

SJØSIKKERHETSANALYSEN 2014

# Miljøfarlig, radioaktiv og eksplosjonsfarlig last og drivstoff

Kystverket

**Rapport nr.:** 2015-0367, Rev. C

**Dokument nr.:** 1908Z31-15

**Dato:** 2015-06-12



Prosjektnavn: Sjøsikkerhetsanalysen 2014  
Reporttittel: Miljøfarlig, radioaktiv og eksplosjonsfarlig last og drivstoff  
Kunde: Kystverket, Postboks 1502  
6025 ÅLESUND  
Norway  
Kontaktperson: Trond Langemyr  
Organisasjonsenhet: Maritime Advisory  
Prosjektnummer: PP102617

DNV GL AS DNV GL Maritime  
Maritime Advisory  
P.O.Box 300  
1322 Høvik  
Norway  
Tel: +47 67 57 99 00

Formålet med rapporten er å beskrive dagens transport av farlig last i norske farvann, samt å beregne sannsynligheten for ulykker med fartøy som fører slik last. Analysen er basert på data fra SafeSeaNet Norway for perioden 2012-2014 og AIS data for 2013. Analysen har identifisert hvilke områder i norske farvann som har høyest sannsynlighet for ulykker med farlig last, og hvilke typer forurensing som potensielt kan inntreffe. Det er også gjort en overordnet vurdering av hvilke miljøkonsekvenser som kan være forbundet med slike ulykker basert på dagens aktivitetsnivå i norske farvann.

Denne rapporten, sammen med rapportene under prosjektet «Sjøsikkerhetsanalysen 2014», vil utgjøre basis for forståelsen av hvilken risiko vi har i dag til sjøs og hvor vi skal iverksette tiltak. Rapporten vil være med på å sikre at oppmerksomheten og tiltakene for sjøsikkerheten er i henhold til dagens ulykkesrisiko, samt at beslutninger og tiltak baseres på analyser med oppdatert og relevant informasjon. Etableringen av datagrunnlaget, og utarbeidelsen av rapporten, har foregått i et tett samarbeid med Kystverket.

Laget av:

  
Lars Vollen  
Seniorkonsulent

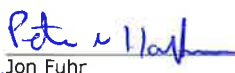
Verifisert av:

  
Hans Jørgen Johnsrud  
Konsulent

Godkjent av:

  
Øystein Goksøyr  
Seksjonsleder

  
Henrik Jonsson  
Seniorkonsulent

  
Jon Fuhr  
Seniorkonsulent

  
Karl John Pedersen  
Sjefsspesialist

DNV GL distribusjon:

- Fri distribusjon (internt og eksternt)  
 Fri distribusjon innen DNV GL  
 Begrenset distribusjon innen DNV GL etter 3 år  
 Ingen distribusjon (konfidensiell)  
 Hemmelig

Stikkord:

Farlig last, radioaktiv last, eksplosjonsfarlig last, skipsfart, miljørisiko, norske farvann

Referanser til deler av denne rapporten som kan føre til feiltolkning er ikke tillatt.

**Tabell 1 Utgivelser av rapporten.**

Rev. Nr.	Dato	Utgivelse	Laget av:	Verifisert av:	Godkjent av:
0	2015-03-25	Første utgivelse for kommenterer	LAVOL/KJPEDER	HAJOH/JONFU	
A	2015-05-08	Endelig utgivelse for kommenterer	LAVOL/KJPEDER	HAJOH/JONFU	
B	2015-05-20	Endelig utgivelse	LAVOL/KJPEDER	HAJOH/JONFU	OGOK
C	2015-06-12	Endelig utgivelse	LAVOL/KJPEDER	HAJOH/JONFU	OGOK

## Innholdsfortegnelse

1	OPPSUMMERING.....	1
2	INNLEDNING.....	6
2.1	Formål	6
2.2	Forkortelser og begreper	6
3	DATAGRUNNLAGET .....	7
4	METODISK TILNÆRMING .....	8
4.1	Avgrensning av analysen	8
4.2	Ulykkeskategorier	10
4.3	Fartøystyper og størrelseskategorier	10
5	FARLIG LAST .....	12
5.1	Regulering og klassifisering av farlig last	12
5.2	Transporten av farlig last i norske farvann	13
6	SPEIELT MILJØFARLIG LAST (ANNET ENN OLJE).....	18
6.1	Kategorisering av miljøfarlige lasttyper	18
6.2	Transport av miljøfarlige laster i norske farvann	19
6.3	Sikkerhetsbarrierer	33
6.4	Gjeldende risikobilde og konklusjon	33
7	RADIOAKTIV LAST OG DRIVSTOFF.....	34
7.1	Typer radioaktivitet	34
7.2	Radioaktive lasttyper	35
7.3	Aktiviteten i norske farvann	35
7.4	Sikkerhetsbarrierer	50
7.5	Gjeldende risikobilde	51
8	EKSPLOSJONSFARLIG LAST OG DRIVSTOFF .....	52
8.1	Eksplisjonsfarlige lasttyper	52
8.2	LNG (gass) som drivstoff	52
8.3	Aktiviteten i norske farvann	54
8.4	Sikkerhetsbarrierer	68
8.5	Gjeldende risikobilde	69
9	REFERANSER .....	70

Vedlegg A      Tetthetsplott av spor fra fartøy som fører last av typen IMDG klasse 1-9.

## 1 OPPSUMMERING

Formålet med rapporten er å beskrive dagens transport av farlig last i norske farvann, samt å beregne sannsynligheten for ulykker med fartøy som fører slik last. Det er også gjort en overordnet vurdering av hvilke miljøkonsekvenser som kan være forbundet med slike ulykker basert på dagens aktivitetsnivå i norske farvann.

Analysen er basert på data fra SafeSeaNet Norway for perioden 2012-2014 og AIS data for 2013. Analysen har identifisert hvilke områder i norske farvann som har høyest sannsynlighet for ulykker, og hvilke typer forurensing 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.

Transport av farlig last til sjøs reguleres i all hovedsak av internasjonale regelverk utviklet av FN's 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 bulklaster.
- INF-koden: Transport av pakket, bestrålt kjernebrensel, plutonium og høyradioaktivt avfall.

Klassifiseringssystemet i IMDG-koden omfatter alle typer farlig last (også flytende last) og vil derfor benyttes til klassifisering av lasttyper i denne rapporten.

### Transport av spesielt miljøfarlige laster

Denne delen omhandler transporten av spesielt miljøfarlige lasttyper (annet enn olje) i norske farvann i perioden 2012-2014 (heretter referert til som miljøfarlig last). IMOs kriterier for «environmental hazardous substances» («P-merket») er lagt til grunn i kartleggingen av miljøfarlige laster. Deretter følger en overordnet risikovurdering av fire hovedkategorier miljøfarlige lasttyper i Tabell 1.

I perioden 2012-2014 er det registrert 669 seilaser med miljøfarlig last i norske farvann fordelt på 49 forskjellige produkter (UN-koder). Miljøfarlig last sorteres 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 står på nasjonal prioritetsliste og/eller OSPAR sin prioritetsliste.

Generelt så viser kartleggingen at dagens aktivitetsnivå knyttet til transport av miljøfarlig last er ganske begrenset. Akkumulert årlig ulykkesfrekvens er på 0,043, noe som tilsier at en ulykke gjennomsnittlig forekommer hvert 23. 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 innen hver region drives hovedsakelig av den utseilte distansen. Vi ser at det derfor forventes flest ulykker i region Sørøst, ettersom denne regionen har høyest utseilt distanse. Kontainerskip, offshore supplyskip og ro-ro lasteskip er de dominerende fartøystypene. Grunnstøtinger er den dominerende ulykkestypen for alle regionene og fartøystypene.

Tabell 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 avhenge 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 middels toksiske forbindelser i følsomme områder vil også kunne gi alvorlige effekter på det marine miljø.

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


Kategori	Antall seilaser 2012-2014	Største registrerte last (tonn) 2012-2014	Miljøkonsekvenser gitt et uhellsutslipp
Hydrokarboner & naturlige oljer	222	89	Akutte effekter konsentrert til havoverflaten. Langtidseffekter forventes ikke. Tiltak (opsamling/dispergering) aktuelt for store alkanutslipp.
Halokarboner & metallokarboner	176	28	Akutte effekter konsentrert til havbunnen. Langtidseffekter grunnet lav nedbrytbarhet. Tiltak (overdekking/berging) utfordrende.
Cyanider, aminer & korroderende stoffer	216	40	Akutte effekter konsentrert til vannsøylen. Langtidseffekter forventes ikke. Tiltak ikke relevante.
Tungmetaller	55	50	Akutte effekter konsentrert til sjøbunn og vannsøylen (avhengig av løselighet). Langtidseffekter forventes da metaller ikke brytes ned. Tiltak (overdekking/berging) aktuelt for store metallutslipp med tungt løselige forbindelser.

### Radioaktiv last og drivstoff

Denne delen presenterer resultater fra en kartlegging av aktiviteten for fartøy som fører radioaktiv last (IMDG klasse 7) eller benytter radioaktivt drivstoff i norske farvann.

I Nordsjøen og Norskehavet er det i perioden 2012-2014 totalt 4024 registreringer med radioaktiv last i 3486 seilaser (SafeSeaNet Norway). For ca. 65 % av seilasene er lasten registrert med vekt; registrerte lastvekter spenner mellom 1 g og 5 700 tonn. Det er knyttet stor usikkerhet til de høyeste registrerte lastvektene. 95 % av registreringene er på under 2 tonn, og 99 % av registreringene er på under 20 tonn. Det er derfor sannsynlig at de høyeste lastvektene skyldes feilregistreringer. Dette understøttes av en stikkprøve som avslører at lasten på 5 700 tonn er registrert for et offshore supplyskip, som ikke har kapasitet til å ta denne lasten.

I Barentshavet (Barents SRS) er det i perioden 2012-2014 registrert 7 fartøy med radioaktiv last; 2 kjemikalietankere, en produkttanker, to stykkgodsskip, et ankerhåndteringsfartøy og et cruiseskip. Med unntak for «*Mikhail Dudin*», som transitterer NØS i september 2014 med en bruttolast på 69,9 tonn med UN kode 3328, er det ikke registrert UN kode i radioaktiv last transportert i Barentshavet. I tillegg til registreringene i databasene SafeSeaNet Norway og Barents SRS har Vardø VTS rapportert inn et antall fartøy som har vært innom eller transittert NØS. Denne listen består av to ulike russiske atomisbrytere (50 Let Pobedy og Rossiya) med totalt 8 seilaser i perioden 2012-2014, og en seilas med lasteskipet «SC



Ahtela» som også er registrert i SafeSeaNet databasen. Dette gir totalt 3495 seilaser og 4033 registreringer i NØS i perioden 2012-2014 med transport av radioaktiv last registrert med UN kode.

Generelt er skipstransport av radioaktiv last dominert av trafikk til og fra offshoreinstallasjoner. Nær halvparten av alle seilaser med radioaktiv last går ut fra offshoreinstallasjoner, og ytterligere en tredjedel av trafikken går ut fra baser med nær tilknytning til offshoreindustrien (Dusavik, Risavika, Tananger, Kristiansund, Mongstad). Blant seilaser som starter utenfor NØS, står Aberdeen frem med 99 seilaser, 88 med destinasjon i enten Risavika eller Tananger. Det er i tillegg 32 seilaser med startpunkt i Danmark (Hirtshals, Esbjerg), to med startpunkt i UK unntatt Aberdeen, og en med startpunkt i Sverige. Radioaktiv last i skip som kommer til Norge fra utlandet skiller seg ikke fra nasjonale transporter iht. mengder eller type last.

Trafikken domineres av offshore supplyskip med 81 % av den totale utreiste distansen. Videre har roro-skip og kjøle-/fryseskip henholdsvis 10 % og 6 % av totalen. Det er uvisst hvorfor kjøle-/og fryseskip er så sterkt representert. Passasjerskip er i denne sammenhengen ropax-skip.

Når det gjelder transittreiser i NØS viser data rapportert av Vardø VTS og AIS-data at disse seilasene domineres av atomdrevne isbrytere. Sammenlignet med fartøy som fører radioaktiv last til og fra Norge, havner atomdrevne isbrytere på en andre plass med høyere utseilt distanse enn roro-skip (9 900 nm mot 7 600 nm).

Den årlige ulykkesfrekvensen for transport av material i IMDG-klasse 7 er beregnet til 0,167, noe som tilsvarer en ulykke gjennomsnittlig hvert 6. år. Det bør 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 hver region drives hovedsakelig av den utseilte distansen. Vi ser derfor at det forventes flest ulykker i Vest, ettersom denne regionen har høyest utseilt distanse. Grunnstøtinger er den dominerende ulykkestypen for alle farvann.


Det er gjennomført en vurdering av miljøkonsekvenser på overordnet nivå for to hovedtyper radioaktiv last. En generell konklusjon er 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 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 og på land.

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). I noen tilfeller kan aktiviteten være like høy som årlige utslipp fra offshoreindustrien på norsk sokkel. Miljøkonsekvenser fra en ulykke med inspeksjonskjemikalier forventes å være begrenset til lokale effekter på/nær havbunnen.

For en ulykke med lav-radioaktive avleiringer fra offshoreindustrien (scale) er det konkludert at miljøkonsekvensen, selv fra et meget stort utslipp av opp mot flere tonn, vil være konsentrert til det sjøbunnsareal som faktisk blir truffet av lasten fordi a) aktiviteten i avleiringene er lav (opp mot 100 Bq/g), og b) avleiringene er transportert som tungt løselig radiumsulfat, som ikke vil lekke betydelig til vannsøylen eller til sedimenter.

For en ulykke med en atomisbryter eller lasteskip som transporterer utbrent kjernebrensel, ser man at det gjennom historien finnes flere eksempler på atomdrevne skip som har forlist (gått ned) med svært høye strålingsnivåer om bord (størrelsesorden petabecquerel), uten at det er målt høye strålenivåer i omgivelsen, eller beskrevet alvorlige miljøkonsekvenser fra disse. Sannsynligheten for større pulsutslipp som følge havari må derfor anses som lav. Modelleringsstudier viser 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. Dette skyldes rask fortykning i vannsøylen, og vannets evne til å redusere rekkevidden til radioaktiv stråling. Spontan spaltingsreaksjon av uran-235 (fisjon), grunnet lekkasje av sjøvann inn i selve reaktoren, er presentert som et verste-fall scenario for den russiske atomubåten «K-27». Et slikt scenario vil kunne resultere i pulsutslipp av store mengder radioaktiv stråling og derfor gi miljøeffekter også på regionalt nivå. I grunt vann vil en slik hendelse potensielt kunne gi spredning av radioaktiv stråling til luft. Et lignende verste-fall scenario kan ikke utelukkes gitt at en russisk atomisbryter havarerer.

DNV GL 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 reaktorhølje, og andre parametere. For eksempel så er ikke ukontrollert kjedereaksjon i kjernebrenselet vurdert som sannsynlig for «K-159».

### **Eksplisjonsfarlig last og drivstoff**

Denne delen presenterer resultater fra kartleggingen av aktiviteten for fartøy som fører eksplosjonsfarlig last og/eller drivstoff i norske farvann. Eksplosjonsfarlig 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.

Det er beregnet årlig utseilt distanse for 2013 for fartøy som fører eksplosjonsfarlig last (IMDG klasse 1, 2 og 5). Trafikken domineres av offshore supplyskip og gasstankere med henholdsvis 37 % og 35 % av den totale utreiste distansen. Videre har roro-skip, containerskip og passasjerskip (ropax) 9 %, 6 % og 5 % av totalen. Gasstankere representerer de største fartøyene; ca. 5 % av totalt utseilt distanse er for gasstankere på mer enn 100 000 bruttotonn.

Det er videre beregnet årlig utseilt distanse for 2013 for fartøy som benytter LNG (gass) som drivstoff. Trafikken domineres av passasjerskip, som står for 71 % av den totale utseilte distansen. Kategorien passasjerskip er i denne sammenhengen dominert av innenriksferger. Unntaket er Fjordline's to ropax-skip som trafikkerer ruten Bergen-Stavanger-Hirtshals. Videre er også offshore supplyskip sterkt representert med 15 % av den totale utseilte distansen.

Akkumulert årlig ulykkesfrekvens for transport av materialer i IMDG-klassene 1, 2 og 5 er på 1,66, altså gjennomsnittlig mer enn en ulykke hvert år. For gassdrevne fartøy forventes cirka syv ulykker per år i gjennomsnitt. Den relativt høyere ulykkesfrekvensen for gassdrevne fartøy sammenlignet med fartøy som transporterer eksplosjonsfarlig last, skyldes at en dominerende andel av aktiviteten foregår i indre farvann. Det bør presiseres at dette er sannsynligheten for en ulykke med et fartøy som fører eksplosjonsfarlig last eller drivstoff, ikke sannsynlighet for at utslipp forekommer. Ulykkene inkluderer de ulykkestypene som er angitt i kapittel 4.2, med en overvekt av grunnstøtingsulykker.





### **Usikkerhet i registrerte mengder farlig last i SafeSeaNet**

For å danne et riktig risikobilde er det nødvendig å vite hvor store mengder av ulike produkter som transporteres, ikke bare antall forsendelser. Basert på stikkprøver i datasettet konkluderer DNV GL med at kvaliteten på registreringer av transporterte mengder i SafeSeaNet Norway (SSN) ikke er god nok til dette formålet. Foruten manglende data viser stikkprøvene hyppige feil i valg av kilogram eller tonn som vektenhet. DNV GL anbefaler å fjerne muligheten til å velge vektenhet i SSN for å bedre datakvaliteten.

Denne usikkerheten har imidlertid ikke hatt noen innvirkning på denne analysen, ettersom vi kun har gjort en overordnet vurdering av hvilke miljøkonsekvenser som kan være forbundet med slike ulykker. Det er altså ikke foretatt detaljerte utslippsberegninger basert på transportert mengde oppgitt i SSN.

## 2 INNLEDNING

Denne rapporten er et tilleggsarbeid tilknyttet prosjektet «Sjøsikkerhetsanalysen 2014», og er utarbeidet for Kystverket. Formålet med Sjøsikkerhetsanalysen er å danne beslutningsgrunnlaget de kommende årene for dimensjoneringen av den forebyggende sjøsikkerheten og prioriteringer mellom ulike typer tiltak i ulike områder langs kysten. Analysen fokuserer på områder hvor Kystverket kan påvirke sjøsikkerheten gjennom sine tjenester.

Dette tilleggsarbeidet fokuserer på transport av farlig last generelt, og transport av miljøfarlig last, radioaktivt last og drivstoff, samt eksplosjonsfarlig last og drivstoff.

### 2.1 Formål

Formålet med rapporten er å beskrive dagens transport av farlig last i norske farvann, samt å beregne sannsynligheten for ulykker med fartøy som fører slik last. Det er også gjort en overordnet vurdering av hvilke miljøkonsekvenser som kan være forbundet med slike ulykker basert på dagens aktivitetsnivå i norske farvann.

Analysen er basert på data fra SafeSeaNet Norway for perioden 2012-2014 og AIS data for 2013. Analysen har identifisert hvilke områder i norske farvann som har høyest sannsynlighet for ulykker, og hvilke typer forurensing som potensielt kan inntreffe.

Denne rapporten, sammen med rapportene under prosjektet «Sjøsikkerhetsanalysen 2014», vil utgjøre basis for forståelsen av hvilken risiko vi har i dag til sjøs og hvor vi skal iverksette tiltak. Rapporten vil være med på å sikre at oppmerksomheten og tiltakene for sjøsikkerheten er i henhold til dagens ulykkesrisiko, samt at beslutninger og tiltak baseres på analyser med oppdatert og relevant informasjon.

Etableringen av datagrunnlaget, og utarbeidelsen av rapporten, har foregått i et tett samarbeid med Kystverket.

### 2.2 Forkortelser og begreper

**Tabell 2 Forkortelser brukt i rapporten**

Begrep	Forklaring
AIS	Automatisk identifikasjonssystem
BQ	Becquerel
BT	Bruttotonn
CAS	Chemical Abstracts Service
EØS	Det europeiske økonomiske samarbeidsområde
GPS	Globalt posisjoneringssystem
IAEA	Det internasjonale atomenergibyrået
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
IMSBC	IMSBC-koden (Transport av farlige, faste bulkklaster)
INF	INF-koden (Transport av pakket, bestrålt kjernebrensel, plutonium og høyradioaktivt avfall)

Begrep	Forklaring
LNG	Liquefied Natural Gas (flytende naturgass)
LPG	Liquefied Petroleum Gas (våtgass)
LSA	Lav spesifikk aktivitet
NØS	Norges økonomiske sone
SCO	Surface contaminated object
SSB	Statistisk Sentralbyrå
SSN	SafeSeaNet Norway
VTS	Trafikksentraltjeneste (Vessel Traffic Service)

### 3 DATAGRUNNLAGET

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

#### Datagrunnlaget for fartøysbevegelser

Data fra skipsrapporteringsystemet SafeSeaNet Norway (SSN) er benyttet som grunnlag for de statistiske betraktningene av aktiviteten knyttet til transport av farlig last. SafeSeaNet Norway er et nasjonalt meldingssystem for skipsfarten, som blant annet innbefatter lovfestet innrapportering av frakt av farlig last. Data fra perioden 2012 til 2014 er benyttet som grunnlag.

Data fra skipsrapporteringsystemet Barents SRS er benyttet for å kartlegge aktiviteten av fartøy med radioaktiv last eller drivstoff. Fartøy i transitt rapporterer ikke til SSN, men i SRS. Barents SRS dekker området mellom Lofoten og Murmansk. Det er ingen rapportering for fartøy i transitt i Skagerrak og Nordsjøen.

Som innspill til kapitlet om radioaktiv last og drivstoff, har Kystverket bidratt med en liste av relevante fartøy som har transittert Norges økonomiske sone (NØS).

Som innspill til kapitlet om eksplosjonsfarlig last og drivstoff, har DNV GL fremskaffet en liste over eksisterende fartøy som benytter LNG (gass) som drivstoff.

#### Datagrunnlaget for analysen av sannsynlighet for skipsulykker

Det refereres til «Sannsynlighetsanalysen» /1/ for detaljert beskrivelse av datagrunnlaget benyttet i analysen av sannsynligheten for skipsulykker.

DNV GL kobler sammen AIS dataene med skipsspesifikke data fra SafeSeaNet Norway for å muliggjøre spesialanalyser. AIS data for 2013 er benyttet som grunnlag for denne analysen. Det er benyttet AIS data fra norske landbaserte basestasjoner og fra satellitt, for at analysen skal dekke alle norske havområder.

## 4 METODISK TILNÆRMING

Metodikken for beregninger av sannsynligheten for skipsulykker i norske farvann er den samme som er benyttet i «Sannsynlighetsanalysen» /1/. Det samme gjelder for ulykkeskategorier, fartøystyper og størrelseskategorier. Dette kapittelet er derfor begrenset til å omhandle avgrensingen av analysen.

### 4.1 Avgrensing av analysen

Analysen og modeller vil alltid være en forenkling av virkeligheten, og i modelleringene i denne analysen er det gjort flere avgrensninger og antagelser som vil ha en innvirkning på resultatene.

Analysen av sannsynlighet for skipsulykker dekker skipsulykker til sjøs som kan føre til konsekvenser i form av enten tap av menneskeliv eller akutt forurensning. Operasjonelle hendelser som eksempelvis lekkasje, overfylling under bunkring eller omlasting, samt personrelaterte skader som fall og klemskader er ikke inkludert.

Sannsynligheten for skipsulykker er beregnet basert på registrerte skipsulykker i Sjøfartsdirektoratets ulykkesdatabase (SDU), men tar ikke eksplisitt hensyn til eksisterende sikkerhetsbarrierer som f.eks. VTS-overvåkning, trafikkseparasjon (TSS) og slepebåtberedskap.

Analysen i denne rapporten tar ikke for seg beregninger av tap av menneskeliv og potensielle utslippsmengder. Potensielle i-verste-fall utslippsmengder er kommentert i konsekvensvurderingene, basert på funn i datagrunnlaget fra perioden 2012-2014.

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) ligger utenfor arbeidsomfanget til denne rapporten.

Analyseområdet omfatter norske farvann som her defineres som alle havområder og farvann innenfor 200 nm av grunnlinjen. Farvannet innenfor grunnlinjen er da inkludert. Av praktiske hensyn er skips-trafikken delt inn i syv regioner, illustrert i Figur 1. Regionene er basert på Kystverkets regioninndeling med et par tillegg;

- Sørøst
- Vest
- Midt-Norge
- Nordland
- Troms og Finnmark
- Jan Mayen<sup>1</sup>
- Svalbard<sup>2</sup>.

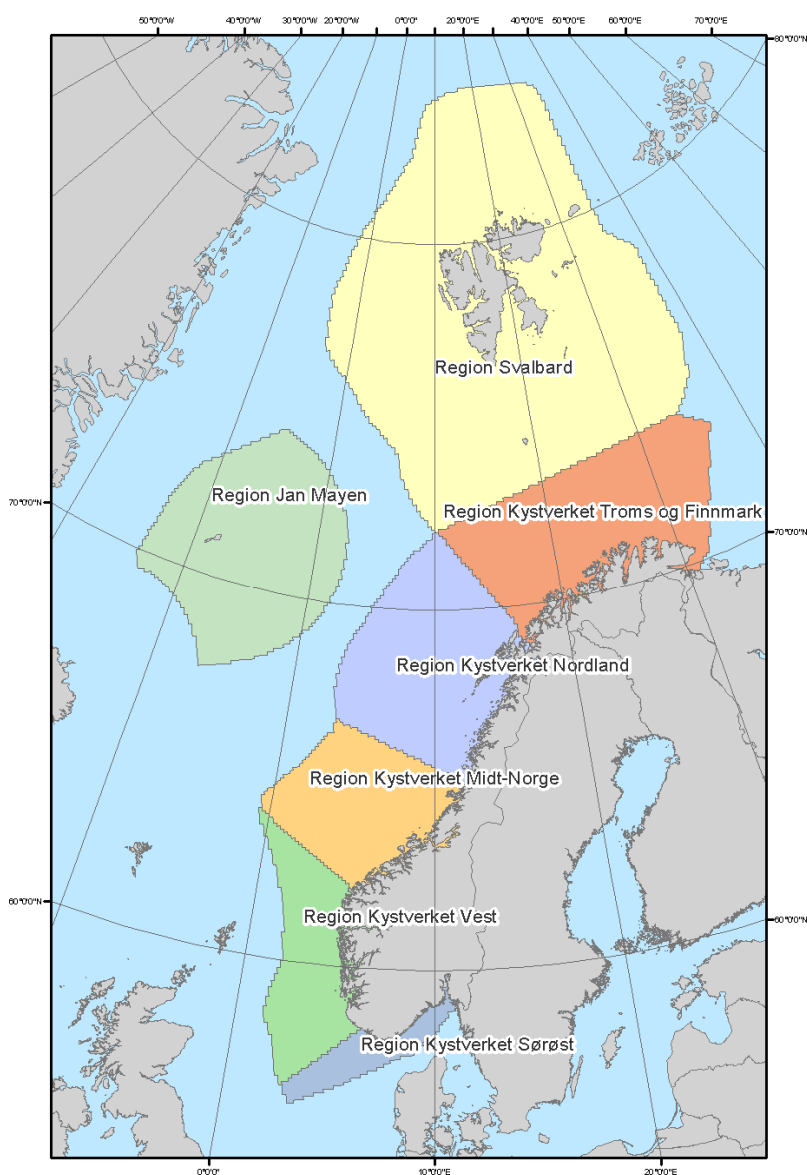
<sup>1</sup> Jan Mayen er ikke «offisielt» definert som en av Kystverkets regioner, men er her tillagt en egen region for å kunne presentere resultater kun for dette området.

<sup>2</sup> Svalbard er ikke «offisielt» definert som en av Kystverkets regioner, men er her tillagt en egen region for å kunne presentere resultater kun for dette området.

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

Beregningene er gjort på et rutenett (her kalt grid) med celle-størrelse 10x10 km. Fordelene med å kjøre analysen i grid, er at en kan øke detaljeringsgraden og gjøre sammenligning mellom ulike deler av kysten enklere. Det baserer seg på et tilsvarende grid som Statistisk Sentralbyrå (SSB) har etablert for områdene rundt Fastlands-Norge, et grid som i stadig større grad brukes for blant annet miljøverdier og annen statistikk.

Analysen er i stor grad basert på statistisk materiale. Det bemerkes at statistikken er beheftet med noe usikkerhet i forhold til mulig feilrapportering og underrapportering.



**Figur 1 Inndeling av analyseområdet i regioner på 10x10 km grid.**

## 4.2 Ulykkeskategorier

Ulykkeskategoriene som er brukt i analysen er de samme som i «Sannsynlighetsanalysen» /2/:

- 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: 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.
- Is-relaterte hendelser: Hendelser relatert til is som leder til utslipp av olje (is-relaterte ulykker). Å ferdes i is er i denne sammenheng definert som der is-konsentrasjonen er over 70 %. Verdien for is-konsentrasjon er definert i henhold til WMO nomenklaturen; dvs. forholdet som beskriver mengden av havoverflaten, i området under vurdering, som er dekket av is, uttrykt som en brøkdel i tideler.

## 4.3 Fartøystyper og størrelseskategorier

For analysen av skipstrafikken, er fartøyene inndelt i de samme fartøystyper og størrelseskategorier, som vist i Tabell 2. Disse er de samme som er benyttet i «Sannsynlighetsanalysen» /1/.

**Tabell 2 Fartøystyper og størrelseskategorier.**

Fartøystyper	Størrelseskategorier
Råoljetankere	< 1 000 BT 1 000 – 5 000 BT 5 000 – 10 000 BT 10 000 – 25 000 BT 25 000 – 50 000 BT 50 000 – 100 000 BT >100 000 BT
Produkttankere	
Kjemikalietankere	
Gasstankere	
Bulkskip	
Stykkogodsskip	
Konteinerskip	
Ro-Ro last	
Kjøle-/fryseskip	
Cruise	
Passasjer	
Offshore supply skip	
Andre offshore service skip	
Andre aktiviteter	
Fiskefartøy	
Ukjent fartøystype	

For kategoriseringen i fartøystyper bemerkes følgende:

- AIS systemet fanger opp skipstrafikk som ikke er mulig å plassere i spesifikke fartøystyper eller størrelseskategorier. Dette gjelder fartøy som ikke er registret med et IMO-nummer, MMSI-nummer eller kallesignal i AIS-data meldingen. Disse fartøyene er gitt fartøysbenevnelsen «Ukjent fartøystype» og har blitt kategorisert under den minste størrelseskategorien «<1 000 BT», i henhold til metoden brukt for tidligere sannsynlighetsanalyser.
- Fartøy som frakter færre enn 12 passasjerer, er ikke definerte som passasjerskip eller pålagt bruk av AIS. Slike fartøy har siden 2008, i større grad frivillig montert AIS -transpondere om bord. Avhengig av konfigurering av AIS-transponderen, kan disse gi utslag i utseilt distanse for passasjerskip.



## 5 FARLIG LAST

Dette kapittelet gjennomgår først det gjeldende regelverket for transport av farlig last og kategorisering av farlige lasttyper. Videre presenteres resultater fra analysen av omfanget av denne typen aktivitet i norske farvann.

### 5.1 Regulering og klassifisering av farlig last

Transport av farlig last til sjøs reguleres i all hovedsak av internasjonale regelverk utviklet av FN's 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

IMDG-koden (International Maritime Dangerous Goods) 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 stuing av forsendelser, med særlig fokus på segregering av inkompatible produkter /2/.

Klassifiseringssystemet i IMDG-koden omfatter alle typer farlig last (også flytende last) og vil derfor benyttes til klassifisering av lasttyper i denne rapporten. IMDG-koden er basert på FN's modellregelverk ("The Orange Book") og deler derigjennom klassifiseringssystem med regelverkene for transport av farlig gods på vei og jernbane. Regelverkene benytter seg av FN's klassifikasjonsregime for farlige substanser der hver substans har en unik UN-kode. Videre deler regelverkene farlig gods i 9 kategorier eller klasser:

**Tabell 3 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

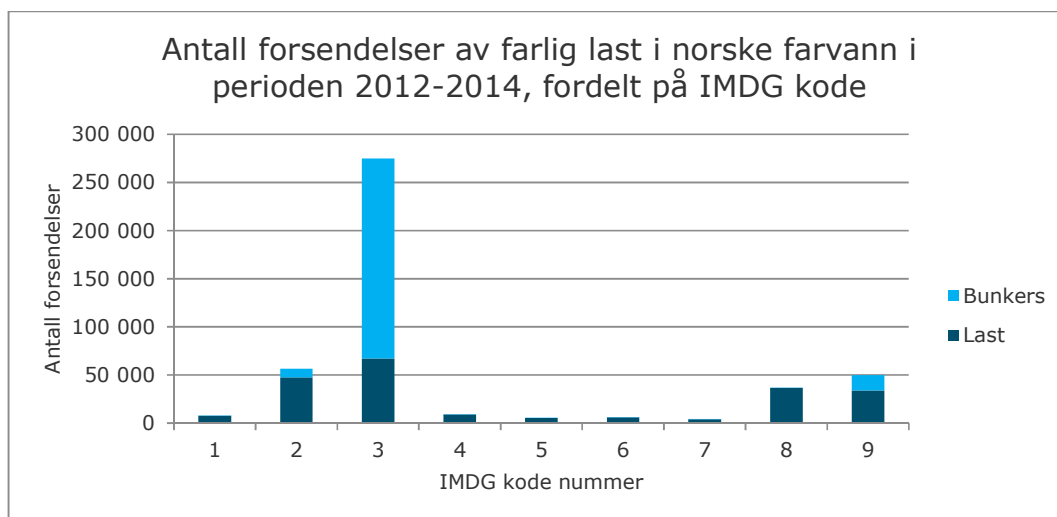
Detaljer rundt spesifikke regelverk og gjeldende sikkerhetsbarrierer vil bli diskutert i nærmere detalj i kapitlene om miljøfarlig last, radioaktiv last og drivstoff, og eksplosjonsfarlig last og drivstoff.

