



Statlig program for forurensningsovervåking

Tilførsler av olje og miljøfarlige kjemikalier til norske havområder, fase II

2364

2008





Statlig program for forurensningsovervåking

TA-2364/2008
ISBN 978-82-577-5359-7

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn
Utførende institusjon: Norsk Institutt for Vannforskning

**Tilførsler av olje og
miljøfarlige
kjemikalier til norske
havområder, fase II**

Samarbeidende institusjoner:
Norsk institutt for Vannforskning (NIVA)
Norsk institutt for Luftforskning (NILU)
Statens strålevern (NRPA)

Prosjektansvarlig: NIVA
NIVA-rapport nr. 5624-2008

Forord

Den foreliggende rapport er utarbeidet for Statens forurensningstilsyn av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) ved kontrakt nr. 5007155. Prosjektets mål har vært å gi en oversikt over tilførsler av olje og kjemikalier til norske havområder, med kvantifisering av bidragene fra 8 kilder og med fordeling på 12 regioner.

Vi vil takke seniorrådgiver Erik Syvertsen og senioringeniør Henning Natvig, begge SFT, for god oppfølging og støtte under gjennomføringen av prosjektet.

Kystverket ved Jon-Arve Røyset har utført et vesentlig arbeid ved å framskaffe opplysninger om skipstrafikk, produsere grunnlagskart til bruk i prosjektet og faglig støtte under gjennomføringen.

Det Norske Veritas har utført beregninger for utslipp fra skip til luft og til vann innenfor et annet prosjekt, og Alvar Mjelde og Håkon Hustad takkes for godt samarbeid med overføring av resultater til den foreliggende rapporten.

Ved Norsk institutt for luftforskning (NILU) har seniorforsker Kevin Barrett utført beregningene av tilførsler med luftstrømmer, og ved Statens strålevern har forsker Mikhail Iosjpe utført beregningene for transport og spredning av radioaktive stoffer.

Ved NIVA har forskningsleder Øyvind Kaste, forskningsleder John Rune Selvik, forsker Torulv Tjomsland, forsker Henning Wehde, forsker Tor Gunnar Jantsch, forsker Tuomo Saloranta, forsker Bent B. Skaare (nå ved Institutt for Energiteknikk) og seniorforsker Jarle Molvær arbeidet med prosjektet. Sistnevnte som prosjektleder.

Oslo, mai 2008



Innhold

1.	Sammendrag	7
2.	Bakgrunn og målsetting	10
3.	Metodikk og data	13
3.1	Tilførsler fra land	13
3.2	Tilbakeholdelse (retensjon) i fjorder	17
3.3	Tilførsler fra petroleumsvirksomhet på norsk sokkel	20
3.4	Tilførsler ved utlekking fra sedimenter.....	20
3.5	Tilførsler fra skipsfart/båttrafikk i norske farvann.....	20
3.5.1	Trafikkgrunnet.....	20
3.5.2	Beregning av utslipp til luft	23
3.5.3	Beregning av utslipp til vann	23
3.6	Tilførsler med luftstrømmer fra områder innenfor og utenfor Norge	25
3.6.1	Avsetning i havområder	25
3.6.2	Langtransportert forurensning: Kilder på den nordlige halvkule.....	28
3.7	Tilførsler med havstrømmer.....	30
3.8	Tilførsler av radioaktive stoffer til norske kyst- og havområder	34
3.8.1	Den marine modellen	34
3.8.2	Kilder av radioaktiv forurensning	36
4.	Resultater	38
4.1	Tilførsler fra land	38
4.2	Tilførsler fra petroleumsinstallasjoner	40
4.3	Tilførsler ved utlekking fra sedimenter.....	40
4.4	Tilførsler fra skipstrafikk i norske farvann	41
4.5	Tilførsler med luftstrømmer	43
4.5.1	Avsetning fra luft til havområder.....	43
4.5.2	Spredning og avsetninger i og mellom havområder	44
4.5.3	Langtransportert luftforurensning på den nordlige halvkule	45
4.6	Tilførsler med havstrømmer.....	47
4.7	Tilførsel av radioaktive stoffer til norske hav- og kystområder.....	53
5.	Sammenfattende vurdering av tilførsler - kunnskapsmangler	62
6.	Anbefalinger for videre arbeid	75
7.	Litteratur	82
	Vedlegg 1: Utslipp fra petroleumsutvinning på norsk sokkel	85
	Vedlegg 2. Kilder til radioaktiv forurensning i norske havområder	94
	Vedlegg 3. Bakgrunnsverdier brukt i beregninger med den marine modellen	101
	Vedlegg 4. Middel konsentrasjon og transport mellom de forskjellige regioner.	104
	Vedlegg 5. Beregninger av retensjon i fjorder	110
	Vedlegg 6. Tilførsler fordelt på kilder og regioner	114

Vedlegg 7. Forslag til supplerende CEMP-stasjoner (kartene er hentet fra siste CEMP rapport, dvs. SFT SPFO-rapport 1017/2008, TA-2371/2008)..... 118

1. Sammendrag

Prosjektet har som et mål å anslå tilførslene av olje og miljøfarlige kjemikalier fra alle kilder til sjø. Tilførslene er beregnet for 12 regioner i norsk maritimt økonomisk område (Figur 2.1). SFT har funnet det mest hensiktsmessig at oppgaven løses gjennom en trinnvis tilnærming. Den foreliggende rapport er en videreføring av et prosjekt som ble gjennomført av NIVA i 2006, med hovedvekt på videre modellering og beregning av tilførsler, utslipp og nivåer. Denne prosjektfasen ble gjennomført høsten 2007-vinter 2008 med to hovedmål:

1. *beregning av tilførsler av olje og kjemikalier basert på eksisterende data*
2. *identifisering av kunnskapsmangler, herunder kilder hvor det ikke finnes tall for utslipp, manglende overvåking, usikkerheter i estimater.*

Olje er definert som total olje (THC). "Kjemikalier" er definert som miljøgifter på den norske prioritetslisten (jfr. SFT, 2004).

For svært mange av stoffene på den norske prioritetslista mangler data som kan gi grunnlag for å beregne tilførsler, spredning og konsentrasjoner. De sikreste opplysningene finnes for tilførslene av olje (THC), polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), polyklorerte bifenyler (PCB), kadmium (Cd), kvikksølv (Hg), krom (Cr), bly (Pb), tributyltinn (TBT) samt plutonium (Pu) og strontium-90 (⁹⁰S). Samlet for hver region er tilførslene vist i Figur 1.1 der tallene er "normalisert" som tilførsel pr. 1000 km².

