes. Miljøpåvirkning fra en slik hendelse vil være avhengig av ulike parametere, eksempelvis mengde brensel og konstruksjonen og skadene på reaktoren.

Som beskrevet i forrige analyse /8/ har det vært flere hendelser i nordlige farvann med atomdrevne ubåter som har havarert, eksempelvis «K-27» i Karahavet, Novaja Zemlja (1982), Komsomelets ved Bjørnøya (1989) og «K-159» ved Murmansk (2003). Av disse tre ble ett senket med høyanriket uran om bord, ett sank med høyaktivt kjernebrensel og plutonium om bord mens det tredje fartøyet var i besittelse av brukt kjernebrensel. Vurderinger og modelleringsstudier utført i tilknytning til disse hendelsene påpeker at pulsutslipp med cesium-137 forventes å gi lokale/regionale kortidseffekter (2-3 år) på fiskebestander, som igjen kan føre til periodisk stans i fangst av fisk, men ikke langtidseffekter på miljøet i Barentshavet /15/ og /16/. Målbare miljøkonsekvenser forventes i det marine miljø kun i tilfeller hvor store mengder radioaktivitet lekker ut samtidig (puls utslipp). Dette gjelder utslipp fra vanddyp på 50 m og dypere. Imidlertid vil et kontinuerlig utslipp kunne få større konsekvenser nær kysten og på grunt vann.

Når det gjelder atomdrevne ubåter og muligheten for utslipp av uranbrensel, gitt et havari, konkluderte Strålevernet i 2014 i kommunikasjon med DNV, at på generelt grunnlag kan ikke spontan kjernekløyving i reaktoren utelukkes. Samtidig var ikke et slikt utfall vurdert som sannsynlig i forbindelse med forliset av ubåten «K-159» /16/. Gitt en eventuell verstefallshendelse vil miljøkonsekvensen være avhengig av ulike parametere, eksempelvis mengde brensel og konstruksjonen og skadene på reaktoren /37/. I 2014 ble det foretatt et tokt til Murmanskfjorden for å måle radioaktivitet i området hvor K-159 havarete /17/. På dette tidspunktet ble det ikke registrert økte verdier i vannmassene, bunnsediment eller i fisk. Fra et tokt til Kosmopolets i 2019 ble det registrert forhøyede verdier i vannprøver fra selve ubåten, men ikke målbar nivå av radioaktivt cesium noen meter fra fartøyet /18/.

For nordområdene er en risikovurdering av ulike utslippshendelser nylig gjennomført av Emergency Prevention, Preparedness and Response (EPPR) (2021)/19/, en arbeidsgruppe innenfor Arktisk Råd. Ett av scenariene vurdert er fjerning av kjernereaktorkjerne fra havbunnen, noe som forventes å redusere den fremtidige mulige forurensningen i arktiske farvann med 90 %. Denne type operasjon vil kreve detaljert planlegging og oppsyn av ansvarlige myndigheter. Det neste steget for EPPR er å vurdere krav til ledelse og hvilke tiltak som er nødvendig for å optimalisere effekten av beredskap og dermed minimalisere konsekvensbildet.

Sem man bort fra en fisjonshendelse, representerer en ulykke med store mengder brukt kjernebrensel det miljømessig alvorligste scenariet som følge av høyt strålingsnivå /8/.

UN-kode 3332 (ikke-spaltbart materiale i Type A emballasje) er registrert i 534 seilaser. Ut fra store transportmengder og dominans av seilaser som går ut fra offshoreinstallasjoner er det imidlertid vanskelig å se at last med UN-kode 3332 vil være noe annet enn transport av radioaktiv avleiring, såkalt «scale». «Scale» er materiale med lav spesifikk aktivitet (LSA). Mesteparten av radioaktiv last som er transportert til Sløvåg, hvor det er et anlegg for sluttforvaring av LSA-materialer inne i fjellet, er også klassifisert som UN-kode 3332. Ifølge Strålevernet bør «scale», avhengig av aktivitetssinnhold, bli merket enten som UN 2912 (LSA-I), UN 3321 (LSA-II) eller UN 3322 (LSA-III), det vil si at disse egentlig ikke hører til gruppen med potensielt skadelige produkter.

Gruppe II - Potensielt skadelig ved innånding eller svelging

Denne gruppen er registrert i 109 seilaser i perioden 2021/2022 (11 %). Radioaktiv last med UN-kode 2912 og 2913 er helt dominerende i gruppen med 108 registreringer. I forrige analyse ble det konkludert med at de radioaktive stoffene i denne gruppen var knyttet til transport av inspeksjonskjemikalier som anvendes i materialkontroll på offshoreanlegg. Det antas at dette fremdeles er gjeldende. Vanlige inspeksjonskjemikalier er iridium-192, selen-75 og kobolt-60.

Aktivitetsnivået i inspeksjonskjemikalier er høyt sett i forhold til mengden som blir brukt ved hver anledning (størrelsesorden milligram). Et akutt uhellsutslipp av inspeksjonskjemikalier i offshoremiljø vil derfor lokalt kunne gi målbare konsekvenser i bunnfauna. Grunnet rask fortykning og kort rekkevidde av radioaktiv stråling i vann forventes ingen målbare effekter i fisk og andre vannsøyleorganismer.

Oppsummering av miljøkonsekvenser

En generell konklusjon i forrige analyse var at et momentant utslipp til sjøen av hele lasten er svært usannsynlig, siden radioaktiv last skal være godt sikret med skjermemateriale som er tilpasset strålingsnivået. En annen generell og viktig konklusjon var at vann som medium er en effektiv stopper for radioaktiv stråling, og at stråling i vann derfor ikke har samme rekkevidde som i luft og på land.

Med radioaktivt innhold i marin fauna og flora lavt langs hele kysten med høyest verdi i området nærmest Østersjøen kan dette forklares med redusert tilførsel av radioaktivt vann (Tsjernobyl relatert cesium-137) fra Østersjøen og implementering av ny renseteknologi på Sellafield i 2004 og nå avviklet (2022) kan ytterligere reduksjon forventes, dersom ikke noe uforutsette hendelser til lands eller havs finner sted. For både cesium-137 og technetium-99 er måleverdiene i sjøvannet svært lave, gjerne under deteksjonsgrensen.

For radium frigitt i forbindelse med produsert vann fra petroleumsindustrien løses disse forbindelsene seg hurtig opp i vannsøylen, mens problemet oppstår ved avleiringer av barium, strontium og radiumsulfat produksjonsutstyr som oppstår når sjøvann med høyt sulfatinnhold blander seg med formasjonsvannet. Denne oppkonsentrering av (lav-aktive) radioaktive avleiringer betegnes TENORM (Technologically-Enhanced, Naturally-Occurring Radioactive Material). Siden radium tilhører samme kjemiske gruppe som barium og strontium, vil også radium felles ut som radiumsulfat (RaSO_4). Utslipp av TENORM løses ikke opp i vannsøylen, men blir liggende på sjøbunnen, noe som innebærer spredning innenfor et begrenset sjøbunnsareal.

For en ulykke med inspeksjonskjemikalier og tilhørende instrumenter er det konkludert at aktivitetsnivået i lasten kan være høyt selv om transportert mengde er svært lavt (størrelsesorden milligram). Grunnet rask fortykning og kort rekkevidde av radioaktiv stråling i vann, forventes miljøkonsekvenser fra en ulykke med inspeksjonskjemikalier å være begrenset til lokale effekter på/nær havbunnen.

Historiske hendelser med senking/havari av ubåter med høyanriket uran, høyanriket kjernebrensel og utbrent kjernebrensel har vist høyt strålingsnivå om bord, men ikke i omgivelsene og det er derfor heller ikke beskrevet alvorlige miljøkonsekvenser fra disse. Basert på erfaring fra tidligere ulykker er sannsynligheten for større puls utslipp med radioaktive stoffer lav, men dette er noe som må vurderes for hvert enkelt scenario og basert på en rekke parametere; lokasjon, vanddyb, barrierer, skadebilde, med mer.

Modelleringsstudier viser også at kontinuerlig utlekking av cesium-137 over tid ikke vil gi målbare effekter i fisk selv om lekkasjen skjer på grunt vann (50 m). Det er kun større pulsutslipp av radioaktivitet som vil kunne gi målbare effekter i biota inkludert fisk, og som derfor kan føre til midlertidig nedstenging av all fiskerivirksomhet, lokalt eller regionalt. At det ikke forventes større effekter, skyldes rask fortykning i vannsøylen, og vannets evne til å redusere rekkevidden til radioaktiv stråling. Spontan spaltingsreaksjon av uran-235 (fisjon) på grunt vann, 50 m (K-27) kan resultere i pulsutslipp av store mengder radioaktiv stråling og derfor gi miljøeffekter også på regionalt nivå. På grunt vann vil en slik hendelse føre til spredning av radioaktiv stråling til luft.

Økt søkelys på forebyggende tiltak og beredskapsstrategi for denne type hendelser, kan ytterligere bidra til å redusere risikoen for negativ miljøpåvirkning.

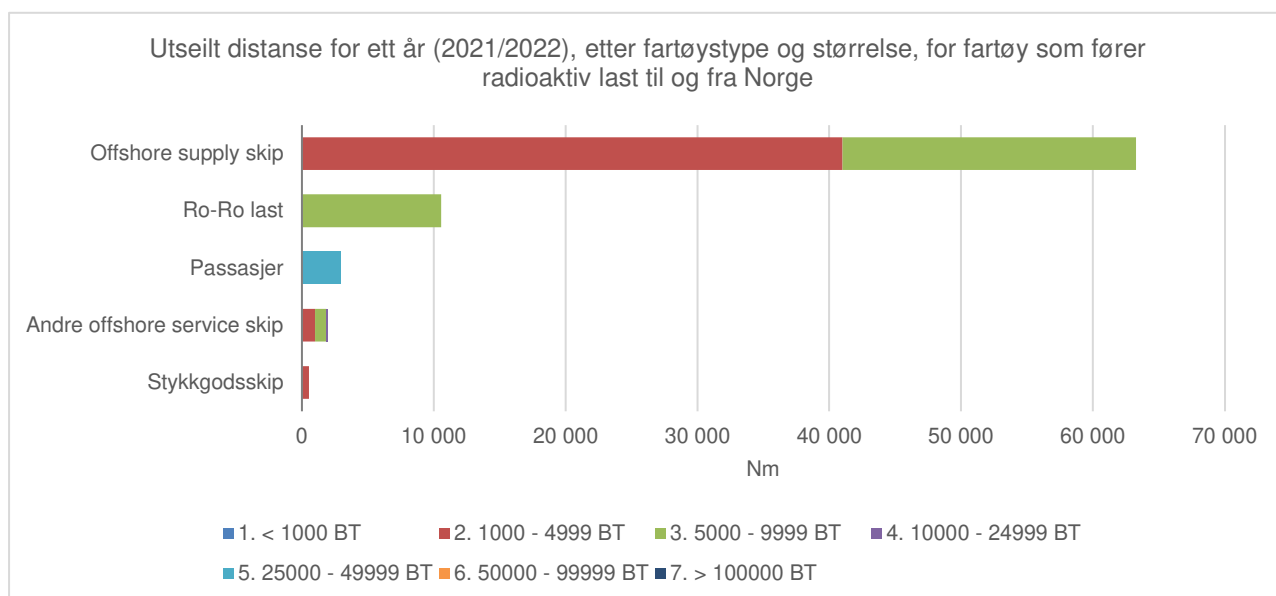
6.3.2 Beregnet utseilt distanse

En modellering av skipstrafikken blir gjort ved å bruke SafeSeaNet Norway til å hente ut rapporterte seilaser med radioaktiv last (IMDG-klasse 7) i norske farvann for 2021/2022. Barents SRS er brukt til å hente ut fartøy som kun transitterer NØS med radioaktiv last eller drivstoff i samme periode. Utseilt distanse er deretter beregnet ut fra AIS-data for begge datasettene.

Utseilt distanse fordelt på fartøytype og størrelse

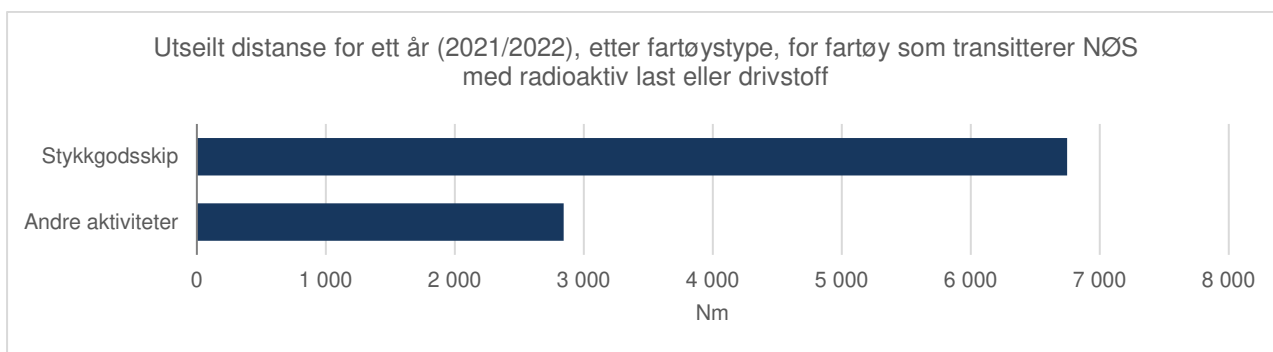
Figur 6-1 viser utseilt distanse for ett år (2021/2022) for fartøy som fører radioaktiv last (IMDG klasse 7) til og fra Norge, etter fartøytype og størrelse på fartøy. Trafikken domineres av offshore supply skip med 80 % av den totale utseilte distansen. Videre har ro-ro skip og passasjer skip henholdsvis 13 % og 4 % av totalen. Fartøystyper som har en utseilt distanse på under 0,5 % av den totale utseilte distansen er ikke inkludert i fremstillingen av resultatene.