## 5.2 Transporten av farlig last i norske farvann

Det er gjennomført en statistisk analyse av data fra SafeSeaNet Norway for å presentere transporten av farlig last i norske farvann.

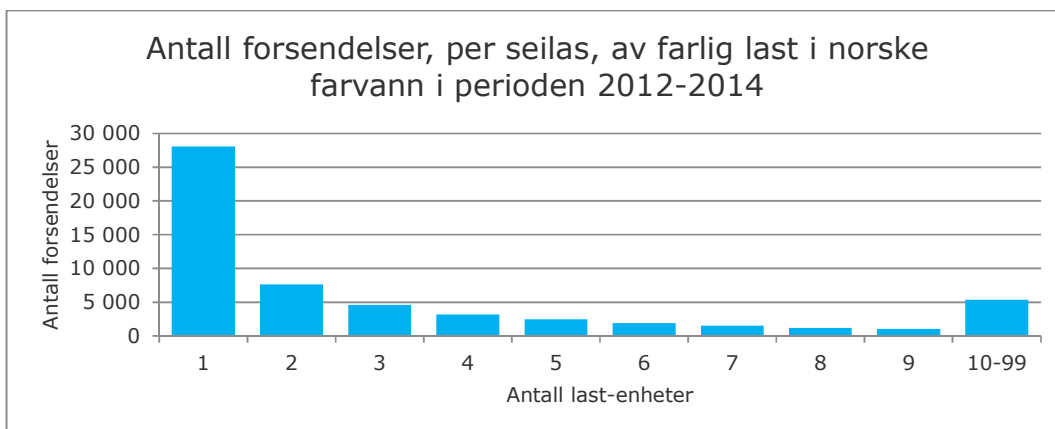
Figur 2 viser antall registrerte forsendelser/laster per IMDG-klasse i perioden 2012-2014. Totalt er det registrert 217188 forsendelser av farlig last over denne perioden, ekskludert forsendelser merket som bunkers. Figur 2 viser at IMDG-klassene 3, 2, 8 og 9 dominerer bildet med henholdsvis 31 %, 22 %, 17 % og 16 % av forsendelsene. 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.

Bunkers registreres også i SafeSeaNet Norway, og som vist i Figur 2 utgjør dette en stor del av det samlede antall forsendelser. Risiko knyttet til utslipp av bunkers er en del av «Sannsynlighetsanalysen» /1/, og er derfor ekskludert i denne analysen (foruten i analysen av gassdrevne fartøy).



**Figur 2 Antall forsendelser merket som farlig last i perioden 2012-2014, fordelt på IMDG-kode.**

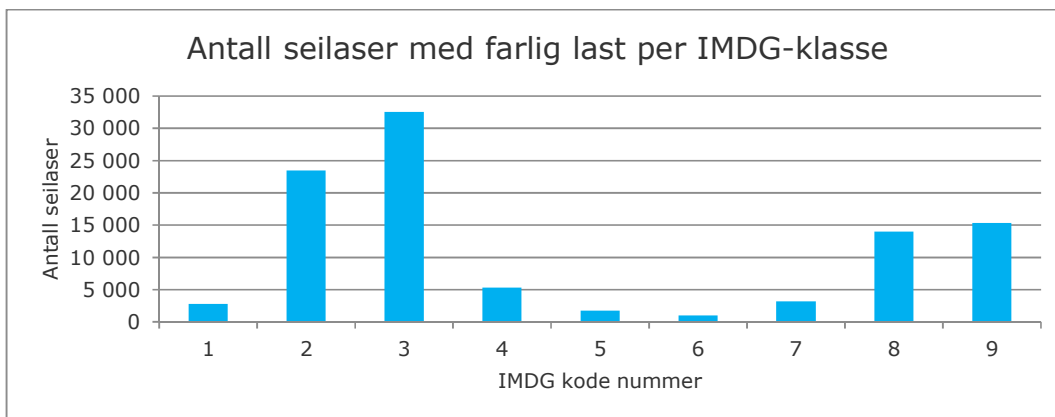
Det er foretatt 56 958 unike seilaser med farlig last i perioden 2012-2014. Figur 3 viser at antall forsendelser per seilas varierer fra 1-99. Kun 10 % av seilasene har mer enn 9 forsendelser, og ca. 60 % av seilasene har kun én forsendelse. Seilaser med kun én forsendelse er mest sannsynlig tankskip, men kan også være kontainerskip med kun én konteiner med farlig gods.



**Figur 3 Antall forsendelser (dvs. last-enheter) per seilas i perioden 2012-2014.**

Figur 4 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 tatt inn på høyt nivå. Dette vil bli diskutert i de etterfølgende kapitlene som omhandler spesifikke typer farlig last.



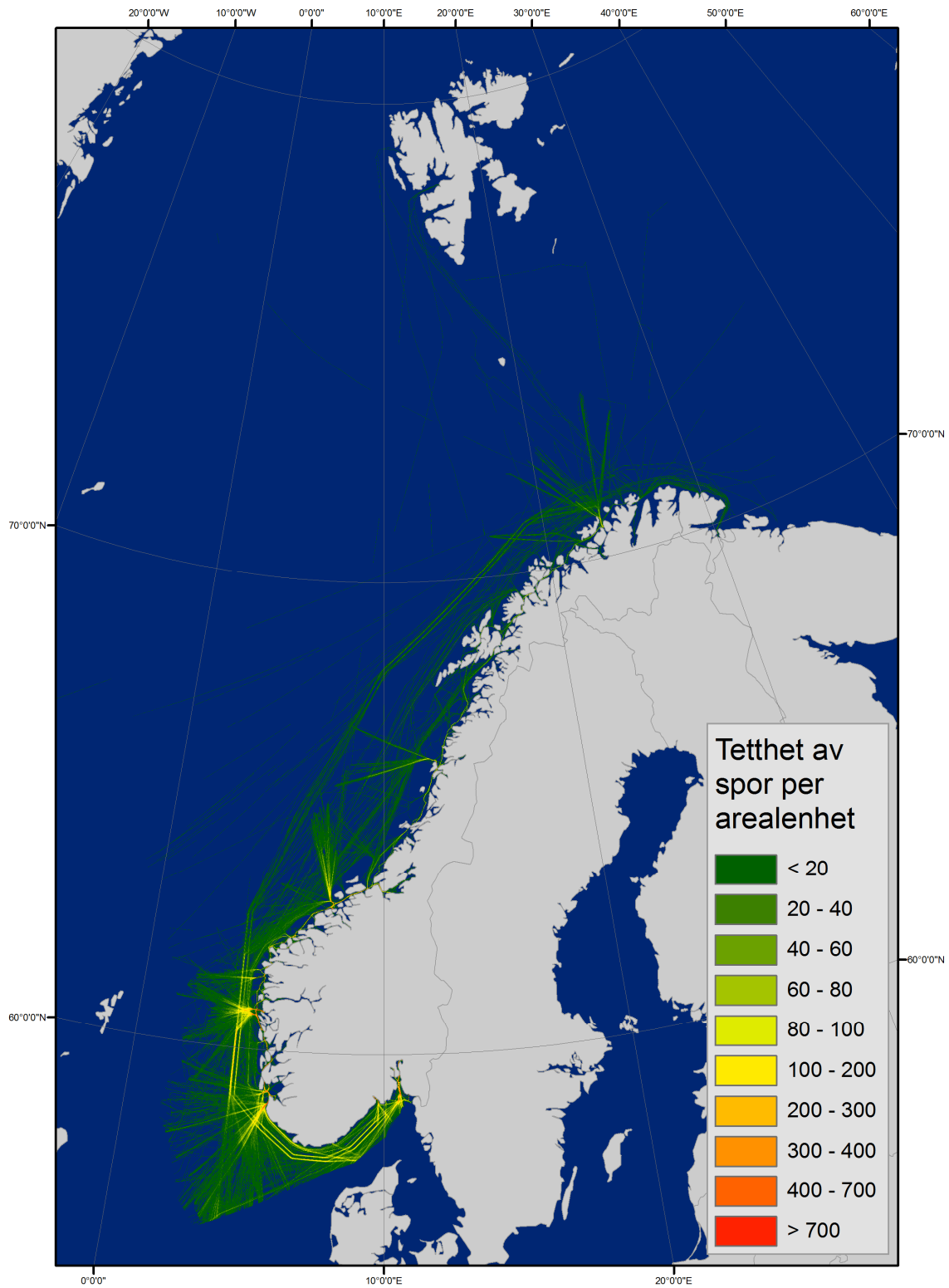
**Figur 4 Antall seilaser per IMDG-klasse.**

Figur 5 viser tetthetsplott for skipstrafikken med farlig last (alle IMDG-klasser) i norske farvann, basert på data fra 2013. Tetthetsplottet gir et totalbilde av farlige laster som transporteres i NØS. Bunkers er ikke tatt med i plottet.

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 <sup>3</sup>.

Det er utarbeidet tetthetsplott for hver IMDG-klasse; disse finnes i vedlegg A.

<sup>3</sup> Tettheten beregnes ut i fra total lengde av spor innenfor en radius av 250 m dividert på arealet.

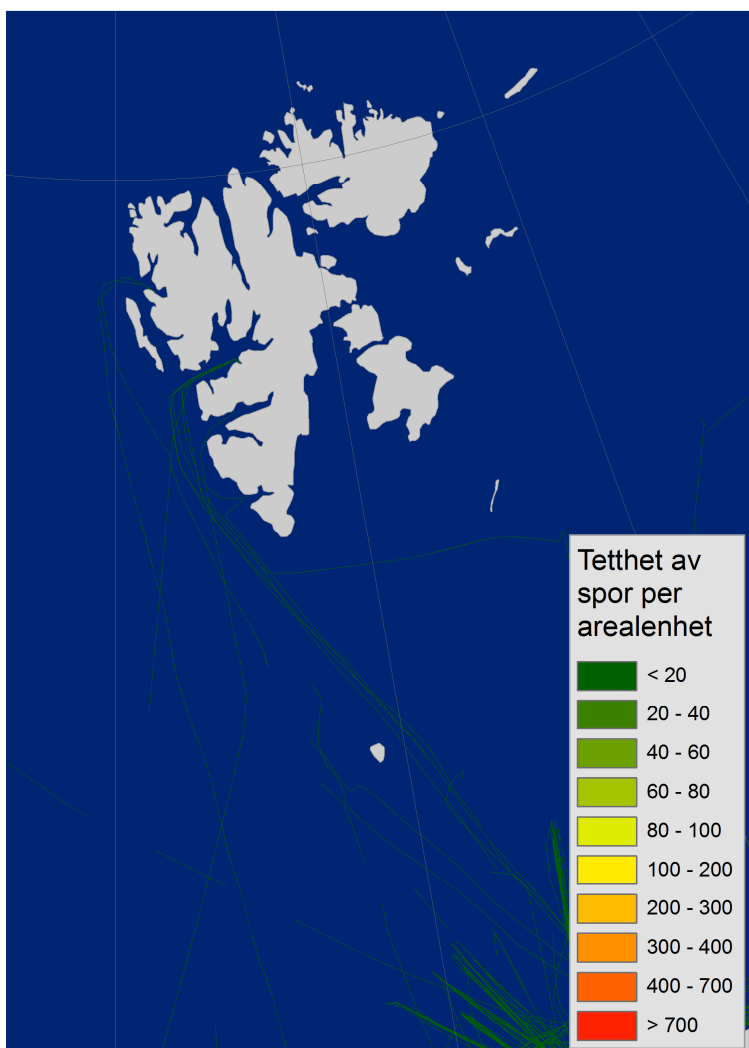


**Figur 5 Tetthet av spor fra fartøy som fører farlig last, basert på AIS-data for 2013.**

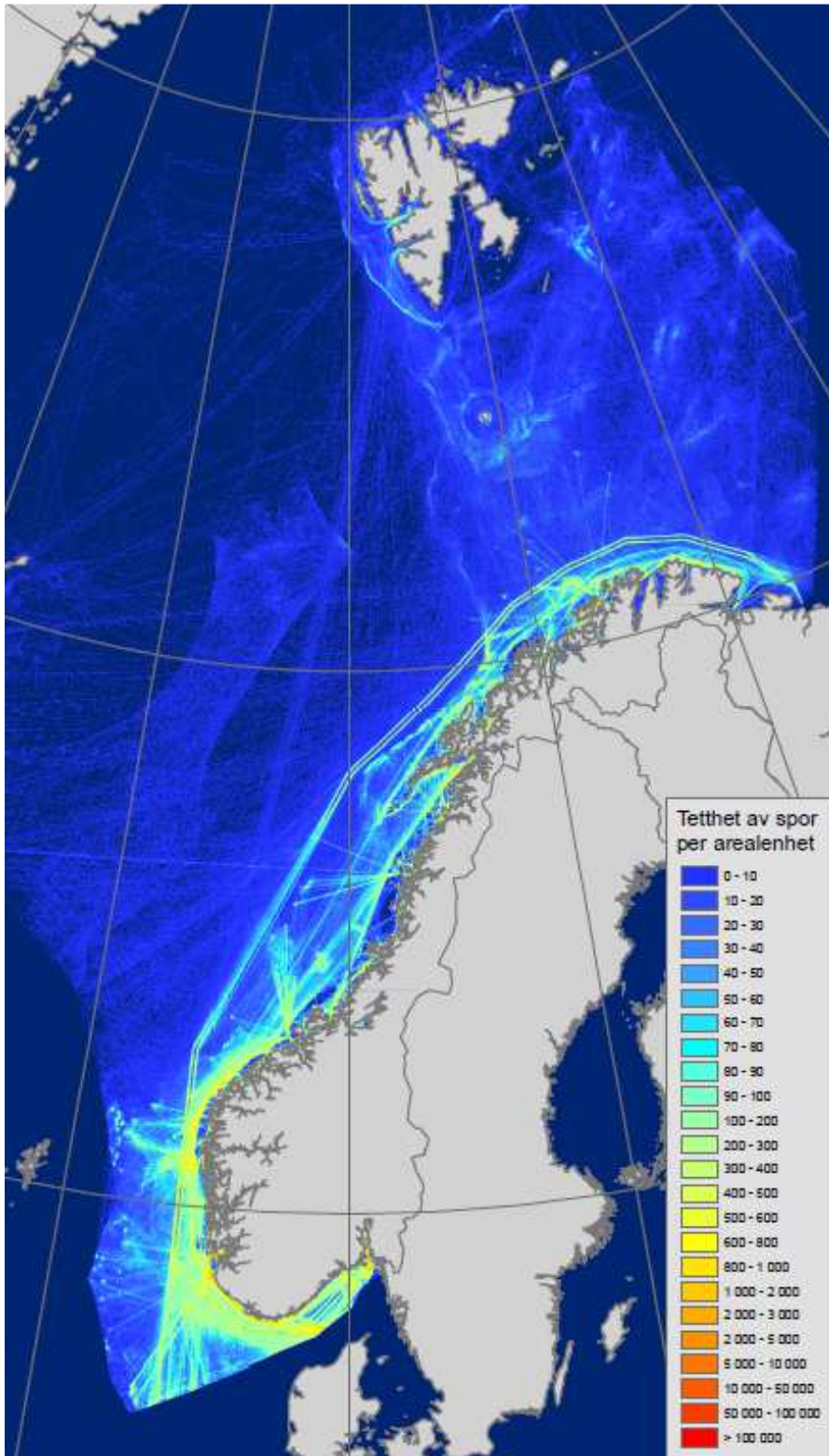
Det fremgår av Figur 5 at en stor andel av aktiviteten kan knyttes til olje- og gassproduksjon på sokkelen; det er klare spor fra alle forsyningsbasene langs kysten, og i farvannet rundt raffineriet på Mongstad og gassanleggene på Kårstø og Melkøya. Videre er det generelt stor aktivitet i farvannet rundt Bergen og Stavanger, og i leia mellom disse to byene. Plottet viser også mye aktivitet i Oslofjorden og ved Grenland.

I tillegg ser vi at det er noe aktivitet opp til Svalbard, hovedsakelig IMDG klasse 3 (brannfarlige væsker; diesel) til Longyearbyen og IMDG klasse 3 og 1 (eksplosive stoffer) til Sveagruva. Se eget tetthetsplott for Svalbard i Figur 6.

En sammenligning med tetthetsplottet for all skipstrafikk gjort i «Sannsynlighetsanalysen» /1/ (Figur 7) viser at farlig last har generelt sterkere knytning til offshorevirksomhet enn generell sjøtransport. En annen observasjon er at foruten aktiviteten rundt forsyningsbasene og Melkøya, så er aktivitet i Midt- og Nord-Norge lavere enn for generell sjøtransport.



**Figur 6 Tetthet av spor fra fartøy som fører farlig last i region Svalbard, basert på AIS-data for 2013.**



**Figur 7 Tetthet av spor fra alle fartøy i norske farvann (inkludert de uten farlig eller forurensende last), basert på AIS-data for 2013.**

## 6 SPESIELT MILJØFARLIG LAST (ANNET ENN OLJE)

Dette kapitlet 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 miljø-konsekvenser. Videre presenteres resultatene fra sannsynlighetsanalysen for ulykker med fartøy som transporterer miljøfarlig last. Til slutt diskuteres gjeldende sikkerhetsbarrierer og resulterende risikobilde.

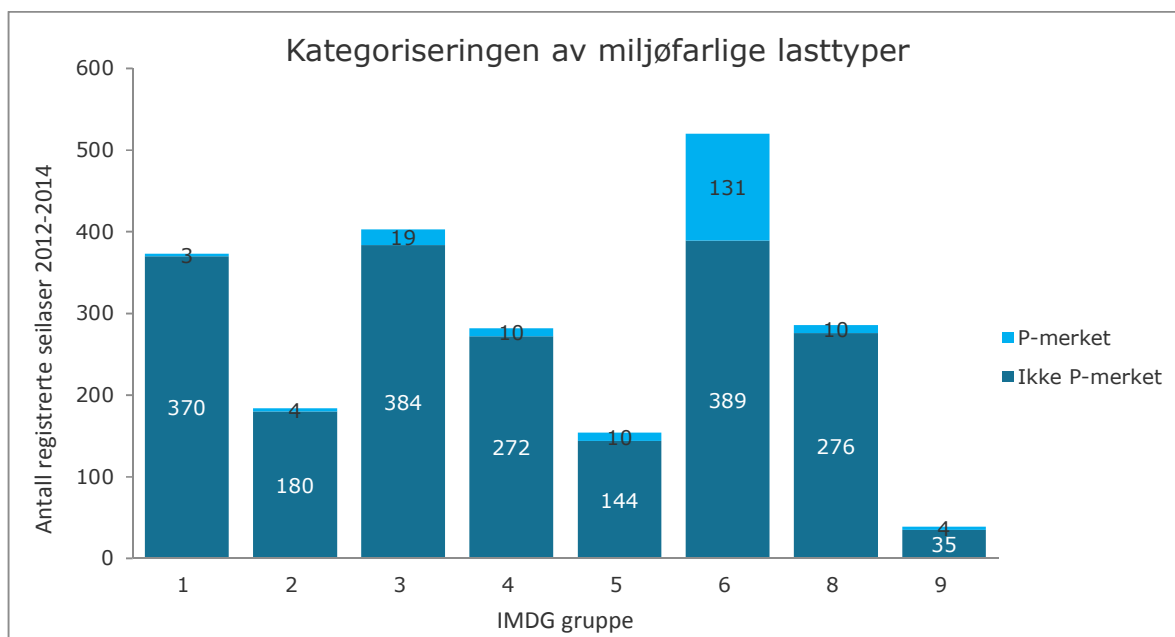
Merk at risiko for utslipp av oljelaster og bunkersolje er beskrevet i «sannsynlighetsanalysen» /1/.

### 6.1 Kategorisering av miljøfarlige lasttyper

IMOs kriterier for «environmental hazardous substances» («P-merket») er lagt til grunn i kartleggingen av miljøfarlige laster /3/. Kriteriene er basert på internasjonalt arbeid i EU og OSPAR, og er nedfelt i EUs kjemikalieforskrift (REACH), Annex XIII /4/. Kjemikalierne testes her med hensyn på bioakkumulering<sup>4</sup>, biologisk nedbrytbarhet og akutt giftighet. Lasttyper med P-merking inneholder derfor forbindelser som enten er meget giftige, lite nedbrytbare og/eller bioakkumulerende.

Totalt 191 UN-koder (United Nations Code for Trade and Transport Locations) er klassifisert som miljøfarlig (P-merket). 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 vi ser av Figur 8.

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 8 Fordelingen av miljøfarlige lasttyper (P-merket og ikke P-merket) i de ulike IMDG-kategoriene.**

<sup>4</sup> 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 /6/. Denne er, med noen unntak, identisk med OSPAR sin prioriteringsliste /7/. 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/.

## 6.2 Transport av miljøfarlige laster i norske farvann

Dette kapittelet presenterer resultatene av en kartlegging av dagens aktivitet (2012-2014) av transport av miljøfarlig last, samt en overordnet vurdering av miljøkonsekvenser ved ulykke. Videre presenteres resultater fra sannsynlighetsmodellen for ulykker basert på dagens skipstrafikk.


### 6.2.1 Miljøkonsekvenser ved ulykke

I perioden 2012-2014 er det registrert 669 seilaser med miljøfarlig last i norske farvann fordelt på 49 forskjellige produkter (UN-koder). Miljøfarlig last sorterer 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 (Tabell 4). 15 av 50 lasttyper står på nasjonal prioritetsliste og/eller OSPAR sin prioritetsliste.

**Tabell 4 Miljøfarlige produkter transportert i norske farvann i perioden 2012-2014, fordelt på IMDG-klasse.**

IMDG-klasse	Antall produkter
3	12
4.1	1
5.1	4
6.1	26
8	4
9	2

Lastvekten er registrert for 82 % av seilaser med miljøfarlig last. I 168 seilaser (25 %) er det registrert en vekt lik eller lavere enn 5 kg. Det er et fremmet forslag til IMO om unntak fra normale krav for transport av P-merkete produkter hvis mengden miljøfarlig last er lavere enn 5 kg for faste stoffer og 5 liter for flytende last. Forslaget finner støtte fra FN sin ekspertkomité for transport av miljøfarlig last, men er per februar 2015 ennå ikke vedtatt av IMO. I vurderingen av miljøkonsekvenser er derfor små kvanta med miljøfarlig last (dvs. 5 kg og lavere) og seilaser uten registrert vekt inkludert i datasettet.



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 i tilfelle uhellsutslipp. 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 2012-2014 er delt inn i fire hovedgrupper, presentert i Tabell 5-8, 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) ligger utenfor arbeidsomfanget til denne rapporten.

#### 6.2.1.1 Hydrokarboner og naturlige oljer

Hovedgruppen hydrokarboner og naturlige oljer (Tabell 5) består av 9 ulike produkter som til sammen er registrert i 222 seilaser i perioden 2012-2014, tilsvarende 33 % av alle seilaser med miljøfarlig last. Kategorien består stort sett av raffinerte oljeprodukter, foruten UN-kode 1272 (terpentinolje) som er et rensert 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 forskjellen at de rensede oljefraksjonene ikke inneholder mer vannløselige komponenter (BTEX og korte alkaliske forbindelser). Konsekvensene vil derfor være konsentrert til havoverflaten, og miljøressurser som vil kunne bli eksponert vil i første rekke være sjøfugl og marine pattedyr.

Tabell 5 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 densitet angir densitet i forhold til sjøvann: «0» = tilsvarende densitet; «-» = lavere densitet enn sjøvann.

**Tabell 5 Oversikt over miljøfarlig last i hovedgruppen *hydrokarboner og naturlige oljer* som ble transportert i norsk farvann i perioden 2012-2014.**

UN	IMDG	ID	CAS	Fase	Relativ densitet	Løselighet (g/liter ved 20 °C)
1206	3	HEPTANE(S)	(142-82-5)	Væske	-	<0,001
1262	3	OCTANE(S)	(111-65-9)	Væske	-	<0,001
1920	3	NONANE(S)	(111-84-2)	Væske	-	<0,001
1299	3	TURPENTINE	8006-64-2	Væske	-	<0,001
2046	3	CYMENE(S)	(99-87-6)	Væske	-	0,02
2052	3	DIPENTENE (LIMONENE)	138-86-3	Væske	-	<0,001
1272	3	PINE OIL	8002-09-3	Væske	-	<0,001
2709	3	BUTYL-BENZENE(S)	104-51-8	Væske	-	<0,001
2850	3	PROPYLENE TETRAMER (1-DODECENE)	112-41-4	Væske	-	<0,001

Transport av heptan(er) dominerer denne kategorien med totalt 151 registrerte seilaser (68 %). Rensede alkaner (heptaner-C7, oktaner-C8, nonaner-C9) er relativt bestandig med halveringstider i sjøvann på 1-3 måneder. I tilfelle et alkanutslipp mener DNV GL at det vil være naturlig å vurdere beredskapstiltak (mekanisk oppsamling og/eller tilsetning av dispergeringsmidler), og særlig hvis utslippet inntreffer nær viktige områder for sjøfugl og pattedyr.

Det er også registrert seilaser med naftalen i SSN. DNV GL mener imidlertid at seilaser med transport av naftalen er feilregistreringer. Naftalen er et fast stoff og stikkprøver viser at de er registrert med transportert i produkttankere (transporterer flytende bulkklaster). Videre viser stikkprøver at majoriteten av seilasene går ut fra raffineriet på Mongstad. DNV GL har vært i kontakt med Statoil Mongstad, og de kan bekrefte at det ikke skipes ut naftalen derfra. Statoil Mongstad eksporterer derimot store mengder nafta, og det er derfor sannsynlig at naftalen-seilasene egentlig skal være nafta. DNV GL konkluderer derfor med at registrerte seilaser med naftalen er feilregistrert. Naftalen er dermed utelatt fra Tabell 5.


Nafta (eng. naphtha), er en type lettolje som brukes som råstoff i petro-kjemiindustrien og i oljeraffineriene til produksjon av bensin. I denne sammenhengen er ikke Nafta definert som en miljøfarlig last. Ulykker med oljeprodukter (inkl. nafta) er behandlet i «sannsynlighetsanalysen 2014» /1/.

### 6.2.1.2 Halokarboner og metallokarboner

Hovedgruppen *halokarboner og metallokarboner* (Tabell 6) består av 9 ulike produkter som til sammen er registrert i 176 seilaser i perioden 2012-2014, tilsvarende 26 % 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 bli på havbunnen gitt et uhellsutslipp. Løseligheten varierer fra nærmest uløselig til lav, med unntak for 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 densitet og lav løselighet vil produkter i denne kategorien i første omgang gi miljøeffekter på havbunnsorganismer, og på fisk som beiter på havbunnen, for eksempel hyse og torsk. Produktene er persistente mot bakteriell nedbrytning og vil bli i det marine miljø over lang tid (årevis). Miljøeffektene av et utslipp vil derfor kunne bli målbare over lang tid.

Datasettet viser transport av tre produkter (UN 3432, 2315 og 2788) som det innen EØS er forbud mot produksjon og eksport av. DNV GL antar at dette er transport av utrangert materiale som skal til videre prosessering i sertifiserte, landbaserte avfallsanlegg. UN 3432 transporteres med ropax-skip fra Larvik til Hirtshals, og UN 2315 ser ut til å ha blitt transportert inn fra Nordsjøen med supplyskip og videre med ro-ro-skip til Esbjerg. Det er ikke identifisert noe klart mønster for transporten av UN 2788.

Tetrakloroetylen (UN 1897), mer kjent som PER eller PERC, er på nasjonal prioriteringsliste 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 2012-2014 registrert skipstransport av PER i volumer opp til 21,3 tonn med en gjennomsnittlig last på 2,3 tonn. Det er i denne perioden registrert 147 seilaser med last av denne typen. PER er en flyktig forbindelse og vil derfor dampe av til atmosfæren, hvis lekkasje skjer fra havoverflaten. I vannmassen vil PER synke til bunns og brytes ifølge en risikovurdering fra EU kun ned i anaerobt (oksygenfritt) miljø /9/. Til tross for lav løselighet er PER transportabel i vann og vil ikke akkumulere i særlig grad i marine sedimenter. Grunnet forbindelsens relativt høye densitet (1,6 kg/liter) vil imidlertid et større utslipp kunne konsentreres i sedimenter på havbunnen. PER har lavt potensiale for bioakkumulering og biomagnifisering.

Epiklorhydrin (UN 2023) er utypisk for kategorien i det at den hydrolyserer i kontakt med vann og danner en vannløselig, gentoksisk og hormonforstyrrende forbindelse (3-MCPD) som er et kjent biprodukt i soya-baserte 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 24,7 tonn, med gjennomsnitt på 16,5 tonn. Et utslipp av epiklorhydrin vil i første omgang gi effekter på organismer i vannsøylen. Langtidseffekter av 3-MCPD kan ikke utelukkes.

Tabell 6 viser en oversikt over miljøfarlige last i hovedgruppen *halokarboner og metallokarboner*. Relativ densitet angir densitet i forhold til sjøvann: «+» = høyere densitet enn sjøvann. Produkter i kursiv er på nasjonal/internasjonal liste over prioriterte stoffer som omfattes av resultatmål om vesentlige reduksjoner. Produkter skygget med oransje farge (og skravert) mistenkes å være kreftfremkallende.

**Tabell 6 Oversikt over miljøfarlig last i hovedgruppen *halokarboner og metallokarboner* som ble transportert i norsk farvann i perioden 2012-2014.**

UN	IMDG	ID	CAS	Fase	Relativ densitet	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
2315	9	POLYCHLORINATED BIPHENYLS, LIQUID	1336-36-3	Væske	+	<0,001
2023	6.1	EPICHLOROHYDRIN (3-MCPD)	106-89-8 (96-24-2)	Væske	+ (+)	Hydrolyserer (Godt løselig)
1099	3	ALLYL BROMIDE	106-95-6	Væske	+	<0,001
2322	6.1	TRICHLOROBUTENE	2431-50-7	Væske	+	0,6
2306	6.1	NITROBENZOTRIFLUORIDE(S), LIQUID	(402-54-0)	Væske	+	<0,001
1702	6.1	1,1,2,2-TETRACHLOROETHANE	79-34-5	Væske	+	2,8
2788	6.1	ORGANOTIN COMPOUND, LIQUID, N.O.S.	-	Væske	+	<0,001

### 6.2.1.3 Cyanider, aminer og korroderende stoffer

Hovedgruppen *cyanider, aminer og korroderende stoffer* (Tabell 7) er en heterogen gruppe bestående av 17 ulike produkter som sammen er registrert i 216 seilaser i perioden 2012-2014, tilsvarende 32 % av alle seilaser med miljøfarlige laster. Kategorien består av industrielle standardkjemikalier (hypokloritt, cyanider), eller mellomledd til standardkjemikalier. Flere av produktene er transportert i volumer opp til 100 tonn.

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. Det er ingen produkter i denne kategorien som er omfattet av resultatmål på prioritert liste om vesentlige reduksjoner /6/.

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. Metallcyanider med høy densitet 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 (biomagnifisere).

Tabell 7 viser en oversikt over miljøfarlig last i hovedgruppen *cyanider, aminer og korroderende stoffer* som ble transportert i norske farvann i perioden 2012-2014. Relativ densitet angir densitet i forhold til sjøvann: «+» = høyere densitet enn sjøvann; «0» = tilsvarende densitet; «-» = lavere densitet enn sjøvann.