Regionene I-III har den største tilførselen av de aller fleste stoffer. Den noe ulike regionfordelingen av plutonium og strontium90 skyldes at hovedkilden til førstnevnte er Sellafieldanlegget ved Irskesjøen, mens strontium90 i stor grad føres med vann ut fra Østersjøen og til Kattegat – Skagerrak og der fanges opp av den norske kyststrømmen. Bildet harmonerer rimelig bra med den forventede fordelingen sett i forhold til utslipp og dominerende havstrømmer.

Tallene inkluderer både bidraget fra naturlig forekommende stoffer (metaller) og menneskeskapte utslipp. Vannvolumene som transporteres med strømmene er så store at selv konsentrasjoner på bakgrunnsnivå kan framstå som store transporter og gi et misvisende bilde, og særlig for metaller. Med bedre datagrunnlag kan eventuelt "bakgrunnstransporten" trekkes fra slik at det rene antropogene bidraget vises.

Kunnskapsmangler:

Programmet er ambisiøst og det gjenstår ganske mye før forventningene vil være innfridd. De to store modellprosjektene som beregner langtransporterte tilførsler som nedfall fra luft og transport med havstrømmer er langt fra fullført. Det tas sikte på beregninger av nivåer i utvalgte posisjoner (stasjoner), men modellarbeidet har ikke kommet så langt at det med rimelig sikkerhet har vært mulig. Her behøves bl.a. sikrere data for normalnivåene i sjøvann for svært mange av parameterne. Dette medfører også at man ikke har hatt grunnlag for å bedømme hvor i regionene belastningen er størst og på det grunnlaget fastsette eksakte målepunkt. Sannsynligvis nås ikke dette målet før i 2009-2010.

Anbefalinger:

- **Tilførsler fra land:** tilbakeholdelsen av forurensende utslipp innenfor grunnlinjen kan være 30-50%, eller mer. Dette er betydelig og tilbakeholdelsen bør kvantifiseres bedre ved bruk av utslippstall, data for konsentrasjon/mengder i sedimenter og vann kombinert med modeller.

- **Forbedring av modell for beregning av nedfall fra luft:** de innledende beregningene som er gjort gir ennå ikke informasjon om den betydningen forskjellige kilder har for nedfall på regioner eller på land.
- **Forbedring av modeller for beregning av spredning med havstrømmer og konsentrasjoner i vann og i sediment:** dette er "verktøyet" som skal sammenfatte input fra alle kilder og levere informasjon til myndigheter. Som beskrevet ovenfor mangler data for å beskrive transportene, betydningen av sedimentasjon må beskrives vesentlig bedre og det er nødvendig med validering av modellens resultater. I første rekke gjelder dette ECOSMO-modellen. I dette bør begge de marine modellene kunne samkjøres.
- **Overvåkingsprogram:** dette er viktig for både å beskrive tilstanden og utviklingen, samt for å innsamle data som kan brukes til validering av de tre modellene (en som beregner nedfall av luft samt to marine modeller). Ikke minst mangler man opplysninger om nivåene av "nye" kjemiske stoffer. Det er framlagt forslag til overvåkingsstasjoner for nedfall fra luft og for overvåking av miljøgifter i marine organismer langs norskekysten. De sistnevnte stasjonene bygger på den etablerte CEMP-overvåkingen. Videre fremmes forslag om fire marine overvåkingsstasjoner: Stad, Jan Mayen, Bjørnøya og Svalbard.

Videre bør det gjennomføres overvåking basert på et utvalg av Havforskningsinstituttets (HI) marine stasjoner. Et forslag til overvåkingsprogram er under utarbeidelse av HI. Tilsvarende kan etter hvert gjelde for Statens strålevern sine marine overvåkingsstasjoner.

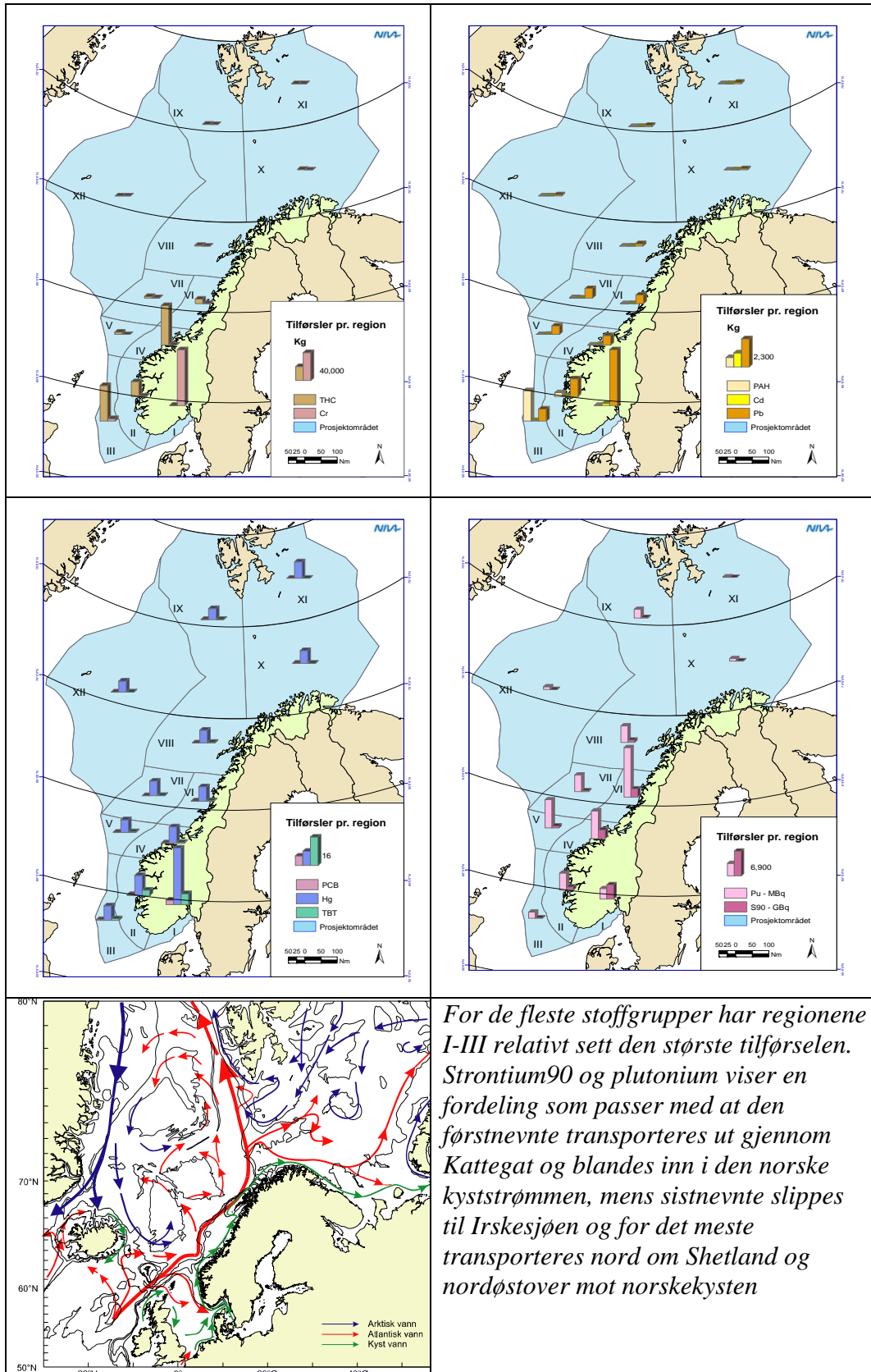
Ovenfor er beskrevet en kjemisk overvåking med fokus på kjemikalier. Den bør snarest utvides til økosystemovervåking. Når det gjelder eutrofi vil man på kysten av Sørlandet og en stor del av Vestlandet kunne bygge på Kystovervåkingsprogrammet. Videre vil det være naturlig å samordne med miljøovervåkingene innen Vannregionene.