I 2013 var trafikken også dominert av offshore supply skip (81 %). Videre var ro-ro lasteskip (10 %) og kjøle-/fryseskip (6 %) fremtredende /8/ (Vedlegg A). Størst endring i fordelingen av distanse per skipstype er derfor at kjøle-/fryseskip stod for den tredje lengste utseilte distansen i 2013 med 6 %, mens plassen i 2021/2022 gikk til passasjer skip med 4%.



Figur 6-1 Utseilt distanse (nm) for ett år (2021/2022), for fartøy som fører radioaktiv last (IMDG klasse 7) til og fra Norge, etter fartøytype og størrelse.

Figur 6-2 viser utseilt distanse for ett år (2021/2022) for fartøy som transitterer NØS med radioaktiv last eller drivstoff, hvor alle fartøy er i størrelseskategori 25 000 - 49 999 BT. Som tidligere nevnt er transittreisene dominert av atomdrevne isbrytere.

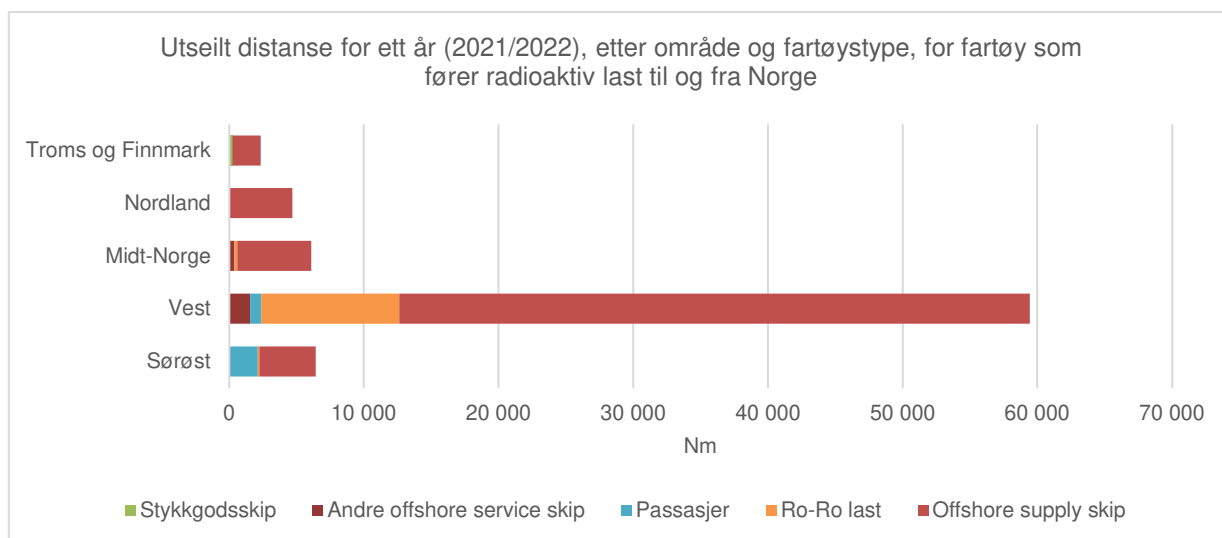


Figur 6-2 Utseilt distanse (nm) for ett år (2021/2022), for fartøy som transitterer NØS med radioaktiv last eller drivstoff, etter fartøystype (25 000 – 49 999 BT).

Utseilt distanse fordelt på område

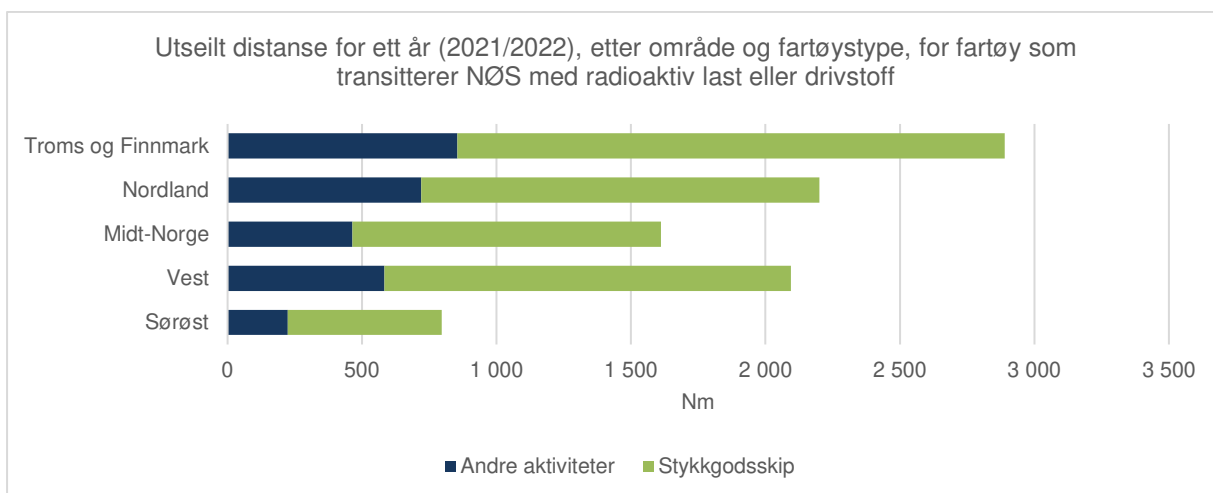
Figur 6-3 viser utseilt distanse for ett år (2021/2022) for fartøy som fører radioaktiv last (IMDG klasse 7) til og fra Norge, etter område og fartøystype. Resultatene viser at det er mest skipstrafikk i Vest med en andel på 75 %, etterfulgt av områdene Sørøst og Midt-Norge med 8 % hver av den totale utseilte distansen. Fartøystyper som har en utseilt distanse på under 0,5 % av den totale utseilte distansen er ikke inkludert i fremstillingen av resultatene. Det samme gjelder for områder som representerer under 0,5 % av den totale utseilte distansen.

I 2013 /8/ hadde området Vest mest skipstrafikk med radioaktiv last (65% av den totale utseilte distansen), etterfulgt av Midt-Norge (15 %) og Troms og Finnmark (10 %). Endring i fordelingen av distanse fra 2013 viser at trafikken i Vest har gått opp med 10 prosentpoeng, og at det dominerende området Troms og Finnmark (10 %) har blitt byttet ut siden 2013 med Sørøst (8 %) i 2021/2022.



Figur 6-3 Utseilt distanse (nm) for ett år (2021/2022), for fartøy som fører radioaktiv last (IMDG klasse 7) til og fra Norge, etter område og fartøystype.

Figur 6-4 viser årlig utseilt distanse for 2021/2022 for fartøy som transitterer NØS med radioaktiv last eller drivstoff, etter område og fartøystype. Vi ser at skipstrafikken er fordelt ganske jevnt mellom områdene. Dette er naturlig da fartøyene i hovedsak går mellom Østersjøen og den russiske delen av Barentshavet, og derfor følger hele Norskekysten på reisen.



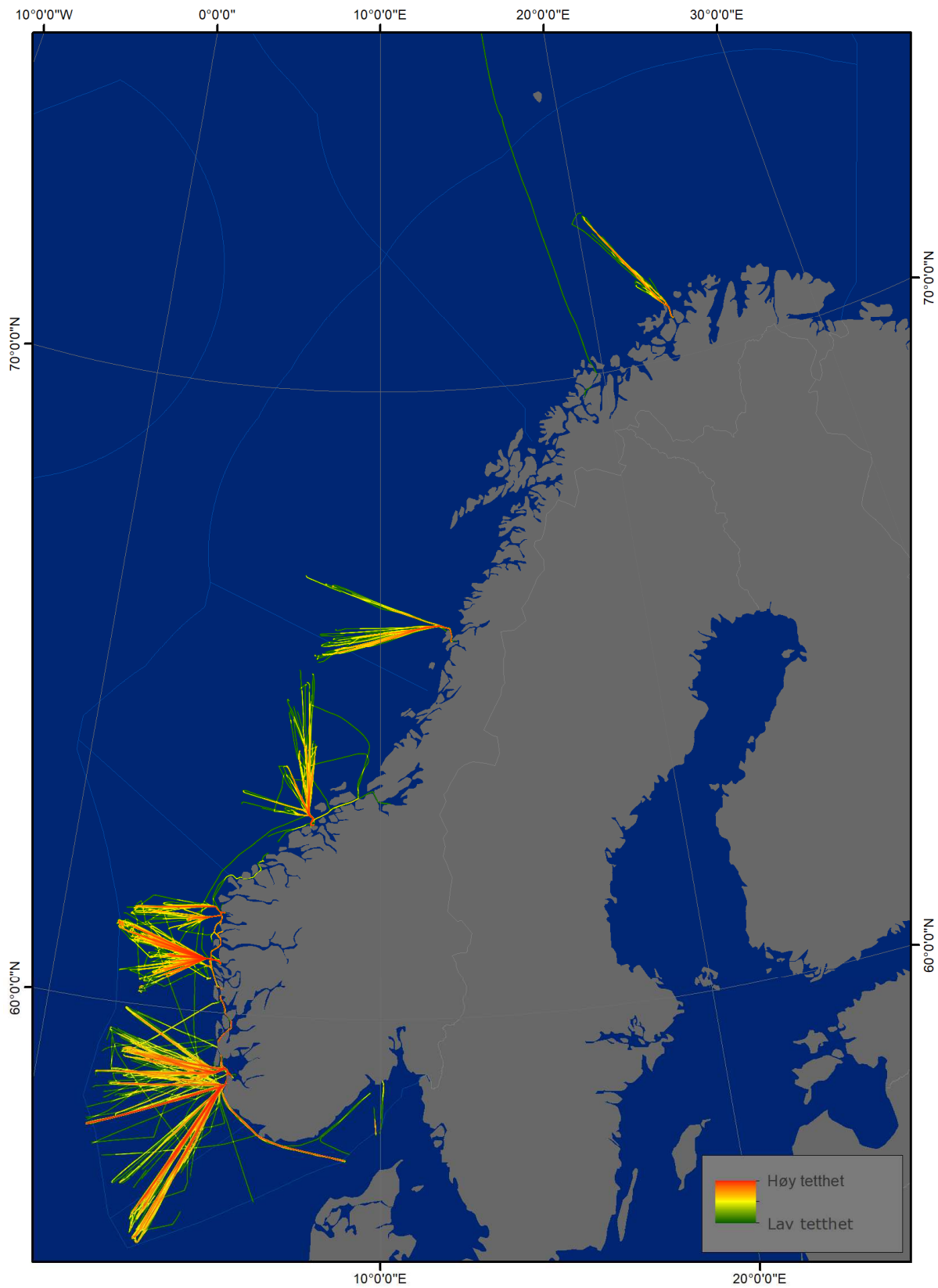
Figur 6-4 Utseilt distanse (nm) for ett år (2021/2022), for fartøy som transitterer NØS med radioaktiv last eller drivstoff, etter område og fartøystype.

Tetthetsplott

Figur 6-5 viser et tetthetsplott for skipstrafikk som fører radioaktiv last (IMDG-klasse 7) til og fra Norge basert på AIS-data for 2021/2022. Formålet er å differensiere intensiteten av skipstrafikken geografisk. Intensiteten i fargen indikerer frekvens, og er dermed et uttrykk for hvor tett skipstrafikken er langs kysten⁵.

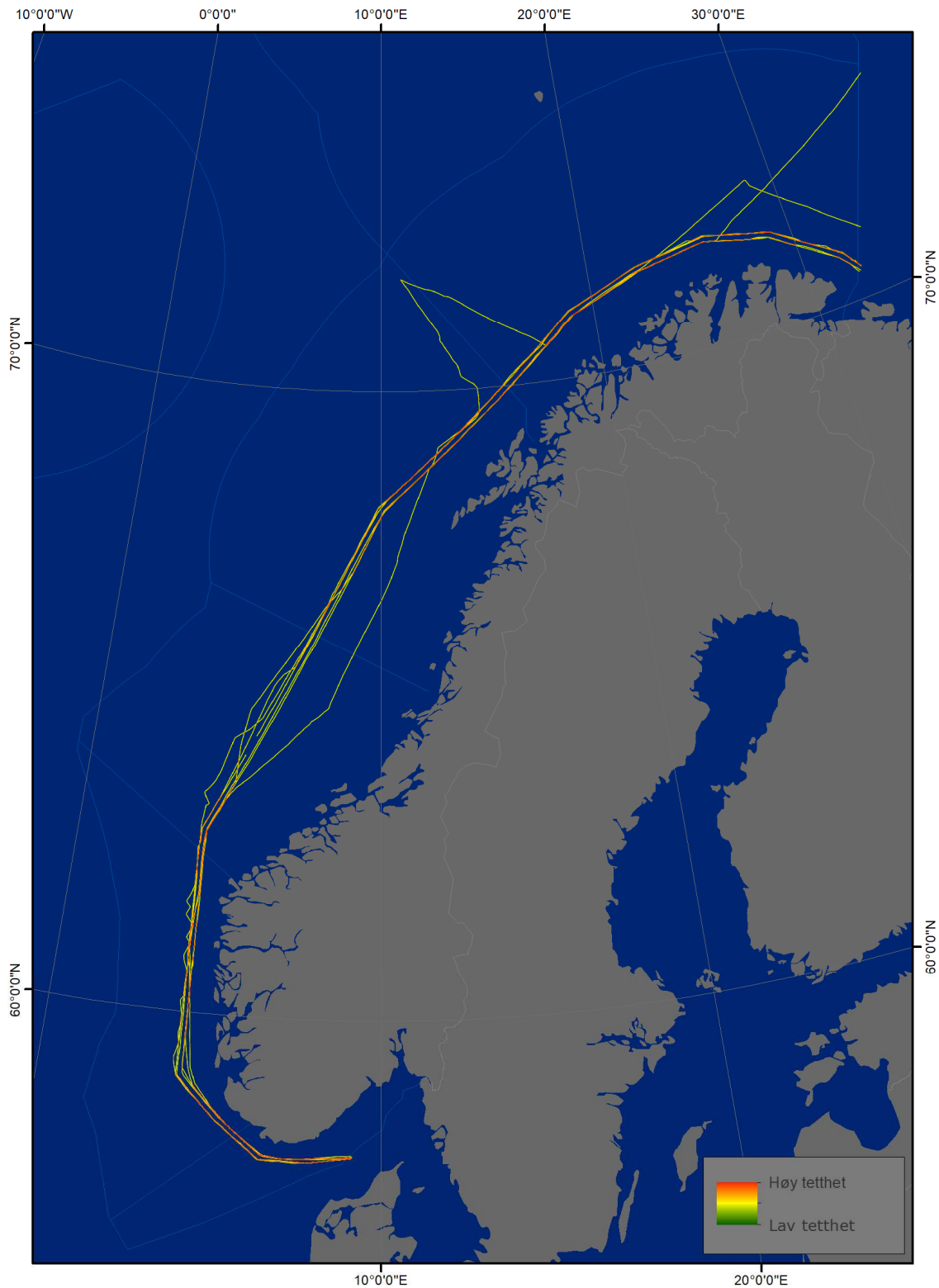
Tetthetsplottet viser at transport av radioaktive laster til og fra Norge har en meget klar knytning til olje- og gassproduksjon på sokkelen; det er klare spor fra alle forsyningsbasene langs kysten. I tillegg virker det som import og eksport skjer via Stavanger-området.