**Tabell 7 Oversikt over miljøfarlig last i hovedgruppen cyanider, aminer og korroderende stoffer som ble transportert i norske farvann i perioden 2012-2014.**

UN	IMDG	ID	CAS	Fase	Relativ densitet	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
1684	6.1	SILVER CYANIDE	506-64-9	Fast	+	<0,001
1613	6.1	HYDROCYANIC ACID, AQUEOUS SOLUTION (HYDROGEN CYANIDE, AQUEOUS SOLUTION) with not more than 20% hydrogen cyanide	74-90-8	Væske	-	Godt løselig
1565	6.1	BARIUM CYANIDE	542-62-1	Fast	+	180
3413	6.1	POTASSIUM CYANIDE SOLUTION	151-50-8	Væske	+	716
1348	4.1	SODIUM DINITRO-o-CRESOLATE, WETTED with not less than 15% water, by mass	25641-53-6	Væske	+	<1
1092	6.1	ACROLEIN, STABILIZED (PROPENAL)	107-02-8	Væske	-	100
1708	6.1	TOLUIDINE(S), LIQUID	(95-53-4)	Væske	0	15
1320	4.1	DINITROPHENOLS, WETTED with not less than 15% water, by mass	(51-28-5)	Væske	+	6
1761	8	CUPRIETHYLENEDIAMINE SOLUTION	14552-35-3	Væske	0	Godt løselig

#### 6.2.1.4 Tungmetaller

Hovedgruppen tungmetaller (Tabell 8) består av 14 ulike produkter som sammen er registrert i 55 seilaser i perioden 2012-2014, tilsvarende 8 % av alle seilaser med miljøfarlige laster. Kategorien inneholder 6 kvikksølvforbindelser, 3 blyforbindelser og 2 arsenforbindelser som alle er satt opp på nasjonal prioritetsliste med resultatmål om vesentlige reduksjoner /6/. Kvikksølv og bly 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 opp i næringskjeden (biomagnifiserer). Flere forbindelser av kvikksølv, bly og arsen er også kreftfremkallende.

Løseligheten for forbindelser i denne kategorien varierer fra godt løselig til uløselig. Metaller har naturlig nok høyere densitet 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 vil akkumuleres på havbunnen.

De fleste forbindelser i denne kategorien er transportert i små mengder (< 5 tonn) i perioden 2012-2014, og det er få registreringer (11 eller lavere) for enkeltprodukter. To produkter; blyacetat (UN 1616) og jernarsenitt (UN 1607) står frem med større laster enn øvrige, med gjennomsnittlige laster på 20,5 tonn fordelt på 6 seilaser for blyacetat, og 50 tonn for en registrert last med jernarsenitt. Til sammenligning lå totalt nasjonalt utslipp (til vann og luft) i 2010 på 119 tonn for bly, og 31 tonn for arsen /4/. Et uhellsutslipp på opp til 50 tonn vil være alvorlig, og for tungt løselige produkter vil det være relevant å vurdere tiltak (f.eks. berging eller tildekking).

Miljøkonsekvenser gitt et utslipp i denne kategorien vil primært være konsentrert til vannsøylen og havbunnen. Alvorlighetsgraden av konsekvensen vil avhenge 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 forskjellige forbindelser og forskjellige 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 Nordhordaland, 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 /8/. Generelt forventes det utlekking av tungt løselige metallforbindelser å skje over lang tid, og forventes derfor ikke å gi 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 8 viser en oversikt over miljøfarlig last i hovedgruppen *tungmetaller* som ble transportert i norske farvann i perioden 2012-2014. Produkter i kursiv er på nasjonal/internasjonale liste over prioriterte stoffer som omfattes av resultatmål om vesentlige reduksjoner. Relativ densitet angir densitet i forhold til sjøvann: «+» = høyere densitet enn sjøvann.

**Tabell 8 Oversikt over miljøfarlig last i hovedgruppen tungmetaller som ble transportert i norske farvann i perioden 2012-2014.**

UN	IMDG	ID	CAS	Fase	Relativ densitet	Løselighet (g/liter ved 20 °C)
2025	6.1	<i>MERCURY COMPOUND, SOLID, N.O.S.</i>	-	Fast	+	?
2024	6.1	<i>MERCURY COMPOUND, LIQUID, N.O.S.</i>	-	Væske	+	?
1616	6.1	<i>LEAD ACETATE</i>	301-04-2	Fast	+	44,3
2331	8	ZINC CHLORIDE, ANHYDROUS	7646-85-7	Fast	+	432
1840	8	ZINC CHLORIDE SOLUTION	29426-92-4	Væske	+	432
2291	6.1	<i>LEAD COMPOUND, SOLUBLE, N.O.S.</i>	-	Fast	+	?
3012	6.1	<i>MERCURY-BASED PESTICIDE, LIQUID, TOXIC</i>	-	Væske	+	?
1607	6.1	<i>FERRIC ARSENITE</i>	63989-69-5	Fast	+	<0,001
1622	6.1	<i>MAGNESIUM ARSENATE</i>	10103-50-1	Fast	+	<0,001



1641	6.1	MERCURY OXIDE	21908-53-2	Fast	+	0,005
1624	6.1	MERCURIC CHLORIDE	7487-94-7	Fast	+	7,4
1623	6.1	MERCURIC ARSENATE	7784-37-4	Fast	+	<0,001
2727	6.1	THALLIUM NITRATE	13453-38-8	Fast	+	Løselig
1469	5.1	LEAD NITRATE	10099-74-8	Fast	+	52

## 6.2.2 Oppsummering av miljøkonsekvenser

Tabell 9 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 avhenge 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 middels toksiske forbindelser i følsomme områder, vil også kunne gi alvorlige effekter på det marine miljø.

**Tabell 9 Oppsummering av miljøkonsekvenser gitt et uhellsutslipp av 4 hovedkategorier miljøfarlig last.**

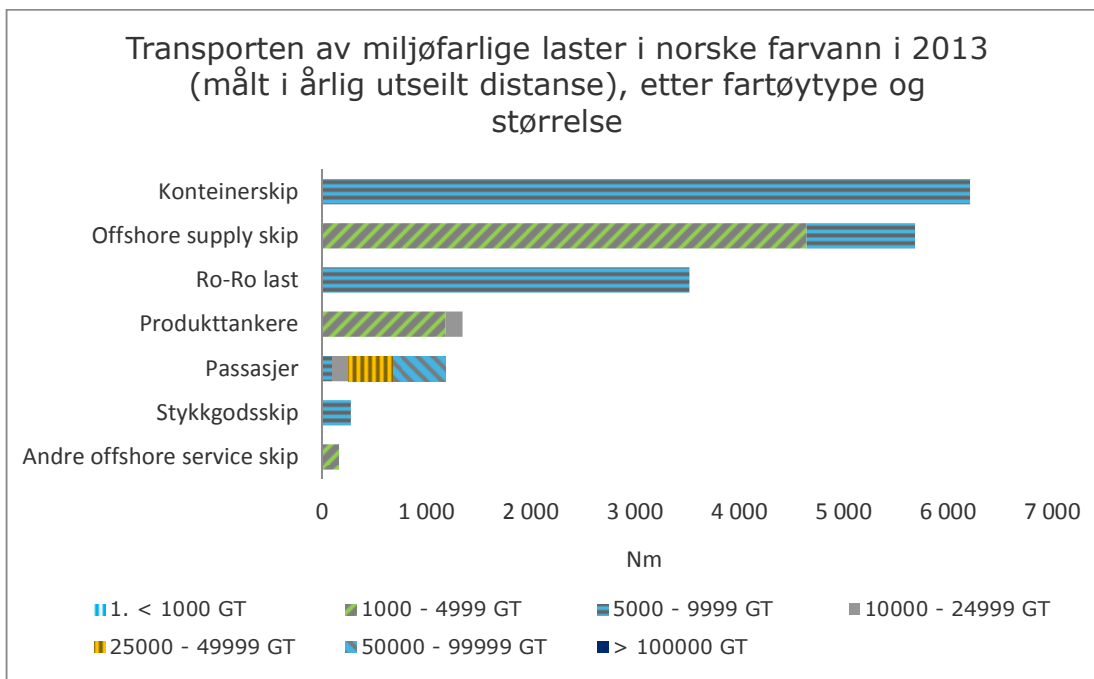
Kategori	Antall seilaser 2012-2014	Største registrerte last (tonn) 2012-2014	Miljøkonsekvenser gitt et uhellsutslipp
Hydrokarboner & naturlige oljer	222	89	Akutte effekter konsentrert til havoverflaten. Langtidseffekter forventes ikke. Tiltak (opsamling/dispergering) aktuelt for store alkanutslipp.
Halokarboner & metallkarboner	176	28	Akutte effekter konsentrert til havbunnen. Langtidseffekter grunnet lav nedbrytbarhet. Tiltak (overdekking/berging) utfordrende.
Cyanider, aminer & korroderende stoffer	216	40	Akutte effekter konsentrert til vannsøylen. Langtidseffekter forventes ikke. Tiltak ikke relevante.
Tungmetaller	55	50	Akutte effekter konsentrert til sjøbunn og vannsøylen (avhengig av løselighet). Langtidseffekter forventes da metaller ikke brytes ned. Tiltak (overdekking/berging) aktuelt for store metallutslipp med tungt løselige forbindelser.

## 6.2.3 Utseilt distanse

Utseilt distanse brukes i sannsynlighetsanalysen til å beregne årlige frekvenser for skipsulykker. I tillegg, gir det oss et «øyeblikksbilde» av trafikksituasjonen i norske farvann. I modellen øker sannsynligheten for ulykker med økning i trafikkmengde. Utvalget er basert på registreringer i databasen SafeSeaNet Norway (SSN) og AIS er benyttet for å beregne utseilt distanse.

### 6.2.3.1 Utseilt distanse fordelt på fartøytype og størrelse

Det fremgår av Figur 9 at trafikken domineres av konteinerskip (34 %), offshore supplyskip (31 %) og ro-ro lasteskip (19 %). Denne prosentandelen av trafikken er basert på den totale utseilte distansen for alle fartøystyper med miljøfarlige laster.

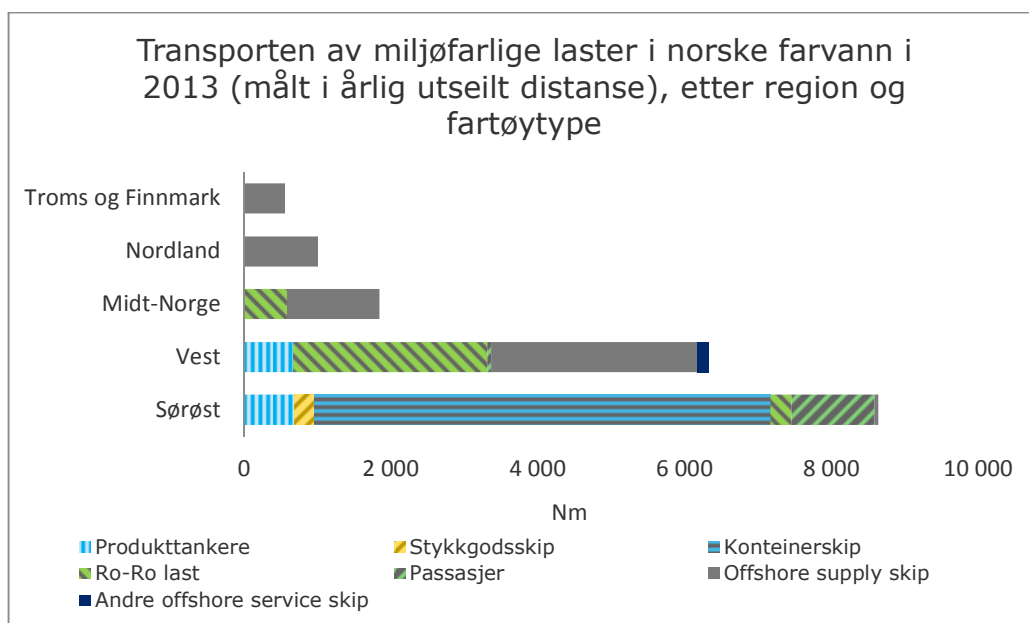


**Figur 9 Transporten av miljøfarlige laster i norske farvann i 2013 (målt i årlig utseilt distanse), etter fartøytype og størrelse. Merk: Begrepet miljøfarlig last er her brukt om 'spesielt miljøfarlig last', annet enn olje.**

### 6.2.3.2 Utseilt distanse fordelt på region

Figur 10 viser den årlige utseilte distansen (nm) i norske farvann i 2013, etter region og fartøytype. Det fremgår at det er mest trafikk med miljøfarlig last i Sørøst med en andel på 47 %, etterfulgt av Vest med 34 %. Midt-Norge og Nordland, og Troms og Finnmark har 3-10 % av den totale utseilte distansen hver.

Trafikken i region Sørøst er hovedsakelig dominert av konteinerskip, mens det i Vest er transport mest miljøfarlige laster fra offshore supplyskip og ro-ro lasteskip.

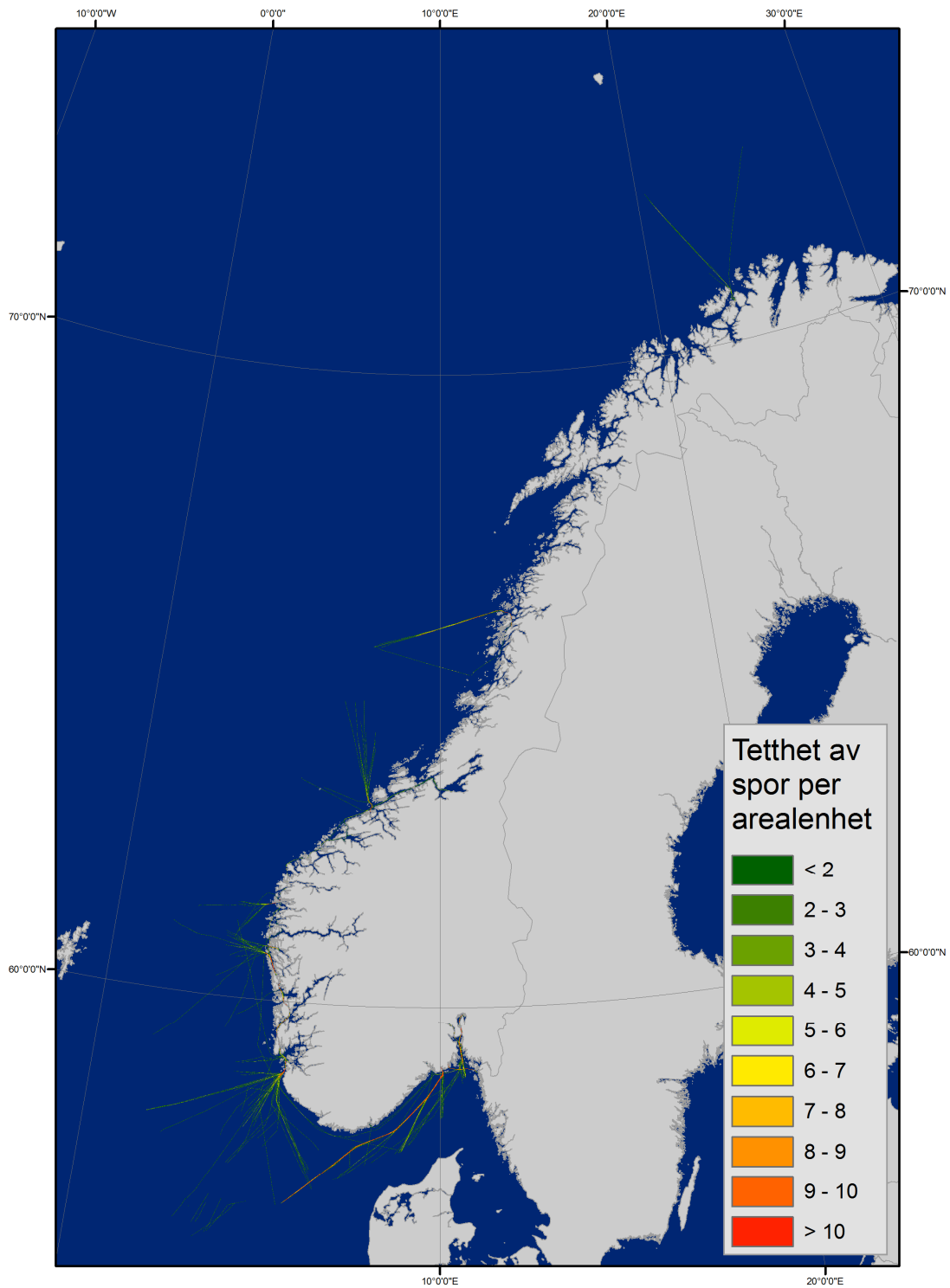


**Figur 10 Transporten av miljøfarlige laster i norske farvann i 2013 (målt i årlig utseilt distanse), etter region og fartøytype. Merk: Begrepet miljøfarlig last er her brukt om 'spesielt miljøfarlig last', annet enn olje.**

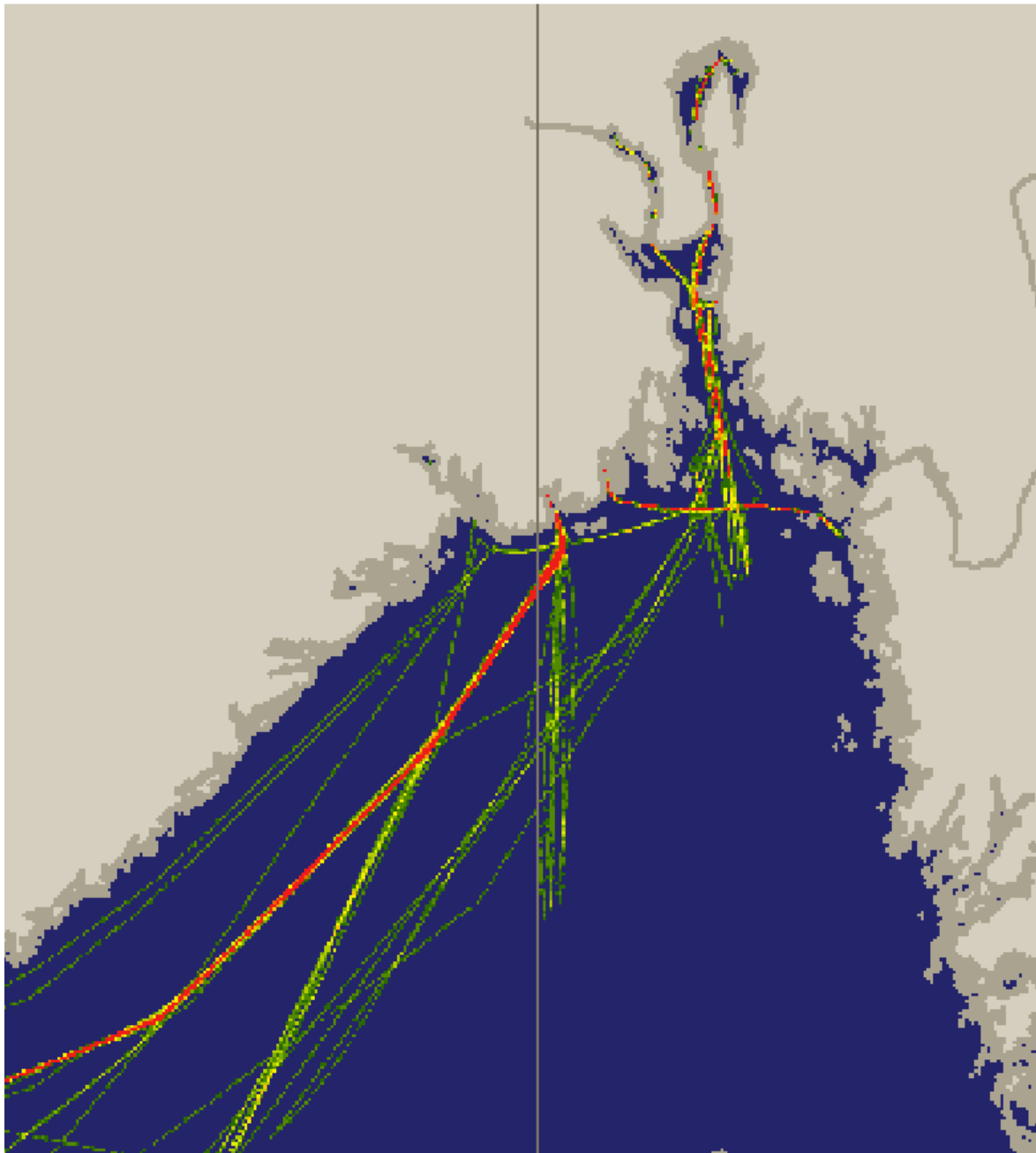
### 6.2.4 Tetthetsplott

Figur 11 viser tetthetsplott for skipstrafikken med miljøfarlige laster i norske farvann basert på data fra 2013<sup>5</sup>. Skipssporene viser at en del av aktiviteten er knyttet til olje- og gassproduksjonen på sokkelen; det er klare spor fra alle forsyningsbasene langs kysten. Det er også mye aktivitet knyttet til Larvik; hovedsakelig eksport av PER med konteinerskip. I Figur 12 har vi valgt ut Sørøst for å vise detaljer for regionen med mest utseilt distanse av miljøfarlige laster. I tillegg til trafikken til/fra Larvik, ser vi også av plottet at det er del trafikk i Oslofjorden, både til Oslo, Drammen og Moss.

<sup>5</sup> Tetthetsplottet i Figur 10 leveres også til Kystverket i høyoppløselig elektronisk fil.



**Figur 11 Tetthet av spor fra fartøy som fører miljøfarlig last for 2013. Merk: Begrepet miljøfarlig last er her brukt om 'spesielt miljøfarlig last', annet enn olje.**



**Figur 12** Tetthet av spor fra fartøy som fører miljøfarlig last i Sørøst for 2013. Merk: Begrepet miljøfarlig last er her brukt om 'spesielt miljøfarlig last', annet enn olje.

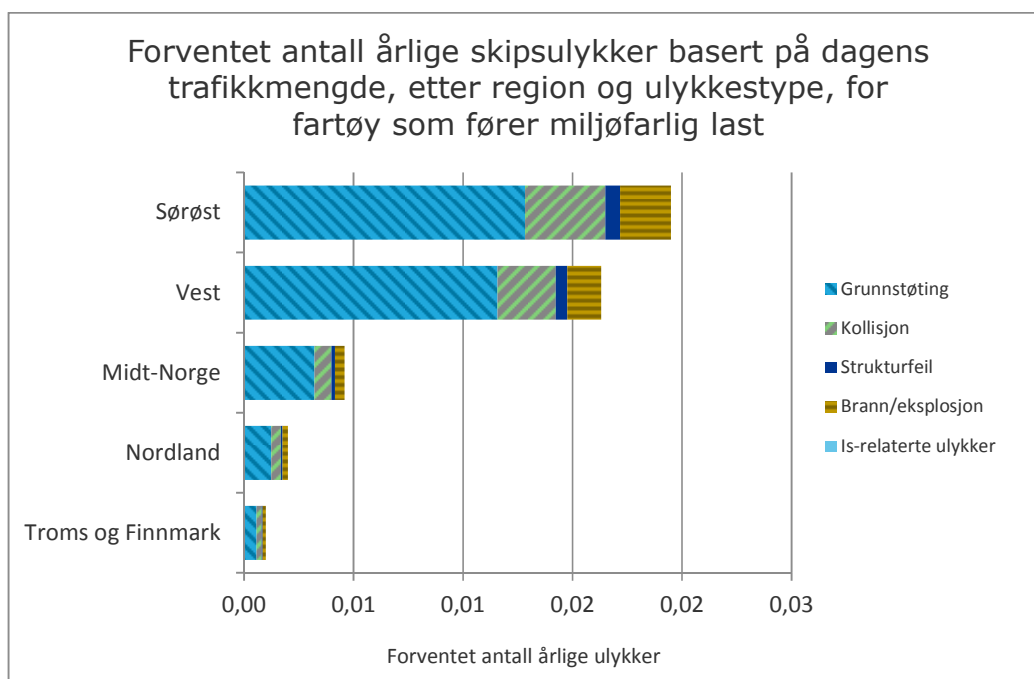
## 6.2.5 Sannsynligheten for en skipsulykke

Figur 13 viser det forventede antallet årlige skipsulykker basert på dagens trafikkmengde (2013), etter region og ulykkestype.

Grunnfrekvensene for ulykkeskategoriene er basert på statistikk fra SDU-databasen. Ulykkeskategori «grunnstøting» er justert for avstand til land, slik at sannsynligheten for grunnstøting øker jo nærmere fartøyet befinner seg land. Analyse av ulykkesstatistikken og geografiske forskjeller, er behandlet i DNV GL rapporten «Analyse av ulykkesstatistikk» /10/.

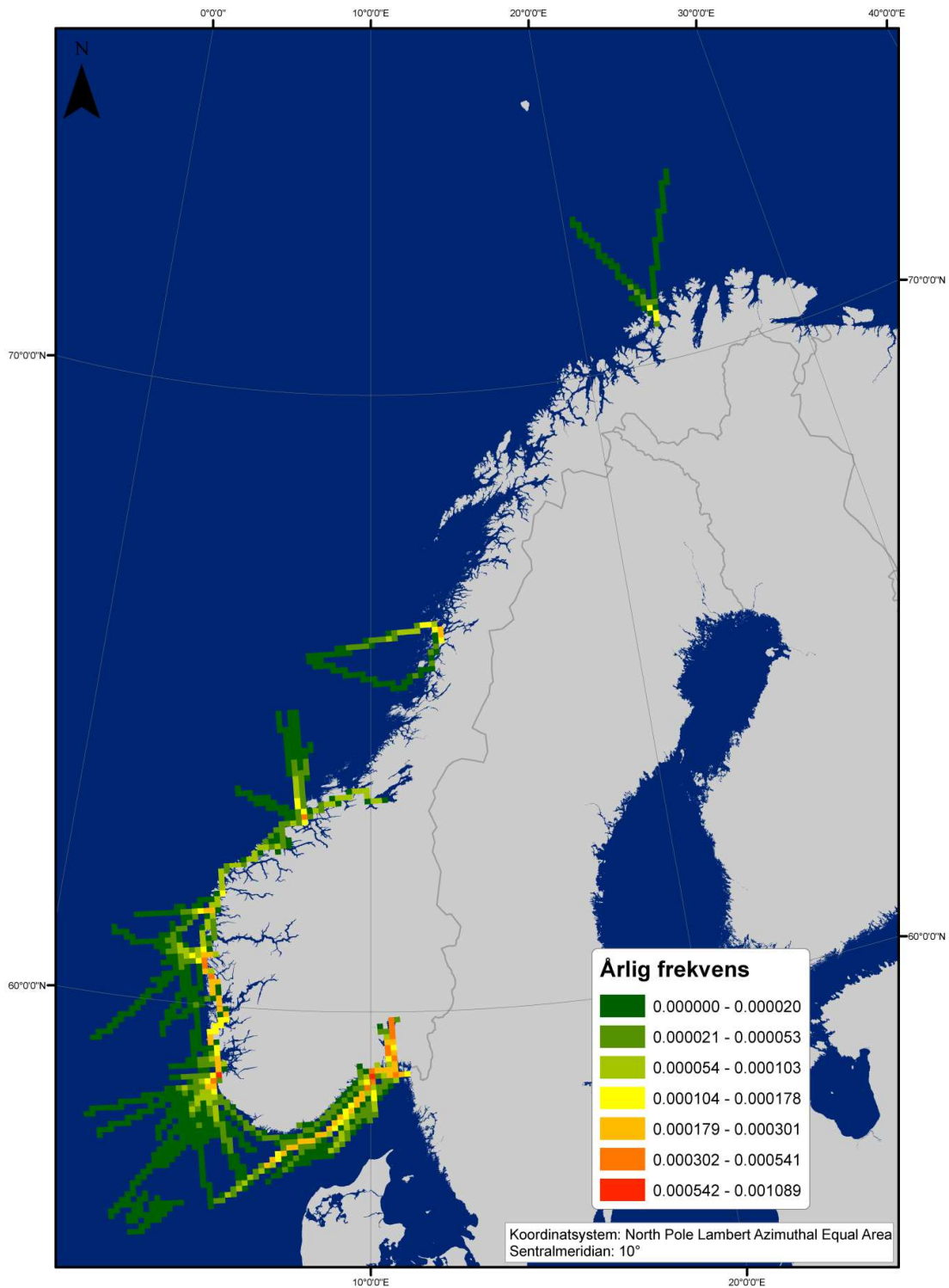
Den forventede totale årlige frekvensen for en skipsulykke med fartøy som fører miljøfarlig last i norske farvann, er beregnet til 0,043, dvs. gjennomsnittlig en ulykke hvert 23. år.

Forventet antall ulykker innen hver region drives hovedsakelig av den utseilte distansen. Vi ser at for skipstrafikk med miljøfarlig last forventes det flest ulykker i Sørøst, ettersom denne regionen har høyest utseilt distanse. Grunnstøtinger er den dominerende ulykkestypen for alle farvann.




**Figur 13 Forventet antall årlige skipsulykker basert på dagens trafikkmengde, etter region og ulykkestype for fartøy med miljøfarlig last. Merk: Begrepet miljøfarlig last er her brukt om 'spesielt miljøfarlig last', annet enn olje.**

Figur 14 viser den geografiske fordelingen av sannsynligheten for en ulykke med fartøy som fører miljøfarlig last. Vi ser en forhøyet sannsynlighet for ulykke i farvannene fra Stavanger til Florø, Kristiansund og Oslofjorden, samt Larvik.



**Figur 14** Forventet antall årlige skipsulykker per grid celle (10x10 km) for fartøy som fører miljøfarlig last (2013). Summen av ulykkesfrekvenser over alle grid-celler gir den forventede årlige frekvensen for en ulykke i norske farvann. Merk: Begrepet miljøfarlig last er her brukt om 'spesielt miljøfarlig last', annet enn olje.



Det bør merkes at sannsynlighetsberegningene over viser sannsynlighet for at en ulykke inntreffer, ikke sannsynlighet for utslipp av miljøfarlig last. Dette blir diskutert i 6.3.

### 6.3 Sikkerhetsbarrierer

Som vist i kapittel 6.2.3 transporteres miljøfarlig gods av flere ulike typer fartøy; de mest dominerende er konteinerskip, offshore supplyskip og roro-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.

### 6.4 Gjeldende risikobilde og konklusjon

Generelt så viser kartleggingen at dagens aktivitetsnivå knyttet til transport av miljøfarlig last er ganske begrenset. Akkumulert årlig ulykkesfrekvens er på 0,043, noe som tilsier at en ulykke gjennomsnittlig forekommer hvert 23. år. Det bør presiseres at dette er sannsynligheten for en ulykke med et fartøy som fører miljøfarlig last, ikke sannsynlighet for et utslipp av miljøfarlig last.

For å danne et riktig risikobilde er det nødvendig å vite hvor store mengder av ulike produkter som transporteres, ikke bare antall forsendelser. Basert på stikkprøver i datasettet konkluderer DNV GL med at kvaliteten på registreringer av transporterte mengder i SafeSeaNet Norway ikke er god nok til dette formålet. Foruten manglende data viser stikkprøvene hyppige feil i valg av kilogram eller tonn som vektenhet. DNV GL anbefaler å fjerne muligheten til å velge vektenhet i SafeSeaNet Norway for å bedre datakvaliteten.

Videre er ikke forsendelser og seilaser koblet, altså er det i denne analysen ikke kartlagt totalt omfang av farlig 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.



## 7 RADIOAKTIV LAST OG DRIVSTOFF

Dette kapitlet presenterer resultater fra en kartlegging av skipstrafikk for fartøy som fører radioaktiv last eller benytter radioaktivt drivstoff i norske farvann. Kapitlet gir videre en overordnet vurdering av miljøkonsekvenser for utslipp av radioaktive stoffer. Sannsynligheten for skipsulykker for fartøy som fører denne typen last beregnes, og til slutt diskuteres gjeldende sikkerhetsbarrierer og hvilken risiko denne typen aktivitet representerer.

### 7.1 Typer radioaktivitet

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. Alle typer radioaktiv stråling (alfa, beta, gamma) er transportert med fartøy i perioden 2012-2014 og gås her igjennom på høyt nivå.

Alfanedfall er en type radioaktivt nedfall som avgir ioniserende stråling i form av en alfapartikkel, det vil si en helium-4-kjerne bestående av 2 protoner og 2 nøytroner. 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-molekylens 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.

Betanedfall innebærer nedfall av en atomkjerne ved utsending av en betapartikkel, som er en annen type ioniserende stråling enn alfapartikkelen. Det finnes tre ulike typer betanedfall: beta minus-nedfall ( $\beta^-$ ) hvis betapartikkelen er et elektron, beta pluss-nedfall ( $\beta^+$ ) hvis betapartikkelen er et positron, samt elektroninnfangning ( $\epsilon$ ) hvis et elektron fra atomet sammen med et proton i atomkjernen danner et nøytron. Alle typer betanedfall avgir dessuten et nøytrino eller antinøytrino. Ved betanedfall forblir antall protoner og nøytroner konstant, mens fordelingen mellom protoner og nøytroner endres, det vil si at kun atomnummeret (Z) endres. 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 er fotonstråling, det vil si ioniserende stråling av fotoner. Gammastråling er den mest gjennomtrengende formen av stråling som forekommer i samband med radioaktiv nedfall. Gammastrålingen kan stoppas 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.