Det er svært mange aktiviteter som er i gang eller som nå planlegges for havområdene som de 12 regionene dekker, og samordning og koordinering vil være en sentral oppgave.

Det understrekes videre at punktene ovenfor ikke kan oppfattes som at man har tilstrekkelig informasjon om utslippene fra land, skip, sedimenter og offshoreinstallasjoner, men er uttrykk for en prioritering for en periode på 3-4 år.

Kostnader i 2008:

Ambisjonsnivået må tilpasses kostnadsrammen og tidsplanen. Samkjøring med eksisterende programmer er viktig. Et budsjett på 3-4 mill. kr. er realistisk.



Figur 1.1. Tilførsler pr. region, regnet pr. 1000 km² havoverflate, samt kart over dominerende havstrømmer.

2. Bakgrunn og målsetting

I SFTs tilbudsinvitasjon datert 26.6.2007 ble prosjektets formål og innhold sammenfattet som følger:

Statens forurensningstilsyn (SFT) innbyr til å gi tilbud på et prosjekt som skal beregne tilførslene til, utslippene i og nivåene av miljøfarlige stoffer, olje og annen forurensning fra alle kilder til sjø. Prosjektet skal knyttes opp mot arbeidet med forvaltningsplaner for havområdene og arbeidet med forvaltningsplaner for vann og kyst etter forskrift om rammer for vannforvaltningen, samt pågående, relevante nasjonale og internasjonale overvåkingsprogrammer.

Prosjektet er en videreføring av et prosjekt som ble gjennomført av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) i 2006, og skal legge hovedvekten på videre modellering og beregning av tilførsler, utslipp og nivåer. Antallet målestasjoner er økt i forhold til i 2006, og av kildene er skips- og båttrafikk tatt ut og sendes ut som egen forespørsel om tilbud. Statens strålevern gjennomfører et eget, tilgrensende prosjekt om radioaktive stoffer. Det forutsettes at oppdragstakerne til de tre prosjektene samordner stasjonsvalg og rapportering så langt som mulig.

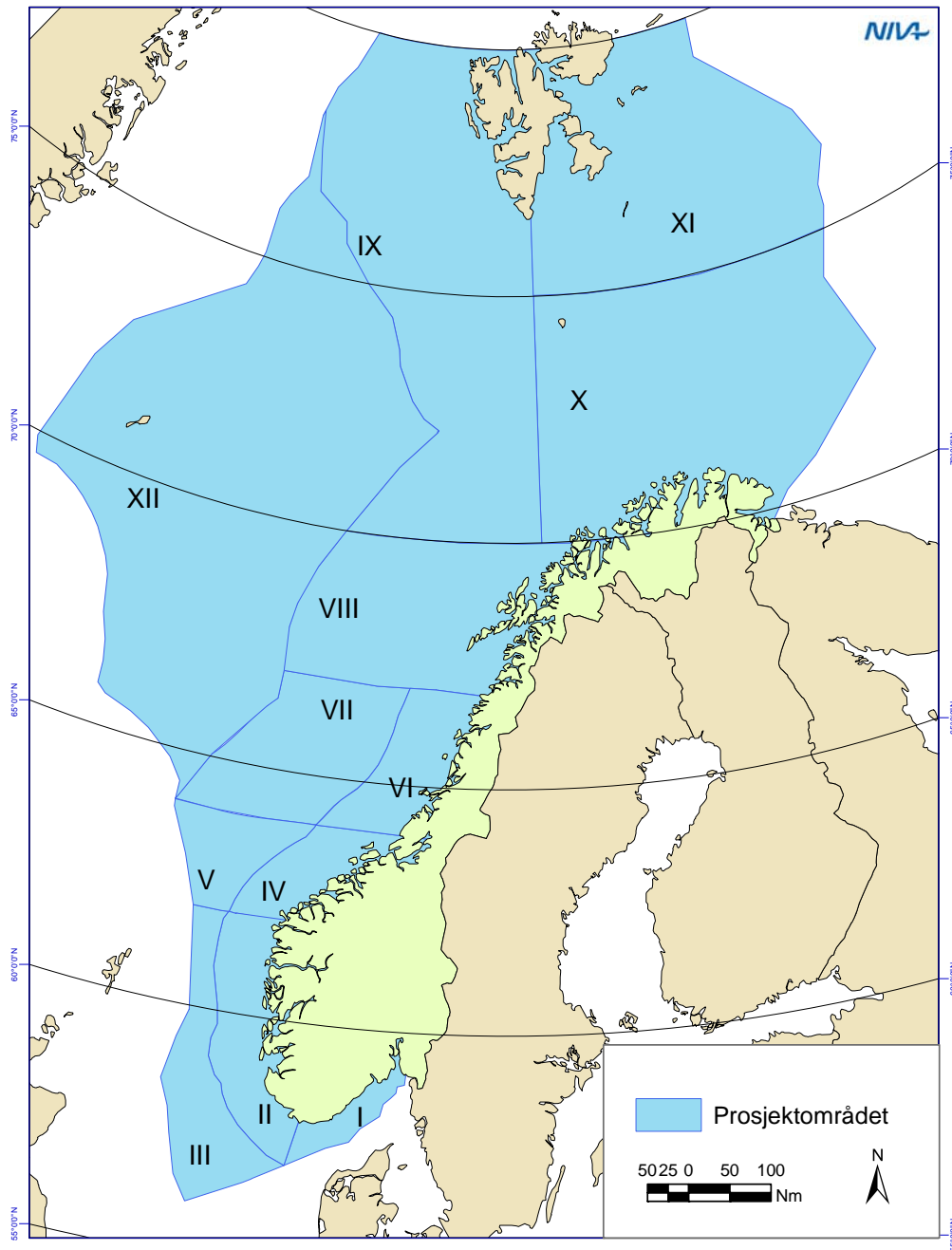
Hovedvekten legges på beregning av tilførsler til, utslippene i og nivået av olje og miljøfarlige stoffer i norske havområder.