⁵ Tettheten beregnes ut fra total lengde av spor innenfor en radius av 500 m dividert på arealet.



Figur 6-5 Tetthet av spor fra fartøy som fører radioaktiv last (IMDG-klasse 7) for perioden 2021/2022.

Figur 6-6 viser tetthetsplott av atomdrevne skip (fra Barents SRS). Kartet viser at denne aktiviteten i all hovedsak er reiser som går mellom Østersjøen og den russiske delen av Barentshavet.



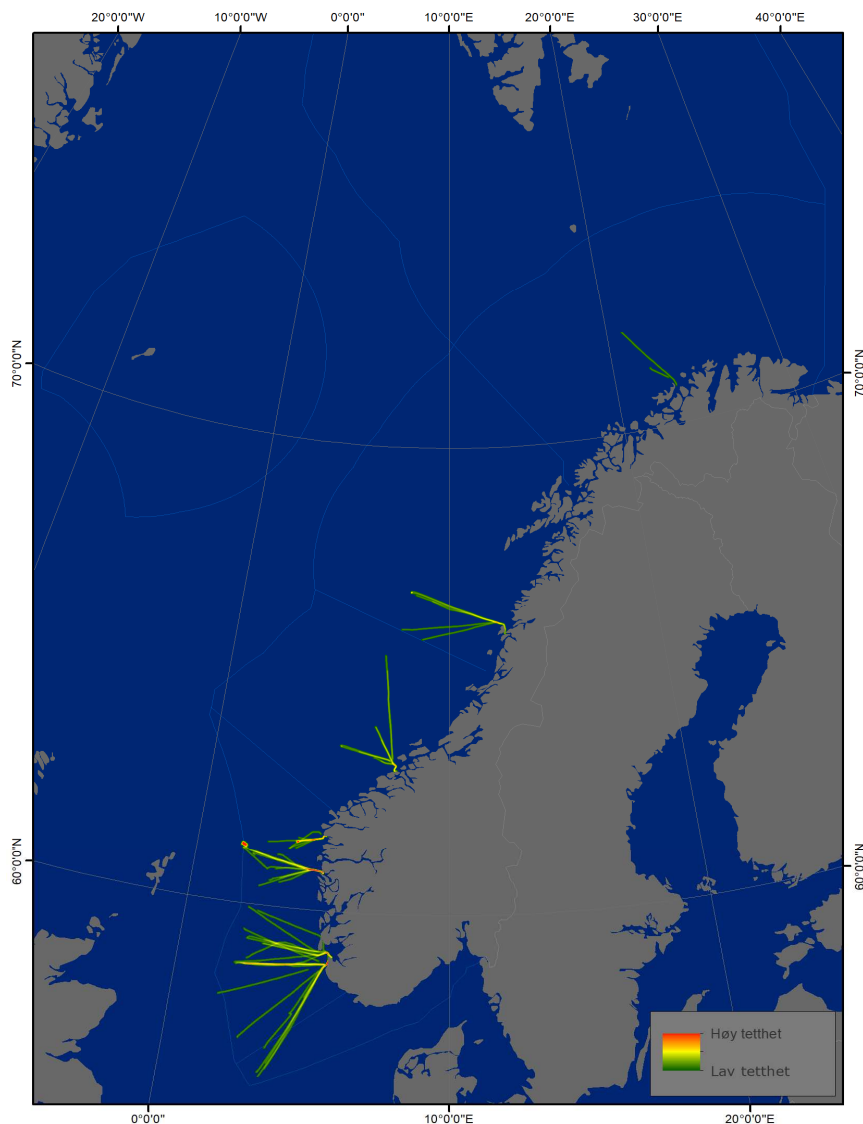
Figur 6-6 Tetthetsplott som viser fartøy som transitterer NØS (følger trafikkseparasjons-system- TSS) med radioaktivt drivstoff i perioden 1.10.2021-1.10.2022.

Frakting av store mengder potensielt skadelig radioaktiv last (Gruppe I)

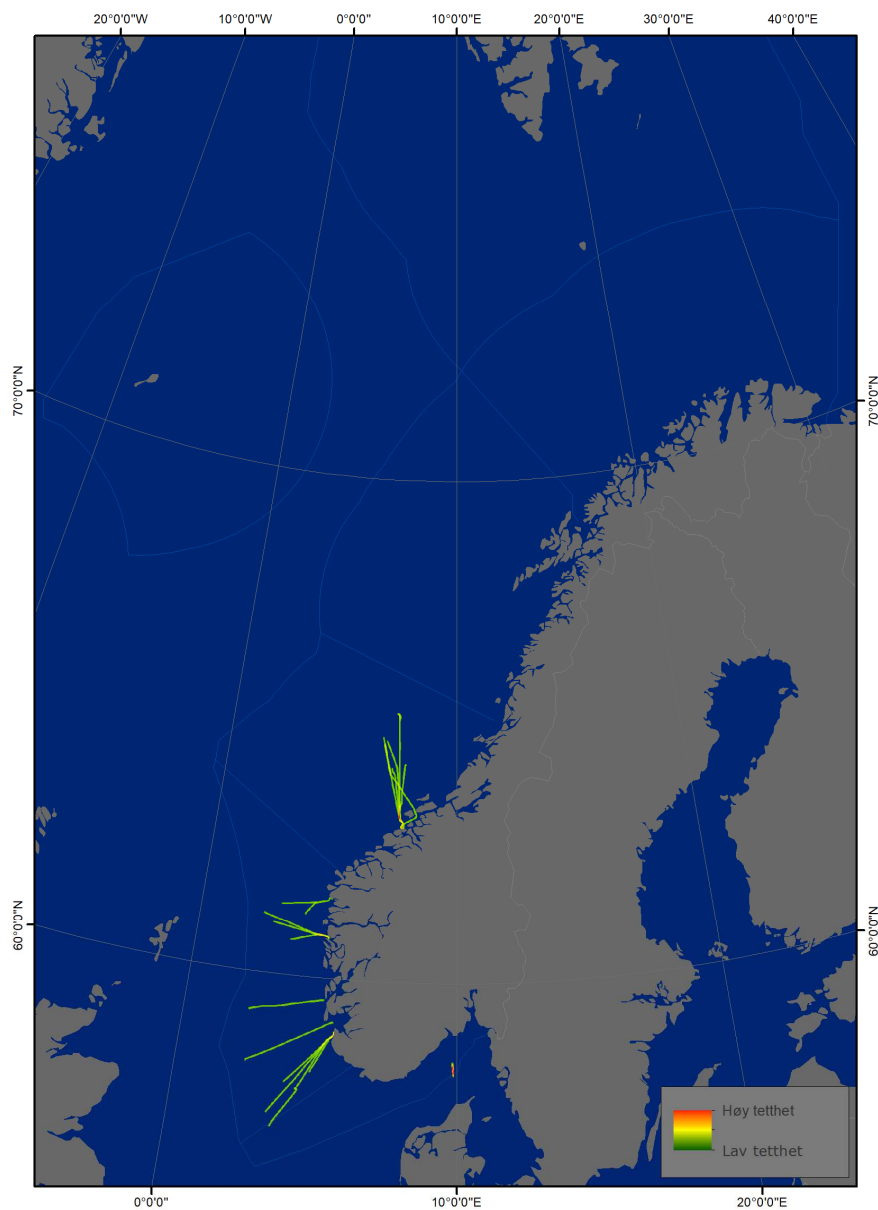
Det er gjennomført en delanalyse av særlige radioaktive stoffer for å illustrere hvilke norske havnebyer de største volumene transporteres fra og til, hvor dataen er basert på skadekategori Potensielt skadelig (Gruppe I). Forsendelse av store registrerte lastevekter av Potensielt skadelig radioaktiv last i norske farvann viser at topp 10 % utgjør til sammen 78 forsendelser. 76 av forsendelsene faller under UN kode 3332 og 2 under UN kode 2916. Lasten som er registrert spenner mellom 2,2 tonn og 12,9 tonn.

Den dominerende lasttypen er UN-kode 3332 (97 %), og som tidligere nevnt er denne type last mest sannsynlig definert som «scale» (6.3.1). Dette bekreftes også av tetthetsplottet for transportrutene (Figur 6-7) som domineres av seilaser til og fra offshoreinstallasjoner. Siden «scale» materialet ifølge Strålevernet burde registreres i én skadekategori lavere (Gruppe II), har en ny analyse blitt gjort på de største lastvektene av Potensielt skadelig (Gruppe I) radioaktiv last – nå uten UN kode 3332 («scale»).

De nye resultatene, fra analyse av kun UN kode 2916, 2915 og 3327 (Gruppe I), viser at topp 10 % av registrert lastvekter inkluderer totalt 23 forsendelser, 17 stykk med UN kode 2916 og 6 med UN kode 2915. Lasten som er registrert spenner mellom 180 kg og 3 tonn. Ankomst- og avgangsløkasjoner domineres av offshoreinstallasjoner, havner i Kristiansund, Langesund (ufullstendig kartrepresentasjon) og Hirtshals i Danmark (Figur 6-8).



Figur 6-1 Tetthet av spor fra fartøy som fører store mengder radioaktiv last (Gruppe I) for 2021/2022.



Figur 6-2 Tetthet av spor fra fartøy som fører store mengder radioaktiv last (Gruppe I), ekskludert UN kode 3332, for 2021/2022.

6.3.3 Beregnet sannsynlighet for skipsulykke

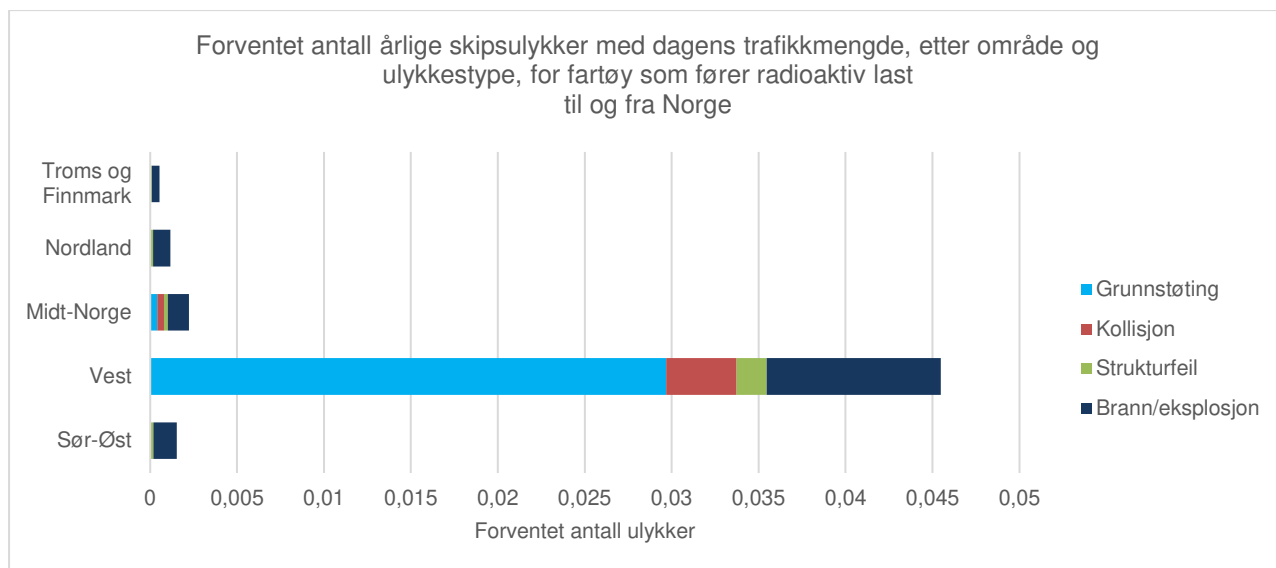
Sannsynligheten for ulykker i norske farvann innenfor hvert område er beregnet ved å bruke de relevante seilasene fra SafeSeaNet Norway og Barents SRS til å hente ut ulykkesfrekvenser fra AISyRisk.

Figur 6-9 og Figur 6-10 viser forventet antall årlige skipsulykker med dagens trafikkmengde (2021/2022), etter område og ulykkestype. Den forventede totale årlige frekvensen for en skipsulykke med fartøy som fører radioaktiv last (IMDG-klasse 7) til og fra Norge er beregnet til 0,051, dvs. gjennomsnittlig én ulykke hvert 20. år. Det presiseres at dette er sannsynligheten for en ulykke med et fartøy som fører radioaktiv last, ikke sannsynlighet for et utslipp av radioaktiv last.