## 7.2 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 10).

Inndelingen er basert på anbefalinger fra IAEA ifm. førstehjelpsinnsetser gitt en ulykke med fartøy som transporterer radioaktivt materiale /11/. 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 skadelige.


**Tabell 10 Oversikt UN-koder som beskriver radioaktiv last (IMDG-klasse 7), fordelt mellom de 3 hovedkategorier som er brukt i vurderingen av miljøkonsekvenser /11/.**

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 <sup>1</sup>		
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

<sup>1</sup> 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.

## 7.3 Aktiviteten i norske farvann

I Nordsjøen og Norskehavet er det i perioden 2012-2014 totalt 4024 registreringer med radioaktiv last i 3486 seilaser (SafeSeaNet Norway). For ca. 65 % av seilasene er lasten registrert med vekt; registrerte lastvekter spenner mellom 1 g og 5 700 tonn. Det er knyttet stor usikkerhet til de høyeste registrerte lastvektene. 95 % av registreringene er på under 2 tonn, og 99 % av registreringene er på under 20 tonn. Det er derfor sannsynlig at de høyeste lastvektene skyldes feilregistreringer. Dette understøttes av en stikkprøve som avslører at lasten på 5 700 tonn er registrert for et offshore supplyskip, som ikke har kapasitet til å ta denne lasten.



Denne usikkerheten vil imidlertid ikke ha noen 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.

I Barentshavet (Barents SRS) er det i perioden 2012-2014 registrert 7 fartøy med radioaktiv last; 2 kjemikalietankere, en produkttanker, to stykkgodsskip, et ankerhåndteringsfartøy og et cruiseskip. Med unntak for «*Mikhail Dudin*», som transitterer NØS i september 2014 med en bruttolast på 69,9 tonn med UN kode 3328, er det ikke registrert UN kode i radioaktiv last transportert i Barentshavet. I tillegg til registreringene i databasene SafeSeaNet Norway og Barents SRS har Vardø VTS rapportert inn et antall fartøy som har vært innom eller transittert NØS. Denne listen består av to ulike russiske atomisbrytere (50 Let Pobedy og Rossiya) med totalt 8 seilaser i perioden 2012-2014, og en seilas med lasteskipet «SC Ahtela» som også er registrert i SafeSeaNet databasen.

For hele NØS og med utgangspunkt i data fra SafeSeaNet Norway, Barents SRS og Vardø VTS gir dette totalt 3495 seilaser og 4033 registreringer i perioden 2012-2014 med transport av radioaktiv last registrert med UN kode.

Generelt er skipstransport av radioaktiv last dominert av trafikk til og fra offshoreinstallasjoner. Nær halvparten av alle seilaser med radioaktiv last går ut fra offshoreinstallasjoner, og ytterligere en tredjedel av trafikken går ut fra baser med nær tilknytning til offshoreindustrien (Dusavik, Risavika, Tananger, Kristiansund, Mongstad). Blant seilaser som starter utenfor NØS, står Aberdeen frem med 99 seilaser, 88 med destinasjon i enten Risavika eller Tananger. Det er i tillegg 32 seilaser med startpunkt i Danmark (Hirtshals, Esbjerg), to med startpunkt i UK unntatt Aberdeen, og en med startpunkt i Sverige. Radioaktiv last i skip som kommer til Norge fra utlandet skiller seg ikke fra nasjonale transporter iht. mengder eller type last.

Det er i NØS i perioden 2012-2014 registrert radioaktiv last med 19 forskjellige UN-koder. Av disse er 4 UN-koder (2908, 2909, 2910 og 2911), som sammen representerer 468 seilaser (13 %), definert som ikke skadelige av IAEA (Tabell 11) og derfor ikke kommentert i vurderingen av miljøkonsekvenser. Videre er 218 seilaser (6 %), fordelt på 4 forskjellige UN-koder (2912, 2913, 3321, 3322), registrert med last som er potensielt skadelig ved innånding eller spising. Fordi strålingen fra disse produktene ikke penetrerer organismer, vil miljøkonsekvenser være relatert til inntak via mat, for eksempel i bunnlevende organismer som spiser kontaminerte 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 2809 seilaser i perioden 2012-2014, tilsvarende 80 % av alle registrerte seilaser med radioaktiv last.

DNV GL har kategorisert de russiske atomisbryterne (8 seilaser) under UN-kode 3331 (potensielt skadelig) - all øvrig klassifisering i datasettet stammer fra registreringer i databasene til Kystverket (SafeSeaNet Norway og Barents SRS).

DNV GL har vært i kontakt med Statens Strålevern og bedt dem kommentere statistikken vist i Tabell 11. Strålevernet nevner at det ennå ikke finnes sertifiserte Type C-beholdere, og er derfor skeptisk til at det er transportert radioaktivt materiale med UN-koder 3330 og 3323. Disse totalt 10 registreringene markert i kursiv i Tabell 11 er derfor usikre.

**Tabell 11 Oversikt over radioaktiv last transportert i NØS i perioden 2012-2014, sortert på UN-kode.**

UN	Skadekategori	Antall seilaser 2012-2014
3332	Potensielt skadelig	1948
2916	Potensielt skadelig	464
2915	Potensielt skadelig	361
2911	Ikke skadelig	241
2910	Ikke skadelig	210
2912	Potensielt skadelig ved innånding og svelging	111
2913	Potensielt skadelig ved innånding og svelging	99
2909	Ikke skadelig	10
2919	Potensielt skadelig	10
3331	Potensielt skadelig	10
2908	Ikke skadelig	7
3330	<i>Potensielt skadelig</i>	7
3322	Potensielt skadelig ved innånding og svelging	6
3327	Potensielt skadelig	3
3323	<i>Potensielt skadelig</i>	3
3321	Potensielt skadelig ved innånding og svelging	2
3328	Potensielt skadelig	2
2977	Potensielt skadelig	1
<b>SUM</b>		<b>3 495</b>

### 7.3.1 Miljøkonsekvenser ved ulykke

Dette kapittelet gir en overordnet vurdering av miljøkonsekvenser gitt et uhellsutslipp av radioaktiv last eller drivstoff. Etter en innledende diskusjon rundt naturlig og kunstig bakgrunnskonsentrasjon av radioaktive stoffer i sjøvann, gis en overordnet vurdering av miljøkonsekvenser for de to relevante hovedgruppene i Tabell 10. UN-koder som er klassifisert som ikke skadelige av IAEA (2908, 2909, 2910, 2911) er ikke inkludert i vurderingen.

I gjennomsnitt er bakgrunnsnivået for radioaktivitet i sjøvann 12,5 Becquerel (Bq) pr. liter. Kalium-40 er dominerende isotop både med hensyn til konsentrasjon og stråledose med opp til 96 % av total radioaktivitet i ukontaminert sjøvann. Bakgrunnsnivået av radium i sjøvann er på 1-2 mBq (millibecquerel) pr. liter for Atlanterhavsvann /18/. I kystnære områder kan konsentrasjonene av radium være opp til 5 mBq pr liter. Dette skyldes naturlig høyere konsentrasjoner nær land, hvor elver og avrenning fra land tilfører kystvannet uran og radium fra berggrunn og sediment, samtidig som det er liten blanding av kystvann med Atlanterhavsvann.

Nivåene i havet av menneskeskapt radioaktiv forurensing er generelt lave. Det 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 forurensing fra hovedsakelig tre kilder:

- Atmosfæriske atomprøvesprengninger på 1950- og 1960-tallet. Nedfallet fra våpenprøvene på 1950- og 1960-tallet har gitt en gjennomsnittlig økning av bakgrunnsstråling på om lag 1 Bq pr. liter sjøvann.
- Utslipp fra reprosesseringsanlegg for brukt kjernebrensel i utlandet, særlig Sellafield (UK).

- Utstrømning av forurenset vann fra Østersjøen og nasjonale vassdrag, som fremdeles inneholder mye nedfall fra Tsjernobyl-ulykken.

Av de kunstige radioaktive isotoper som er sluppet ut i havet, er cesium-137 den viktigste. Målte nivåer av cesium-137 i sjøvann i Nordsjøen i 2010 var i intervallet 2.0 - 4.9 MBq pr liter. De høyeste konsentrasjonene ble funnet i kyststrømmen /18/. Nivåene av cesium-137 i andre havområder er lavere enn i Nordsjøen. For eksempel gjennomsnittlig nivå i Barentshavet i 2009 var 1.9 mBq pr liter /18/. Årsaken til at vi finner høyere konsentrasjoner i Nordsjøen er nærheten til Østersjøen og gjenvinningsanleggene Sellafield og La Hague.

Olje- og gassindustrien bidrar også til å øke nivåene av radioaktive stoffer, og Norge står for nesten halvparten av radioaktive utslipp i OSPAR området. En stor del (40 %) av norske utslipp skjer fra Trollfeltet i Nordsjøen /5/. Aktiviteten i produsert vann som slippes ut på Trollfeltet er 9-10 Bq pr. liter og skyldes tilstedeværelse av uran-238 og thorium-232 i reservoaret. Totalt utslipp av radioaktive stoffer i produsert vann på norsk sokkel var i 2013 ca. 700 GBq (gigabecquerel;  $700 \times 10^9$  Bq) /5/. Radium-226 og radium-228 står for mer enn 90 % av utslippene, med noe bidrag fra bly-210 og spor av andre isotoper. Modelleringsstudier har vist at utslippene fra norske olje- og gassfelt fortynnes raskt i vannsøylen /19/. Det er ikke beskrevet miljøkonsekvenser lokalt rundt offshoreinstallasjoner inkludert Troll, som følge av radioaktive stoffer.

Radioaktive stoffer fraktes rundt med havstrømmene og kan transporteres over lange avstander. Mange av disse radioaktive stoffene som slippes ut, kan tas opp i levende organismer som fisk, skalldyr og tang. Noen radioaktive stoffer lagres også i sedimentene, hvor de senere igjen kan frigjøres til vannet eller bunndyr. Radium likner kjemisk på kalsium og avleires mest i skall og ben. Det finnes også visse mengder bly-210 (halveringstid ca. 22 år) og polonium-210 (halveringstid ca. 140 dager) i sjøvann. Disse stoffene finnes i bløtvev i skalldyr og fisk og bidrar derfor i større grad til den stråling mennesker utsettes for ved å spise fisk.

De høyeste nivåene radioaktivitet som er målt i marint miljø er opp mot 900 becquerel pr. kilo (Bq/kg) tørrvekt i tang og tare. Etter Tsjernobyl-ulykken fastsatte EU grenseverdier for hvor mye radioaktivitet som er tillatt i landbruksprodukter. Grenseverdiene gjelder for summen av de radioaktive stoffene Cesium-134 og Cesium-137:

- Melk og barnemat: 370 becquerel per kilo.
- Andre matvarer: 600 becquerel per kilo.

I Norge gjelder de samme grenseverdiene, med et unntak for tamrein, vilt og vill ferskvannsfisk som har en grenseverdi på 3000 becquerel per kilo.

I utgangspunktet er fisk og andre vannlevende organismer bedre beskyttet mot stråling enn mennesker og terrestriske dyr. Det skyldes at mengden av radioaktive stoffer er langt mindre i vann enn i jord og berggrunn, og at vann er en effektiv stopper for radioaktiv stråling. Vannet vil derfor redusere betydningen av den kosmiske strålingen og det er i prinsippet bare radioaktivitet som kommer inn i fisken som er av betydning. Radioaktiviteten kommer inn i fisken hovedsakelig via dyreplankton. Grunnet en høyere saltholdighet i sjøvann anrikes radioaktive stoffer mye mindre i marine fiskearter enn i fisk som lever i ferskvann. For eksempel er anrikningsfaktoren for cesium-137 omtrent 50 ganger i marine fisker, men 3000-4000 ganger i ferskvannsfisk.

### 7.3.1.1 Gruppe I - Potensielt skadelig

Denne gruppen er registrert i 2809 seilaser i perioden 2012-2014 og er dominerende totalt sett for skipstransport av radioaktiv last (80 %). Radioaktiv last med UN-kode 3332, 2916 og 2915 utgjør 99 % av alle registreringer i gruppen (Tabell 11).

Type C laster er registrert i 10 seilaser i perioden 2012-2014. Som nevnt tidligere setter Strålevernet spørsmål ved forsendelser merket med UN-kode 3323 og 3330, fordi det ikke eksisterer sertifiserte beholdere for Type C laster. Disse registreringene er derfor usikre.


Det er registrert totalt 8 transitt seilaser gjennom NØS av russiske atomisbrytere (UN-kode 3331). Det dreier seg om to forskjellige atomisbrytere med 4 transittseilaser hver, hhv. av «50 Let Pobedy» ferdigstilt i 2007, og «Rossiya» ferdigstilt i 1985. Begge er «Arktika»-klasse isbrytere som drives med 2 st. OK-900A fisjonsreaktorer på 171 MW. Kjernebrensel brukt ombord er 20-90 % anriket uran-235 som ligger i en grunnmasse av aluminium. Det er 500 kg uran-235 i hver reaktor, det vil si totalt 1 tonn. Dette tilsvarer en total aktivitet i området tera ( $10^{12}$ ) til peta ( $10^{15}$ ) Bq. Imidlertid er et momentant utslipp av uran-235 eller brukt kjernebrensel svært usannsynlig, gitt et havari av en atomisbryter, noe som understrekes av tidligere havarier med atomubåter.

Det har vært flere ulykker med russiske, atomdrevne ubåter, senest med «K-159» som gikk ned i august 2003 på Kildinbanken (246 m dyp) under slep fra den tidligere ubåtbasen Gremikha til skipsverftet i Poljarnyj, der den skulle hugges opp. «K-159» inneholder om lag 800 kg brukt kjernebrensel. Siste gang «K-159» fikk skiftet reaktorbrensel var i 1972. Det er derfor grunn til å tro at brenselet er svært utbrent. Biologisk mest relevant isotop fra utbrent uran-235 er cesium-137 fordi den er godt løselig i vann og fordi den har en halveringstid på 30 år. Statens Strålevern konkluderte i 2006, at en kritikalitetsulykke, det vil si en ukontrollert kjedereaksjon i kjernebrenselet, er svært lite sannsynlig. Samme rapport konkluderer at utslipp av cesium-137 fra «K-159» kun forventes å gi lokale effekter /17/.

En annen russisk ubåt, «K-27», ble senket på 50 meters dyp i Karahavet ved Novaja Zemlja i 1982. Reaktoren i «K-27» inneholder en betydelig mengde høyanriket uran. Et felles norsk-russisk tokt til området i 2012 viser at den radioaktive forurensningen i området er lav og at det ikke lekker fra de to reaktorene om bord i atomubåten «K-27» /13/. Statens Strålevern presenterte nylig et verste-fall scenario for «K-27» som innebærer at selv en liten lekkasje av sjøvann inn i kjernereaktoren vil kunne føre til en ukontrollert atomreaksjon (kjerneeklyving) med den spaltbare isotopen uran-235 i det ubrukte kjernebrensel som ligger igjen i ubåten /16/. Ingress av sjøvann vil moderere tilgangen på nøytroner og derfor øke reaktiviteten i reaktoren. Et slikt fisjonsscenario vil føre til et pulsutslipp av store mengder radioaktiv stråling, som fra et vanddyp 50 m også vil kunne gi utslipp til luft.

Som nevnt tidligere så inneholder Arktika-klasse atomisbryter store mengder uran-brensel. Strålevernet oppgir i en e-post til DNV GL at man generelt ikke kan utelukke spontan kjerneeklyving i reaktoren hvis en Arktika-klasse atomisbryter går ned, gitt at reaktoren kan være skadet og at ingress av sjøvann kan oppstå over tid. DNV GL kan ikke vurdere sannsynligheten for et slikt verste-fall scenario på generell basis, da dette vil være en vurdering basert på mengder gjenstående uranbrensel gitt en ulykke, konstruksjonen og eventuelle skader på reaktor og reaktorhølje, og andre parametere. For eksempel så er ikke spontan kjerneeklyving vurdert som sannsynlig for «K-159».

Uran-235 er spaltbart, men ikke særlig radioaktivt, med en halveringstid på ca. 700 millioner år. Det lave aktivitetsnivået fører til at uran-235 i seg selv ikke vil gi alvorlige miljøkonsekvenser i sjøen. Det er her viktig å skille mellom fisjon og naturlig radioaktiv stråling. Strålingsnivået er mye høyere i nedbrytningsprodukter fra uran-235, og særlig i cesium-137 og strontium-90, enn i det spaltbare utgangsmaterialet.



Best kjent er havariet til den sovjetiske ubåten «Komsomolets» i april 1989, som nå ligger på 1680 meters dyp i nærheten av Bjørnøya. I det øyeblikket ubåten sank hadde den et radioaktivt innhold på totalt 25 petabecquerel. I reaktor og stridshoder var det totalt nær 10 kg plutonium. Det var i tillegg store mengder brukt, høyaktivt kjernebrensel ombord i båten, om lag 2,8 petabecquerel strontium-90, og 3,1 petabecquerel cesium-137. Strontium-90 sender ved nedbrytning ut betapartikler med en gjennomsnittlig energi på ca. 0,2 MeV (mega elektronvolt). Som nevnt tidligere betyr det at strontium kun har betydning hvis stoffet kommer inn i et biologisk system. Cesium-137 sender ut både betapartikler (ca. 0,2 MeV) og gammastråling (ca. 0,662 MeV). Gammastråling kan gi stråledoser både utenfor og inne i et biologisk system. Vann er imidlertid en effektiv brems for alle typer stråling, og et vannlag på ca. 10 cm vil halvere gammastrålingen fra cesium-137.

Det er ikke målt unormalt høye verdier av radioaktive stoffer ved «Komsomolets»-vraket, noe som tilsier at vraket ennå ikke har begynt å lekke, eller lekker med svært lave rater /14/. Det er i tillegg i to modellingsstudier konkludert med at fortløpende lekkasje av cesium-137 fra «Komsomolets» og «K-159» vil gi neglisjerbar kontaminering av fisk i nærområdet. For å komme opp i strålingsnivåer over grenseverdien satt for sjømat (600 Bq/kg) vil det være nødvendig med et pulsutslipp på  $\geq 10$  % av den totale mengden cesium-137 i disse ubåtene. Ifølge en av studiene vil et pulsutslipp av så store mengder cesium-137 kunne føre til at store deler av torsk- og loddebestandene i den sørlige del av Barentshavet vil være uskikket for spising under en periode på 2-3 år. Dette vil gi alvorlige effekter for fiskerinæringen men ikke nødvendigvis for fiskebestandene, eller for miljøet i Barentshavet på lengere sikt /15/.


Transporter med UN-kode 3331 inkluderer i tillegg to seilaser Kristiansund-Heidrun t/r i august/september 2013, uten angitt nettovekt på radioaktiv last (kun med bruttovekter i området 15-50 kg). Basert på mengder og tilknytning til offshorevirksomhet, er det trolig at lasten er feilregistrert og at det egentlig dreier seg om transport av inspeksjonskjemikalier (se neste kapittel).

Det er i perioden 2012-2014 registrert to seilaser med UN-kode 3328. Den ene seilassen med 200 kg spaltbart materiale utgikk fra Barrow in Furness (UK) med destinasjon Halden og er trolig transport av uranbrensel (uran-235) til testanlegget i Halden.

UN-kode 3328 blir også brukt for transport av brukt uranbrensel, og den andre seilassen merket med UN kode 3328 er med «Mikhail Dudin» som transitterte NØS på vei fra Gdynia til Murmansk i september 2014 med 69,9 tonn bruttolast (nettolast er ikke registrert). Strålevernet kjenner til at det uregelmessig sendes brukt kjernebrensel med skip fra Øst-Europa til Murmansk, for videre transport med jernbane til sluttforvaring i Sibir. DNV GL kan hverken utelukke eller verifisere at registreringen av «Mikhail Dudin» gjelder transport av brukt kjernebrensel. Sist gang det ble registrert slike transportert i NØS var i 2010 da «NCL Trader» hadde to turer mellom Gdynia og Murmansk. Avfallstype og strålingsnivåer i denne typen transport er til vanlig helt ukjent for norske myndigheter. Det finnes et regime for sikring av slike transportert, og det innebærer at informasjon om innholdet, avgangstid, rute etc. holdes tilbake så lenge som mulig. Norske myndigheter får heller ikke beskjed hvis det ikke er nødvendig å reise gjennom norsk territorialfarvann innenfor 12-milsgrensa, eller gå til havn. Måten transportene av brensel til Murmansk har blitt identifisert, har vært at Kystverket har fanget opp transporten via generelle rapporterings-systemer for skipstrafikk og gjenkjent visse karakteristika for transporten.

Hvis en ser bort fra fisjonsscenarioet beskrevet for «K-27», vil en ulykke med store mengder brukt kjernebrensel representere det miljømessig alvorligste scenariet og tilsvarer i verste fall et scenario som likner på atomubåten «Komsomolets» beskrevet ovenfor. Som nevnt tidligere vil ulykker med brukt kjernebrensel være alvorligere fordi strålingsnivået er mye høyere enn i selve kjernebrensel. Det er også viktig å poengtere at atomisbrytere kan inneholde store mengder brukt kjernebrensel. Som nevnt tidligere forventes målbare miljøkonsekvenser i det marine miljø kun i tilfelle store mengder





radioaktivitet lekker ut samtidig (pulsutslipp). 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. Uavhengig av havaridyp vil det som følge av et slikt verste-fall scenario kunne iverksettes tiltak som inkluderer miljøovervåkning, vurdering av mulighet for berging og tildekking.

UN-kode 3332 (ikke-spaltbart materiale i Type A emballasje) er registrert i 1958 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 blir betegnet som 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 klasset som UN-kode 3332. Ifølge Strålevernet bør scale, avhengig av aktivitetsinnhold, 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.


De radioaktive stoffene i oljeproduksjonen skyldes forekomst av uran- og thoriummineraler i de sedimentære bergartene i reservoaret. I uranserien finnes radium som radium-226 med halveringstid 1600 år og i thoriumserien som radium-228 med halveringstid 5,8 år. 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 sulfatinnhold 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 ( $\text{RaSO}_4$ ). Oljeproduiserende land rundt Nordsjøen genererer årlig omkring 200 tonn fast spesialavfall som har et forhøyet innhold av naturlig forekommende radioaktive stoffer. Andelen fra norsk sokkel utgjør ca. 25 tonn /5/.

Statens strålevern har fastsatt frigrenser for lavradioaktive avleiringer til 10 becquerel pr. gram (Bq/g) for radium-226, radium-228 og bly-210. Det måles ikke på andre isotoper. Det betyr at avleiringer ikke er å betrakte som radioaktive i de tilfeller hvor ingen av disse tre radionuklidene har en spesifikk aktivitet som overstiger frigransen på 10 Bq/g. Avfallet kan da reinjiseres eller deponeres på en vanlig fyllplass. Avleiringer fra installasjoner i norsk del av kontinental-sokkelen som blir sendt som farlig avfall har en spesifikk aktivitet på opp mot 100 Bq/g, tilsvarende 100.000 Bq/kg.

Gitt en last på 5700 tonn (maksimal last oppgitt i SSN), vil et uhellsutslipp av radioaktive avleiringer i verste tilfelle kunne gi tilførsel av opp til 500 GBq til det marine miljø. Dette tilsvarer omtrent totalt årlig utslipp med produsert vann på norsk sokkel (ca. 700 GBq). En stor og viktig forskjell er imidlertid at radioaktive stoffer som slippes ut med produsert vann foreligger ionisert i løselig form, mens radiumsulfat foreligger i tungt løselig, fast form. Utslipp av TENORM vil derfor bli liggende på sjøbunn og ikke løse seg opp i vannsøylen. Radioaktiv kontaminering vil derfor primært være begrenset til det område som den radioaktive avleiringen spres innenfor. Det er ikke vurdert spredning og akkumulering av stråling gjennom næringskjeden.

Nedbrytning av den dominerende isotopen radium-226 (halveringstid 1600 år) skjer ved utsending av alfastråling som er potensielt skadelig ved innånding eller spising, men som ikke har tilstrekkelig energi for å trenge inn gjennom huden. Gitt en ulykke vil effekter fra langsom oppløsning av lavradioaktive avleiringer på sjøbunn derfor være lokal, og konsentrert til bunnfauna. Gammastråling er begrenset til innholdet av radium-228 (halveringstid ca. 6 år) og bly-210 (halveringstid ca. 22 år).





Det er i april 2012 registrert en seilas fra en ukjent offshoreinstallasjon i Nordsjøen til Tananger med 100 kg last av UN-kode 2977 (uran hexafluoride; UF<sub>6</sub>). UF<sub>6</sub> blir brukt til oppkonsentrering av reaktorbrensel uran-235. Strålevernet kjenner ikke til at det skal være bruk av UF<sub>6</sub> i offshoremiljø og ser heller ikke at det er prosesser som krever bruk av dette stoffet. Det kan derfor antas at denne transporten er feilregistrert.

### 7.3.1.2 Gruppe II - Potensielt skadelig ved innånding eller svelging

Denne gruppen er registrert i 218 seilaser i perioden 2012-2014. Radioaktivt last med UN-kode 2912 og 2913 er helt dominerende i gruppen med 210 registreringer (96 %). Det er i mange tilfeller transportert små mengder av disse laster (<1 kg). Fra datagrunnlaget trekker DNV GL konklusjonen at radioaktive stoffer i denne gruppen hovedsakelig er knyttet til transport av inspeksjonskjemikalier til og fra offshoreanlegg. Konklusjonen er også basert på samtale med Statens Strålevern.

Inspeksjonskjemikalier blir brukt til materialkontroll av for eksempel sveiseskjøter i offshore-konstruksjoner. Materialkontroll krever i tillegg instrumenter som i seg selv inneholder radioaktive stoffer, og som blir transportert sammen med inspeksjonskjemikaliene. Vanlige inspeksjonskjemikalier er iridium-192, selen-75 og kobolt-60. Disse blir ikke oppbevart på offshore plattformer over lang tid men transporteres vanligvis sammen med mannskap fra det oljeserviceselskap som gjennomfører materialkontrollen.

Merking av inspeksjonskjemikalier avhenger av hvor mye aktivitet som er i kjemikaliene som sendes. Hvis det er en liten aktivitet i prøvene, kan de sendes som unntakskolli. Eksempelvis vil en forsendelse med iridium-192 i væskeform med aktivitet under 60 MBq kunne sendes som unntakskolli (UN 2910, ikke skadelig). Aktivitetsnivået i inspeksjonskjemikalier er imidlertid høy sett i forhold til mengden som blir brukt ved hver anledning (størrelsesorden milligram). I noen tilfeller kan aktiviteten i en prøve være høyere enn nasjonale utslipp fra offshoreindustrien på norsk sokkel i løpet av et år (ca. 700 GBq) /5/. Et momentant uhellsutslipp av inspeksjonskjemikalier i offshoremiljø ville 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.

### 7.3.1.3 Oppsummering av miljøkonsekvenser

Det er gjennomført en vurdering av miljøkonsekvenser på overordnet nivå for to hovedtyper radioaktiv last. En generell konklusjon er 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 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 og på land.

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). I noen tilfeller kan aktiviteten være like høy som årlige utslipp fra offshoreindustrien på norsk sokkel. Den tunge emballasjen med skjermemateriale fører til at lekkasjer vil skje fra sjøbunn. 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.

For en ulykke med lav-radioaktive avleiringer fra offshoreindustrien er det konkludert at miljøkonsekvensen, selv fra et meget stort utslipp på flere tonn, vil være konsentrert til det sjøbunnsareal som faktisk blir truffet av lasten fordi a) aktiviteten i avleiringene er lav (opp mot 100 Bq/g), og b)

avleiringene er transportert som tungt løselig radiumsulfat, med lave utlekkingsrater til vannsøylen og til sedimenter.

For en ulykke med en atomisbryter eller lasteskip som transporterer utbrent kjernebrensel, ser man at det gjennom historien finnes flere eksempler på atomdrevne skip som har forlist (gått ned) med svært høye strålingsnivåer om bord (størrelsesordenen petabecquerel), uten at det er målt høye strålenivåer i omgivelsen (dvs. lekkasje av radioaktiv stråling), og derfor heller ikke er beskrevet alvorlige miljøkonsekvenser fra disse. Basert på erfaring fra tidligere ulykker er sannsynligheten for større pulsutslipp med radioaktive stoffer derfor lav, men dette er noe som må vurderes for hvert enkelt scenario og basert på en rekke parametere; lokasjon, vanddyb, barrierer, skadebilde, med mere.

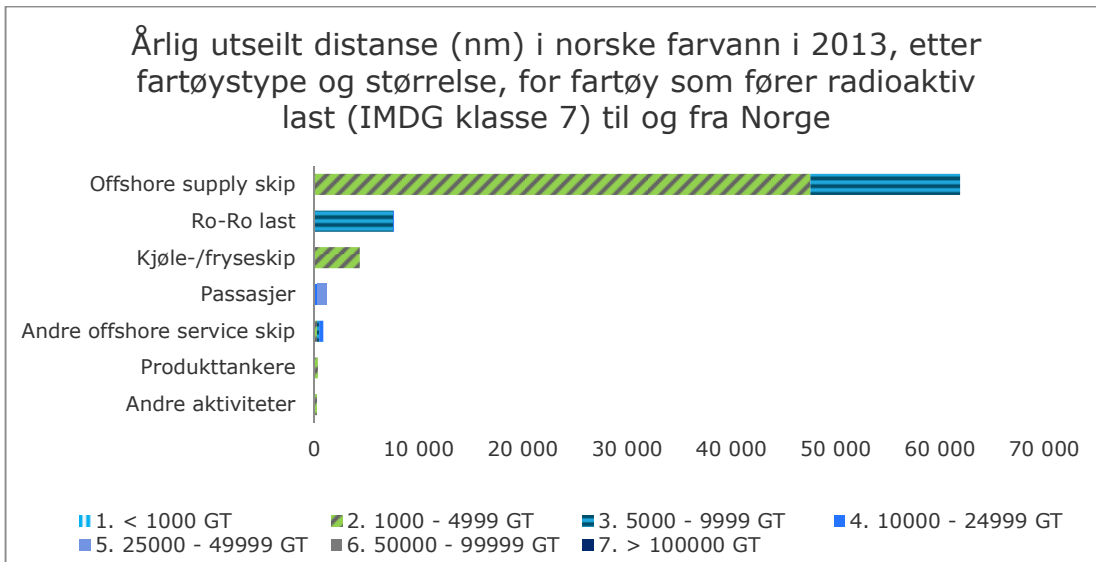
Modelleringsstudier viser også at kontinuerlig utlekking av cesium-137 over tid ikke vil gi målbare effekter i fisk selv om lekkasjen skjer på grunt vann (50 m). Det er kun større pulsutslipp av radioaktivitet som vil kunne gi målbare effekter i biota inkludert fisk, og som derfor kan føre til midlertidig nedstenging av all fiskerivirksomhet, lokalt eller regionalt /15/. 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), grunnet lekkasje av sjøvann inn i selve reaktoren, er presentert som et verste-fall scenario for den russiske atomubåten «K-27», som ligger på 50 m dyp nær Novaya Zemlya i Barentshavet. Dette vil kunne 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 GL har ikke vurdert miljøkonsekvenser av utslipp til luft. Det er heller ikke mulig å vurdere sannsynligheten for et fisjonsscenario på generell basis men det vil være en vurdering basert på mengder gjenstående uranbrensel gitt en ulykke, konstruksjon og eventuelle skader på reaktor og reaktorhølje, og andre parametere. For eksempel så er ikke kritikalitetsulykker vurdert som sannsynlig for «K-159».

### 7.3.2 Utseilt distanse

Utseilt distanse brukes til å beregne årlige frekvenser for ulykker. I tillegg, gir det et «øyeblikksbilde» av trafikksituasjonen i norske farvann. I analysemodellen øker sannsynligheten for ulykker med økning i trafikkmengde. Utvalget er basert på registreringer i databasen SafeSeaNet Norway og AIS er benyttet for å beregne utseilt distanse.