- "Olje" defineres i prosjektet som total olje (THC), men kan på sikt deles opp i relevante komponenter (NPD/PAH osv) for nærmere identifikasjon av kilder m.v.
- "Miljøfarlige stoffer" defineres som miljøgifter på Miljøverdepartementets prioritetsliste, og kandidater til denne, og inkluderer både tilsatte kjemikalier og naturlige forekommende miljøgifter, for eksempel i produsert vann.

De norske havområdene er vist i **Figur 2.1** og ble inndelt i 12 regioner. Arealene er beregnet av Kystverket:

- I. Skagerrak: 18858 km²
- II. Kyststrøm, Nordsjøen (sør for 62° N): 69010 km²
- III. Nordsjøen (sør for 62° N) utenfor kyststrømmen: 70960 km²
- IV. Kyststrøm, Norskehavet (62- 64°N): 40940 km²
- V. Norskehavet (62- 64°N) utenfor kyststrømmen: 41890 km²
- VI. Kyststrøm, Norskehavet (64-67 °N): 56990 km²
- VII. Norskehavet (64-67 °N) utenfor kyststrømmen: 106370 km²
- VIII. Norskehavet (67-70 °N): 172490 km²
- IX. Norskehavet (70-80 °N): 391020 km²
- X. Barentshavet (70-75 °N) øst for 17 °Ø: 360680 km²
- XI. Barentshavet (75-80 °N) øst for 17 °Ø: 283510 km²
- XII. Norskehavet vest (vest for område VII og grense for forvaltningsplan Barentshavet): 623550 km²

Merk at størrelsen på arealene varierer mye, der arealet av region XII er 33 ganger større enn arealet av region I.



Figur 2.1. Havområdet med inndeling i 12 regioner (kilde: Kystverket).

Det er definert **8 kilder eller tilførselsveier** for forurensende stoff til de 12 regionene:

1. Avrenning land/elver i Norge (de viktigste kildene)
2. Lufttilførsler fra Norge (de viktigste kildene)
3. Tilførsel via havstrømmer fra områder utenfor Norge
4. Tilførsel via luftstrømmer fra områder utenfor Norge
5. Petroleumsvirksomhet på norsk sokkel
6. Skipsfart/båttrafikk i norske farvann (internasjonal skipsfart, kysttrafikk, fiskebåter)
7. Naturlig utlekking fra berggrunn/havbunn (spesielt petroleum)
8. Utlekking/remobilisering fra sedimenter/jord, hvis relevant

Tilførslene beregnes totalt for hver region.

I lys av tidsrammen for prosjektet var det nødvendig å fokusere på følgende kilder:

- *Kilde 1: Retensjon av utslipp fra land, med en oppdatering av tilførselstallene fra 2006-rapporten i forhold til resultatene.*
- *Kilde 2 og 4: Transport og nedfall fra luft fra norske kilder og kilder utenfor Norge*
- *Kilde 3: Transport og spredning av utslippskomponenter med havstrømmer*

Utslipp fra skip til luft og vann (kilde 6) ble definert som et eget prosjekt utført av NIVA og DNV.

3. Metodikk og data

3.1 Tilførsler fra land

Følgende punktkilder er behandlet ved beregning av tilførsler fra land:

- Landbasert industri, inkludert raffinerier
- Kommunale avløpsrenseanlegg
- Akvakultur