Forventet antall ulykker innen hvert område påvirkes hovedsakelig av utseilt distansen. Resultatene viser at for skipstrafikk med radioaktiv last til og fra Norge forventes det flest ulykker i Ves. Området står for 75 % av totalt utseilt

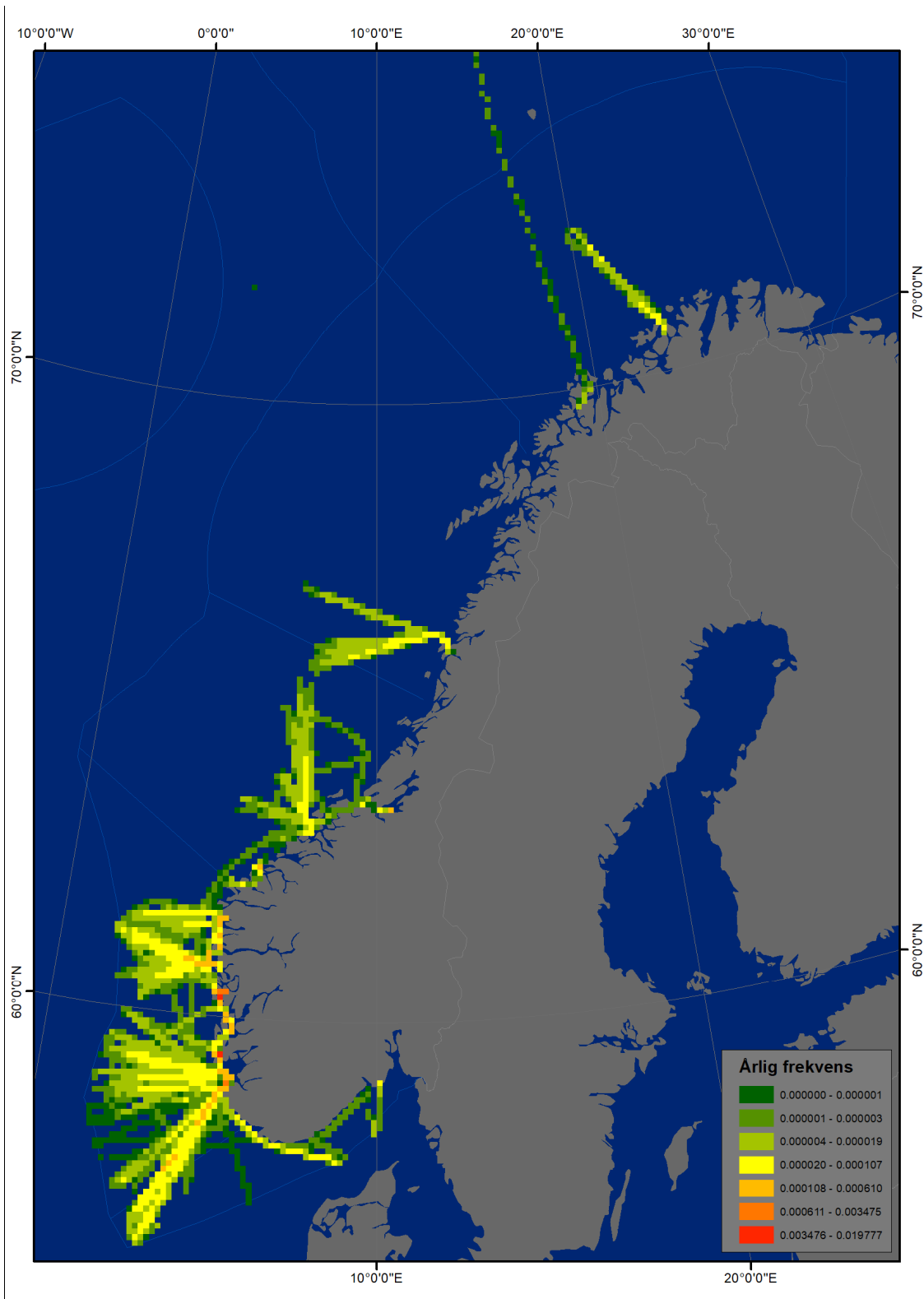
distanse. Grunnstøting er den dominerende ulykkestypen, totalt sett og i området Vest, mens brann/eksplosjon er dominerende for de øvrige fire områdene. Områder med en ulykkesfrekvens på under 0,5 % av den totale årlige frekvensen er ikke inkludert i fremstillingen av resultatene.

Til sammenlikning var den årlige frekvensen for en skipsulykke med fartøy som fører radioaktiv last i 2013 /8/ beregnet til 0,167, dvs. gjennomsnittlig én ulykke hvert 6. år. Også da var det forventet flest ulykker i området Vest, og grunnstøting var den dominerende ulykkestypen for hele kysten.



Figur 6-7 Forventet antall årlige skipsulykker med dagens trafikkmengde, etter område og ulykkestype, for fartøy som fører radioaktiv last (IMDG klasse 7) til og fra Norge.

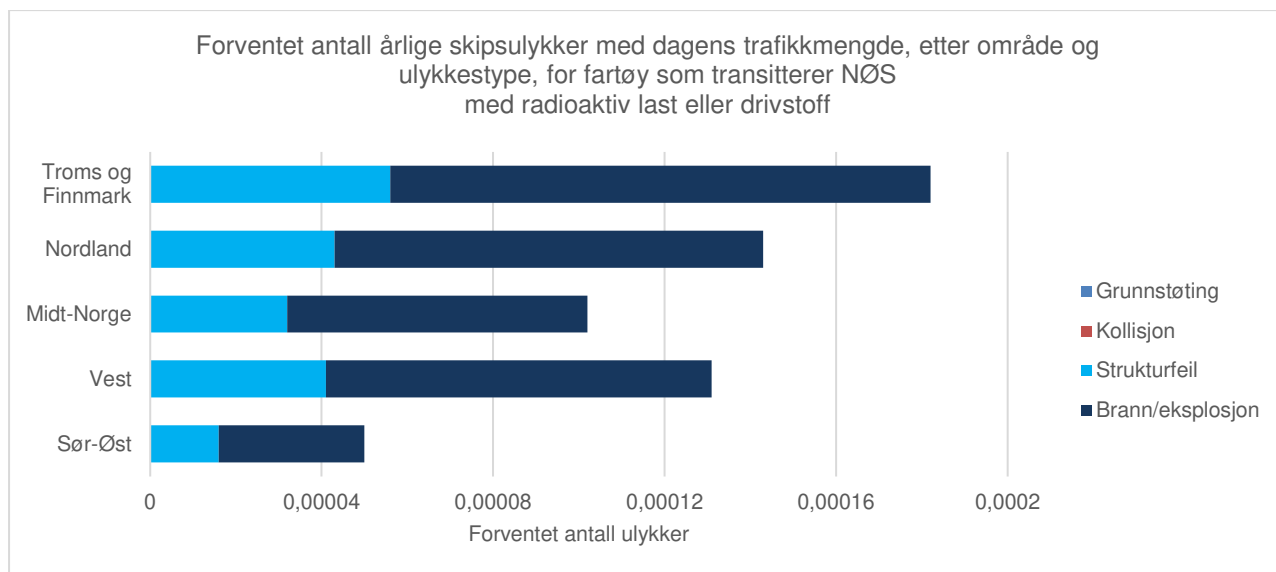
Figur 6-8 viser den geografiske fordelingen av sannsynligheten for en ulykke med fartøy som fører radioaktiv last. Vi ser en forhøyet sannsynlighet for ulykke bl.a. ved Kristiansund, Bergen og Stavanger. Det bør merkes at sannsynlighetsberegningene over viser sannsynlighet for at en ulykke inntreffer, ikke sannsynlighet for utslipp av miljøfarlig last.



Figur 6-8 Forventet antall årlige skipsulykker per grid celle (10x10 km) for fartøy som fører radioaktiv last (2021/2022). Summen av ulykkesfrekvenser over alle grid-celler gir den forventede årlige frekvensen for en ulykke i norske farvann.

Figur 6-9 viser forventet antall årlige skipsulykker i NØS for transitterende skipstrafikk med radioaktiv last eller drivstoff. Tallene viser at for denne typen skipstrafikk er grunnstøting fraværende - dette på grunn av at trafikken i all hovedsak foregår i god avstand til kysten. Brann/eksplosjon er den dominerende ulykkestypen i alle områder.

Bidraget fra transitterende fartøy (stykkgodsskip og andre aktiviteter) er veldig lavt (0,0006 ulykker per år, gjennomsnittlig en ulykke hvert 1667. år). Det bør merkes at sannsynlighetsberegningene viser sannsynlighet for at en ulykke inntreffer, ikke sannsynlighet for utslipp av radioaktiv last eller drivstoff.



Figur 6-9 Forventet antall årlige skipsulykker med dagens trafikkmengde, etter område og ulykkestype, for fartøy som transitterer NØS med radioaktiv last eller drivstoff.

Sikkerhetsbarrierer

IMOs bestemmelser for transport av radioaktive materialer er basert på det internasjonale atomenergibyrået, IAEOs regelverk. Bestemmelser knyttet til transport av radioaktiv last til sjøs kan deles opp i følgende nivå:

1. IAEO/IMDG-koden setter krav til innpakking av radioaktivt materiale.
2. IMDG-koden setter krav til plassering av forsendelsen om bord, og segregering fra mennesker og andre lasttyper.
3. For INF-laster (pakket, bestrålt kjernebrensel, plutonium og høyradioaktivt avfall) stiller INF-koden i tillegg krav til fartøyets utforming og funksjoner; blant annet struktur, skadestabilitet, brannsikring og redundans for enkelte funksjoner.

For transport av radioaktivt materiale er forpakningen den primære sikkerhetsbarrieren; design av forpakningen skal ta høyde for alle forutsigbare ulykker. Avsender bærer hovedansvaret for at dette er i orden.

Som nevnt transporteres mange forskjellige typer radioaktive materialer og graden av potensiell fare fra disse materialene varierer betydelig. IAEO har derfor utviklet forpakkingsstandarder som tar hensyn til egenskapene og den potensielle faren for ulike typene av radioaktivt materiale, uavhengig av transportmåte:

- Lavradioaktivt materiale kan transporteres i vanlige industrikonteinere.
- Type A forpakning er designet for å tåle mindre ulykker og brukes til transport av middels radioaktive materialer som medisinske eller industrielle radioisotoper.

- Forpakning eller beholdere for høyradioaktivt avfall og brukt brensel er robuste og svært sikre beholdere kjent som Type B-pakker. Slike beholdere skal blant annet hindre varmeutvikling, beskytte mot støt, forsegle forsendelsen og skjerme omgivelsene for stråling.

6.3.4 Oppsummering av aktiviteten i norske farvann

Det understekes at vurderingen nedenfor er basert på trafikkbildet for 2021/2022 og tidligere beskrevne miljøkonsekvenser. I Nordsjøen og Norskehavet er det i perioden 01.10.2021 – 01.10.2022 totalt 1157 registreringer med radioaktiv last fordelt på 937 seilaser (SafeSeaNet Norway). Disse representerer 10 forskjellige UN-koder, hvor 3 UN-koder (18 %) er definert som ikke skadelige av IAEA, 3 UN-koder (11 %) er registrert med last som er potensielt skadelig ved innånding eller spising, og 4 UN-koder (71 %) er registrert som potensielt skadelig for alle organismer. Til sammenlikning var det i snitt i 2012-2014 /8/ 1341 registreringer med radioaktiv last fordelt på 1055 seilaser. Antall registreringer med radioaktiv last har minket med 14 % siden 2014, mens antall seilaser er redusert med 11 %.

Trafikken til og fra Norge domineres av offshore supply skip med 80 % av den totale utseilte distansen. Videre utgjør ro-ro-skip og passasjerskip henholdsvis 13 % og 4 % av totalen. Når det gjelder transittreiser i NØS viser data rapportert av Barents SRS at disse seilasene domineres av atomdrevne isbrytere.

Generelt så viser kartleggingen at dagens aktivitetsnivå knyttet til transport av radioaktiv last er ganske begrenset. Akkumulert årlig ulykkesfrekvens for transport av material i IMDG-klasse 7 er på 0,051, noe som tilsier at en ulykke gjennomsnittlig forekommer hvert 20. år. Det presiseres at dette er sannsynligheten for en ulykke med et fartøy som fører radioaktiv last, ikke sannsynlighet for et utslipp av radioaktiv last. Bidraget fra transitterende fartøy er veldig lavt (0,0006 ulykker per år – gjennomsnittlig en ulykke hvert 1667. år).

Basert på det tilgjengelige datasettet har den overordnede vurderingen av miljøkonsekvenser ikke identifisert noen kritiske scenario som vurderes å kunne føre til alvorlige konsekvenser for miljøet. Dette er basert på trafikkbildet fra 2021/2022, hvor seilasene med atomisbrytere går i trafikkseparasjons-systemet (TSS) i NØS (lang avstand til kysten, og dypt vann). Utslipp med stråling vurderes å få større konsekvenser om det inntreffer nært kysten og på grunt vann.

Verstefall-scenario vil være en ulykke med fartøy som transporterer store mengder uranbrensel og utbrent kjerneavfall, som for eksempel russiske atomisbrytere og -ubåter. Feltstudier fra flere vrakområder i Barentshavet viser at det ikke har vært større pulsutslipp med radioaktive stoffer til omgivelsen som følge av havari, eller i årene etter et havari. Modelleringsstudier viser at kontinuerlig lekkasje av cesium-137 ut i vannsøylen ikke vil gi målbare effekter i fisk gitt at lasten ligger på et vanddyb av 50 m eller mer. Det er konkludert at det kun er et større pulsutslipp med radioaktive stoffer som vil kunne gi signifikant kontaminering av fisk og derfor vil kunne gi konsekvenser for fiskeri. Større pulsutslipp kan for eksempel oppstå under bergingsforsøk, som resultat av en eksplosjon eller spontan kjernespalting av uran-235 grunnet lekkasje av sjøvann inn i selve reaktoren. DNV har imidlertid ikke analysert sannsynligheten for slike utslippsscenario.