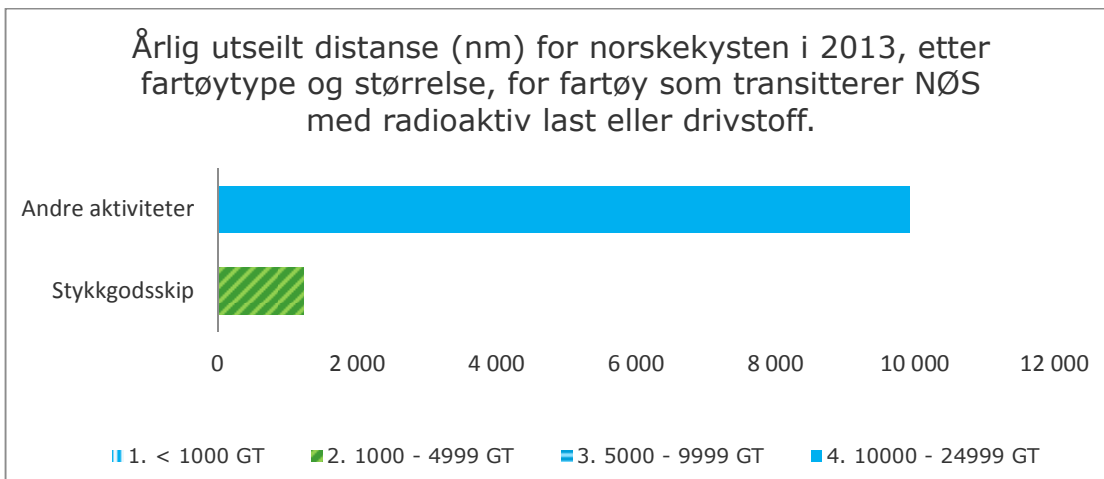
#### 7.3.2.1 Utseilt distanse fordelt på fartøytype og størrelse

Figur 15 viser årlig utseilt distanse for 2013 for fartøy som fører radioaktiv last (IMDG klasse 7) til og fra Norge. Trafikken domineres av offshore supplyskip med 81 % av den totale utreiste distansen. Videre har roro-skip og kjøle-/fryseskip henholdsvis 10 % og 6 % av totalen. Det er uvisst hvorfor kjøle-/og fryseskip er så sterkt representert. Passasjerskip er i denne sammenhengen ropax-skip.



**Figur 15** Årlig utseilt distanse (nm) i norske farvann i 2013, etter fartøystype og størrelse, for fartøy som fører radioaktiv last (IMDG klasse 7) til og fra Norge.

Figur 16 viser den årlige utseilte distansen for 2013 for transittreiser i NØS. Utvalget er basert på fartøy rapportert av Vardø VTS, og AIS-data er benyttet for å beregne utseilt distanse. Som tidligere nevnt er transittreisene dominert av atomdrevne isbrytere. Sammenlignet med fartøy med som fører radioaktiv last til og fra Norge, havner atomdrevne isbrytere på en andreplass med høyere utseilt distanse enn roro-skip (9 900 nm mot 7 600 nm).

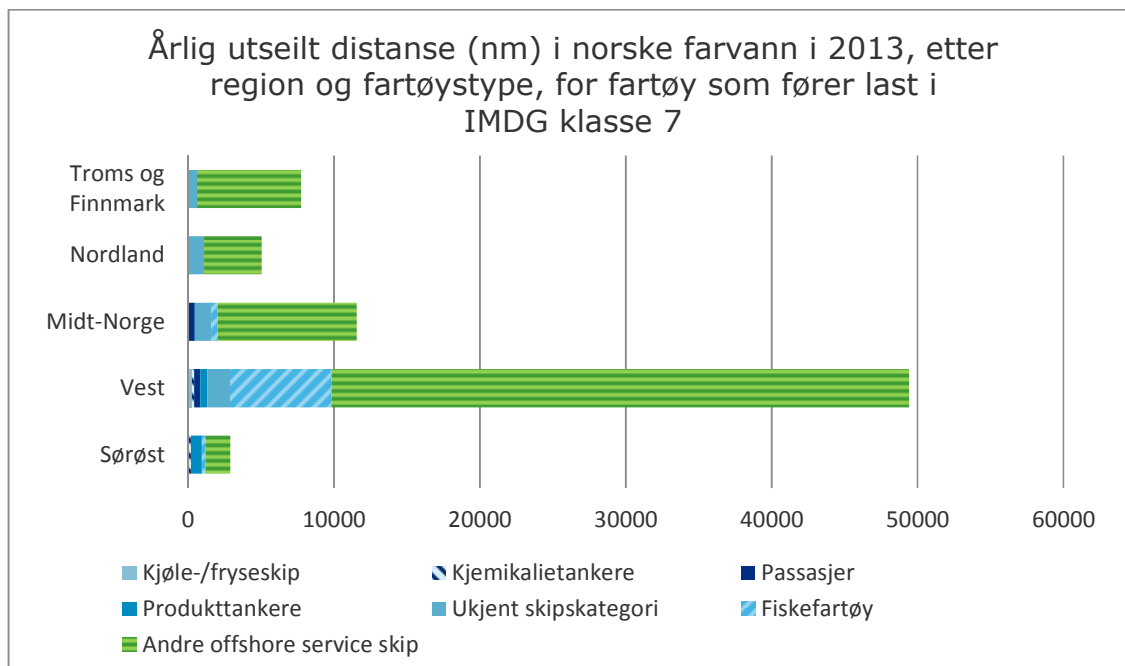


**Figur 16** Årlig utseilt distanse (nm) i norske farvann i 2013, etter fartøystype og størrelse, for fartøy som transitterer NØS med radioaktiv last eller drivstoff.

### 7.3.2.2 Utseilt distanse fordelt på region

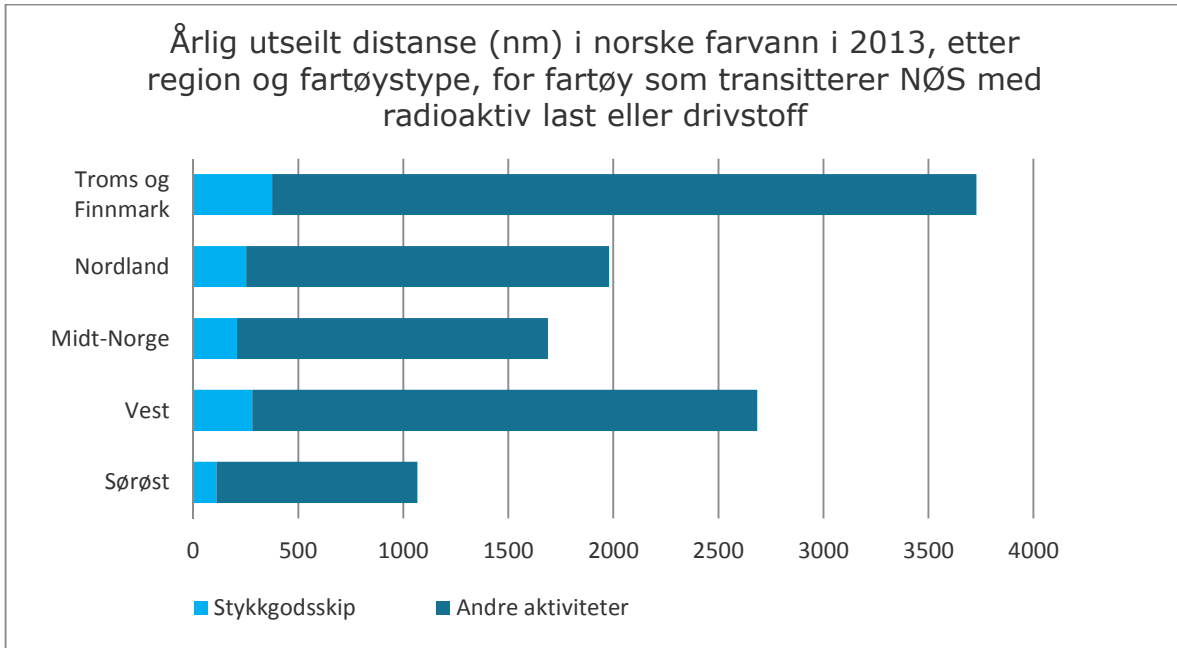
Figur 17 viser den årlige utseilte distansen for 2013 for fartøy som fører radioaktiv last (IMDG klasse 7) til og fra Norge, etter region og fartøystype. Vi ser at det er mest skipstrafikk i Vest med en andel på

65 %, etterfulgt av Midt-Norge og Nordland med henholdsvis 15 % og 10 % av den totale utseilte distansen. Troms og Finnmark og Sørøst har lavest aktivitet med henholdsvis 7 % og 4 % av den totale.



**Figur 17 Årlig utseilt distanse (nm) i norske farvann i 2013, etter region og fartøystype, for fartøy som fører last i IMDG klasse 7.**

Figur 18 viser årlig utseilt distanse for 2013 for fartøy som transitterer NØS med radioaktiv last eller drivstoff, etter region og fartøystype. Vi ser at skipstrafikken er fordelt ganske jevnt mellom regionene. Dette er naturlig da fartøyene i hovedsak går mellom Østersjøen og den russiske delen av Barentshavet, og derfor følger hele Norskekysten på reisen.



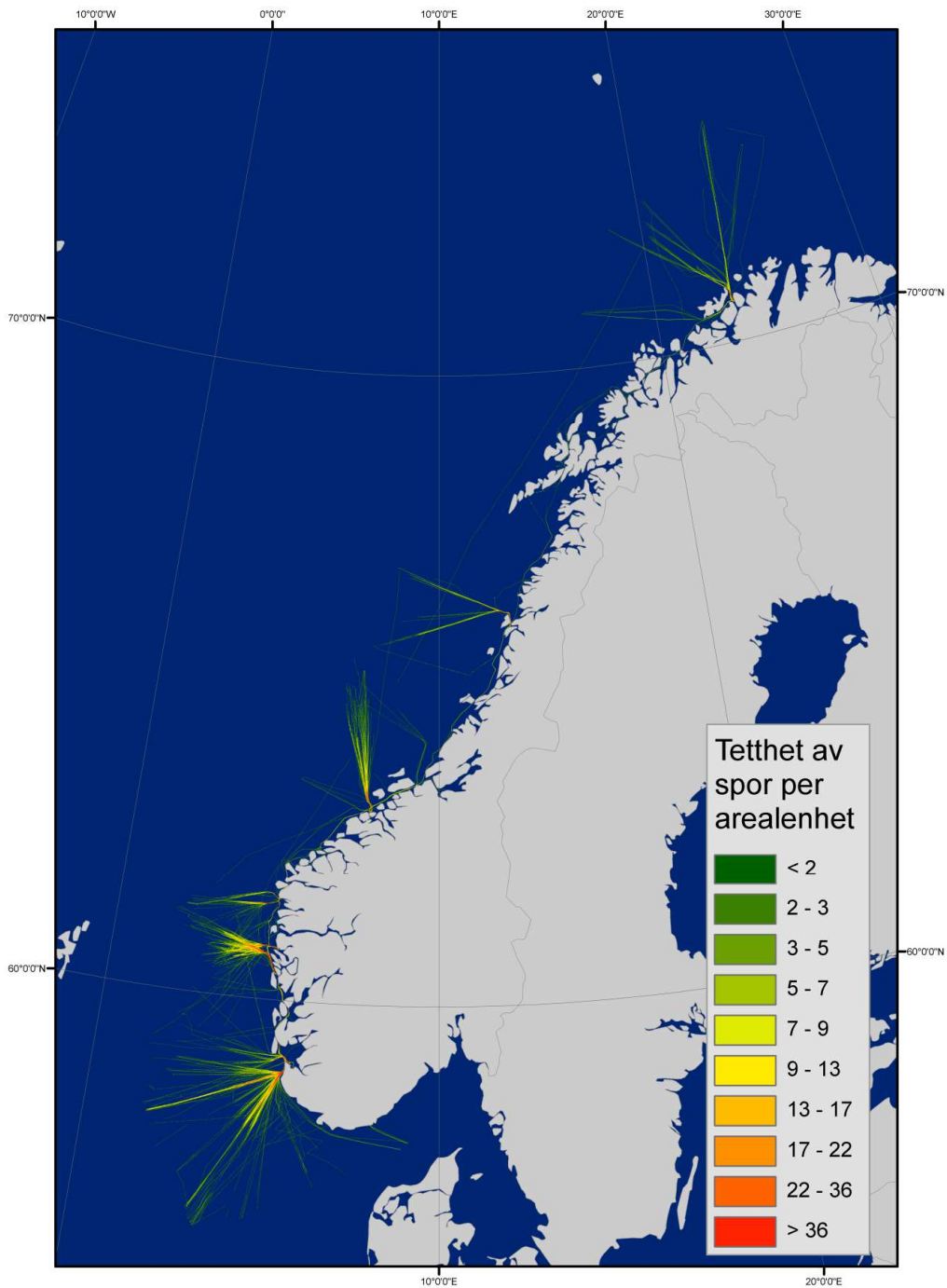
**Figur 18** Årlig utseilt distanse (nm) i norske farvann i 2013, etter region og fartøystype, for fartøy som transitterer NØS med radioaktiv last eller drivstoff.

### 7.3.3 Tetthetsplott

Figur 19 viser et tetthetsplott for skipstrafikk som fører radioaktiv last (IMDG-klasse 7) til og fra Norge basert på AIS-data fra 2013. Formålet er å differensiere intensiteten av skipstrafikken geografisk. Intensiteten i fargen indikerer frekvens, og er dermed et uttrykk for hvor tett skipstrafikken er langs kysten<sup>6</sup>.

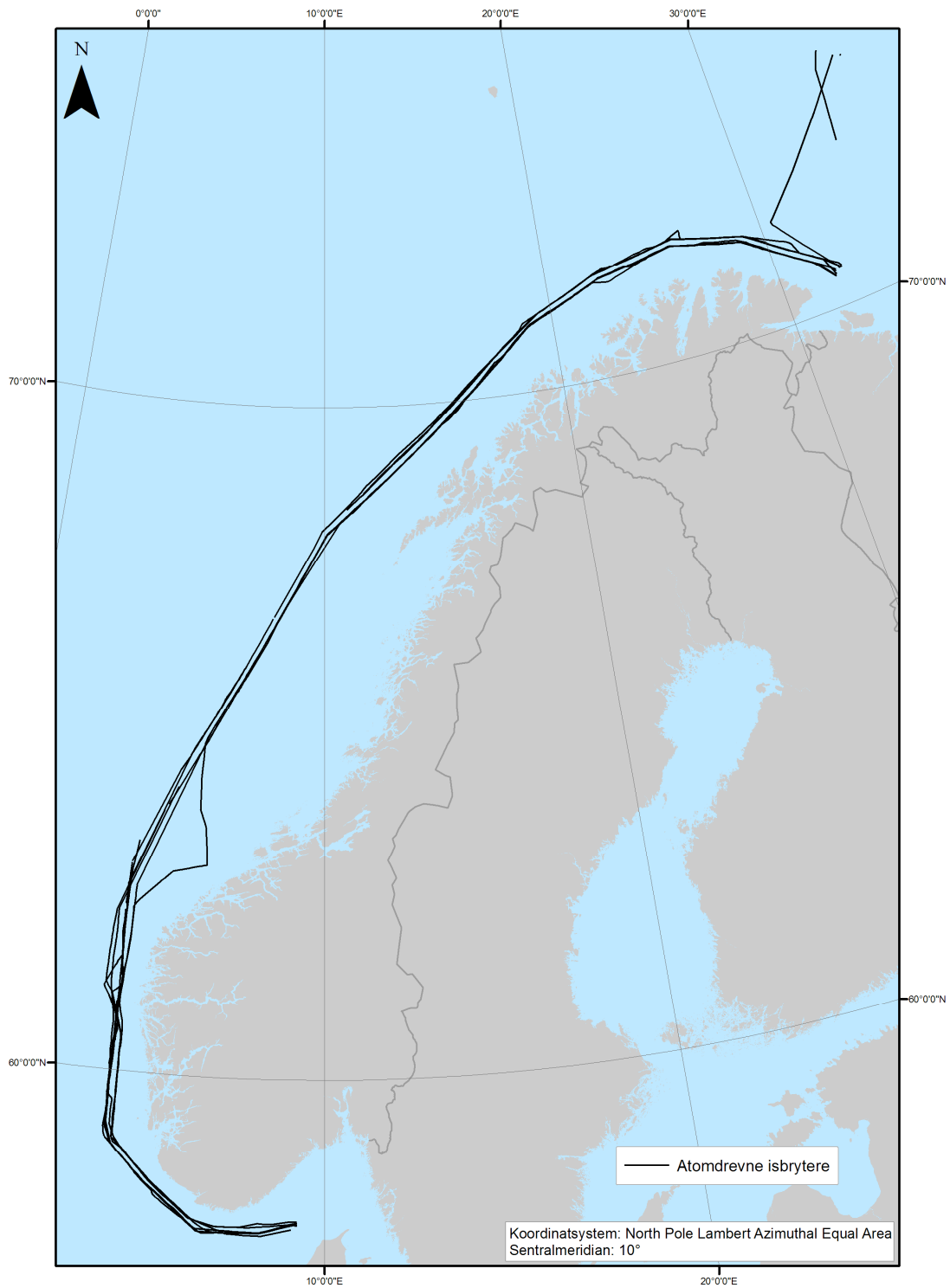
Tetthetsplottet viser at transport av radioaktive laster til og fra Norge har en meget klar knytning til olje- og gassproduksjon på sokkelen; det er klare spor fra alle forsyningsbasene langs kysten. I tillegg kan det se ut som at import og eksport skjer via Stavanger-regionen.

<sup>6</sup> Tettheten beregnes ut i fra total lengde av spor innenfor en radius av 250 m dividert på arealet.



**Figur 19 Tetthet av spor fra fartøy som fører radioaktiv last (IMDG klasse 7) til og fra Norge for 2013.**

På grunn av få registreringer er det valgt å benytte slepestreksplott for visualisering av aktiviteten av fartøy som transitterer NØS med radioaktiv last eller drivstoff. Figur 20 viser at denne aktiviteten i all hovedsak er reiser som går mellom Østersjøen og den russiske delen av Barentshavet.



**Figur 20 Slepestroksplott som viser fartøy som transitterer NØS (følger trafikkskillelinjesystem- TSS) med radioaktiv last eller drivstoff i 2013. Slepestroksplott skiller seg fra tetthetsplott ved at det ikke benyttes fargeskala for å vise tettheten av skipsspor.**

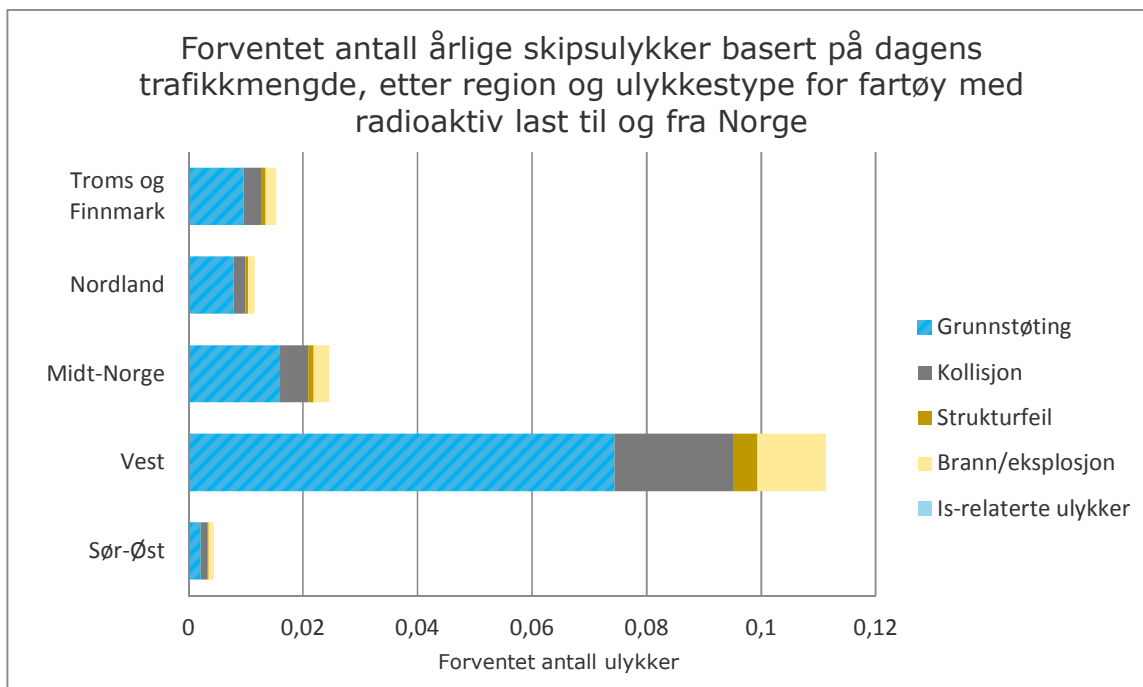
### 7.3.4 Sannsynligheten for en skipsulykke

Figur 21 og Figur 22 viser forventet antall årlige skipsulykker basert på dagens trafikkmengde (2013), etter region og ulykkestype.

Grunnfrekvensene for ulykkeskategoriene er basert på statistikk fra SDU-databasen. Ulykkeskategori «grunnstøting» er justert for avstand til land, slik at sannsynligheten for grunnstøting øker jo nærmere fartøyet befinner seg land. Analyse av ulykkesstatistikken og geografiske forskjeller, er behandlet i DNV GL rapporten «Analyse av ulykkesstatistikk» /10/.

Akkumulert årlig ulykkesfrekvens for transport av material i IMDG-klasse 7 er på 0,167, noe som tilsier at en ulykke gjennomsnittlig forekommer hvert 6. år. Det bør 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 hver region drives hovedsakelig av den utseilte distansen. Vi ser at for skipstrafikk med radioaktiv last til og fra Norge forventes det flest ulykker i Vest, ettersom denne regionen har høyest utseilt distanse. Grunnstøtinger er den dominerende ulykkestypen for hele kysten.

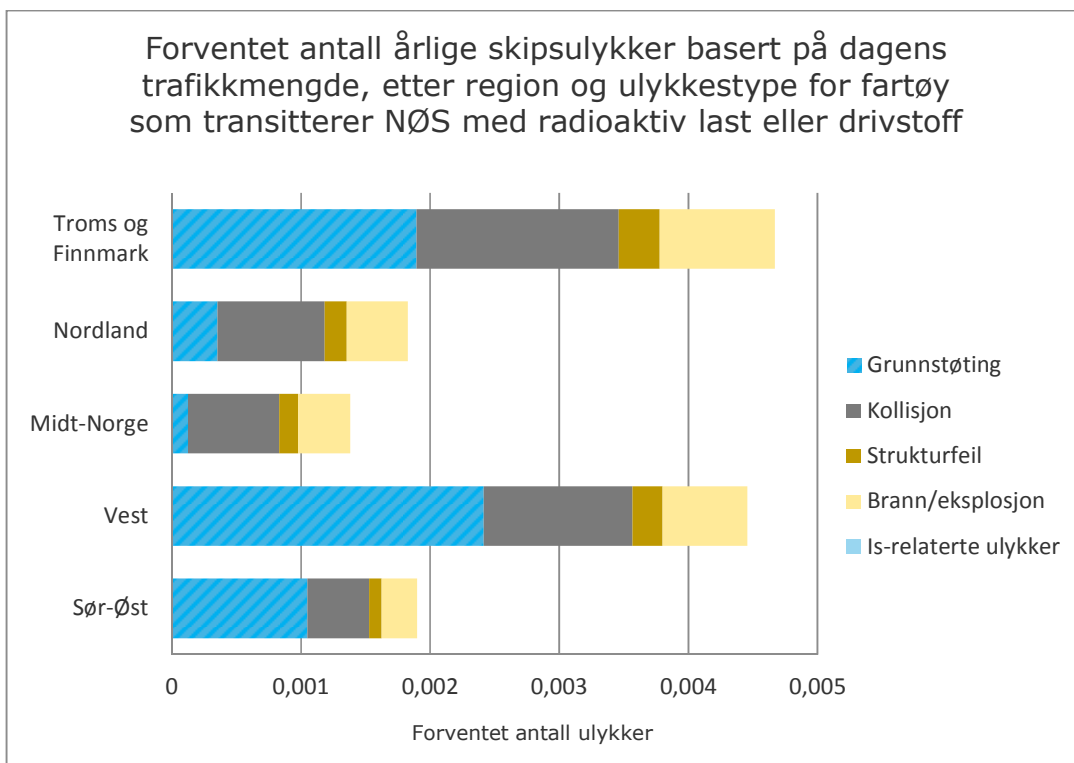


**Figur 21 Forventet antall årlige skipsulykker basert på dagens trafikkmengde, etter region og ulykkestype for fartøy med radioaktiv last (IMDG klasse 7) til og fra Norge.**

Figur 22 viser forventet antall årlige skipsulykker i NØS for transitterende skipstrafikk med radioaktiv last eller drivstoff. Tallene viser at for denne typen skipstrafikk er grunnstøting mindre dominerende - dette på grunn av at trafikken i all hovedsak foregår i god avstand til kysten.

Bidraget fra transitterende fartøy (stykkgodsskip og ro-ro lasteskip) er veldig lavt (0,015 ulykker per år, gjennomsnittlig en ulykke hvert 67. år).





**Figur 22 Forventet antall årlige skipsulykker basert på dagens trafikkmengde, etter region og ulykkestype for fartøy som transitterer NØS med radioaktiv last eller drivstoff.**

Det bør merkes at sannsynlighetsberegningene ovenfor viser sannsynlighet for at en ulykke inntreffer, ikke sannsynlighet for utslipp av radioaktiv last eller drivstoff.


## 7.4 Sikkerhetsbarrierer

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

1. IAEA/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 /12/.

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 i kapittel 7.3.1 transporteres mange forskjellige typer radioaktive materialer og graden av potensiell fare fra disse materialene varierer betydelig. IAEA har derfor utviklet forpakkingsstandarder



som tar hensyn til egenskapene og potensiell fare som utgjøres av de ulike typene av radioaktivt materiale, og 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.

## 7.5 Gjeldende risikobilde

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 0,167, noe som tilsier at en ulykke gjennomsnittlig forekommer hvert sjettede år. Det bør 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 (0,015 ulykker per år – gjennomsnittlig en ulykke hvert 67. år).

For å danne et riktig risikobilde er det nødvendig å vite hvor store mengder av ulike produkter som transporteres, ikke bare antall forsendelser. Basert på stikkprøver i datasettet konkluderer DNV GL med at kvaliteten på registreringer av transporterte mengder i SafeSeaNet Norway ikke er god nok til dette formålet. Foruten manglende data viser stikkprøvene hyppige feil i valg av kilogram eller tonn som vektenhet. Som nevnt tidligere anbefaler DNV GL å fjerne muligheten til å velge vektenhet i SafeSeaNet Norway for å bedre datakvaliteten.

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 2012-2014, 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. Feltstudier fra flere vrakområder i Barentshavet viser at det ikke har vært større pulsutslipp med radioaktive stoffer til omgivelsen som følge et 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 vandyp 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 /15/. 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 GL har ikke analysert sannsynligheten for slike utslippsscenario.

## 8 EKSPLOSJONSFARLIG LAST OG DRIVSTOFF

Dette kapitlet presenterer resultater fra en kartlegging av aktiviteten for fartøy som fører eksplosjonsfarlig last og/eller drivstoff i norske farvann. Videre beregnes sannsynligheten for skipsulykker for fartøy som fører denne typen last, og til slutt diskuteres gjeldende sikkerhetsbarrierer og hvilken risiko denne aktiviteten representerer.

### 8.1 Eksplosjonsfarlige lasttyper

Eksplosjonsfarlig 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

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 avgi oksygen.

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

### 8.2 LNG (gass) som drivstoff

Strengere regulering av utslipp av gasser som påvirker luftkvaliteten, blant annet svoveloksider (SO<sub>x</sub>) og nitrogenoksider (NO<sub>x</sub>), samt tilgjengeligheten av naturgass har ført til økt utbredelse og bruk av flytende naturgass (LNG) som drivstoff for fartøy. Norge har lenge vært et foregangsland i denne utviklingen og antall LNG-drevne fartøy under norsk flagg er nå rundt 45. Hovedvekten av disse fartøyene opererer i norske farvann.



LNG er naturgass som er gjort flytende ved nedkjøling til ca. 160 grader celsius. Naturgassen blir således tilgjengelig for transport eller lagring i et håndterbart volum. LNG avgir ingen lukt og er uten farge. Når LNG fordampes, noe den vil gjøre ved en eventuell lekkasje, ekspanderer den ca. 600 ganger og blir til naturgass som er en brennbar gass.

## 8.2.1 Farer med utslipp av LNG

På grunn av sine egenskaper, vil LNG representerer andre typer farer, hvis sølt og i kontakt med personer eller materiell i forhold til andre drivstoff (f.eks. bunkersoljer). De mest relevante farene som er spesielt for LNG er presentert nedenfor.

### Flash-brann

En eksplosjonsartet brann som oppstår når en sky av gass brenner (uten å generere noe betydelig overtrykk). Skyen av metan (og blanding av etan og propan) kan antennes der konsentrasjonen er over den nedre eksplosjonsgrensen (LEL) og under den øvre eksplosjonsgrense (UEL). Det brennbare område for metan er 5 % til 15 % i blanding med luft. Under 5 % blanding (metan/luft) vil den være for mager for å kunne tenne, og over 15 % vil den være for mett for å tenne.

Eksempler på tennkilder er statisk elektrisitet, åpne flammer, elektrisk utstyr, forbrenningsmotor, gnister etc. En brennende sky vil brenne tilbake over all sin brannfarlige masse, (dvs. innenfor det brannfarlige område - mellom UEL og LEL). Det vil da brenne ved UEL-grensen inntil hele hydrokarbon forbrukes. Varigheten av denne typen brann er relativt kort, men det kan stabilisere seg som en vedvarende jet-brann eller pølbrann fra lekkasjens opprinnelse.

### Pølbrann

Ved store utslipp av LNG, kan det være at luften ikke greier å overføre nok varme til å fordampe væsken, så en del av utslippet er derfor sannsynlig å ende opp i en pøl av LNG. LNG-pølbrann genererer betydelig termisk stråling, med effekter rundt 200 kW/m<sup>2</sup> (en person i beskyttelsesklær vil typisk motstå 12kW/m<sup>2</sup> for kun en kort tidsperiode).

### Eksplasjon

En eksplosjon og signifikant overtrykk kan oppstå når en stor brannfarlig masse av metan er antent i et avgrenset område (f.eks. i et lukket rom). I et åpent rom, utendørs situasjon, er det ingen begrensning og eksperimentelle bevis tilsier at metangassen vil brenne relativt langsomt (med en utvidelse som resulterer i en vertikal stigning av gass).

### Asfyksi

Metan, eller naturgass, er ikke giftig. Imidlertid, i tilfelle av en frigjøring av naturgass i et lukket, eller delvis lukket, område kan det resultere i kvelning på grunn av mangelen på oksygen. Dette er forårsaket av reduksjonen av differensialtrykket av oksygen i inhalerte luft, som oppstår når en blander metan og luft. Konsentrasjoner på 50 % av volumet (metan i luft) vil føre til kvelningssymptomer som eksempelvis pustevansker og rask pust, samtidig som evnen til å reagere forverres og koordinering svekkes.

### Sprøbrudd og kryogeniske skader

De kryogeniske egenskapene er spesielt for LNG, og det krever derfor spesiell oppmerksomhet. For å få metan til flytende fase den trenger å bli avkjølt til under koketemperaturen til -161 grader Celsius og representerer således termiske farer for personell (for eksempel i kontakt med væsken). De ekstremt lave temperaturene er ikke bare farlig for mennesker. Mens rustfritt stål vil forbli formbart, vil karbonstål

og lavlegert stål bli sprø og sprekke hvis de utsettes for slike lave temperaturer. Standard skipsstål må derfor være beskyttet og isolert fra enhver mulig eksponering for LNG.

## 8.2.2 Miljøeffekten ved utslipp

Miljøeffekten fra normal drift er ikke en del av omfanget av denne sikkerhetsvurdering. Den viktigste grunnen for å bygge fartøy drevet med gass er deres miljøvennlig profil. Dette gjelder både under normale operasjoner og i tilfelle en ulykke. Sett fra et miljøperspektiv er utslipp av LNG (gass) ansett som mer gunstig enn utslipp av olje. Dette er på grunn av:

- Utslipp av klimagasser reduseres når LNG forbrennes sammenlignet med olje/diesel. Dette er på grunn av et høyere hydrogeninnhold i forhold til olje/diesel. Frigjøringen av NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> og partikler er vesentlig redusert (82-84 %, 100 % og 67 %, respektivt).
- Utisiktet utslipp av LNG til det marine miljøet ville resultere i en relativt liten og smal film, som raskt vil fordampe. Et utslipp av diesel/olje (samme masse av drivstoff) vil resultere i et oljeflak som, i omkrets, vil være ca. 1 000 ganger større, mer vedvarende og gi betydelig større skade for sjø-pattedyr, fugler og akvatiske dyr.
- Utslipp av LNG under vannoverflaten vil resultere i en gass-strøm til overflaten av metan og etan. Denne konsentrasjonen anses imidlertid ikke til å være tilstrekkelig til å forårsake langsiktige virkninger på det berørte marine miljøet. Komponentene som kan være flytende ved dypere vann (f.eks. butan og pentan) har en så lav densitet at disse også er forventet å strømme raskt til overflaten. Rask fortykning av disse komponentene, for konsentrasjoner godt under akutte og kroniske effektnivåer, sikrer at ubetydelige miljøeffekter forventes fra et slikt utslipp.