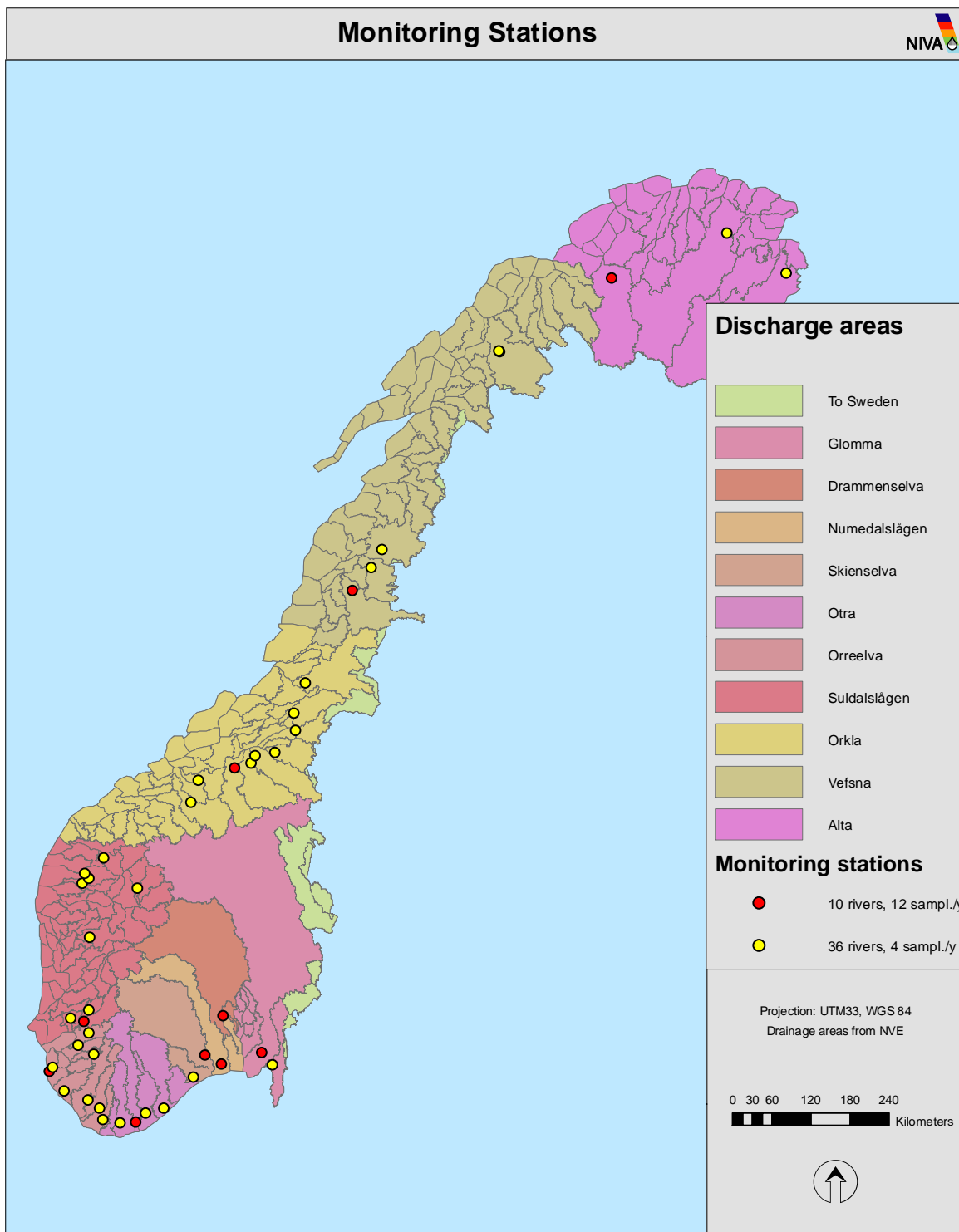
Olje og miljøgifter

Data for industriutslipp til vann av olje og miljøgifter er innhentet fra SFTs database Forurensning. Denne databasen inneholder årlige rapporterte utslippstall fra store og mellomstore bedrifter. Industrien har siden 1992 vært pålagt å rapportere årlige utslippstall til SFT og ordningen gjelder de fleste virksomheter med tillatelse etter forurensningsloven. På grunn av omlegging av databasen i SFT foreligger det ikke nye data for 2006. Data fra 2005 er derfor lagt til grunn for beregningene.

Tall for utslipp fra renseanlegg i 2006 er innhentet fra SSBs database KOSTRA (KOMMune STAT og Rapportering) som er et landsdekkende webbasert system for egenrapportering av en rekke typer data fra kommunal sektor.

Hvor det foreligger måledata for et stoff (analyse av vannprøver) er disse tatt med i tilførselsberegningene. Måledata for 2006 fra RID-programmet (Study on Riverine Inputs and Direct Discharges) innenfor OSPAR er benyttet for denne rapporten (Skarbøvik et al. 2007). I programmet tas det prøver av følgende av de prioriterte miljøgiftene i Tabell 3.1: Hg, Cd, Cu, Zn, Pb, As.

Siden 1990 har Norge ved SFT fulgt opp et omfattende studium av tilførsler av næringsalter og utvalgte miljøgifter via elver og direkte tilførsler til hav- og kystområder: "Comprehensive Study on Riverine Inputs and Direct Discharges (RID)" gjennom "Elvetilførselsprogrammet". Dette er et statlig program for forurensningsovervåking, som gjennomføres av Norsk Institutt for vannforskning (NIVA) på oppdrag fra SFT. I programmet måles tilførsler av stoffer fra om lag 75 % av fastlandsnorges landareal (90 % i Skagerrakområdet). Totalt prøvetas 46 elver i Norge; 10 hovedelver og 36 bielver (Figur 3.1). De 10 hovedelvene prøvetas én gang hver måned til fast tid, de 36 bielvene prøvetas fire ganger årlig (en gang hver årstid). Estimer av tilførsler fra 109 andre elver utføres med utgangspunkt i modellerte vannføringer utført av NVE og målte middelkonsentrasjoner av kjemiske komponenter for perioden 1990-2003. Tilførsler fra ytterligere 92 elver beregnes ved hjelp av NIVAs TEOTIL-modell, slik at til sammen 247 elver omfattes av RID.



Figur 3.1. Overvåkingsstasjoner i RID-programmet. Hvor det er foretatt målinger av stoffer er disse tatt med i totalberegningene av utslipp til en region.

I 2006 ble arbeidet i første rekke konsentrert om THC, PAH, PCB, kvikksølv og kadmium. Noen flere tungmetaller tas med i denne prosjektfasen, og andre organiske forbindelsene som nonylfenoler, bromerte flammehemmere, muskxylenere tas med i den grad det er noe informasjon, med bakgrunn i rapporteringen til 4. Nordsjøkonferanse og HARP-HAZ systemet (SFT 2001).

Tabell 3.1. Kildehenvisning for innhentet data for tilførsler fra land i dette prosjektet.

Parameter	Datakilde	Parameter måles i RID
Olje(THC)	Forurensning (SFT)	
Klorparafiner, kortkjedete (C10 – C 13, SCCP)		
Nonylfenoler og oktylfenoler og deres etoksilater		
Pentaklorfenol (PCP)		
Tensider, enkelte (DTDMAC, DSDMAC, DHTMAC)		
Polyklorerte bifenyler (PCB)	Forurensning (SFT)og KOSTRA (SSB)	
Arsen (As)	Forurensning (SFT)og KOSTRA (SSB)	X
Bly (Pb)	Forurensning (SFT)og KOSTRA (SSB)	
Bromerte flammehemmere		
Dietylheksylftalat (DEHP)		
1,2-dikloreten (EDC)	Forurensning (SFT)og KOSTRA (SSB)	
Dioksiner (PCDD, PCDF)	Forurensning (SFT)og KOSTRA (SSB)	
Heksaklorbenzen (HCB)	Forurensning (SFT)og KOSTRA (SSB)	
Kadmium (Cd)	Forurensning (SFT)og KOSTRA (SSB)	X
Klorerte alkylbenzener (KAB)		
Klorparafiner, mellomkjedete (C14 – C 17; M CCP)		
Kobber (Cu)	Forurensning (SFT)og KOSTRA (SSB)	X
Krom (Cr)	Forurensning (SFT)og KOSTRA (SSB)	X
Kvikksølv (Hg)	Forurensning (SFT)og KOSTRA (SSB)	X
Muskxylener (muskxylen og muskleton)		
Perfluoralkylerte forbindelser (PFAS); perfluoroktylsulfonat (PFOS) og PFOSrelaterte forbindelser		
Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)	Forurensning (SFT)og KOSTRA (SSB)	
Tetrakloreten (PER)		
Tributyltinn- og trifenylytinn-forbindelser (TBT og TFT)		
Triklorbenzen (TCB)		
Triklloreten (TRI)		

Næringsalter

Tilførsler av næringsalter fra land til de kystnære regionene (region 1, 2, 4, 6, 8 og 9, se Figur 2.1) er beregnet ved bruk av NIVAs tilførselsmodell TEOTIL (Tjomsland og Bratli, 1996). For regionene 3, 5, og 7 vil eventuelle tilførsler fra land være omfattet i havbasert transport og direkte tilførsler fra land vil derfor her være lik null.

For hver region beregner TEOTIL-modellen landbaserte tilførsler innen hvert statistikkområde, som deretter summeres for å få samlet tilførsel av et stoff. Modellen tar i bruk de oppgitte tall på utslipp fra industri, kommunalt avløp, akvakultur. I de tilfeller hvor industribedrifter slipper ut til kommunale renseanlegg er dette tatt med i beregningene.

Hvor punktmålinger av stoff for 2006 fra RID foreligger, er disse tatt med i estimeringen av tilførsler til regionene. Målingene representerer tilførsel av et stoff fra arealet oppstrøms målepunktet. Tilførsler nedenfor målepunktet er modellert med TEOTIL basert på de oppgitte utslippstallene fra 2005/2006. Totaltilførsel utgjør da observerte pluss modellerte data. Hvor det ikke foreligger måledata er totaltilførsel modellert for hele nedbørfeltet basert på de oppgitte utslippstallene.