For å danne et riktig risikobilde er det nødvendig å vite hvor store mengder av ulike produkter som transporteres, ikke bare antall forsendelser. Dette har blitt analysert for frakting av store mengder særlig radioaktiv last – Potensielt skadelig (Gruppe I). Forsendelse av store registrerte lastevakter av særlige radioaktive stoffer i norske farvann viser at topp 10 % av registrert lastevakter inkluderer totalt 23 forsendelser, 17 stykk med UN kode 2916 og 6 med UN kode 2915. Lasten som er registrert spenner mellom 180 kg og 3 tonn. Ankomst- og avgangslokasjoner domineres av offshoreinstallasjoner, i tillegg til havner i Kristiansund, Langesund (ufullstendig kartrepresentasjon) og Hirtshals i Danmark. Det er imidlertid knyttet stor usikkerhet til disse dataene, da kvaliteten på registreringer av transporterte mengder av farlig last i SafeSeaNet Norway ofte er dårlig (forveksling mellom tonn og kilogram) eller totalt manglende.

7 RISIKO VED UTSLIPP AV NYE TYPER DRIVSTOFF

I dette kapitlet er det utført en kvalitativ miljø- og personrisikovurdering ved utslipp til sjø for:

- Hydrogen (flytende)
- Ammoniakk (flytende)
- Metanol (flytende)
- Biodiesel
- LNG (flytende)
- Lavsvoveldrivstoff
- Batteri

7.1 Vurdering av ulike nye typer drivstoff

Grunnlaget for beskrivelser av potensiell personrisiko ved utslipp er hentet fra rapporter fra DNV, SINTEF og andre institusjoner, samt sikkerhetsdatablader.

Grunnlaget for vurderingen om potensiell miljøskade er basert på forutsetningen om at et lekkasjescenario fra et fartøy er et akutt utslipp av kortere varighet. Hovedkilden til informasjonen er hentet fra rapporten "Spill Behavior, Detection, and Mitigation for Emerging Nontraditional Marine Fuels" (Kaas m. fl., 2021) med tilleggsvurderinger på miljøpåvirkning/-konsekvens utarbeidet av DNV.

7.1.1 Hydrogen

Hydrogen er et grunnstoff med kjemisk symbol H og atomnummer 1. Ved standard temperatur og trykk er den en fargeløs, luktfri og særdeles brennbar gass (H₂). Med en molar masse på bare 1,00794 g/mol, er hydrogen det letteste grunnstoffet av alle og hydrogenatomet det enkleste atomet [42].

Hydrogen er en energibærer på samme måte som strøm er det. Det vil si at den må fremstilles og kan så fraktes fra et sted til et annet. Hydrogen kan fremstilles på flere måter: Elektrolyse med fornybar strøm (grønt hydrogen), reformert naturgass, kombinert med karbonfangst og lagring (blått hydrogen) og naturgass uten karbonfangst og lagring (grått hydrogen) [47].

Miljøeffekt ved utslipp av hydrogen

Flytende hydrogen lagres under kryogene forhold (frysing under ekstremt lave temperaturer) for å forbedre energieffektiviteten og redusere tankvolumet. Gassen er lettere enn luft ved atmosfærisk trykk og tyngre ved kalde temperaturer nær kokepunktet. Som følge av dette vil hydrogenet synke umiddelbart gitt et utslipp, og danne en hvit dampsky på vannoverflaten.

Ettersom hydrogen er lite løselig med vann forblir dampskyen på eller over vannoverflaten til det løser seg opp i luft, varmes opp og forsvinner. Størrelsen på skyen er vind-avhengig og øker med høyere vindhastighet. Dette innebærer økt fare for kvelning og brann gitt vindfulle forhold. Risikoen for kvelning gjelder både mennesker og marine organismer (fortrinnsvis sjøfugl) som befinner seg i dampskyen. Grunnet størrelsen på dampsky (fra <30 m til <100 m, avhengig av vindstyrke) og kort nedbrytningstid (<30 min) anses miljøpåvirkningen å være svært begrenset i åpent farvann, dvs.

effekter på enkeltindivider kan ikke utelukkes, men effekter på populasjonsnivå er usannsynlig. I kystnære områder, kan i første rekke nærhet til fuglefjell og andre hekkeområder i vår- og sommersesongen gjøre kystnær sjøfugl utsatt.

En annen risiko ved utslipp av flytende hydrogen over vannoverflaten er den raske faseovergangen som oppstår når gassen kommer i kontakt med vann. Dette kan føre til en kald-eksplosjon som følge av den raske volumutvidelsen når flytende hydrogen skifter fra væske- til gassfase. Marint liv innenfor berørt sone kan lide av kvelling eventuelt nedkjøling.

Mekanisk oppsamling er ikke et relevant som følge av hurtig nedbrytning, og sikkerhetsrisikoen for beredskapspersonell.

Personrisiko ved utslipp av hydrogen

Når en sammenligner egenskapene ved hydrogen relatert til brann- og eksplosjonskarakteristikk naturgass gir hydrogen en større eksplosjonsrisiko. De viktigste årsakene til dette er [41]:

- Hydrogens større brennbarhetsområde⁶ (4-75 %), som betyr at en større del av gassen kan antennes, med andre ord at mange utslipp av hydrogen kan bli brennbare og dermed eksplosive.
- Hydrogen er meget lettantennelig over et stort brennbarhetsområde. Hydrogens lave tenningsenergi (for høye konsentrasjoner) er kun 0.017 mJ, sammenlignet med eksempelvis 0.27 mJ for metan.
- Større sannsynlighet for å starte deflagrering til detonasjonsovergang (DDT) og høyere eksplosjonstrykk i en hydrogeneksplosjon.

Brannkonsekvensene er også forskjellige fra andre gasser, men brannens alvorlighetsgrad kan sies å være lik som for naturgass [41]. Dersom hydrogen er lagret i flytende form skjer dette ved svært lave temperaturer og relativt lavt trykk. Eventuelle lekkasjer kan dermed resultere i kryogeniske (svært kalde) utslipp som kan føre til personskader og gjøre materialer sprø, som for eksempel stål [43].

7.1.2 Ammoniakk

Ammoniakk er en av de mest produserte kjemikalier globalt. Kjemikalie brukes først og fremst som kunstgjødning i landbruket i form av flytende ammoniakk, ammoniumnitrat, ammoniumsulfat og ammoniumfosfat [40].

Ammoniakk brukes også i produksjon av ulike industrikjemikalier som salpetersyre, urinstoff og fenolharpikser, samt som kjølevæske i kjøle- og fryseanlegg, også ombord i fiskebåter [40]. Ammoniakkindustrien har over hundre år med erfaring innen produksjon, lagring, håndtering og transport av ammoniakk. Ammoniakk (NH₃) består av tre hydrogenatomer (H) og et nitrogenatom (N). Siden ammoniakk ikke inneholder karbon, kan det ikke danne karbondioksid (CO₂). Gitt dagens behov for avkarbonisering, gjør dette ammoniakk til en potensiell og interessant ny drivstoffkilde for skip [38].

Ammoniakk transporteres i flytende tilstand; derfor må den enten komprimeres eller nedkjøles eller en kombinasjon av disse to. Fullkjølte ammoniakk-lagringstanker inneholder væske ved -33°C ved atmosfærisk trykk, mens fullt trykksatte tanker er konstruert for 18 bar som tilsvarer ammoniakkdamptrykket ved 45°C [39].

⁶ Blandingsforhold de er brennbare sammen med luft

Miljøeffekt ved utslipp av ammoniakk

Ved et utslipp av ammoniakk over vannlinjen dannes det en giftig gassky. Denne fordampes hvorpå ammoniakk-gassen over tid reagerer kjemisk med vannmolekyler i atmosfæren og former ammoniumhydroksid (NH_4OH), som på sikt vil legge seg på vannoverflaten. I tillegg til at begge stoffene er svært giftig frigir dannelsen av ammoniumhydroksid varme. Ammoniakk er svært løselig i vann og det forventes at 70 % av et overflateutslipp nedblandes i vannsøylen [22]. Flytende ammoniakk som ikke kommer i kontakt med vann vil hurtig skille ut gasser.

Miljøpåvirkning anses å være lokalt i området rundt utslippspunktet, på vannoverflate og i vannsøyle. Berøring av marint liv på vannoverflaten er avhengig av spredningshastigheten, som igjen er påvirket av lokale forhold. Til havs vil spredningen skje hurtig, og effekten vil være begrenset mens det på mer beskyttede lokasjoner vil ta lengre tid.

Studier på fisk viser at organismer i vannsøylen (fisk) kan bli akutt eller kronisk forgiftet, avhengig av ammoniakkskonsentrasjon (og eksponeringstid) og fiskens livsstadie [23]. Ettersom en lekkasje fra fartøy skjer over et kortere tidsrom er det naturlig å anta at akutt dødelighet kan forekomme lokalt innenfor spredningsarealet. I tillegg kan plankton, skalldyr og andre bentiske organismer bli berørt. Vær- og vindforhold og gjeldende strømningsbildet vil påvirke ammoniakkens forflytningshastighet. I motsetning til i åpent farvann vil en eventuell hendelse i et mer beskyttet område (kystnært område med liten vannutskiftning) kunne resultere i lengre eksponeringstid for lavere dose innen et avgrenset område. Dette vil eventuelt kunne gi kronisk forgiftning som kan resultere i morfologiske og fysiologiske endringer hos fisk [23]. Utslipp av ammoniakk til marint miljø over lengre tid, kan sammen med andre nødvendige næringsstoffer, resultere i et eutrofiert miljø som stimulerer algeoppblomstring som igjen kan føre til forringet vannkvalitet som følge av forsuring og dødt organisk materiale. Introduksjon av giftstoffer i den marine fauna kan ha negativ påvirkning på næringskjedene [24].

Oppfølging gitt denne type hendelse vil være regelmessige ammoniakk- og pH målinger i vannsøylen og oppfølging av lokale fiskebestander, eventuelt andre naturressurser som befinner seg innenfor habitatet.

Personrisiko ved utslipp av ammoniakk

Toksisitet (giftighet) er den viktigste faren knyttet til ammoniakk. Introduksjon av ammoniakk som brensel i maritim sektor byr derfor på utfordringer, som er annerledes enn de man ser i landindustrien. Hovedutfordringen her er begrensede sikkerhetsavstander og begrenset mulighet for sikker evakuering på sjøen. Sammenlignet med naturgass (LNG) og hydrogen, hvis primære risiko er knyttet til brann og eksplosjoner, kan sikkerhetsbarrierer som fjerner antennelseskilder redusere konsekvensen av en lekkasje. For ammoniakk er det annerledes, da lekkasjer vil ha direkte effekt på eksponert personell.

Under atmosfærisk temperatur og trykk er ammoniakk en fargeløs, giftig gass med en skarp og gjennomtrengende lukt. Kokepunktet for ammoniakk er -33°C , og så snart flytende ammoniakk slippes ut i omgivelsene, vil det begynne å koke og danne ammoniakk-gass [38]. Dette vil enten være i form av lekkasje av nedkjølt ammoniakk (ved omgivelsestrykk) eller lekkasje av «varm» ammoniakk (ved høyt trykk), eller en kombinasjon av disse.

Ammoniakk-gass er lettere enn luft og vil som regel stige opp i atmosfæren, men densiteten til ammoniakk-skyen er primært bestemt av hvor mye væskefase (luftbårne væskefraksjonen) NH_3 som er i skyen. Disse dråpene vil fordampe og senke omgivelsestemperaturen som igjen gjør at skyen ikke vil stige umiddelbart. Ammoniakk er også svært hygroskopisk, noe som betyr at den lett binder seg til vann, og at tåkedråpene kan inneholde en blanding av vann og ammoniakk [38]. Dette kan igjen medføre at gass-skyen ikke stiger like raskt, men dras med vinden. Flytende ammoniakk på vann vil også føre til at mye av ammoniakken fordampes på kort tid, noe som kan utgjøre en større risiko [38].

Siden ammoniakk er en hygroskopisk forbindelse vil slimhinner, som øyne, luftveier og hud, som har høyt fuktighetsinnhold være spesielt utsatt når de kommer i kontakt med ammoniakk. En tilleggsbetyrning med hensyn til

direkte eksponering er det lave kokepunktet til ammoniakk, da det vil fryse ved hudkontakt. Det vil forårsake etsende brannskader som ligner på skader forårsaket av tørris, men som vil være mer alvorlige [39].

Akseptable menneskelige eksponeringsgrenser for ammoniakk er definert av lovgivning og er typisk en funksjon av konsentrasjoner og eksponeringstid. Ammoniakk er skadelig for personell ved konsentrasjoner godt under dens nedre brennbarhetsgrense på 15 % i luft. For eksempel indikerer HMS UK at en konsentrasjon på 0,36 % i luft kan forårsake 1 % sannsynlighet for dødsfall gitt 30 minutters eksponering. Videre kan en konsentrasjoner på 5,5 % forårsake en 50 % sannsynlighet for dødsfall etter 5 minutters eksponering [39].

Ammoniakk er brannfarlig, men vanskelig å antenne. Utendørs vil ammoniakkdamp generelt ikke utgjøre en brannfare. Innendørs, i trange områder, vil faren for antenne være høyere, spesielt hvis olje og andre brennbare materialer er til stede. Trykkbeholdere som brukes til lagring av ammoniakk kan eksplodere hvis de utsettes for høy varmetilførsel [39].

7.1.3 Metanol

Metanol er en fargeløs, lettantennelig og svært giftig væske. Den kalles også metylalkohol eller tresprit. Den kjemiske formelen for metanol er CH₃OH. Kokepunktet er 64,8 grader °C, smeltepunktet er -97,6 °C og massetettheten (densiteten) er 0,796 gram per kubikkcentimeter (g/cm³) [44].

Metanol fremstilles utelukkende syntetisk og hovedsakelig etter to metoder:

- Hydrogenering av karbonmonoksid under høyt trykk i nærvær av katalysatorer («metanolsyntesen»).
- Partiell oksidasjon av hydrokarboner fra naturgass.