## 8.3 Aktiviteten i norske farvann

Dette kapitlet presenterer resultatene av en kartlegging av dagens transport av eksplosjonsfarlig last og drivstoff, samt en overordnet vurdering av miljøkonsekvenser ved ulykke basert på denne. Videre presenteres resultater fra sannsynlighetsmodellen basert på dagens skipstrafikk.

Først får vi en modellering av skipstrafikken basert på AIS data for 2013, og deretter beregnes sannsynligheten for ulykker i norske farvann innen hver region.

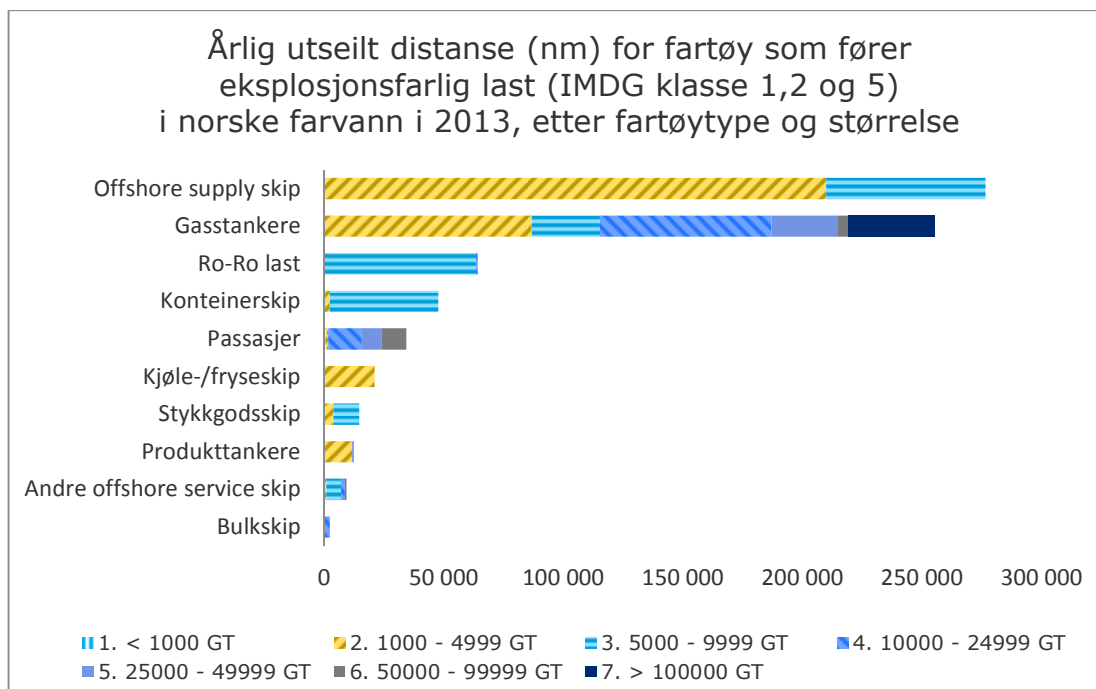
### 8.3.1 Utseilt distanse

Den utseilte distansen brukes i sannsynlighetsanalysen til å beregne årlige frekvenser for skipsulykker. I tillegg, gir det oss et «øyeblikksbilde» av trafikksituasjonen. I modellen øker sannsynligheten for ulykker med økning i trafikkmengde. Utvalget er basert på registreringer i databasen SafeSeaNet Norway og AIS er benyttet for å beregne utseilt distanse

#### 8.3.1.1 Utseilt distanse fordelt på fartøytype og størrelse

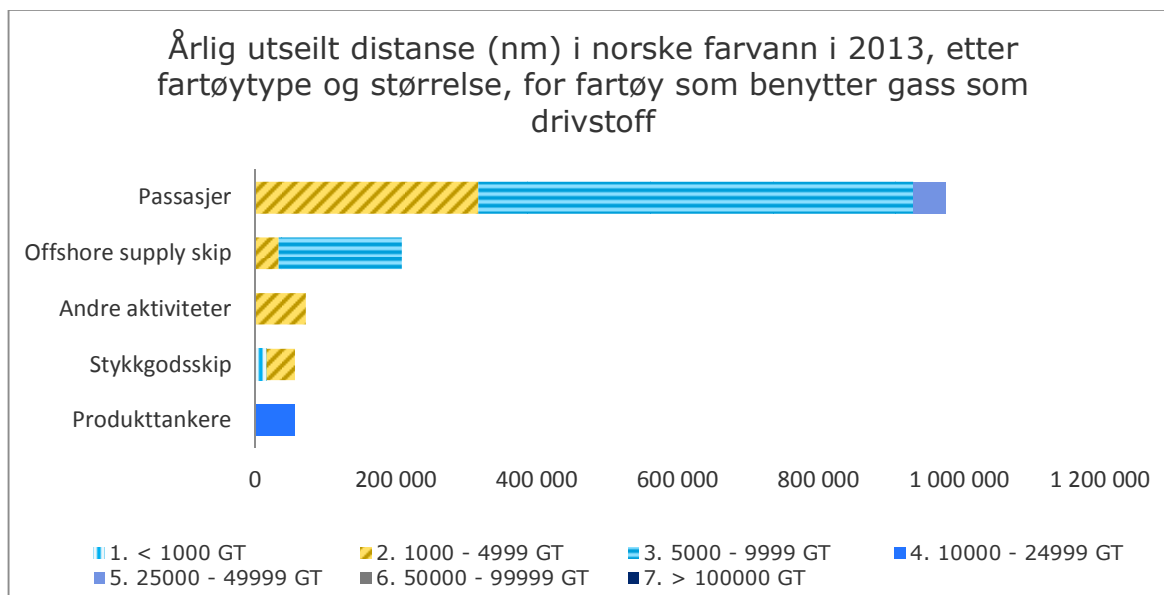
Figur 21 viser den årlige utseilte distansen for 2013 for fartøy som fører eksplosjonsfarlig last (IMDG klasse 1, 2 og 5). Trafikken domineres av offshore supplyskip og gasstankere med henholdsvis 37 % og 35 % av den totale utreiste distansen. Videre har ro-ro-skip, containerskip og passasjerskip (ropax) 9 %, og

6 % og 5 % av totalen. Gasstankere representerer de største fartøyene; ca. 5 % av den totale utseilte distansen er for gasstankere på mer enn 100 000 bruttotonn.



**Figur 23 Årlig utseilt distanse for 2013 for fartøy som fører eksplosjonsfarlig last (IMDG-klasse 1, 2 og 5), etter fartøytype og størrelse.**

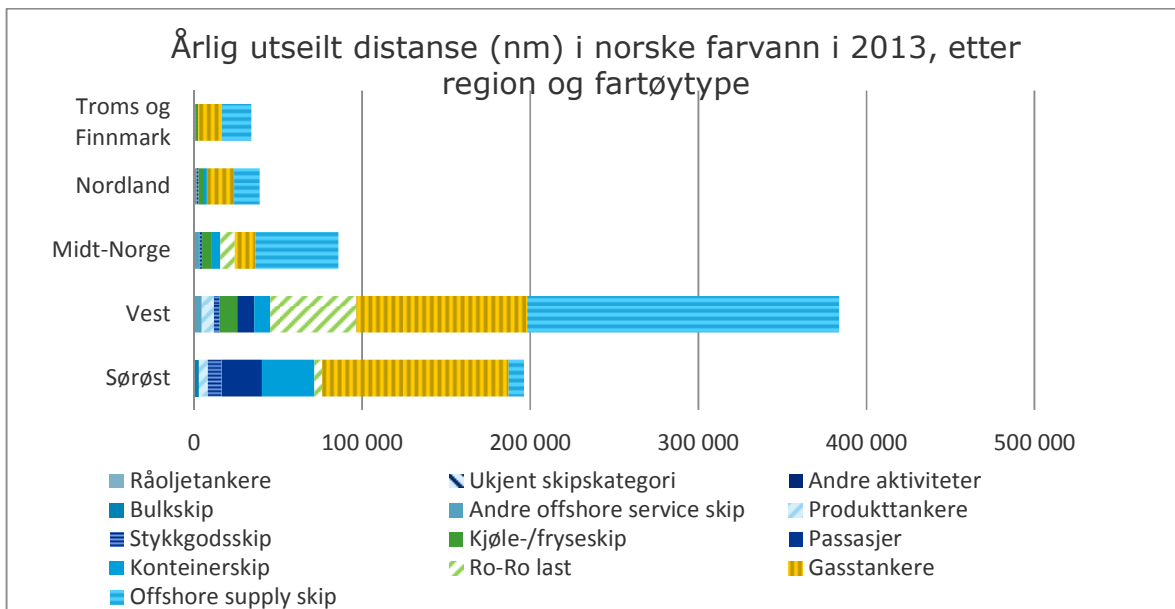
Figur 24 viser den årlige utseilte distansen for 2013 for fartøy som benytter gass som drivstoff. Aktiviteten domineres av passasjerskip som står for 71 % av total utseilt distanse. Kategorien passasjerskip er i denne sammenhengen er dominert av innenriksferger. Unntaket er Fjordline's to ropax-skip som trafikkerer ruten Bergen-Stavanger-Hirtshals. Videre er også offshore supplyskip sterkt representert med 15 % av total utseilt distanse.



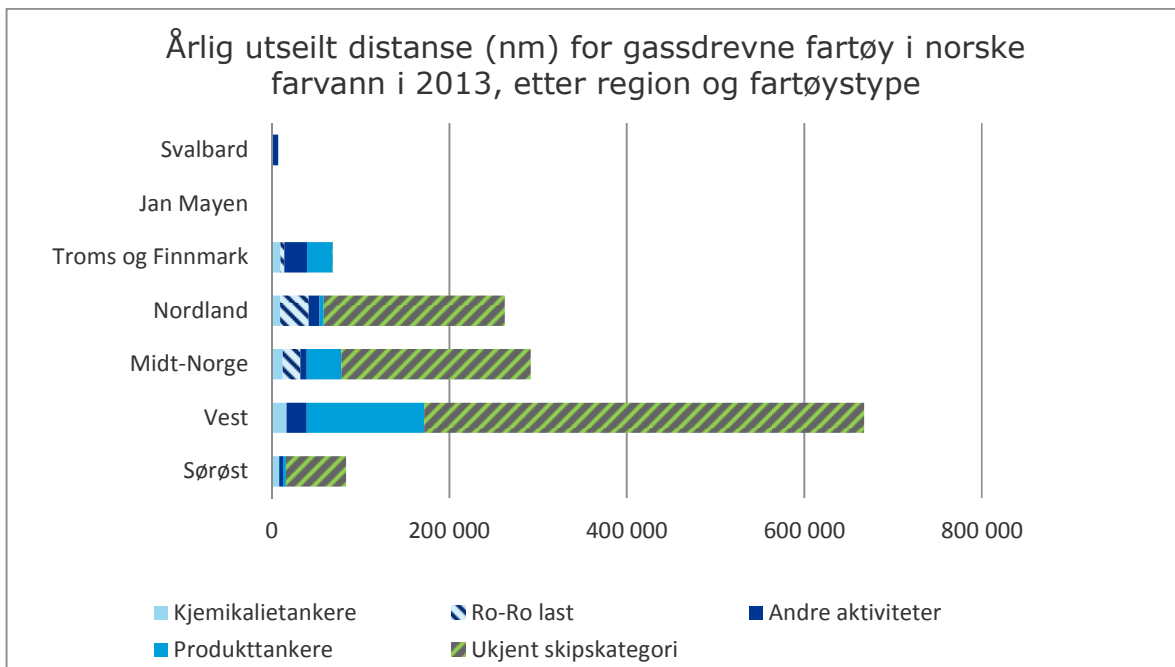
**Figur 24 Årlig utseilt distanse for 2013 for fartøy som benytter gass som drivstoff, etter fartøytype og størrelse.**

### 8.3.1.2 Utseilt distanse fordelt på region

Figur 25 viser årlig utseilt distanse for 2013 for fartøy som fører eksplosjonsfarlig last (IMDG-klasse 1, 2 og 5), etter region og fartøystype. Vi ser at det er mest trafikk i Vest og Sørøst med en andel på henholdsvis 52 % og 27 %, etterfulgt av Midt-Norge med 12 % av den totale utseilte distansen. Nordland og Troms og Finnmark har lavest aktivitet, begge med 5 % av den totale.



**Figur 25** Årlig utseilt distanse (nm) i norske farvann i 2013, etter region og fartøytype, for fartøy som fører eksplosjonsfarlig last (IMDG-klasse 1, 2 og 5).



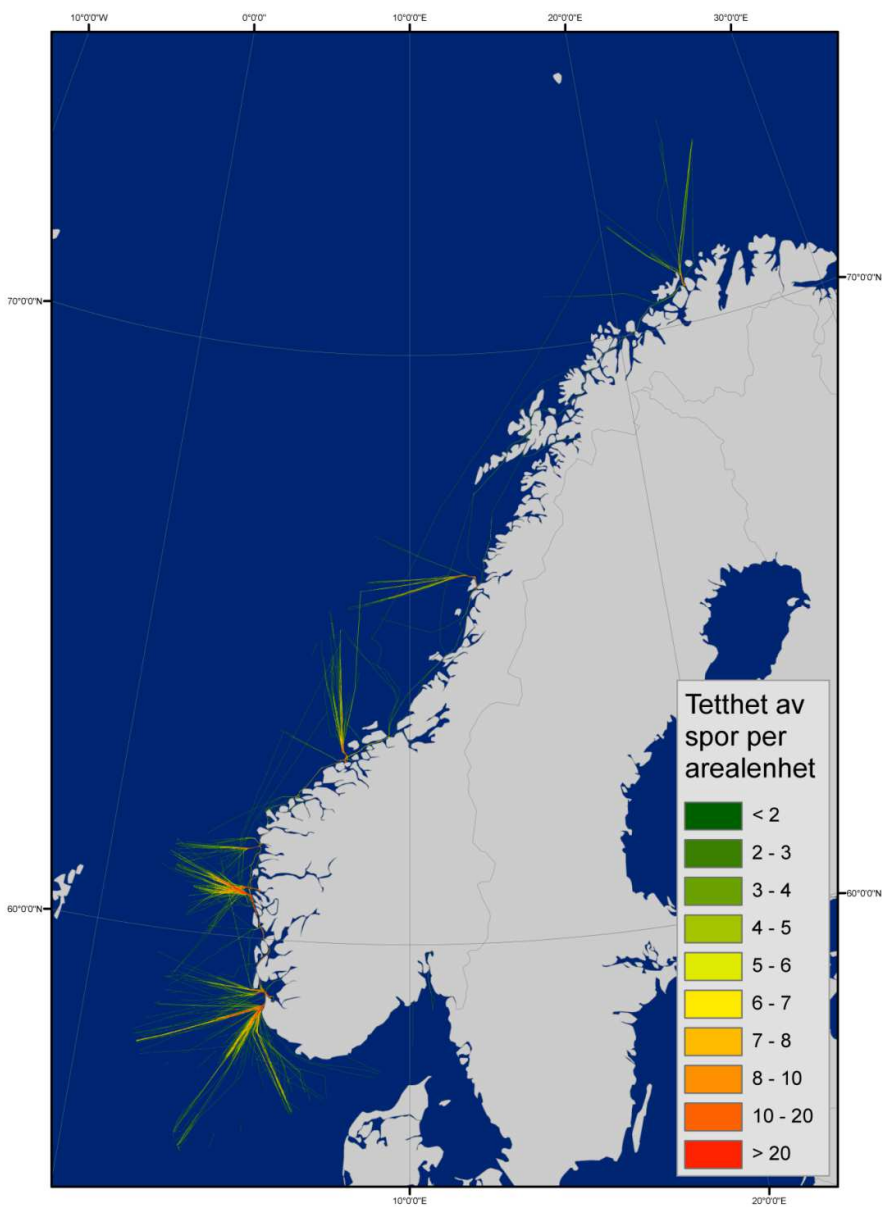
**Figur 26** Årlig utseilt distanse (nm) i norske farvann i 2013, etter region og fartøytype, for fartøy som benytter gass som drivstoff.



### 8.3.2 Tetthetsplott

Figur 27, Figur 28 og Figur 29 viser tettheten av skipsspor for fartøy som frakter last i henholdsvis IMDG-klasse 1, IMDG-klasse 2 og IMDG-klasse 5. Figur 30 viser tettheten av skipsspor for fartøy som benytter gass som drivstoff. Tetthetsplottene er basert på AIS-data fra 2013. Formålet er å differensiere intensiteten av skipstrafikken geografisk. Intensiteten i fargen indikerer frekvens, og er dermed et uttrykk for hvor tett skipstrafikken er langs kysten.

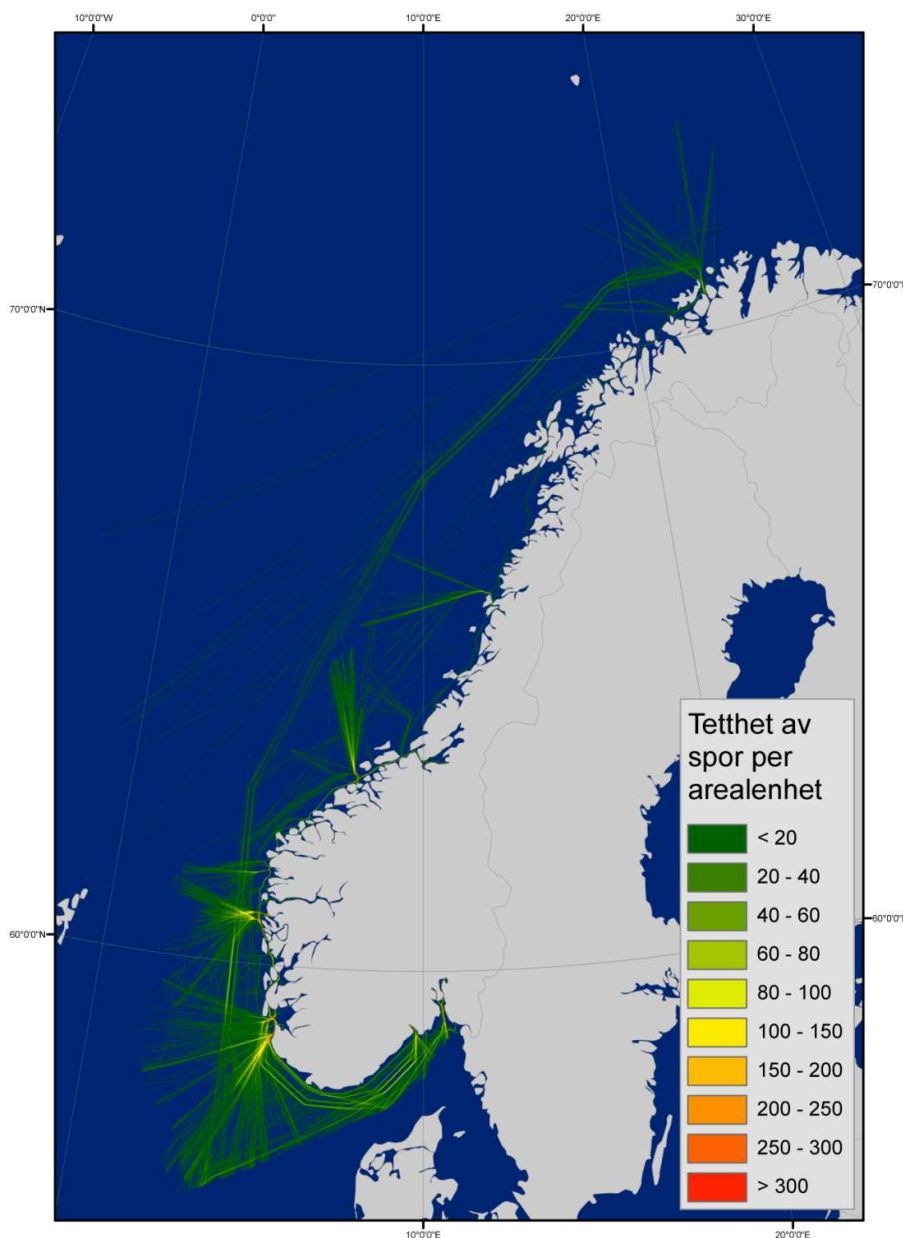
Figur 27 viser at transport av last i IMDG-klasse 1 er meget tett koblet til olje- og gassproduksjon på sokkelen; bortimot alt av skipsspor er knyttet til forsyningsbasene langs kysten. Det er også en del aktivitet langs hovedleden fra Stavanger og nordover, og det kan se ut som at import og eksport skjer via Stavanger-regionen.



**Figur 27 Tetthet av spor fra fartøy som fører last i IMDG-klasse 1 for 2013.**

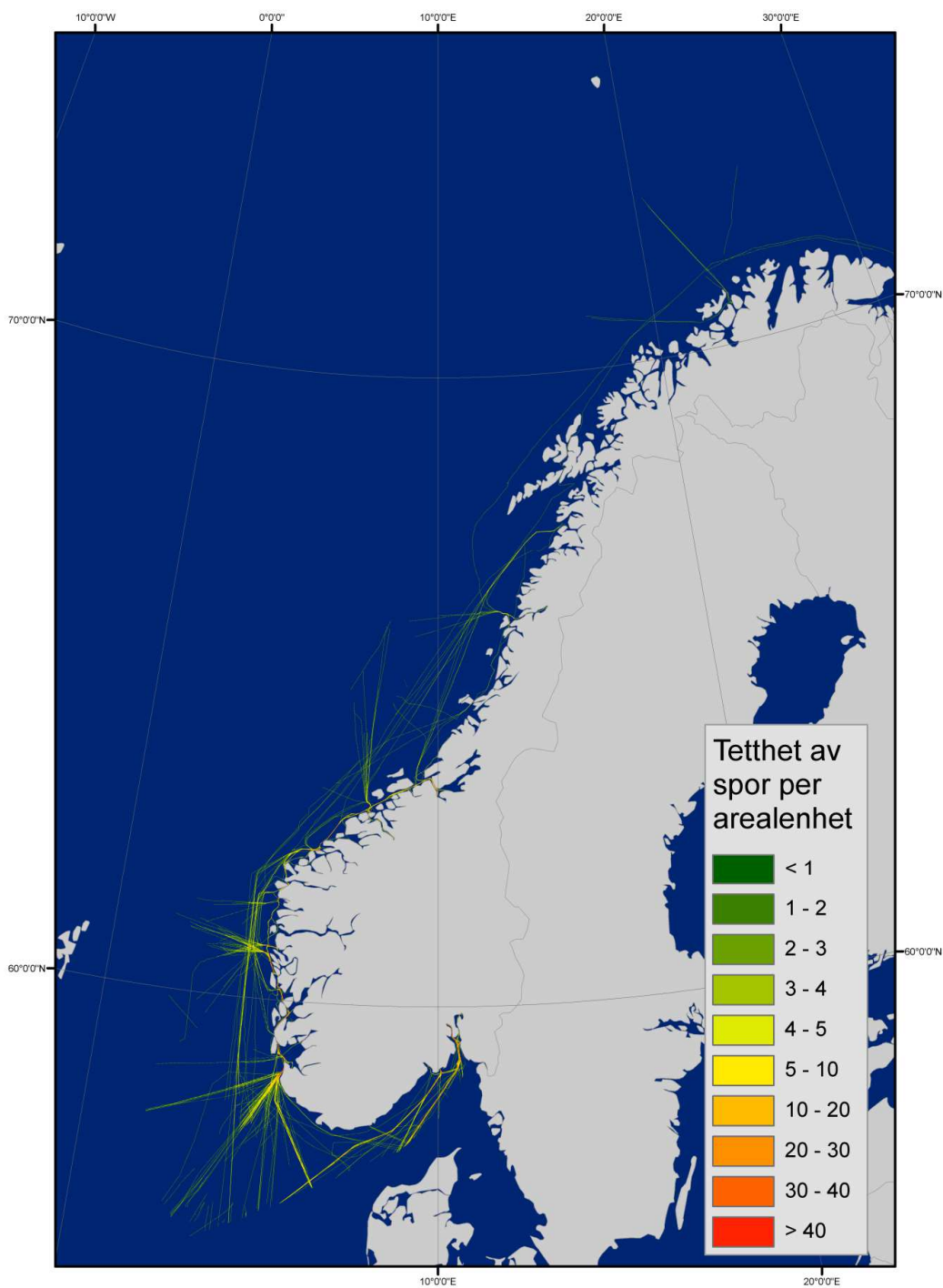
Figur 28 viser at transport av last i IMDG-klasse 2 også er koblet til forsyningsbasene langs kysten, men ikke så sterkt som for IMDG-klasse 1. Høyest aktivitet kan spores til raffineriet på Mongstad og gassanlegget på Kårstø. Vi ser også en klar aktivitet i trafikkseparasjonsystemet langs kysten, noe som indikerer transport med større fartøy som LNG- og LPG-tankere.

Det er også stor aktivitet knyttet til Grenlandsområdet. Dette kan knyttes til industrien på Herøya og Rafnes. Den petrokjemiske industrien på Rafnes benytter gass fra Nordsjøen til å produsere plastråvarer. Typiske laster er propan, etan og butan som transporteres med LPG-tankere. Industrien på Herøya benytter ammoniakk til produksjon av blant annet kunstgjødsel. Ammoniakk transporteres også med LPG-tankere.



**Figur 28 Tetthet av spor fra fartøy som fører last i IMDG-klasse 2 for 2013.**

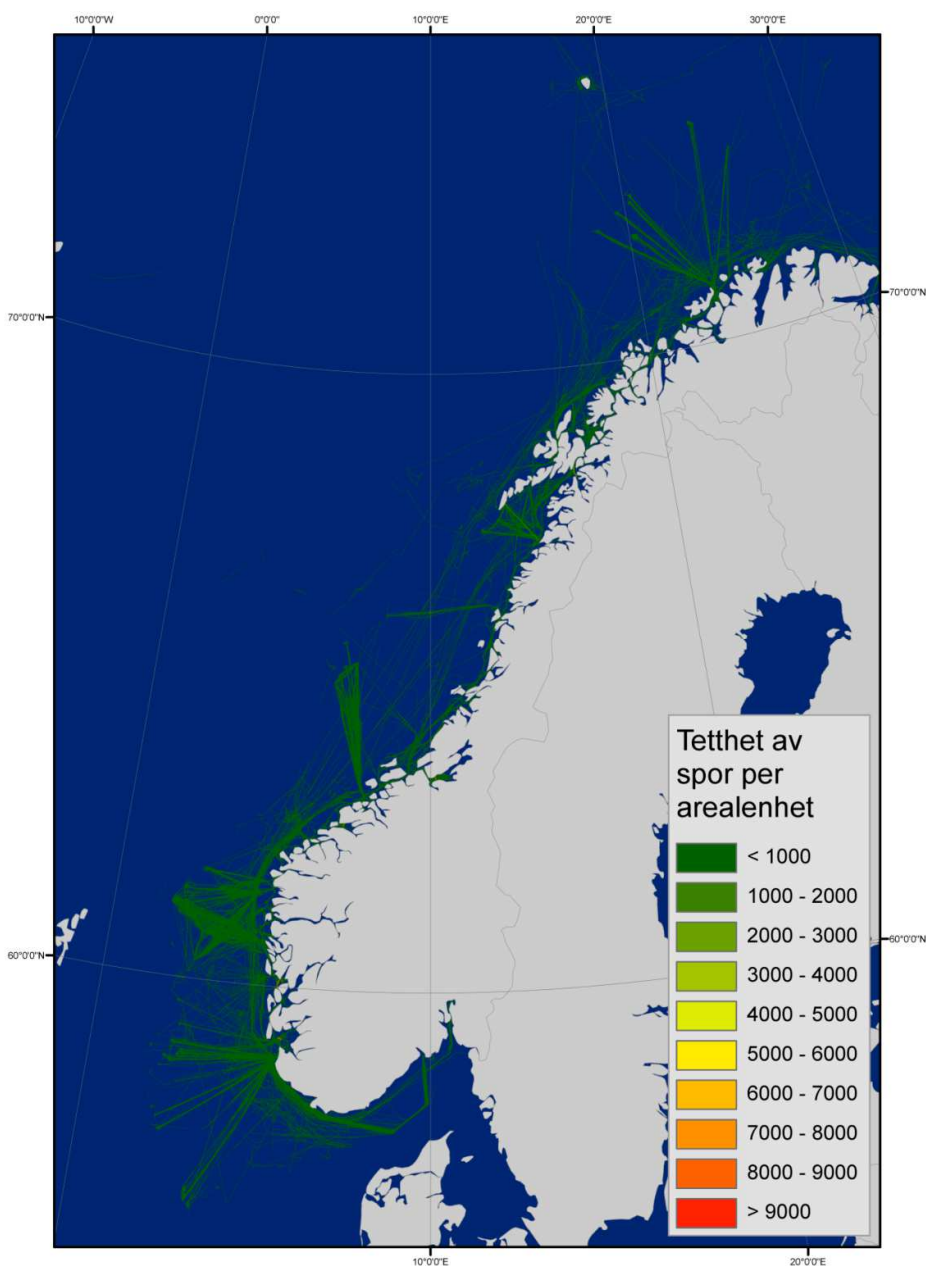
Figur 29 viser transport av last i IMDG-klasse 5. Mye av aktiviteten er knyttet til Oslofjorden og Larvik, samt Stavanger- og Bergensområdet. Videre er det en del trafikk i hovedleden fra Stavanger og nordover til Trondheim.



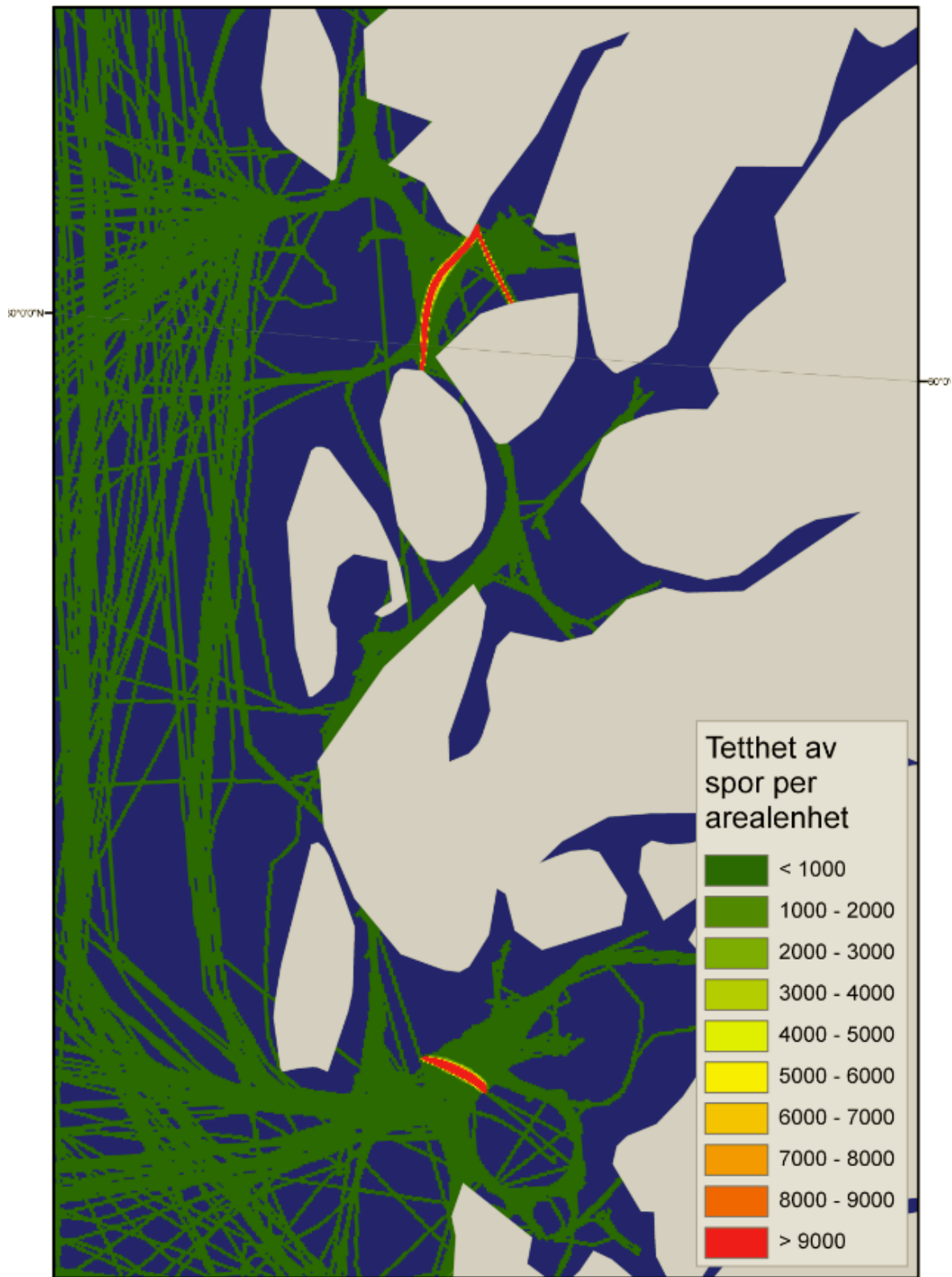
**Figur 29 Tetthet av spor fra fartøy som fører last i IMDG-klasse 5 for 2013.**

Figur 30 viser at innenriksferger dominerer bildet når det gjelder intensitet av skipsspor fra fartøy som benytter gass som drivstoff; det fremgår veldig klart hvilke fergeruter som trafikkeres av gassdrevne ferger. Offshore supplyskip står også for en relativt stor andel av aktiviteten (15 % av den totale utseilte distansen). Sammenlignet med innenriksferger er denne aktiviteten spredt utover et stort geografisk område, men det er likevel mulig å se et visst mønster som indikerer aktivitet med utgangspunkt i forsyningsbasene langs kysten.