Metodikken som er benyttet med bruk av TEOTIL-modellen, er tilsvarende som i forrige rapportering gjengitt i Molvær et al. (2007). For de resterende parametrene finnes det ikke grunnlagsdata tilgjengelig fra 2006 slik at tallene fra forrige rapport basert på industriutslipp fra 2005 er beholdt uendret.

For tilførsler fra akvakulturnæringen er kopper (Cu) det eneste av de prioriterte miljøgiftene listet i Tabell 2.1 som er relevant. Totalutslipp til kysten av kopper (Cu) fra akvakulturnæringen i 2006 er oppgitt av SFT (Hilde Aarefjord, pers. med.) til å være omkring 200 tonn/år. Utslipet er fordelt som tilførsler til de kystnære regionene (region I, II, IV, VI, VIII, IX) etter hvor mange prosent av totalt antall akvakulturanlegg som ligger i hver region (se Figur 3.4 for plassering av akvakulturanlegg langs kysten).

Usikkerhet i data og i tilførselsberegningene

Usikkerheten i data for miljøgiftutslipp er vanligvis stor fordi utslippskonsentrasjonene ofte er lave og kompliserte å måle. Analysekostnadene er store og antall analyser er ofte relativt lite. Utslippsdataene må derfor betraktes som utslippsnivåer og ikke eksakt angivelse av mengder (SFT 2005).

Utslipp til vann fra diffuse kilder og fra industrikilder som er så små at de ikke er pålagt utslippsrapportering til SFT, er ikke inkludert i beregningene, men manglende data for disse utslippene antas å ikke å endre utslippsbildet vesentlig (SFT 2005).

Naturlig bakgrunnsnivå av stoffene er ikke tatt med i beregningene fordi det ikke foreligger noen rimelig nøyaktige tall på dette. Det vil for eksempel være en viss tilførsel av bly (Pb) i vassdrag som følge av naturlig forekomst i grunnen.

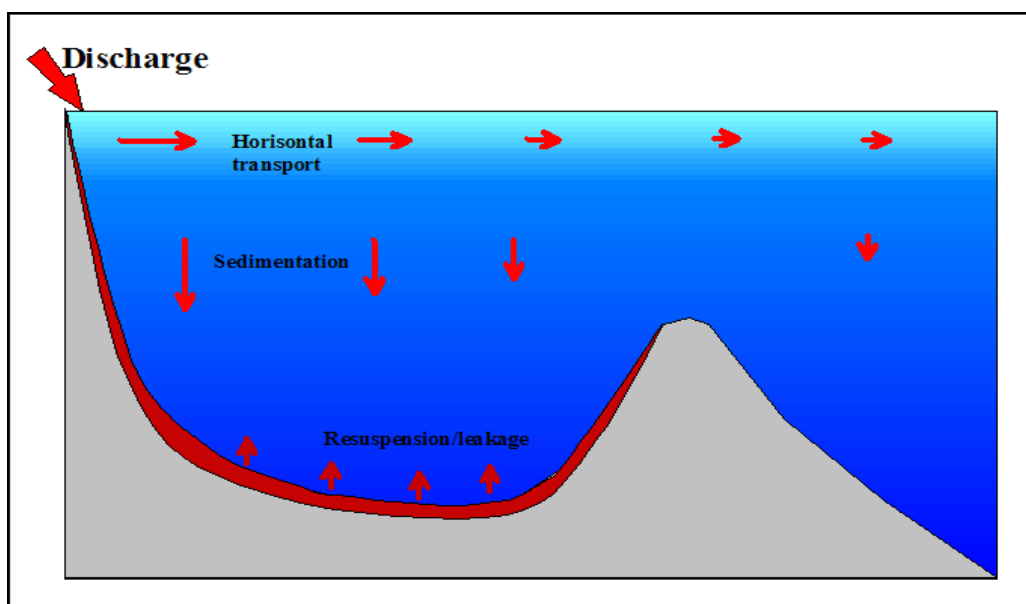
Data for forbruk og omsetning av produkter er ikke behandlet i denne oversikten, men vil bli inkludert i den grad informasjon foreligger til senere rapporter med bakgrunn i rapporteringen til 4. Nordsjøkonferanse og HARP-HAZ systemet.

For de fleste norske elvene er det store årlige variasjoner pga. store sesongvariasjoner i vannføring og erosjon som det eksisterende overvåkingsprogrammet ikke klarer å fange opp.

3.2 Tilbakeholdelse (retensjon) i fjorder

Bakgrunn

Forurensende stoffer som tilføres det marine miljøet er i stor grad knyttet til partikler. Andelen vil variere med type stoff og over året, men ligger oftest i intervallet 60-90%. En betydelig del av stoffene vil dermed sedimentere og dette er bakgrunnen for de forurensede sedimentene som finnes i svært mange havneområder og fjorder. Sedimentasjon fører til en betydelig andel av utslippet forblir i fjorden, mens resten tilføres kystvannet (jfr. Figur 3.2). For vurderinger av hvordan et utslipp av forurensende stoffer påvirker miljøet i en fjord og hvor stor andel som påvirker kystvannet er det derfor nyttig å kjenne størrelsen av retensjonen.



Figur 3.2. Prinsippkisse av retensjon i en fjord.

Foruten å variere med type stoff, mengde og type partikler i vannmassene, vil retensjonen variere med en rekke faktorer som fjordens topografi (lengde, mulige terskler, dyp av bassenger), hydrografiske forhold (vannmassenes oppholdstid, sjiktning) og oksygenforhold. Retensjonen vil derfor variere fra fjord til fjord, for eksempel om utslippet ligger i Årdalsfjordens indre del 180 km fra kystvannet, ligger i skjærgården 10 km fra kystvannet, eller føres til et fjordbasseng der dypvannet i lange perioder er anoksisk. I det foregående kapitlet var beregningene av tilførsel fra land gjort uten hensyn til etterfølgende retensjon.

Mye av dagens miljøgiftproblemer (kostholdsråd) er knyttet til organiske miljøgifter som PAH, PCB og dioksiner. Som utgangspunkt for en mer generell vurdering av retensjon langs kysten er det nedenfor gjort beregninger av retensjon av dioksiner og av PAH i to fjordområder.

Metodikk

Persistente organiske miljøgifter ("persistent organic pollutants", POP) blir tilført fjordene bl.a. via innstrømmende elvevann og annen avrenning. En del av miljøgiftene som kommer inn i en fjord blir transportert ut til åpent hav, og en del blir tilbakeholdt i fjorden.