Det er økende interesse for metanol som energibærer i maritim industri, blant annet med tanke på anvendelse i forbrenningsmotorer. I august 2023 rapporterte DNV at det ble bestilt 48 nybygg med metanol som fremdrift i forrige måned (juni), og total 100 totalt [48].

Miljøeffekt ved utslipp av metanol

Metanol er tyngre enn luft og lettere enn vann, noe som innebærer at gitt et utslipp over vannlinjen så vil det umiddelbart dannes en brennbar film på vannoverflaten. Denne vil fordampe raskt. I tillegg forekommer en mindre del av utslippet som svært brannfarlig damp. Dette fordampes raskt ut i atmosfæren. Metanol er svært løselig i vann, noe som bidrar til at en stor andel av utslippet nedblandes i vannsøylen. I området rundt utslippspunktet vil vannet være giftig.

Miljøpåvirkningen anses som svært begrenset, ettersom en eventuell giftig konsentrasjon i vannet nær utslippspunktet fortynnes relativt raskt [25].

Mekanisk oppsamling er ikke et relevant som følge av hurtig nedbrytning, og sikkerhetsrisikoen for beredskapspersonell.

Personrisiko ved utslipp av metanol

Risikoen er i første rekke knyttet til brann- og eksplosjonsfaren under og umiddelbart etter utslippet. Metanol brenner med en ikke-lysende (nesten usynlig) flamme. Ved et utslipp vil dampen, som er tyngre enn luft, bre seg utover langs underlaget og danner sammen med luft en eksplosiv blanding. Metanol kan derimot være vanskeligere å antenne enn mange andre gasser. Egnede slökkingsmidler for metanol ved brann er vannspray, alkoholresistent skum, BC-pulver og karbondioksid (CO₂) [46].

Metanol er også giftig ved svelging, hudkontakt eller innånding. Giftigheten av metanol skyldes metabolitten (omdannelsesproduktet) maursyre. Tegn på metanolinntak være kvalme, brekninger, magesmerter, hodepine, forvirring, slapphet og svimmelhet. I alvorlige tilfeller kan eksponering forårsake betydelig sykkelighet og dødelighet [45].

7.1.4 Biodiesel

Biodiesel er flytende biodrivstoff. Biodrivstoff er en fornybar energibærer som utvinnes fra biogent materiale og fremstilles av et vidt spekter av organiske materialer, slik som spiselig avling, ikke-spiselig avling, slam, trevirke og kompost, matavfall/fett og alger. Ofte omtaler man biodrivstoff som første-, andre- og tredjegerasjons med bakgrunn i råstoffet som benyttes [47]. Her finnes også andre kategoriseringer, som for eksempel konvensjonelt og avansert biodrivstoff, som brukes i det nasjonale regelverket for å definere delkrav for avansert biodrivstoff. Bruken av biodrivstoff kan foregå som “drop-in fuels” (dvs. som erstatning for marine drivstoff, hvor man er kompatible med eksisterende infrastruktur og motorsystemer) eller ved at man modifiserer infrastrukturen og motorsystemer. Det er i hovedsak tre former for flytende biodrivstoff som er aktuelle for skip i Norge [47]:

- Konvensjonell biodiesel er et diesel-lignende drivstoff produsert av vegetabiliske oljer eller animalsk fett. Den vanligste formen er FAME (Fatty Acid Methyl Ester) som gjerne kjennetegnes som førstegenerasjon biodiesel.
- Biomass to liquid fuels (BTL) er et syntetisk drivstoff produsert av biomasse ved hjelp av termokjemisk omdannelse.
- HVO (hydrobehandlet vegetabilisk olje): HVO eller HDRD (hydrogeneringsavledet fornybar diesel) er produktet av fett eller vegetabiliske oljer – alene eller blandet med petroleum – raffinert ved en hydrobehandlingsprosess kjent som fettsyre-til-hydrokarbon-hydrobehandling.

Miljøeffekt ved utslipp av biodiesel

marinefeltforsøk har utslipp av biodiesel (basert på oljer og dyretalg) gjerne vært kombinert med diesel eller HFO [26] [27]. Produktet har lavere tetthet enn vann og vil danne en tynn oljefilm på vannoverflaten gitt et utslipp. Produktet er nedbrytbart, har lav toksisitet og ikke-løselig i vann. Temperatur påvirker viskositeten som igjen påvirker filmtykkelsen. I kalde omgivelser, -10 °C til 10 °C, blir biodiesel svært viskøs og får en geleaktig konsistens [28]. Biodiesel nedbrytes hurtigere enn vanlig dieselprodukter via oksidering og mikrobiologisk aktivitet [28].

Ettersom biodiesel er løselig i andre oljer, kan sjøfugl som kommer i berøring med oljen få det naturlige fettlaget på fjærene forringet, noe som bidrar til nedsatt isolasjon og impregnering (vannavstøtende), og som på sikt kan føre til døden for eksponerte individer. Nedbrytningstid og størrelsen på flaket er sterkt påvirket av temperatur, men basert på litteratur så omtales levetiden på vannoverflaten i dager og uker [29]. Forekommer et utslipp til havs hvor det er lav konsentrasjon av sjøfugl innenfor forurensningens utstrekning så forventes en svært lav miljøpåvirkning. En hendelse langs kysten kan påvirke naturressurser lokalt, først og fremst kystnær sjøfugl.

Som beskrevet ovenfor har biodiesel, sammenlignet med petroleumsdiesel, svært begrenset giftighet i vannsøylen. Tidligere studier viser henholdsvis 21 og 42 ganger høyere konsentrasjon for L₅₀ fisk- og rekedødelighet (von Wedel, 1999). Lav giftighet til tross, nedbrytningsprosessen krever mye oksygen, noe som i områder med liten vannutskiftning, først og fremst fører til redusert O₂-tilgang for akvatiske organismer og mulig dødelighet (fisk) [28]. Omfanget av en mulig fiskedødelighet vil være påvirket av utslippets størrelse, værforhold og ikke minst nærhet til habitater, særlig i gytesesongen hvor man ofte har høyere konsentrasjoner av kjønnsmodne individer innenfor et avgrenset område. Samlet sett anses et utslipp av biodiesel å ha begrenset miljøpåvirkning for organismer i vannsøylen og på havbunnen.

Som for diesel og annet fossilt drivstoff anses mekanisk oppsamling som et tiltak som kan være formålstjenlig gitt gunstige værforhold (vind og temperatur).

Personrisiko ved utslipp av biodiesel

Flammepunkt på diesel ligger over 60 grader, som gjør at sannsynligheten for antenning er liten, og den er mindre eksplosjonsfarlig sammenlignet med bensin. Biodiesel har ganske like egenskaper som petroleumsdiesel når det gjelder brannrisiko. Eksempler er HVO Diesel 100 og Biodiesel 100 (RME) som begge har høyere flammepunkt enn 60 °C [50]. Tilsvarende som ved diesel er akutte symptomer og virkninger ved eksponering; hodepine, svimmelhet og andre virkninger på sentralnervesystemet.

7.1.5 Naturgass (LNG)

LNG er det mest utbredte alternative drivstoffet for skip i dag. Det totale antall skip med LNG-drift levert eller under bygging var ved årsskifte kommet opp i 876. Totalt 104 nye LNG-drevne skip gikk i drift i løpet av 2022, noe som representerer en vekst på 41 %. Metanol var det nest mest populære alternative drivstoffvalget, med 35 skip bestilt. Naturgass består hovedsakelig av metan – CH₄ og regnes som det mest miljøvennlige fossile brennstoffet

Miljøeffekt ved utslipp av LNG

LNG er lettere enn luft ved atmosfæriske forhold, men som følge av lagring ved veldig lave temperaturer (-162 °C) vil et utslipp av væske resultere i en gassfase som har høyere tetthet enn luft. Ved utslipp vil derfor LNG synke umiddelbart og danne en hvit sky av gass på vannoverflaten [30]. Gassen er svært lite løselig med vann og sprer seg hurtig avhengig av utslippets størrelse, type, kokepunkt, graden av underkjøling og vindhastighet [31]. Økt vindhastighet gir økt spredningsareal, men reduserer høyden på gasskyen. Resultatet er utvidet brannfarlig sone, noe som øker risikoen for antenning. Laboratoriestudier har vist at større utslipp (41 000 m³) fordampes hurtig, innen 25 minutter, avhengig av lekkasjerate [32]. Sjøvann som kommer i kontakt med LNG vil bli avkjølt.

Miljøpåvirkningen er begrenset til spredningsområdet og gjelder naturressurser som dør av kvelning, som følge av oksygenmangel, eller nedkjøling. Mekanisk oppsamling er ikke et relevant som følge av hurtig nedbrytning og sikkerhetsrisikoen for beredskapspersonell.

Personrisiko ved utslipp av LNG

Utslipp av LNG kan utgjøre en stor fare for mannskapet på fartøyet avhengig av størrelsen på utslippet. De mest sannsynlige farene er brann, eksplosjon og kryogeniske effekter. Som forklart i miljøbeskrivelsen vil væsken i et utslipp være tyngre enn luft så lenge den er kaldere enn ca. -100 °C. Den vil imidlertid raskt fordampe til gassfase og stige opp. Men det vil alltid være et område over væsken som har en brennbar sammensetning. Naturgass er brennbar mellom 5-15 % innblanding i luft. Derfor er kontroll av tennkilder svært viktig ved slike hendelser. Selvantennelsestemperaturen for naturgass er 540 °C.

7.1.6 Lavsvoveldrivstoff

Lavsvoveldrivstoff, Low Sulphur Fuel Oil (LSFO), er en samlebetegnelse på drivstoffoljer til skip med maksimalt svovelinnhold på 0,5 %. Very Low Sulphur Fuel Oil (VLSFO) har et maksimalt svovelinnhold på 0,5 %, mens Ultra Low Sulphur Fuel oil (ULSFO) har maksimalt svovelinnhold på 0,1 %. VLSFO tilfredsstiller de globale kravene til svovelinnhold, mens ULSFO tilfredsstiller kravene som gjelder innenfor de såkalte SECA-områdene (Sulphur Emission Control Area); Østersjøen, Nordsjøen og Den engelske kanal [33]. Skip som benytter drivstoff med høyere svovelinnhold må ha avgassrensing (skrubberanlegg).

Miljøeffekt ved utslipp av lavsvoveldrivstoff

Fellesnevneren for LSFO er svovelinholdet, men når det gjelder andre karakteristika og egenskaper er det stor variasjon, og dermed også store ulikheter i hvordan oljene oppfører seg ved akutt utslipp i sjøen. En utfordring er at en del av lavsvoveldrivstoffene har et høyt stivnepunkt. Om stivnepunktet ligger over sjøtemperaturen, kan dette føre til problemer med mekanisk oppsamling av oljen. Kjemisk dispergering og brenning av oljer med høye stivnepunkter vil også ha klare begrensninger. Majoriteten av lavsvoveldrivstoff har et betydelig høyere stivnepunkt enn tyngre drivstofftyper med 3,5 % svovel, slik at kjemisk dispergering som tiltak har langt mindre effekt overfor lavsvoveldrivstoffene enn overfor drivstofftypene med 3,5 % svovel. Oljen kan danne klumper som har lang levetid på sjøoverflaten. Videre har det blitt observert at enkelte typer lavsvoveldrivstoff er særdeles klebrige. Enkelte lavsvoveldrivstoff har i laboratorieeksperimenter vist seg å kunne trenge inn i fast underlag. Dette er forhold som har betydning for effektiviteten av strandrenseoperasjoner [34].

Det er ikke mulig å gi generelle råd om håndtering av alle typer lavsvoveldrivstoff, da variasjonsbredden er for stor. Stivnepunkt og viskositet er sentrale parametere som en må kjenne til, men også andre egenskaper spiller inn når det gjelder hvilke tiltak som er best egnet. I praksis har dette gjort fagfeltet beredskap mot akutt oljeforurensning mer utfordrende [35]. Når det gjelder miljøpåvirkning, er sjøfugl og andre arter som oppholder seg på og nær sjøoverflaten, samt strandhabitater, mest utsatt.

Personrisiko ved utslipp av lavsvoveldrivstoff

Flammepunkt på diesel ligger over 60 grader, som gjør at sannsynligheten for antenning er liten, og den er mindre eksplosjonsfarlig sammenlignet med bensin. LSFO har ganske like egenskaper som ordinær diesel når det gjelder brannrisiko, og har flammepunkt 60 °C eller høyere. Tilsvarende som ved diesel er akutte symptomer og virkninger ved eksponering; hodepine, svimmelhet og andre virkninger på sentralnervesystemet.

7.1.7 Batterier

Miljø- og personskadeeffekt ved utslipp av kjemikalier fra batterier

Den største risikoen ved bruk av litumbatterier er ukontrollert varmeutvikling ("thermal runaway") som igjen kan føre til brann. Omfanget av en hendelse har mulighet for å øke ved sammenkobling av flere battericeller, som følge av intensivert varmeutvikling ved påvirkning av flere celler. Denne risikofaktoren er spesielt relevant for skipsfart på grunn av størrelsen til batteriene. Skade/feil på batterier kan også føre til utslipp av eksplosive gasser, spesielt når vann er involvert. Vann kan reagere med litium og produsere brennbar hydrogengass [36].

Gitt en hendelse ombord på fartøy, er det i første rekke mannskapet som er i fare, grunnet kraftig varmeutvikling og faren for brann og eksplosjon.

På miljøsidan forventes lokale effekter gitt at battericellene ender opp i det marine miljø, i form av økt pH i vannmassen i en kortere periode som følge av nedbrytning av hydrogengass i vannsøylen og som fysisk forurensning på havbunnen.