Figur 31 viser et utsnitt for Hordaland og Rogaland. Det fremgår klart av tetthetsplottet at fergesambandene Halhjem-Våge, Halhjem-Sandvikvåg og Mortavika-Arsvågen er trafikkert av gassdrevne ferger.



**Figur 30 Tetthet av spor fra fartøy som benytter gass som drivstoff for 2013.**



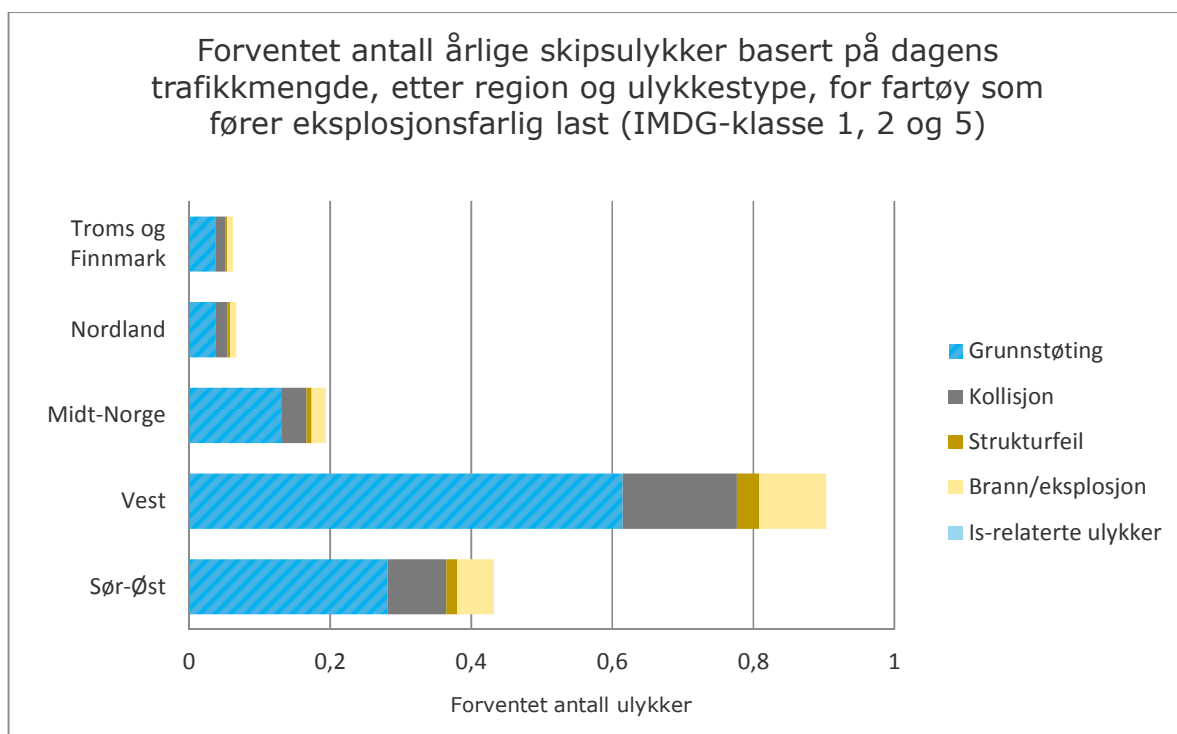
**Figur 31 Tetthet av spor fra fartøy som benytter gass som drivstoff for 2013 – utsnitt fra Hordaland og Rogaland.**

### 8.3.3 Sannsynligheten for en skipsulykke

Figur 32 og Figur 33 viser forventet antall årlige skipsulykker basert på dagens trafikkmengde (2013), etter region og ulykkestype.

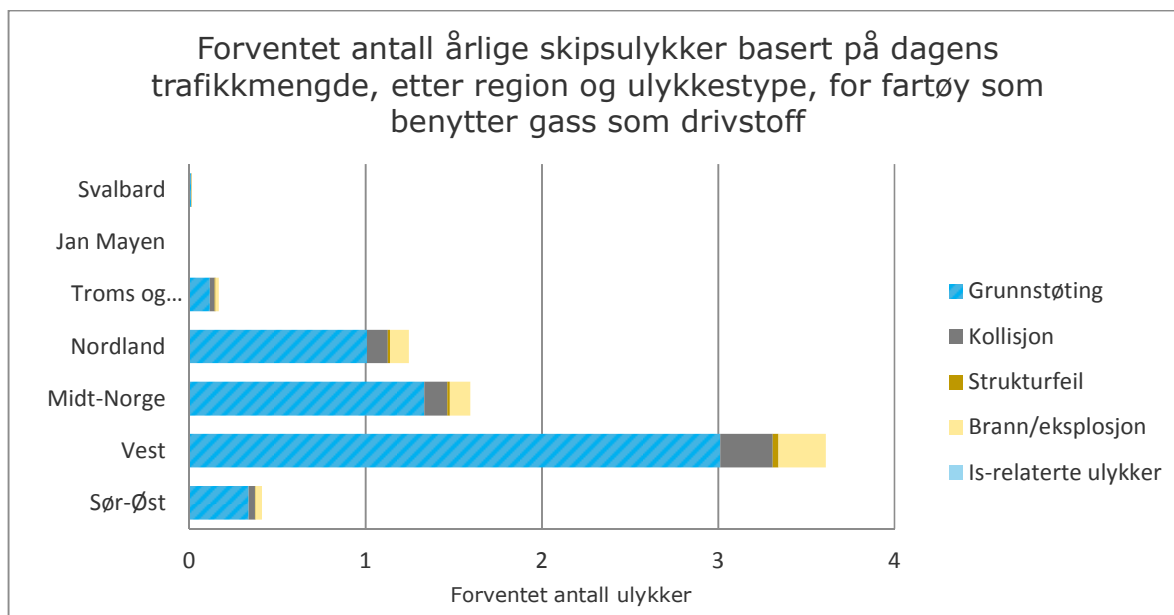
Grunnfrekvensene for ulykkeskategoriene er basert på statistikk fra SDU-databasen, justert for ulykkeskategori grunnstøting med avstand til land, slik at sannsynligheten for grunnstøting øker jo nærmere fartøyet befinner seg land. Analyse av ulykkesstatistikken og geografiske forskjeller, er behandlet i DNV GL rapporten «Analyse av ulykkesstatistikk» /10/.

Forventet antall ulykker innen hver region drives hovedsakelig av den utseilte distansen. Vi ser at for skipstrafikk med eksplosjonsfarlig last forventes det flest ulykker i Vest (0,9 per år), ettersom denne regionen har høyest utseilt distanse. Grunnstøtinger er den dominerende ulykkestypen for hele kysten.



**Figur 32 Forventet antall årlige skipsulykker basert på dagens trafikkmengde (2013), etter region og ulykkestype, for fartøy som fører eksplosjonsfarlig last (IMDG-klasse 1, 2 og 5).**

Figur 33 viser forventet antall årlige skipsulykker for fartøy som benytter gass som drivstoff. Tallene viser at for denne typen skipstrafikk er grunnstøting enda mer dominerende; dette på grunn av at innenriksferger, som i all hovedsak opererer innenfor grunnlinjen, står for en veldig høy andel av den totale aktiviteten. Også her er det i region Vest det er høyest sannsynlighet for ulykker (3,6 per år), etterfulgt av Midt-Norge (1,6 per år) og Nordland (1,2 per år).

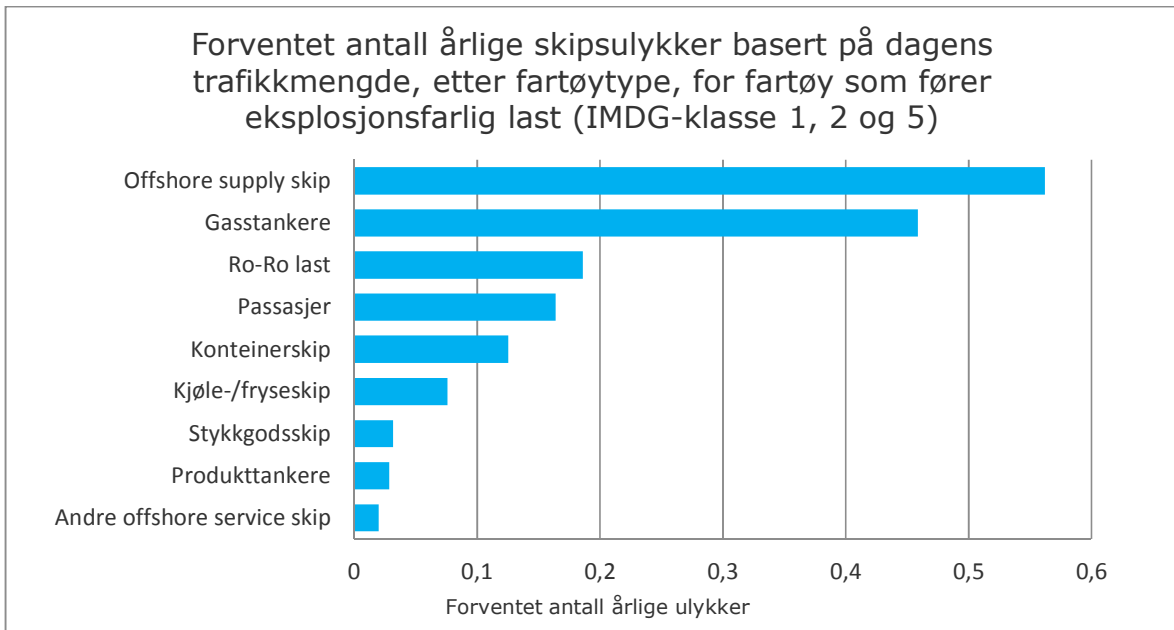


**Figur 33 Forventet antall årlige skipsulykker basert på dagens trafikkmengde (2013), etter region og ulykkestype, for fartøy som benytter gass som drivstoff.**

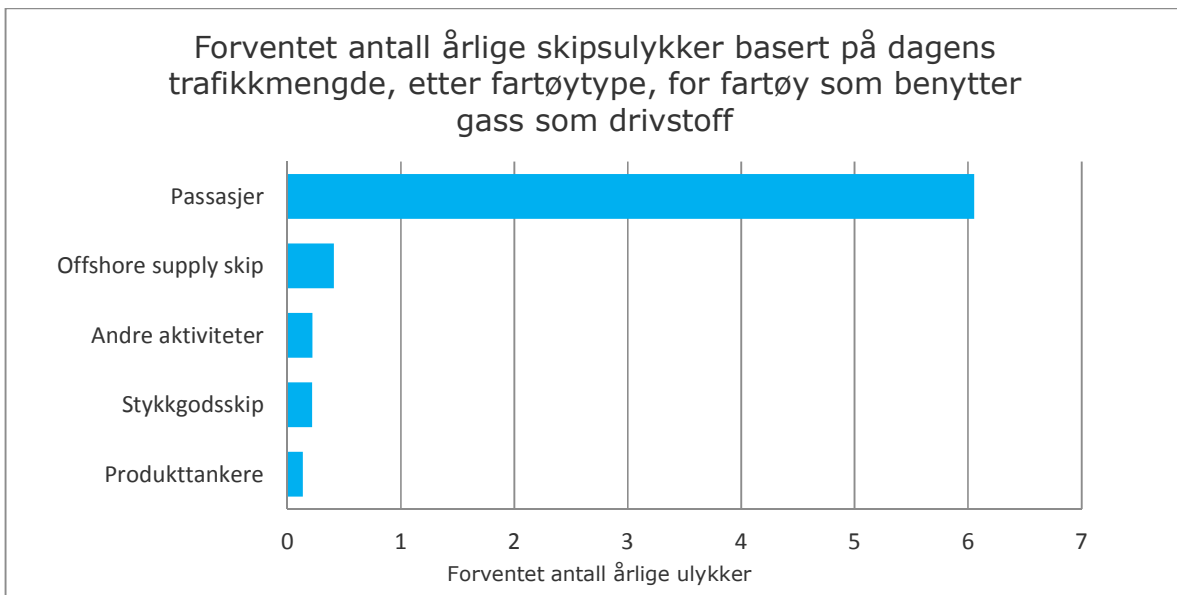
Figur 34 og Figur 35 viser forventet antall årlige skipsulykker basert på dagens trafikkmengde, fordelt på fartøystype. Antall ulykker drives hovedsakelig av den utseilte distansen, og vi ser derfor en stor likhet med Figur 23 og Figur 24, som viser utseilt distanse fordelt på fartøystype.

For fartøy som fører eksplosjonsfarlig last er offshore supplyskip og gasstankere mest utsatt for ulykker, mens for fartøy som benytter gass som drivstoff er bildet totalt dominert av passasjerskip, i hovedsak innenriksferger.





**Figur 34 Forventet antall årlige skipsulykker basert på dagens trafikkmengde (2013), etter fartøystype, for fartøy som fører eksplosjonsfarlig last (IMDG-klasse 1,2 og 5) (fartøytyper med under 1 % av total frekvens er ekskludert).**

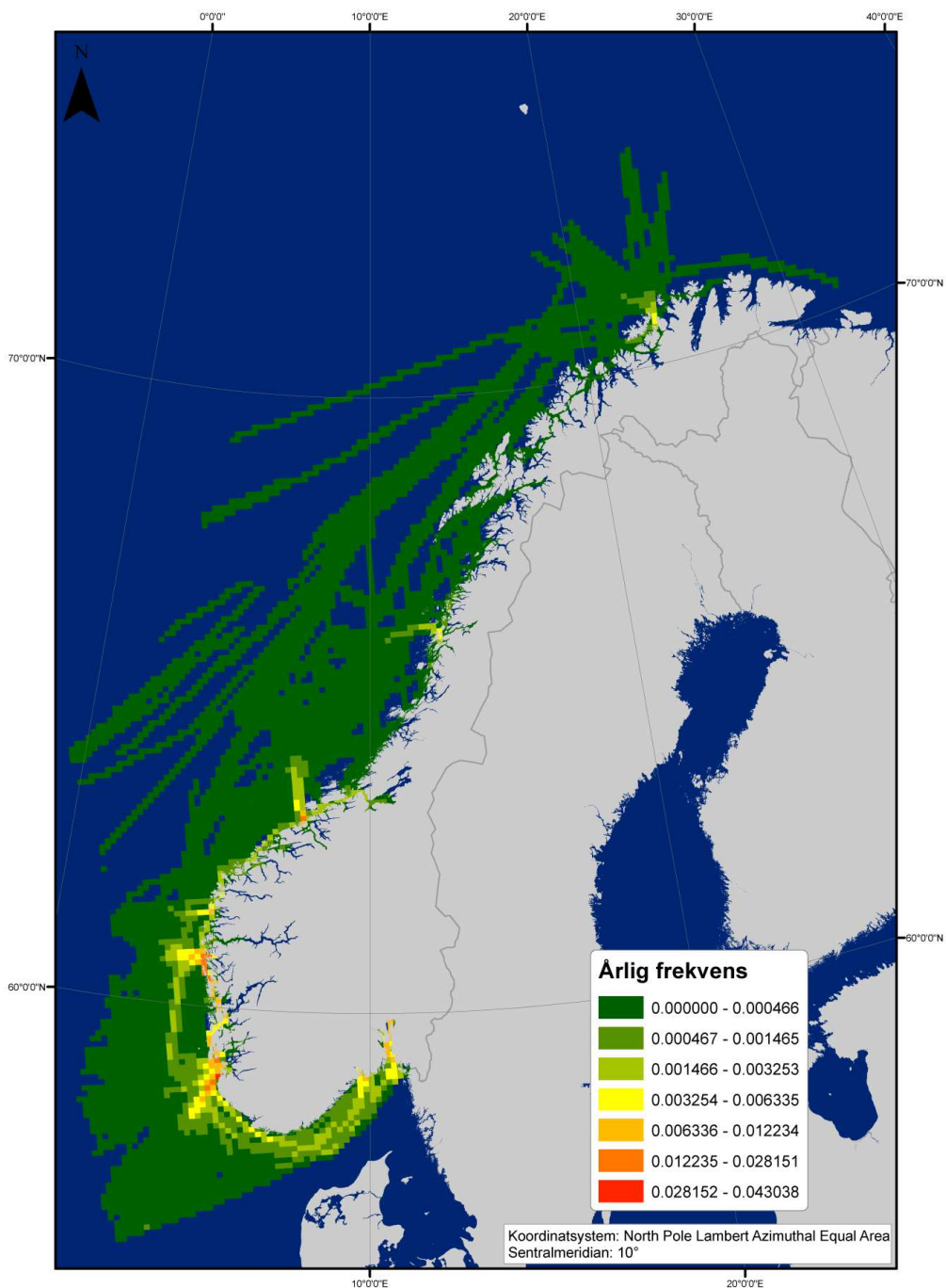


**Figur 35 Forventet antall årlige skipsulykker basert på dagens trafikkmengde, etter fartøystype, for fartøy som benytter gass som drivstoff (fartøytyper med under 1 % av total frekvens er ekskludert).**

Figur 36 viser den geografiske fordelingen av sannsynligheten for en ulykke med fartøy som fører eksplosjonsfarlig last (IMDG-klasse 1, 2 og 5). Vi ser at høyest sannsynlighet for ulykker er i farvannet inn til Bergen, Stavanger og Oslo, samt hovedleden fra Stavanger til Bergen. Videre ser vi at



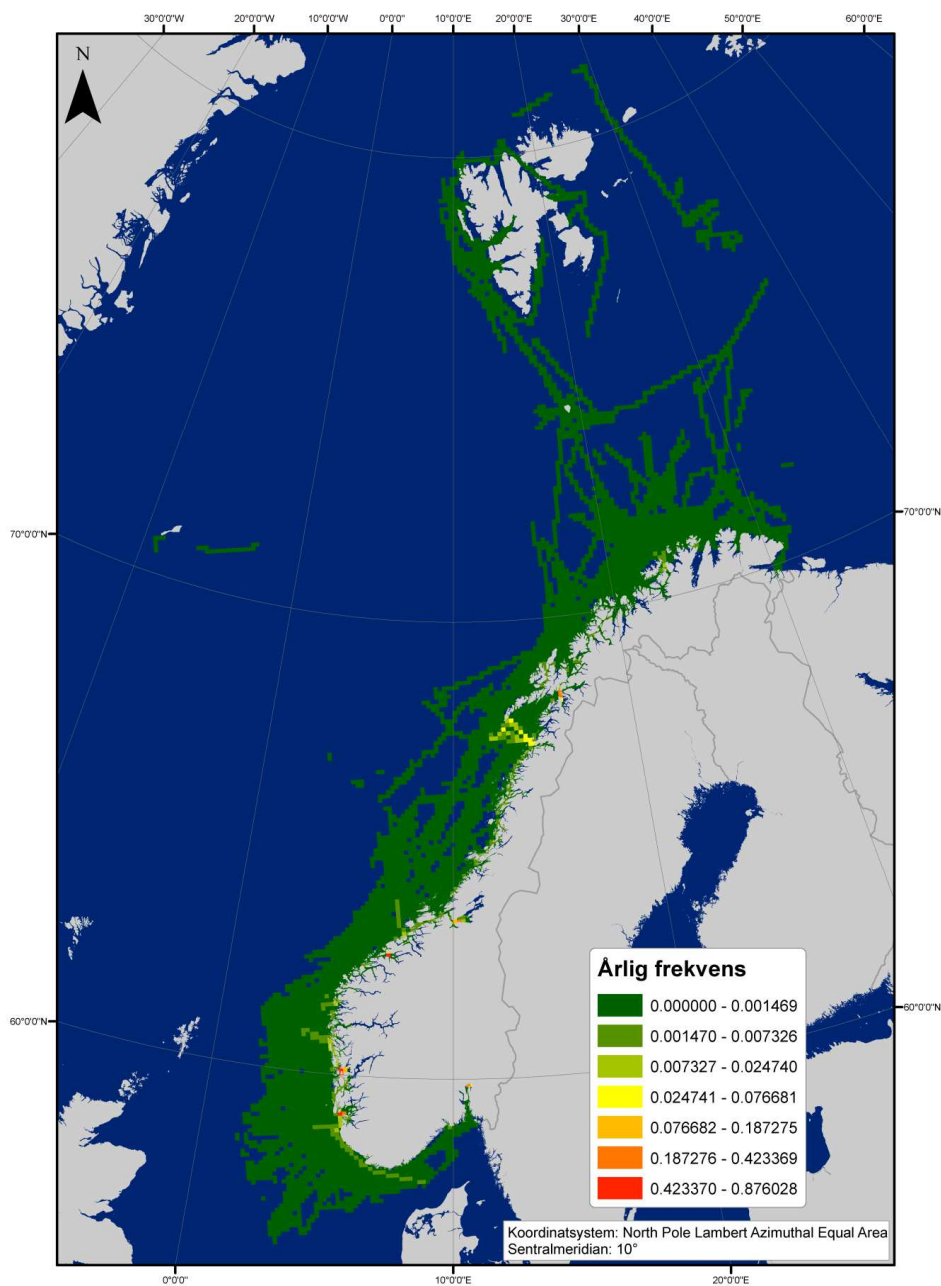
sannsynligheten for ulykker er forhøyet for farvannet rundt forsyningsbasene langs kysten, og for farvannet ved Grenland.



**Figur 36 Forventet antall årlige skipsulykker per grid celle (10x10 km) for fartøy som fører eksplosjonsfarlig last (IMDG-klasse 1, 2 og 5) (2013). Summen av ulykkesfrekvenser over alle grid-celler gir den forventede årlige frekvensen for en ulykke i norske farvann.**

Figur 37 viser den geografiske fordelingen av sannsynligheten for en ulykke med fartøy som benytter gass som drivstoff. Det fremkommer at forventet ulykkesfrekvens er meget forhøyet for områder der innenriksferger som benytter gass som drivstoff opererer. I tillegg ser vi en forhøyet sannsynlighet for ulykker med denne type fartøy i farvannet rundt forsyningsbasene langs kysten; dette på grunn av at en stor andel av fartøyene som benytter gass som drivstoff er offshore supplyskip.

Merk at Figur 36 og Figur 37 ikke benytter samme skala for ulykkesfrekvens.



**Figur 37 Forventet antall årlige skipsulykker per grid celle (10x10 km) for fartøy som benytter gass som drivstoff (2013). Summen av ulykkesfrekvenser over alle grid-celler gir den forventede årlige frekvensen for en ulykke i norske farvann.**

Det bør merkes at sannsynlighetsberegningene over viser sannsynlighet for at en ulykke inntreffer, ikke sannsynlighet for eksplosjon av last eller drivstoff.

## 8.4 Sikkerhetsbarrierer

### Eksplosjonsfarlig last

Som vist i kapittel 8.3.1 transporteres eksplosjonsfarlig gods av flere ulike typer fartøy; de mest dominerende er offshore supplyskip, gasstankere, roro-skip 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 om bord.

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.


Gasstankere er regulert av IGC-koden (International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk). Gjeldende versjon av koden blir erstattet av en ny versjon fra 1. januar 2016, uten tilbakevirkende kraft. Den nye koden vil implementere en såkalt målbasert tilnærming som gir større rom for alternative designløsninger. Utover dette stiller den nye koden strengere krav til beskyttelse av lasttanker, gjennom krav til økte avstander mellom skipsside/-bunn og lasttanker. I tillegg stilles det strengere krav til blant annet gassdeteksjon, elektriske installasjoner, brannsikkerhet og slukkingsberedskap, og ventilasjon i lasteområdet.

### Drivstoff

Per i dag finnes det ikke internasjonale obligatoriske krav til gassdrevne fartøy, derimot finnes det retningslinjer som myndighetene benytter i sine prosesser ved godkjenning av gass-fremdriftssystemer. Det tekniske innholdet i retningslinjene inneholder mye av det samme som er beskrevet i DNV GL-reglene for gassdrevne fartøy, som første gang ble introdusert i 2001.

IMO arbeider imidlertid med et nytt regelverk, basert på retningslinjene, som skal gjelde fra 1. januar 2017. Disse reglene vil også gjelde for andre alternative drivstofftyper som butan, hydrogen, propan etc. Bunkring av LNG, fra land til fartøy, reguleres av Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB).

Retningslinjene som er gjeldende i dag fokuserer på risikoreduksjon ved bruk av sekundærbarrierer (dvs. doble barrierer) rundt mulige kilder der utslipp av LNG (både væske- og gassfase) kan forekomme (f.eks. rørledninger og tanktilkobling). Viktige sikkerhetsanordninger er automatisk nedstengning av systemer, ventilasjon og gassdeteksjon. I tillegg er det fare knyttet til lav temperatur på den flytende gassen da dette ved lekkasje kan føre til at stålet blir sprøtt, såkalte kryogenskader.



Det er mye energi i drivstofftanken(e). Sikkerhetsbarrierer er derfor spesielt fokusert rundt LNG-tanken(e):

- Beskyttelse fra skipssiden og bunnen (kollisjon og grunnstøting).
- Beskyttelse mot ekstern brann.
- Beskyttelse mot mekaniske støt (f.eks. fallende last eller ro-ro aktivitet).


## 8.5 Gjeldende risikobilde

Akkumulert årlig ulykkesfrekvens for transport av material i IMDG-klassene 1, 2 og 5 er på 1,66, altså gjennomsnittlig mer enn en ulykke hvert år. For gassdrevne fartøy forventes cirka syv ulykker per år i gjennomsnitt. Den relativt høyere ulykkesfrekvensen for gassdrevne fartøy sammenlignet med fartøy som transporterer eksplosjonsfarlig last, skyldes at en dominerende andel av aktiviteten foregår i indre farvann. Det bør presiseres at dette er sannsynligheten for en ulykke med et fartøy som fører eksplosjonsfarlig last eller drivstoff, ikke sannsynlighet for at utslipp (og eksplosjon) forekommer.

For å danne et riktig risikobilde er det nødvendig å vite hvor store mengder av ulike produkter som transporteres, ikke bare antall forsendelser. Basert på stikkprøver i datasettet konkluderer DNV GL med at kvaliteten på registreringer av transporterte mengder i SafeSeaNet Norway ikke er god nok til dette formålet. Foruten manglende data viser stikkprøvene hyppige feil i valg av kilogram eller tonn som vektenhet. Som nevnt tidligere anbefaler DNV GL å fjerne muligheten til å velge vektenhet i SafeSeaNet Norway for å bedre datakvaliteten.

## 9 REFERANSER

- /1/ DNV GL (2015) Analyse av sannsynligheten for ulykker med tap av menneskeliv og akutt forurensning fra skipstrafikk i norske farvann. Rapport nr./DNV Referansenr.: 2014-1317 / 1908Z31.
- /2/ IMO (2014) IMDG Code 2014, Amendment 37-14
- /3/ IMO (2007) Carriage of Dangerous Goods DSC.1/Circ.54
- /4/ EUs kjemikalieforordning (REACH), Annex XIII  
[http://www.reachonline.eu/REACH/EN/REACH\\_EN/articleXIII.html](http://www.reachonline.eu/REACH/EN/REACH_EN/articleXIII.html)
- /5/ [www.miljostatus.no](http://www.miljostatus.no)
- /6/ Miljøstatus.no Prioritetslisten
- /7/ OSPAR Chemicals for Priority Action  
[www.ospar.org/content/content.asp?menu=00940304440000\\_000000\\_000000](http://www.ospar.org/content/content.asp?menu=00940304440000_000000_000000)
- /8/ DNV GL (2014). Kunnskapsinnhenting -metylkvikksølv i sedimenter. Miljødirektoratet Rapport M-266
- /9/ EU (2005) TETRACHLOROETHYLENE - Summary Risk Assessment Report. CAS No: 127-18-4, EINECS No: 204-825-9, Special Publication I.05.104
- /10/ DNV GL (2014) Analyse av ulykkesstatistikk. Rapport nr./DNV Referansenr.: /. Rev., 2015-01-26
- /11/ IAEA Guide to transport package labels and markings  
<http://www-ns.iaea.org/tech-areas/emergency/iec/fra/html/ti1-transport.htm>
- /12/ IMO (2007) INF Code
- /13/ INVESTIGATION INTO THE RADIOECOLOGICAL STATUS OF STEPOVOGO FJORD: The dumping site of the nuclear submarine K-27 and solid radioactive waste  
<http://www.nrpa.no/dav/063b47fa42.pdf>
- /14/ AMAP. Radioactivity: chapter 8. In: AMAP Assessment report: Arctic pollution issues. Oslo: Arctic Monitoring and Assessment Programme, AMAP, 1998: 525-619),
- /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 (2015). Inventory and source term evaluation of the dumped nuclear submarine K-27.  
<http://www.nrpa.no/dav/4c9dda525c.pdf>

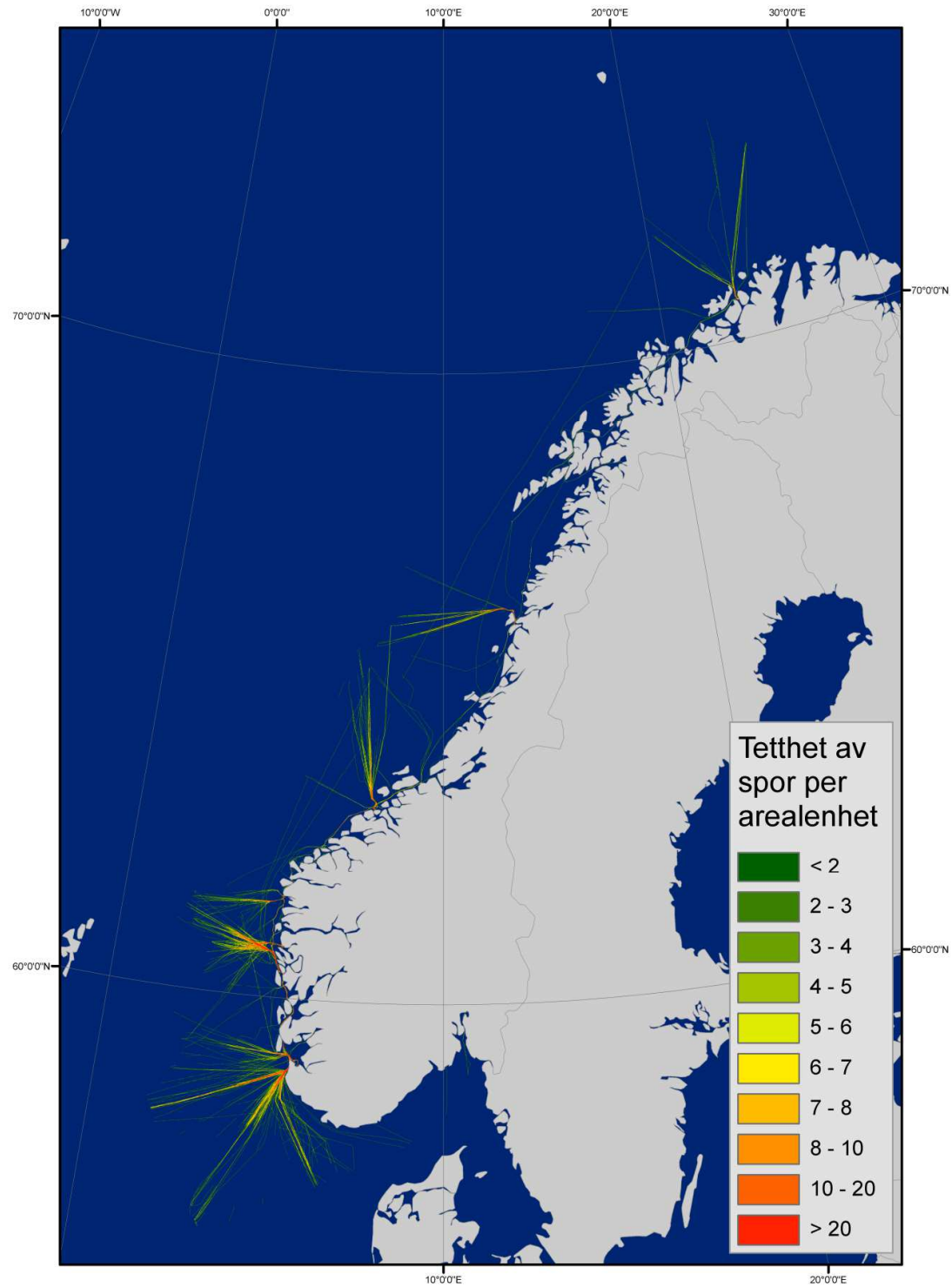
- 
- /17/ Strålevern Rapport (2006). Havariet av den russiske atombåten K-159 og den norske atomberedskapsorganisasjonens håndtering av ulykken.  
<http://www.nrpa.no/dav/fa7569771a.pdf>
- /18/ Klima og forurensingsdirektoratet (2010). Tilførselsprogrammet 2010. Overvåking av tilførsler og miljøtilstand.  
<http://www.miljodirektoratet.no/old/klif/publikasjoner/2810/ta2810.pdf>
- /19/ Strålevern Rapport (2005). Natural radioactivity in produced water from the Norwegian oil and gas industry in 2003.  
<http://www.nrpa.no/dav/e7f4016993.pdf>