Retensjonen (dvs. tilbakeholdelsen) av POP'er i fjorder skyldes hovedsakelig følgende prosesser:

- Sedimentasjon av partikler som de fleste POP'er er sterkt bundet i.
- Degradering av POP'er pga. UV-stråling og bakterier.
- Utgassing av POP'er til atmosfæren

I motsetning til ovennevnte prosesser som fungerer som "sluk" for miljøgiftene i en fjord, finnes det også lokale "kilder" i fjordsystemet, f.eks. det som blir tilført fra atmosfæren (bl.a. via regn og nedfall av partikler) og fra fjordsedimentene (bl.a. pga. resuspensjon av sedimentpartikler). Så lenge slukprosesser dominerer blir en del av miljøgiftene holdt tilbake i fjorden. Hvis derimot kilder dominerer over slukene er det ikke så hensiktsmessig å snakke om retensjon lenger, siden den innkommende miljøgiftbelastningen spiller liten rolle for miljøgiftkonsentrasjonen i fjordvannet og fluksen ut til åpent hav.

Retensjonen R kan defineres f.eks. som en ratio mellom fluksen av miljøgifter inn i en fjord (via elver og avrenning) og fluksen av miljøgifter ut av en fjord (ved en definert terskel eller annen grenselinje), dvs.:

$$R = \left(1 - \frac{\sum(Q_{ut} \cdot C_{ut})}{\sum(Q_{inn} \cdot C_{inn})} \right) \cdot 100\% \quad (1)$$

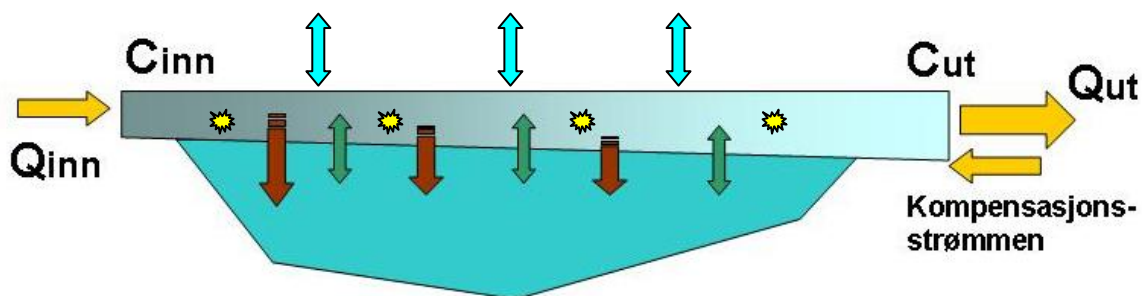
der Q_{inn} og Q_{ut} er vanntransport (m^3/s) og C_{inn} og C_{ut} er miljøgiftkonsentrasjonen ($\mu g/m^3$) henholdsvis i innkommende elv- og avrenningsvann og utstrømmende fjordvann (se Figur 3.3). Siden det kan være både inn- og utstrømning ved en fjordmunning må alle disse delfluksene summeres opp. Siden både vanntransport og miljøgiftkonsentrasjon vil variere langs en fjord, vil retensjonen også være avhengig av hvilken fjord- eller kystområde man velger å se på.

I mange fjorder med brakkvannslag øverst vil Q_{ut} i dette laget være større enn Q_{inn} fra elven pga. hydrodynamisk effekt der det lettere ferskvannslaget "drar med seg" fjordvann ut av fjorden. For å kompensere økningen i utstrømningen finnes det en kompensasjonsstrøm under brakkvannslaget som strømmer i motsatt retning i forhold til overflatestrømmen. For å opprettholde vannbalansen må selvfølgelig summen av alle Q_{inn} bli tilnærmet lik summen av Q_{ut} .

Her er retensjonen definert slik at Q_{ut} representerer nettofluksen, dvs. at både inn- og utstrømmende vann blir tatt i betraktning. Alternativt kunne man bare brukt utstrømmende vann for å beregne retensjonen. Med det utgangspunktet betyr $R = 100\%$ at hele den innkommende miljøgiftbelastningen blir tilbakeholdt i fjorden og ingenting går ut, mens $R = 0\%$ betyr at hele den innkommende miljøgiftbelastningen går ut av fjorden og ingenting blir holdt tilbake.

Vanntransport i fjorden, spesielt i brakkvannslaget langs en fjord, kan grovt estimeres basert på f.eks. målinger av saltholdighet langs fjorden eller direkte strømmålinger. Tilsvarende kan forandringer i miljøgiftkonsentrasjonen i brakkvannslaget langs fjorden kan man estimere f.eks. ut fra målinger tatt fra inn- og utstrømmende vann. Siden både vanntransporten og miljøgiftkonsentrasjon kan ha nokså stor variasjon fra tid til annen, kan retensjonsestimater basert på enkeltmålinger værre beheftet med store usikkerheter i det at dette gir kun et

”snapshot” bilde av fjorden, mens retensjonen gjerne defineres over lengre perioder (år). Langtidsmåleserier med god tidsopløsning kan gi et mye bedre bilde av retensjonen, men slike måleserier finnes sjelden i fjorder.



Figur 3.3. Skjematisk bilde av retensjonen (slik definert i ligning 1) i en fjord med utstrømmende brakkvannslag (f.eks. Grenlandsfjordene, Ranfjorden, Sunndalsfjorden). Q_{inn} og Q_{ut} er vanntransport (m^3/s) og C_{inn} og C_{ut} er miljøgiftkonsentrasjonen ($\mu g/m^3$) henholdsvis i innkommende elv- og avrenningsvann og utstrømmende fjordvann. Det øvre lettere brakkvannslaget er vist med lysere blå farge (skyggeeffekten viser avtagende miljøgiftkonsentrasjon langs fjorden). Tetthetsforskjellen mellom brakkvannslaget og saltere dypere vann reduserer størrelsen av vannutvekslingen mellom disse vannmassene (vist med grønne piler). Sedimentasjonsraten avtar vanligvis fra elvemunningen ut over langs fjorden (vist med røde piler). Degradering av miljøgifter er illustrert med gule stjerner, og vekselvirkningen med atmosfæren med blåe piler.

En annen måte å beregne retensjonen er å bruke matematiske modeller, som kan simulere flyt og retensjon av miljøgifter i et fjordsystem. Hvis slike modeller er godt kalibrert og i god samsvar med eksisterende observasjoner kan disse være gode verktøy til å estimere retensjonen. En slik modellpakke er ”SF-tool” (Saloranta et al. 2006) som er blitt brukt til å simulere flyt av dioksiner, bromerte flammehemmere (PBDE) og polyklorerte aromatiske hydrokarboner (PAH) i bl.a. Grenlandsfjordene, Mjøsa, Ranfjorden, og Sunndalsfjorden.

Rammen for prosjektet gir ikke anledning til en bred beregning og vurdering av størrelsen av retensjonen for de ulike kildene og stoffene. I Vedlegg 6 vises to eksempler som illustrerer størrelse og betydning av retensjon.