7.2 Sammenstilling av miljøpåvirkning- og konsekvens

Av de nye drivstofftypene som er omhandlet i dette kapitlet er miljøpåvirkningen i forbindelse med et utslipp ansett å være lokal, unntaket er lavsvoveldrivstoff og til en viss grad biodiesel. Dette er avhengig av stoffenes egenskaper kombinert med mengder, spredning, nedbrytning/forvitring og miljøets/økosystemenes sårbarhet. For de andre kildene er det fortrinnsvis miljøpåvirkning i forbindelse med brann og eksplosjon (kvelning) og nedkjøling for naturressurser innenfor spredningsområdet. I tillegg er levetiden kort. Unntaket er ammoniakk hvor nedblanding i vannsøylen kan føre til økt giftighet for marine organismer, så vel som forhøyet pH-verdi.

En utslippshendelse langs kysten, gjerne i skjermede områder, anses som mer kritisk enn på åpent hav. I drøftelsen er det ikke gjort vurderinger i forhold til eksakte utslippsvolum. Det påpekes derfor at økt utslippsvolum, særlig for oljeproduktene, forventes å gi større miljøpåvirkning og -konsekvens.

I beredskapssammenheng er mekanisk oppsamling på sjøoverflaten kun relevant for oljeproduktene ettersom de øvrige væskene fordamper/nedblandes raskt. Angående marine batterier så er eventuelt fysisk fjerning fra havbunnen et relevant tiltak.

7.3 Sammenstilling av personrisiko

Sikkerhetsrisikoen for nye typer drivstoff er knyttet til de fysiske og kjemiske egenskapene til produktene. I 2022 laget DNV en rapport i samarbeidsprosjektet «Nordisk veikart», som sammenstilte alternative drivstoffers ulike egenskaper og sikkerhetsaspekter. Figur 7-1 er hentet fra rapporten og viser en oppsummering av sikkerhetsrisikoen knyttet til brennbarhetsegenskapene til metan, metanol, ammoniakk og hydrogen. Biodiesel og lavsvolvediesel er ikke med i denne oversikten, men har generelt betydelig lavere brann- og eksplosjonsfare når det brukes som drivstoff ombord. Generelt viser tabellen at brennbarhetsegenskapene og relaterte sikkerhetsrisikoer ved hydrogen er større (verre) enn metan, mens metanol og metan er sammenlignbare og ammoniakk er lavest. Merk at ammoniakk derimot har betydelig fare for forgiftning, som vises og sammenstilles med andre gasser i Figur 7-2. I tabellen vises også kokepunkt, tetthet, ekspansjonsrate ved overgang fra veske til gass, samt giftighet.

	Flashpoint (°C)	Flammability range (%vol. fraction)	Minimum ignition energy (mJ)	Auto-ignition temperature (°C)	Laminar burning velocity (m/s)
Methane	-*	5.3-17	0.274	537	0.37
Methanol	12	6-36.5	0.174	385	0.48
Ammonia	-*	15-28	40-170	650	0.07
Hydrogen	-*	4-77	0.017	585	2.7

*The gaseous fuels do not have a defined 'flashpoint' like the liquid fuels, but will instead transfer fully into gaseous form at ambient conditions, due to the low boiling temperatures.

Figur 7-1 Sammenstilling av egenskaper for ikke-ordinære drivstoff relatert til brann- og eksplosjonsrisiko.

	Normal boiling point (°C)	Density (kg/m ³)		Expansion ratio liquid NBP/gas NTP	Toxicity IDLH (ppm)
		(G,NBP)	(G,NTP)		
Methane	-162	1.819	0.6594	600	Asphyxiation
Methanol	64.9	-	1.11*	-	6000
Ammonia	-33.4	0.89**	0.610**	850	300
Hydrogen	-253	1.312	0.0827	847	Asphyxiation

G – gas
L - liquid
NTP - normal temperature and pressure
NBP - normal boiling point
IDLH – Immediately Dangerous to Life or Health Concentrations specified by the United States National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)
* Specific gravity of methanol vapour
**Due to hygroscopic properties ammonia vapours reacts with moisture in air resulting in a density that is heavier than air.

Figur 7-2 Sammenstilling av egenskaper for ikke-ordinære drivstoff relatert til lagring, utslipp og dispersjon.

9 REFERANSER

- /1/ Kystverket (2023) <https://aisyrisk.no/>
- /2/ IMO (2014) IMDG Code 2014, Amendment 37-14
- /3/ IMO (2007) Carriage of Dangerous Goods DSC. 1/Circ.54
- /4/ EU kjemikalieforordning (REACH), Annex XIII
http://www.reachonline.eu/REACH/EN/REACH_EN/articleXIII.html
- /5/ <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/straling/radioaktiv-forurensning/>
- /6/ <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/miljogifter/prioriterte-miljogifter/om-prioriterte-miljogifter/> Den Norske prioritetslista
- /7/ OSPAR Chemicals for Priority Action
www.ospar.org/content/content.asp?menu=00940304440000_000000_000000
- /8/ DNV GL (2015). Miljøfarlig, radioaktiv og eksplosjonsfarlig last og drivstoff. Rapportnr.: 2015-0367, Rev C.
- /9/ DNV GL (2014). Kunnskapsinnhenting – metylkvikksølv i sedimenter. Miljødirektoratet Rapport M-266.
- /10/ EU (2005). TETRACHLOROETHYLENE – Summary Risk Assessment Report. CAS No: 127-18-4, EINECS No: 204-825-9, Special Publication I.05.104.
- /11/ IAEA Guide to transport package labels and markings. <https://www.iaea.org/topics/transport>
- /12/ <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Sellafield-ends-nuclear-fuel-reprocessing-after-58>
- /13/ <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/hav-og-kyst/havindikatorer/norskehavet/forurensende-stoffer/radioaktiv-forurensning-i-sjovann-i-norskehavet/>
- /14/ Sylvia Frantzen , Stepan Boitsov (HI), Nina Dehnhard (NINA), Arne Duinker , Bjørn Einar Grøsvik (HI), Eldbjørg Heimstad (NILU), Dag Hjermann (NIVA), Henning Jensen (NGU), Louise Kiel Jensen (NP), Øystein Leiknes (Miljødirektoratet), Bente Nilsen (HI), Heli Routti (NP), Merete Schøyen (NIVA) og Hilde Kristin Skjerdal (DSA) (2022). Forurensning i de norske havområdene – Barentshavet, Norskehavet og Nordsjøen. Rapport fra Overvåkingsgruppen 2021. Rapportserie: Rapport fra havforskningen 2022-3, ISSN: 1893-4536, publisert 04.03.2022, Oppdatert: 21.06.022.
- /15/ Dispersal of the radionuclide caesium-137 (137Cs) from point sources in the Barents and Norwegian Seas and its potential contamination of the Arctic marine food chain: coupling numerical ocean models with geographical fish distribution data. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22306959> og <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23771062>
- /16/ Strålevern Rapport (2006). Havariet av den russiske atomubåten K-159 og den norske atomberedskapsorganisasjonens håndtering av ulykken. <http://www.nrpa.no/dav/fa7569771a.pdf>
- /17/ Investigation into the radioecological status of the site of the sunken nuclear submarine K-159 in the Barents Sea. Results from the 2014 research cruise. Edited by Justin P Gwynn & Vyacheslav I. Shpinkov. https://dsa.no/sok/_attachment/inline/a162b6a9-8f82-4fab-b7f6-8735c9a8fb5a:80ce0e8f8aff8bc3d8414e175aacd91c22cefeb/JointRussian_BarentsSea_report.pdf
- /18/ <https://www.hi.no/hi/nyheter/2019/juli/forskerne-avdekket-lekkasje-fra-komsomolets>
- /19/ Arctic Council EPPR, 2021. "EPPR Consensus Report: Radiological / nuclear risk assessment in the Arctic". Arctic Council Emergency Prevention, Preparedness and Response (EPPR) Working Group. Tromsø, Norway.
- /20/ Strålevern Rapport (2005). Natural radioactivity in produced water from the Norwegian oil and gas industry in 2003. <http://www.nrpa.no/dav/e7f4016993.pdf>
- /21/ IMO (2007) INF Code.

- /22/ Kass m.fl. (2021) Spill Behavior, Detection, and Mitigation for Emerging Nontraditional Marine Fuels
- /23/ Levit, S.M., 2010. A Literature Review of Effects of Ammonia on Fish. For The Nature Conservancy by Center for Science in Public Participation, Bozeman, Montana, USA, November 2010, 12 pages
- /24/ Dawson, L., Ware, J., and Vest, L., 2022. Ammonia as a s Shipping Fuel: Impacts of large spill scenarios. Environmental Assessment Report.
- /25/ Katsumata, P. T., and Kastenber, W. E. 1996. "Fate and Transport of Methanol Fuel from Spills and Leaks." Hazardous Waste and Hazardous Materials 13 (4), 485–498.
- /26/ Biomass Magazine. 2020. "ExxonMobil Completes Successful Trial of its Marine Biofuel Oil." <http://biomassmagazine.com/articles/17365/exxonmobil-completes-successful-trial-of-its-marine-biofuel-oil>.
- /27/ Maersk. 2019. "Maersk Partners with Global Companies to Trial Biofuel." <https://www.maersk.com/news/articles/2019/03/22/maersk-partners-with-global-companies-to-trial-biofuel>
- /28/ Kimble, J. 2016. "Biofuels and Emerging Issues for Emergency Responders: An Introduction to Basic Response Guides and Case Study Examples from Biofuel Spills." US Environmental Protection Agency Region 5.
- /29/ Demirbas, A. 2008. "Biodegradability of Biodiesel and Petrodiesel Fuels." Energy Sources Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects 31 (2), 169–174. doi:10.1080/15567030701521809.
- /30/ Witcofski, R. D., and Chirivella, J. E. 1984. "Experimental and Analytical Analyses of the Mechanisms Governing the Dispersion of Flammable Clouds Formed by Liquid Hydrogen Spills." International Journal of Hydrogen Energy 9 (5), 423–435.
- /31/ Thyer, A. M. 2003. "A Review of Data on Spreading and Vaporization of Cryogenic Liquid Spills." Journal of Hazardous Materials A99, 31–40.
- /32/ Luketa, A., Hightower, M. M., and Attaway, S. 2008. "Breach and Safety Analysis of Spills Over Water from Large Liquefied Natural Gas Carriers." SAND2008-3153. Sandia National Laboratories.
- /33/ Sørheim, K.R., Daling, P.S., Cooper, D., Bust, I., Faksness, L-G, Altin, D., Pettersen, T.A., Bakken, O.M., 2020. Characterization of Low Sulfur Fuel Oils (LSFO) – A new generation of marine fuel oils. Report No.: OC2020 A-050, ver.: 3.1, date: 2020-07-10.
- /34/ Øksenvåg, J.H.C., Pettersen, T.-A. & Leirvik, F., 2021. Ultra Low Sulphur Fuel Oils (ULSFOs) interactions with shoreline. Report. No.: OC2021 A-041, 56 pages + Appendices.
- /35/ Kystverket, 2022. Sannsynligheten for akutt forurensning fra skip i norske havområder og ny kunnskap om lavsvovel-drivstoffenes grunnleggende egenskaper. <https://www.kystverket.no/globalassets/oljevern-og-miljoberedskap/kunnskapsdatabase/utredninganalyse/sannsynlighet-og-utslippsrisiko-2022.pdf/download>
- /36/ Gardner, Elliot, 2018. Lithium-ion batteries: a new safety issue for ships? - Ship Technology Global | Issue 56 | July 2018 (nridigi tal.com)
- /37/ Strålevern Rapport (2015). Inventory and source term evaluation of the dumped nuclear submarine K-27.
- /38/ SINTEF (2023) Ammoniakk: Fra rengjøringsmiddel til maritimt drivstoff
- /39/ DNV (2023) Ammonia as a marine fuel – Safety handbook
- /40/ Arbeidstilsynet (2012) Grunnlag for fastsettelse av administrativ norm - Grunnlagsdokument for ammoniakk (NH3)

- /41/ DNV (2021) Handbook for hydrogen-fuelled vessels
- /42/ Hydrogen - Wikipedia
- /43/ RISE (2020) Fra bensinstasjon til energistasjon: Endring av brann- og eksplosjonssikkerhet
- /44/ Store Norske Leksikon – Metanol: <https://snl.no/metanol>
- /45/ Oslo Universitetssykehus - Metanol
- /46/ Sikkerhetsblad – Metanol: https://no.vwr.com/assetsvc/asset/no_NO/id/7668343/contents
- /47/ DNV (2018) Analyse av tiltak for reduksjon av klimagassutslipp fra innenriks skipstrafikk. Rapportnr.: 2018-0181, Rev. 2. <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/M1027/M1027.pdf>
- /48/ Tradewinds (2023) Methanol dominates as alternative fuel of choice for July’s newbuildings. <https://www.tradewindsnews.com/gas/methanol-dominates-as-alternative-fuel-of-choice-for-july-s-newbuildings/2-1-1495733>
- /49/ DNV (2020) Using biodiesel in marine diesel engines: new fuels, new challenges
<https://www.dnv.com/news/using-biodiesel-in-marine-diesel-engines-new-fuels-new-challenges-186705>
- /50/ Sikkerhetsdatablad Biodiesel B100
- /51/ Barents NaturGass (2023) Miljø: <https://barentsnaturgass.no/miljofordeler/>
- /52/ DNV (2022) Fuel properties and their consequences for safety and operability. DNV Report nr. 2022-1163.
- /53/ Jaszczak E, Polkowska Ż, Narkowicz S, Namieśnik J. 2017. Cyanides in the environment-analysis-problems and challenges. Environmental Science and Pollution Research. doi: 10.1007/s11356-017-9081-7.
- /54/ Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 2006. Toxicological profile for Cyanide. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.
<https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp8-c6.pdf>
- /55/ Devi, P. (2021). Hydrogen cyanide: Risk assessment, environmental, and health hazard. In *Hazardous Gases* (pp. 183-195). Academic Press.
- /56/ Wismer, T. (2009). CHAPTER 47 - Chemical Warfare Agents and Risks to Animal Health. Handbook of Toxicology of Chemical Warfare Agents, Academic Press. p 721-738. ISBN 9780123744845.
<https://doi.org/10.1016/B978-012374484-5.00047-X>
- /57/ Australian & New Zealand Guidelines for fresh & marine water quality. 2000. Cyanide in freshwater and marine water. <https://www.waterquality.gov.au/anz-guidelines/guideline-values/default/water-quality-toxicants/toxicants/cyanide-2000>
- /58/ Redman, A. and Santore, R. (2012), Bioavailability of cyanide and metal–cyanide mixtures to aquatic life. Environmental Toxicology and Chemistry, 31: 1774-1780. <https://doi.org/10.1002/etc.1906>
- /59/ Cowi. 2022. Miljørisikovurdering av utslipp av hypokloritt offshore petroleumsvirksomhet.
<https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2022/januar/miljorisikovurdering-av-utslipp-av-hypokloritt-offshore-petroleumsvirksomhet/>
- /60/ Botz, M. M. (2001). Overview of cyanide treatment methods. *Mining Environmental Management, Mining Journal Ltd., London, UK*, 28-30.