## **VEDLEGG A**

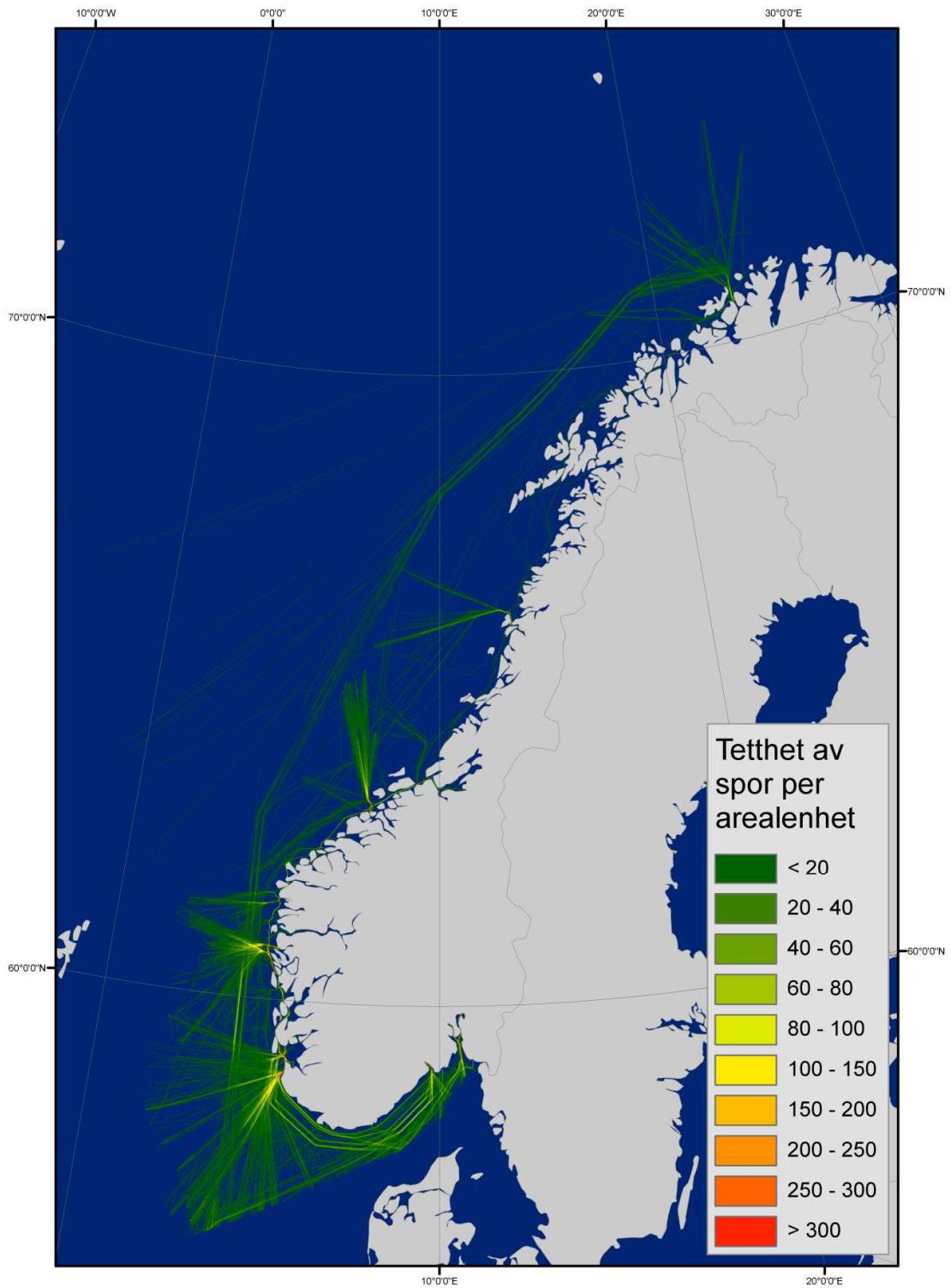
---

### **Tetthetsplott av spor fra fartøy som fører last av typen IMDG klasse 1-9**

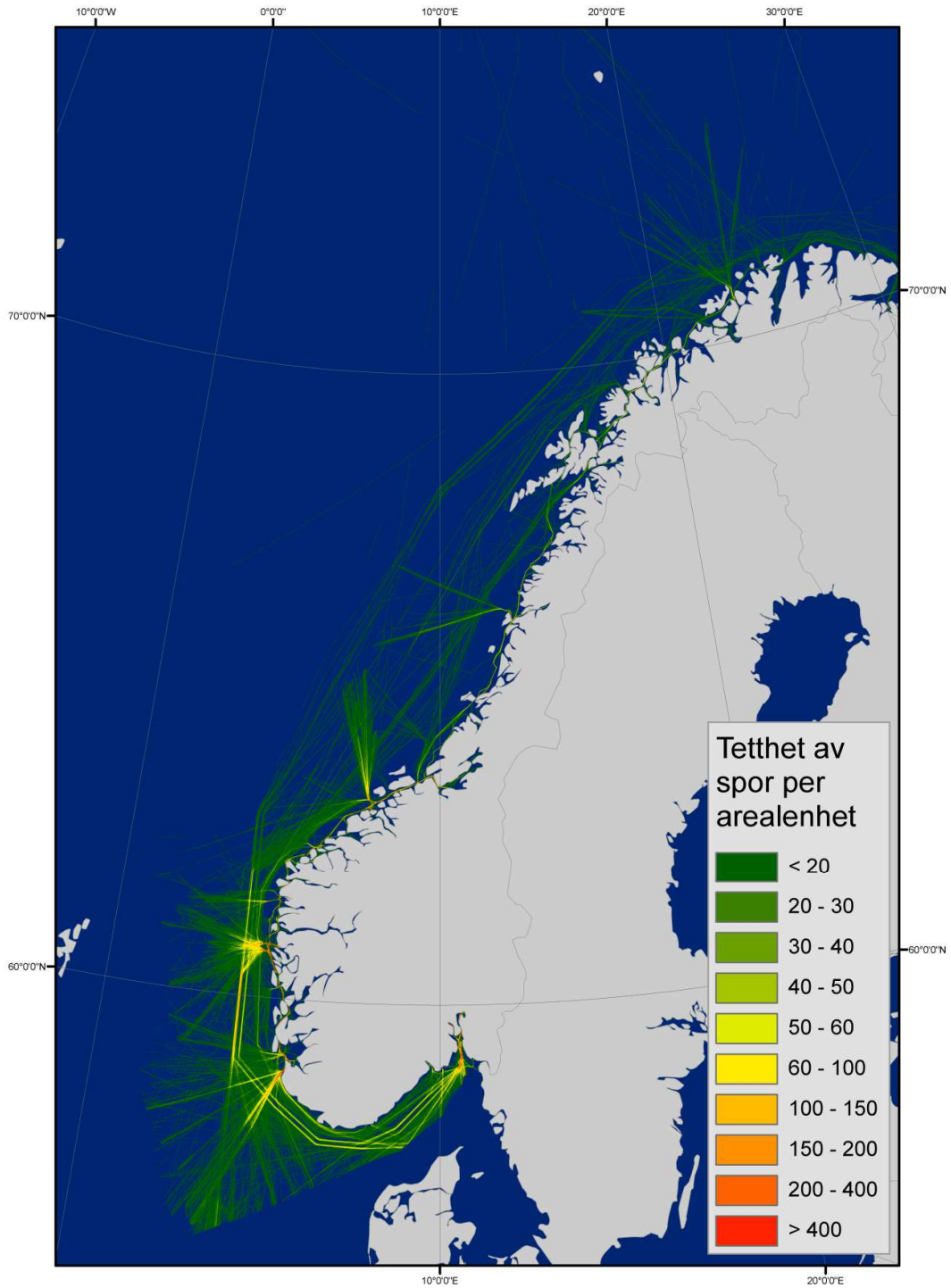


**Figur 38 Tetthet av spor fra fartøy som fører last av typen IMDG klasse 1, for 2013.**

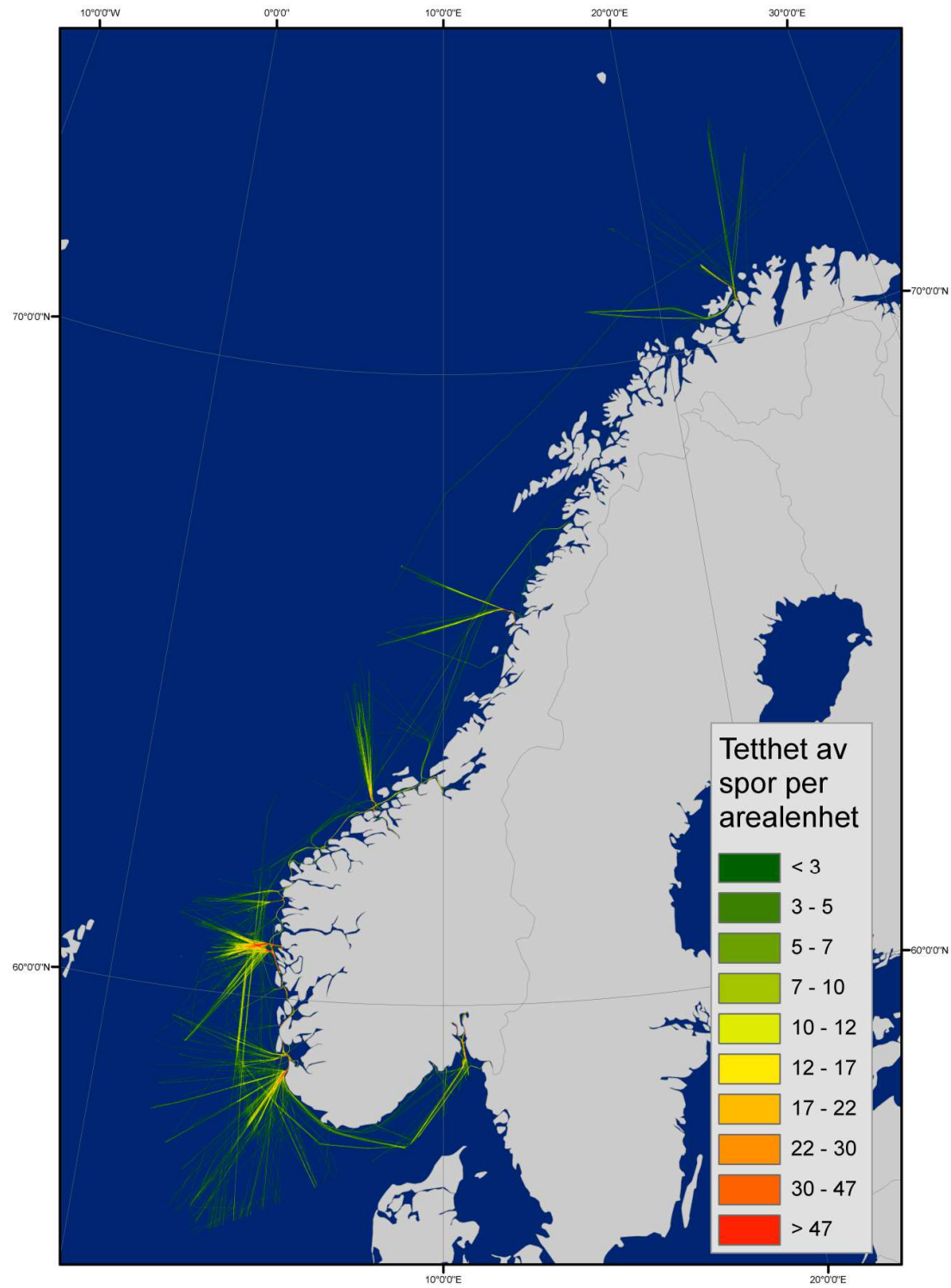




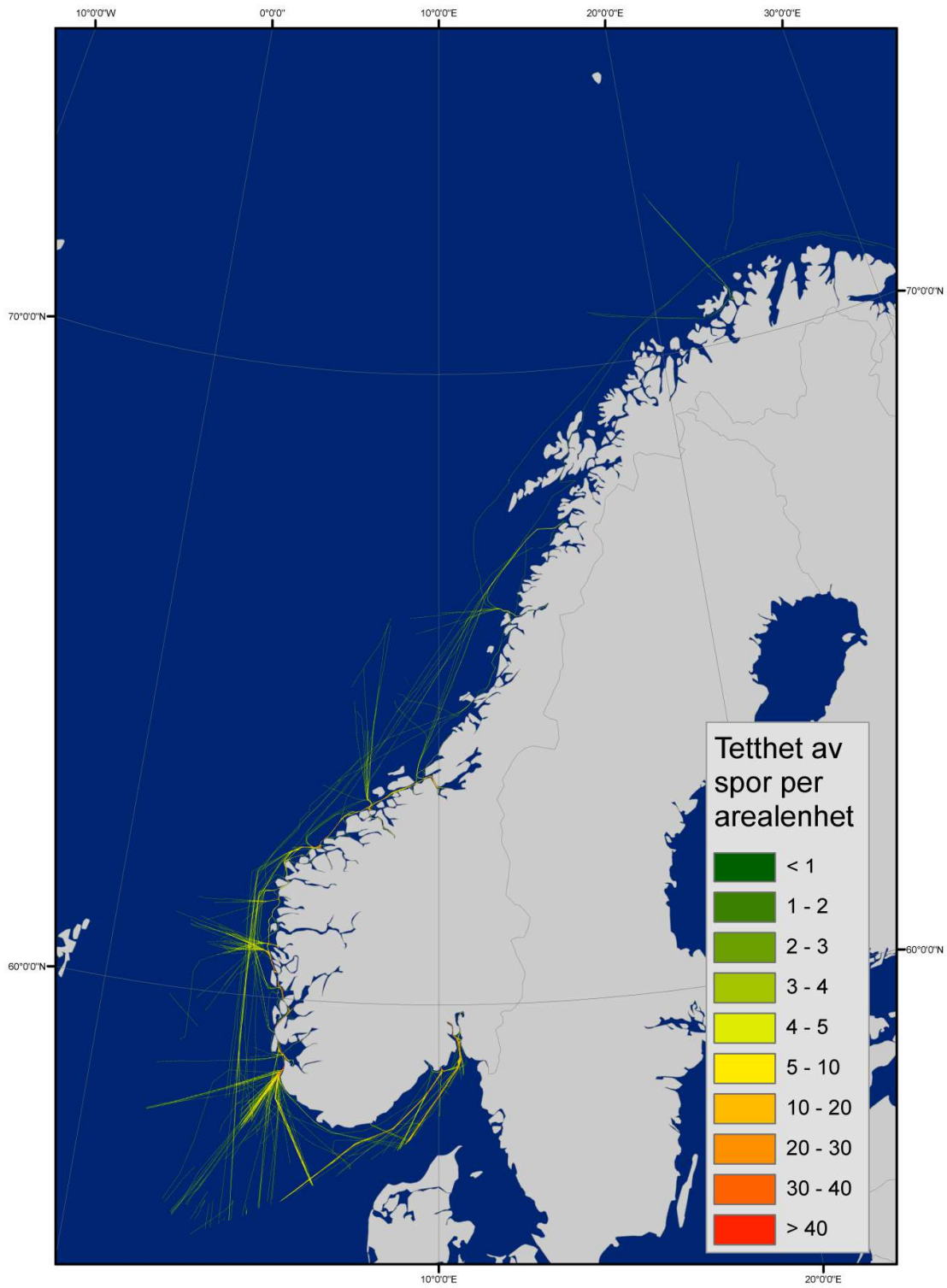
**Figur 39 Tetthet av spor fra fartøy som fører last av typen IMDG klasse 2, for 2013.**



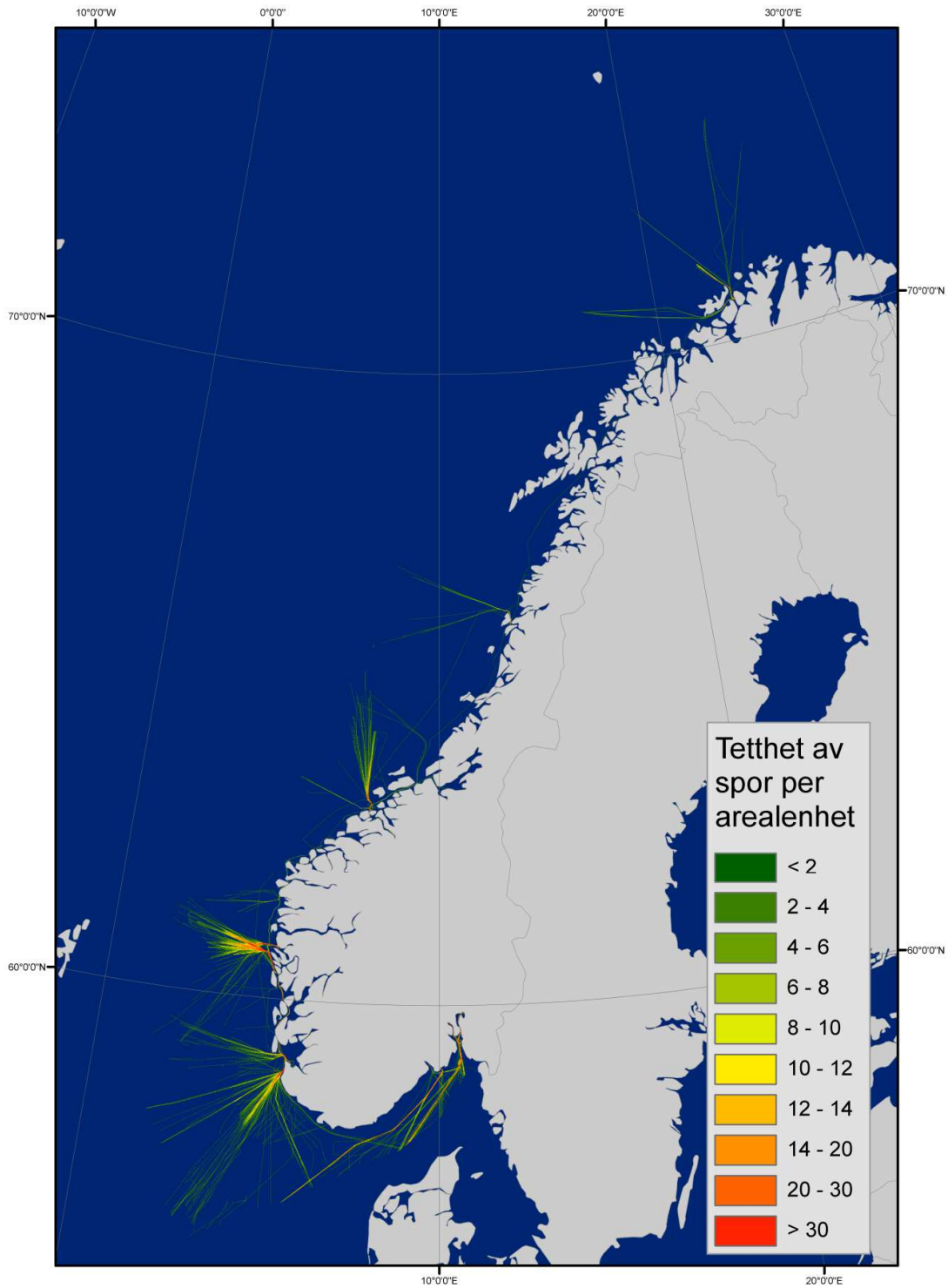
**Figur 40 Tetthet av spor fra fartøy som fører last av typen IMDG klasse 3, for 2013.**



**Figur 41 Tetthet av spor fra fartøy som fører last av typen IMDG klasse 4, for 2013.**

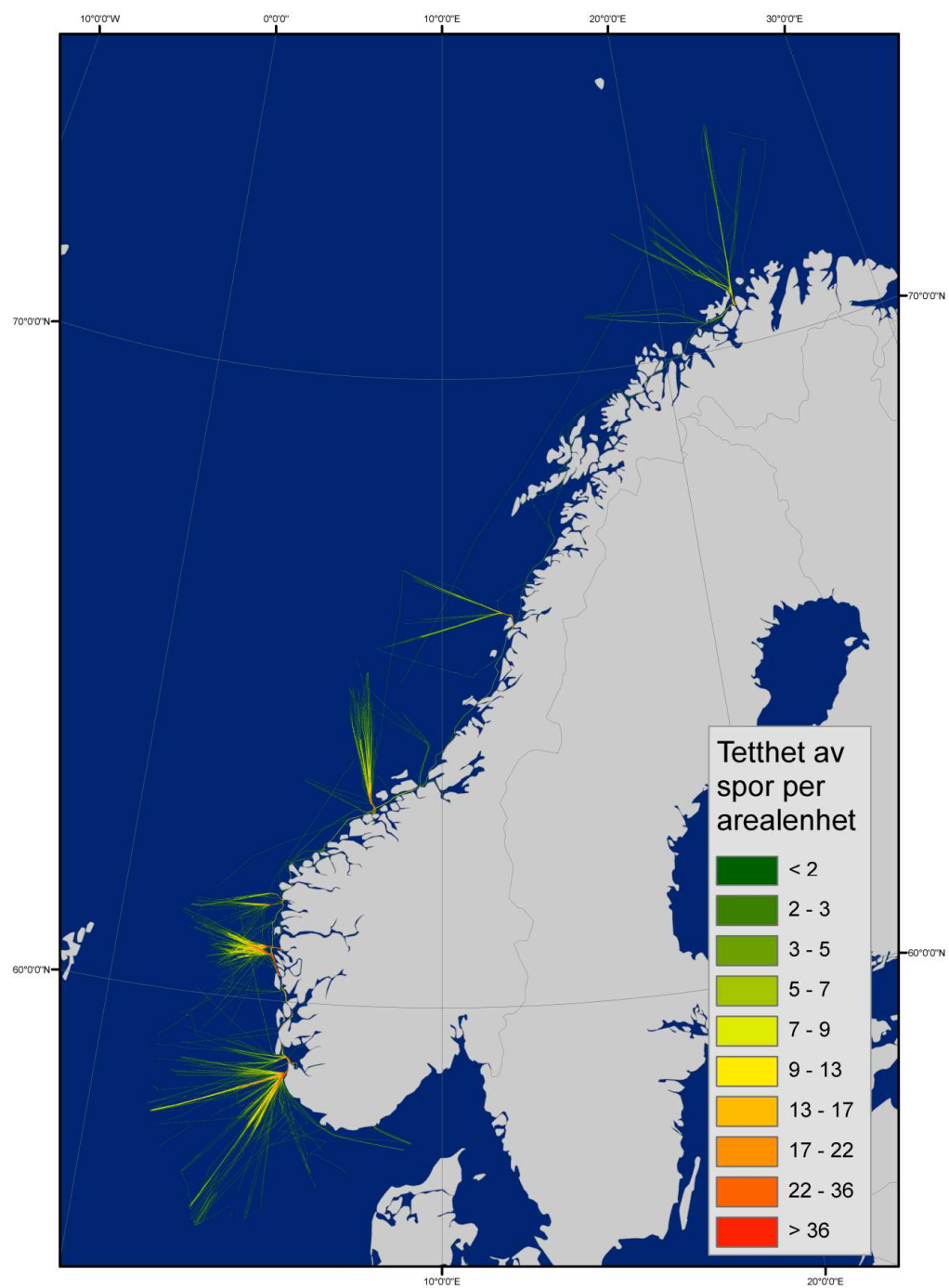


**Figur 42 Tetthet av spor fra fartøy som fører last av typen IMDG klasse 5, for 2013.**

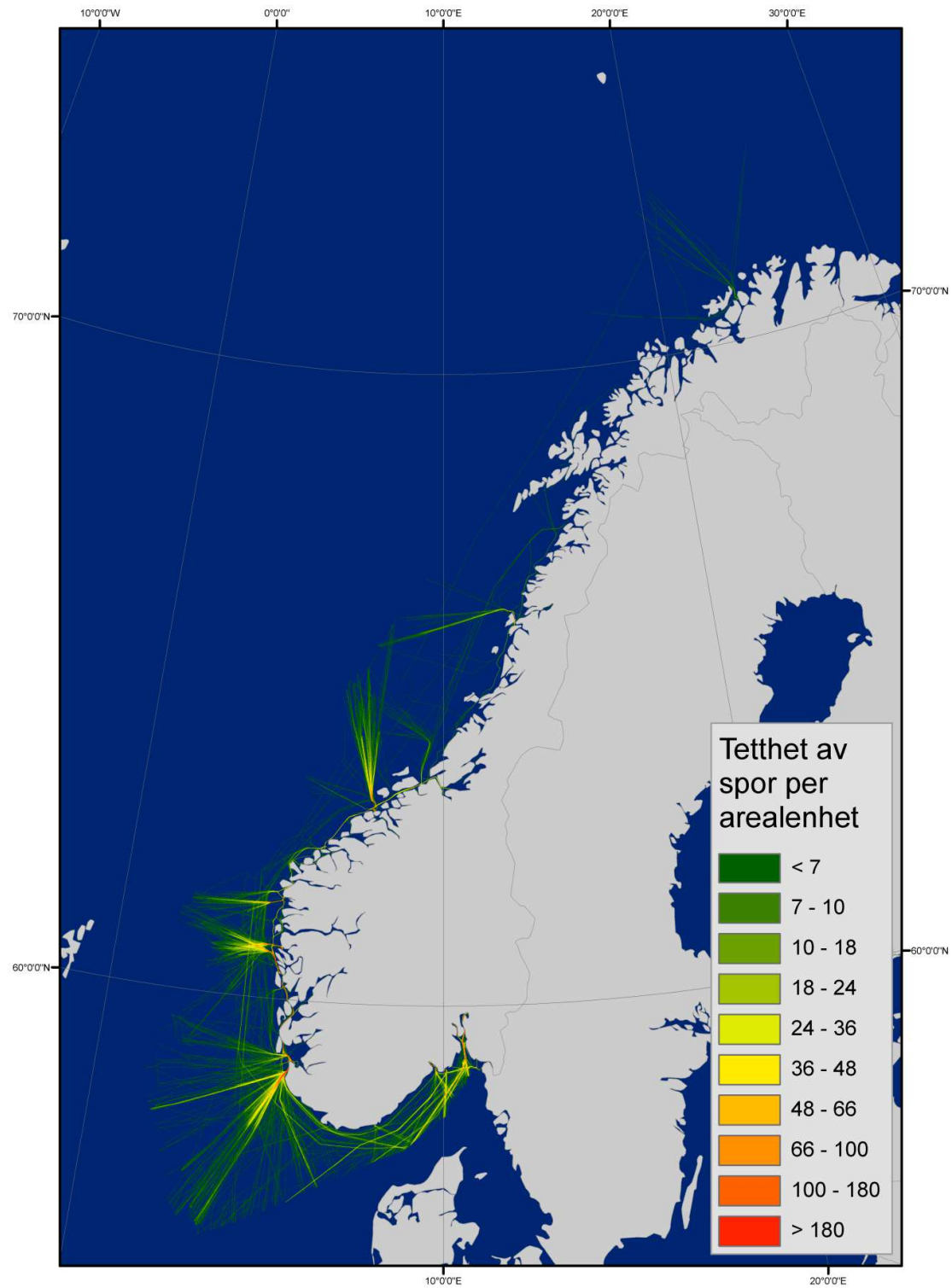


**Figur 43 Tetthet av spor fra fartøy som fører last av typen IMDG klasse 6, for 2013.**

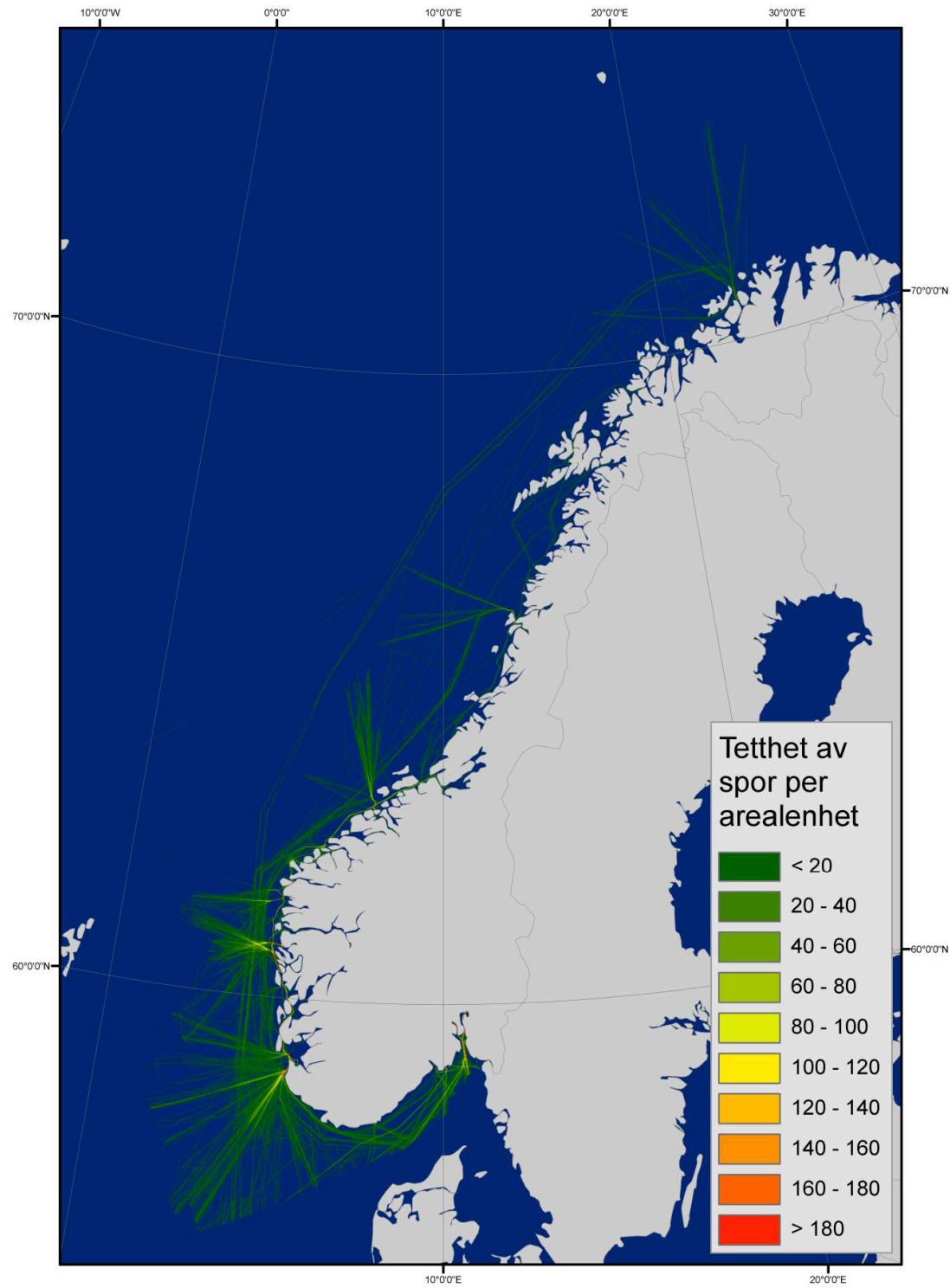




**Figur 44 Tetthet av spor fra fartøy som fører radioaktiv last (IMDG klasse 7) til og fra Norge for 2013.**



**Figur 45 Tetthet av spor fra fartøy som fører last av typen IMDG klasse 8, for 2013.**



**Figur 46 Tetthet av spor fra fartøy som fører last av typen IMDG klasse 9, for 2013.**





## **About DNV GL**

Driven by our purpose of safeguarding life, property and the environment, DNV GL enables organizations to advance the safety and sustainability of their business. We provide classification and technical assurance along with software and independent expert advisory services to the maritime, oil and gas, and energy industries. We also provide certification services to customers across a wide range of industries. Operating in more than 100 countries, our 16,000 professionals are dedicated to helping our customers make the world safer, smarter and greener.