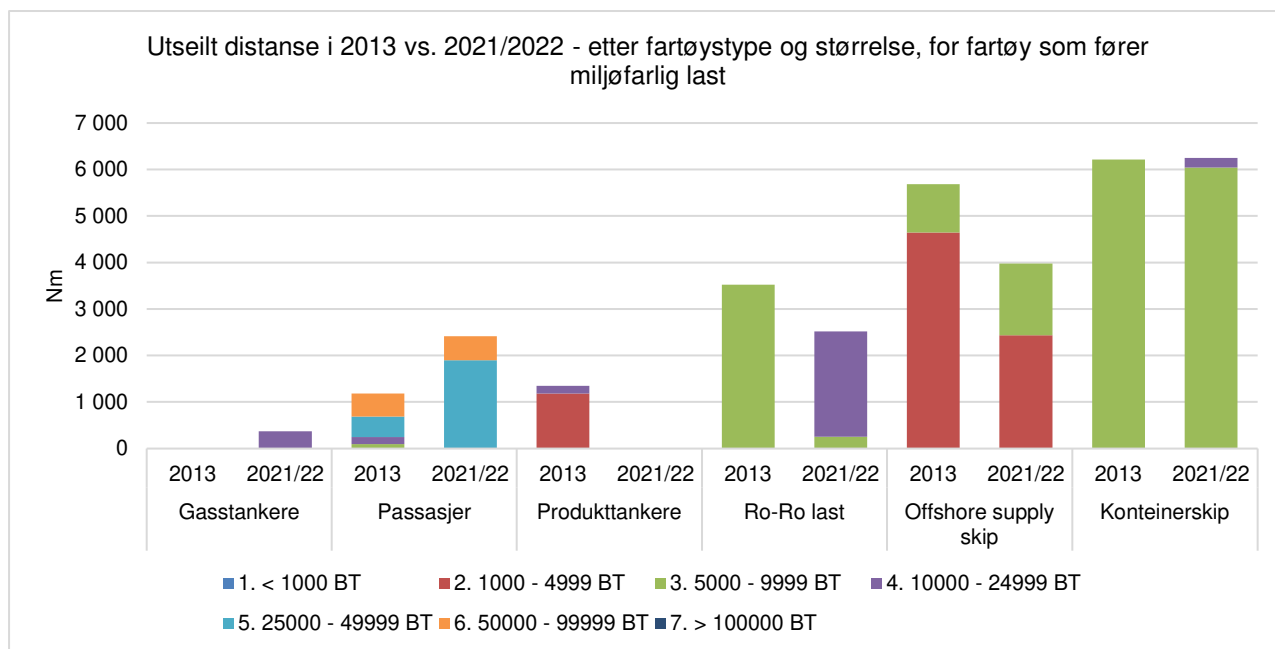
- /61/ Casarett, L.J & Doull, J. (2019). *Toxicology. The basic science of poisons (9th edition)*. McGraw-Hill Education.
- /62/ Kofstad, Per K.; Pedersen, Bjørn. 2023. *strontium*. <https://snl.no/strontium>
- /63/ Kystverket (2022). Dimensjonering av statens beredskap mot akutt forurensning; Beredskapsanalyse, 2022. <https://www.kystverket.no/oljevern-og-miljoberedskap/rapporter-og-dokumenter/>

VEDLEGG A

Utseilt distanse fordelt på fartøystyper (2013 vs. 2021/2022)

A.1 Spesielt miljøfarlig last (annet enn olje)

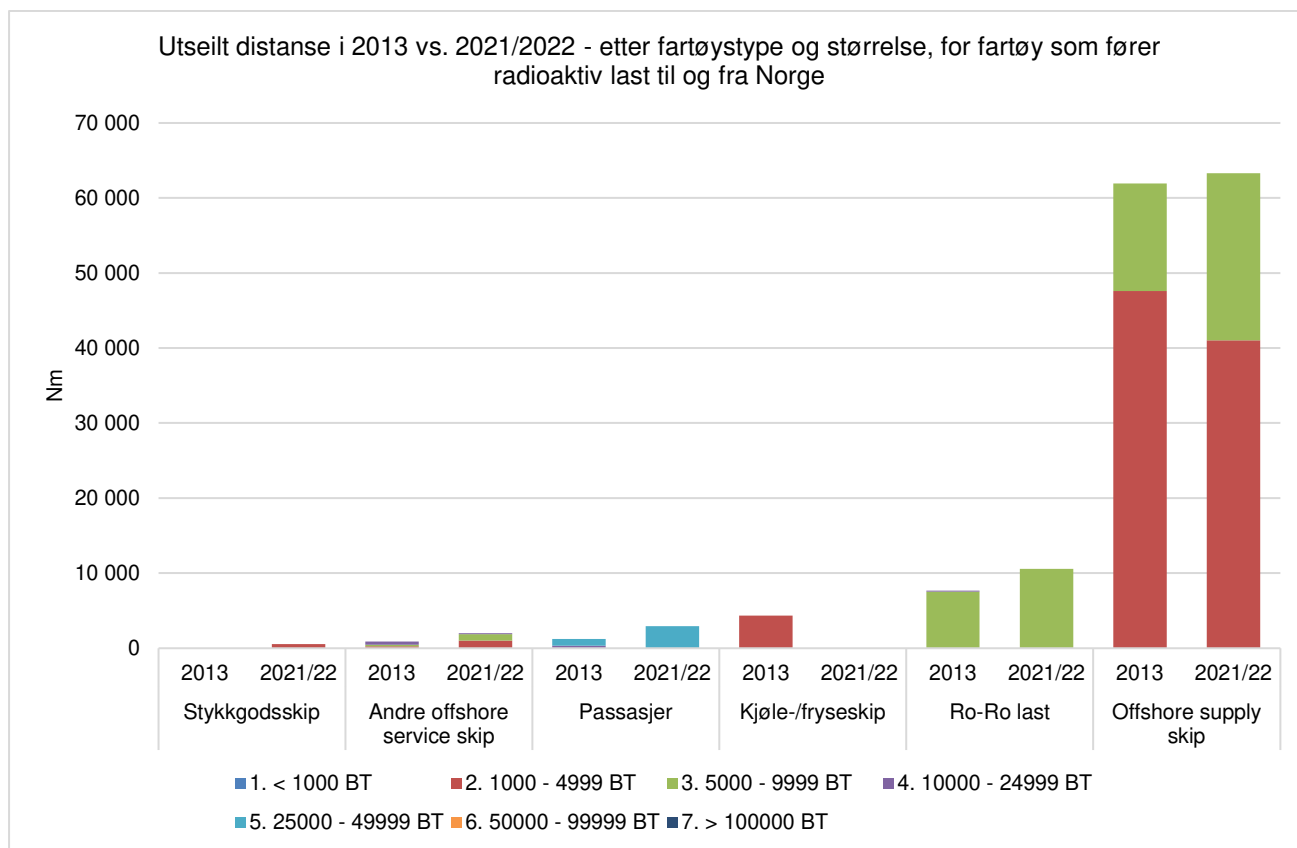
Figur A-1 viser utseilt distanse i 2013 /8/ sammenlignet med dagens resultater på utseilt distanse for ett år (2021/2022) for fartøy som fører miljøfarlig last i norske farvann. Fremstillingen av resultatene inkluderer kun topp fem fartøystyper (sortert etter utseilt distanse) i 2013 og i 2021/2022.



Figur A-1 Utseilt distanse (nm) i 2013 vs. 2021/2022, for fartøy som fører miljøfarlig last i norske farvann, etter fartøystype og størrelse.

A.2 Radioaktiv last og drivstoff

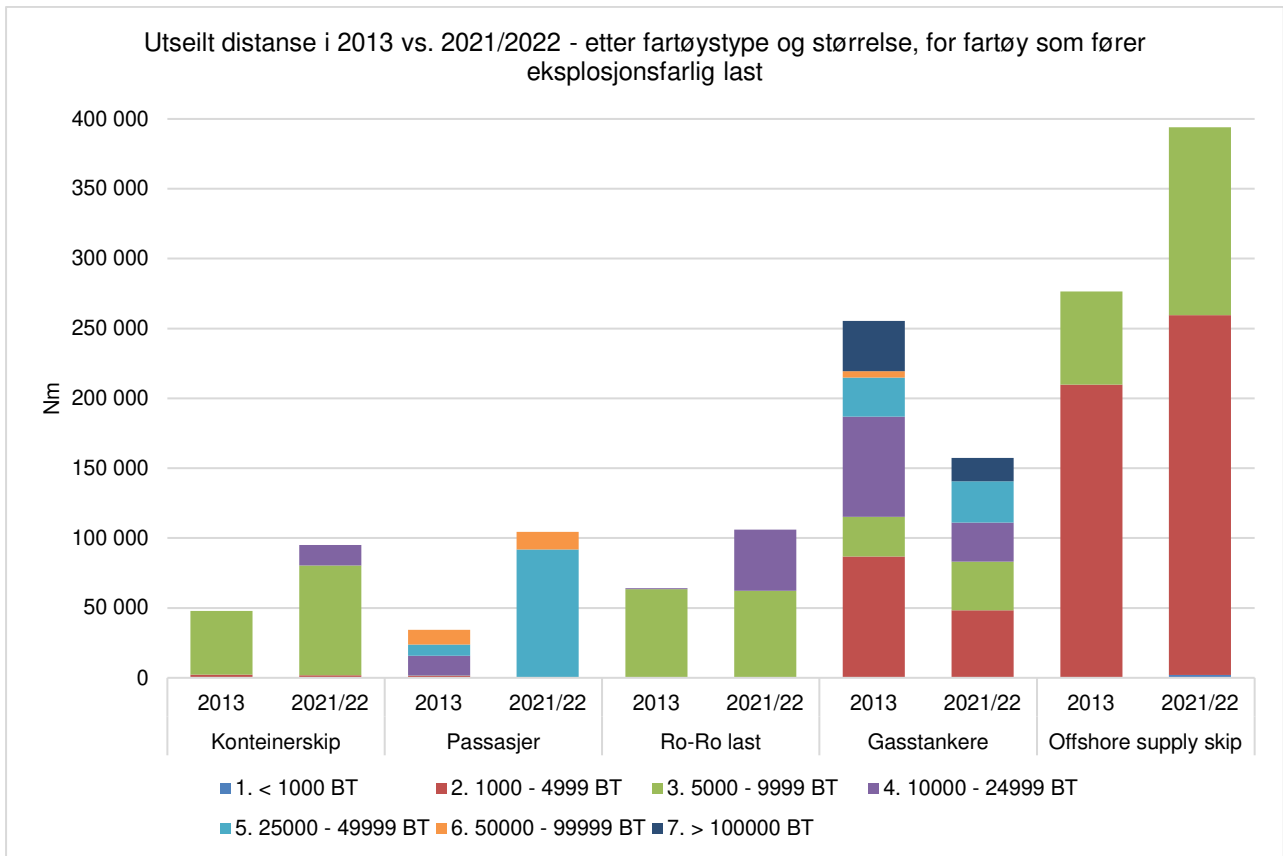
Figur A-2 viser utseilt distanse i 2013 /8/ sammenlignet med dagens resultater på utseilt distanse for ett år (2021/2022) for fartøy som fører radioaktiv last (IMDG klasse 7) til og fra Norge. Fremstillingen av resultatene inkluderer kun topp fem fartøystyper (sortert etter utseilt distanse) i 2013 og i 2021/2022.



Figur A-2 Utseilt distanse (nm) i 2013 vs. 2021/2022, for fartøy som fører radioaktiv last (IMDG klasse 7) til og fra Norge, etter fartøystype og størrelse.

A.3 Eksplosjonsfarlig last og drivstoff

Figur A-3 viser utseilt distanse i 2013 /8/ sammenlignet med dagens resultater på utseilt distanse for ett år (2021/2022) for fartøy som fører eksplosjonsfarlig last (IMDG klasse 1, 2 og 5) i norske farvann. Fremstillingen av resultatene inkluderer kun topp fem fartøystyper (sortert etter utseilt distanse) i 2013 og 2021/2022.



Figur A-3 Utseilt distanse (nm) i 2013 vs. 2021/2022, for fartøy som fører radioaktiv last (IMDG klasse 7) til og fra Norge, etter fartøytype og størrelse.

Om DNV

Vi er et globalt selskap innen kvalitetssikring og risikohåndtering med tilstedeværelse i over 100 land. Vårt formål er å sikre liv, verdier og miljøet. Med vår unike tekniske ekspertise og uavhengighet bistår vi våre kunder med å forbedre sikkerhet, effektivitet og bærekraft.

Enten vi godkjenner et nytt skipsdesign, optimerer energiproduksjonen fra en vindmøllepark, analyserer sensordata fra en gassrørledning eller sertifiserer verdikjeden til en matprodusent, hjelper vi våre kunder med å ta gode og riktige beslutninger og øke tilliten til virksomheten, produktene og tjenestene deres. Verden er i endring. Vi kan påvirke utviklingen. Sammen skal vi takle de globale utfordringene og omstillingene vi vil møte.