3.3 Tilførsler fra petroleumsvirksomhet på norsk sokkel

Opplysninger om utslipp av olje og metaller fra offshoreinstallasjoner i 2006 er innhentet fra SFT. Disse blir sammenliknet med verdiene som ble presentert i fjorårets "Tilførselsprosjekt" (Molvær et al. 2007). Utslippene er fordelt på de ulike regionene på bakgrunn av posisjonene til de ulike installasjonene.

3.4 Tilførsler ved utlekking fra sedimenter

I fjorårets rapport (Molvær et al., 2007) ble dataene som er benyttet i beregningene av fluks av metaller, PCB og PAH fra sedimenter er hentet fra OLF-database (Miljøovervåking for Nordsjøen). Basert på disse dataene ble biodiffusjon av metaller, PCB og PAH beregnet for region II (Osebergfeltet), region III (Ekofisk-, Sleipner- og Statfjordfeltene) og region VII (Trøndelag og Nordland). For de andre regionene var det ingen data. For de øvrige stoffene på prioriteringslista var det ingen opplysninger.

Datamaterialet er delt i 'konsentrasjon i kontaminert areal' ut til 1000 m fra installasjon (oljerigg) og en antatt bakgrunnsverdi der avstanden er > 5000 m fra installasjon.

For hver region og stoff ble data innsamlet etter 2002 benyttet i beregninger av henholdsvis middelveien og maxverdien i 'kontaminert areal' og av bakgrunnsverdien.

Beregningene er utført i henhold til metodene som er beskrevet i "Veileder for risikovurdering av forurenset sediment" (Breedveld et al. 2005). I beregningene ble følgende sjablonverdier benyttet for

- Porøsitet: 0,7
- tortuositet: 3
- faktor som diffusjonshastigheten økes med pga. bioturbasjon: 10
- fordelingskoeffisient sediment/vann ved 1 % TOC

3.5 Tilførsler fra skipsfart/båttrafikk i norske farvann

Utslipp til luft og til sjø fra denne kilden ble beregnet innen et eget prosjekt som NIVA og DNV gjennomførte for SFT, og er rapportert i Mjelde og Hustad (2008). Nedenfor gis et sammendrag av metodikk og resultater, og for øvrig henvises til prosjektrapporten.

3.5.1 Trafikkgrunnlaget

Trafikkgrunnlaget for beregningene er basert på eksisterende data fremskaffet av Kystverket, herunder AIS-data og satellittsporingsdata for fiskefartøy.

AIS

Automatisk identifisering av skip (AIS - Automatic Identification System) er et internasjonalt hjelpemiddel for å avverge skipskollisjoner og å identifisere og overvåke skip. AIS er gjort gjeldende for skip over 300 BT i internasjonal fart og 500 BT i nasjonal fart, samt alle tank- og passasjerskip uansett størrelse.

Datamaterialet som Kystverket har gjort tilgjengelig for DNV består av AIS-registreringer fra

2006 for alle enkeltfartøy som har sendt AIS-signaler i de respektive regioner. Datamaterialet for Norskehavet dekker et område som tilsvarer regionene IV, V, VI, VII, IX og XII sammenslått. Registreringene fra hver region/område fremkommer som operasjonstid (timer) og utseilt distanse (nautiske mil) aggregert per skip (navn og IMO-nummer) per måned, med en beregnet gjennomsnittsfart. I tillegg fremkommer annen skipsspesifikk informasjon slik som fartøystype, dimensjoner, tonnasje, installert motoreffekt m.m. Deler av denne informasjonen er tillagt materialet gjennom sammenstilling med andre fartøysdatabaser.

Satellittsporing av fiskefartøy

Fiskeridirektoratets overvåkningstjeneste for norske og utenlandske fiskefartøy innebærer satellittsporing av alle fiskefartøy over 24 meter i norske farvann og i fiskevernsonen rundt Svalbard. I motsetning til AIS-materialet, dekker satellittsporingen fiskefartøys aktivitet også langt til havs. Dette er av særskilt betydning for denne fartøyskategorien da en stor del av aktiviteten foregår langt fra kysten.

Datamaterialet som Kystverket har gjort tilgjengelig består av satellittsporingsdata fra 2006 i norske farvann. Registreringene fremkommer som operasjonstid (timer) og utseilt distanse (nautiske mil) aggregert per skip per måned, med en beregnet gjennomsnittsfart. I tillegg fremkommer annen skipsspesifikk informasjon slik som lengde, tonnasje og installert effekt. Enkeltfartøy er ikke identifisert med navn og/eller IMO-nummer.

Satellittsporingsdata for utenlandske fiskefartøy har ikke vært tilgjengelig. Et grovt anslag over forholdet mellom utseilt distanse for utenlandske fartøy i forhold til norske er imidlertid utarbeidet ved å sammenholde antall posisjonsmeldinger for utenlandske fartøy med tilsvarende for norske fartøy etter følgende brøk:

$$\text{Antall posisjonsmeldinger for utenlandske fartøy} * 2 / \text{Antall posisjonsmeldinger for norske fartøy}$$

(Utenlandske fartøy gir den norske Fisheries Monitoring Center (FMC) posisjonsmeldinger hver annen time når de er i norske farvann, mens norske fartøy gir posisjonsmeldinger hver time).

Fartøyskategorier

Tabell 3.2 viser fartøyskategoriene som det ble gjort beregninger for.

Tabell 3.2 Fartøyskategorier

Fartøyskategori	Fartøys-type	Beskrivelse
Våt bulk	CT LGT OL OT	Kjemikalie- / produkttankere Gasstankere (LNG – LPG) Andre tankfartøyer Oljetankere
Øvrige lasteskip	B C GC R RO	Bulkskip Containerskip Stykkgodsskip (general cargo) Kjøle-/fryseskip Ro Ro lastefartøy
Passasjerskip	P	Passasjerskip
Fiskefartøyer	F	Fiskefartøyer (over 24 meter)
Øvrige fartøyer (service + spesialskip)	OA OOA OSV SPES TUG	Andre servicefartøy Andre offshorefartøy Offshore supply skip Kabel- / rørleggingsfartøyer Slepebåter

Utslippskomponenter

Lovlige operasjonelle utslipp er vurdert for følgende utslippskomponenter (Tabell 3.3):

Tabell 3.3 Utslippskomponenter

Utslipp til luft (fra skipsmaskineri)	Utslipp til sjø og produserte mengder
- CO ₂ - CO - NO _x - SO ₂ - PM (Partikulært materiale) - CH ₄ - nmVOC (flyktige organiske forbindelser) - PAH (Polyaromatiske hydrokarboner)	- Kloakk (svartvann + gråvann) - Sjøppl - TBT - Oljeholdig lensevann fra maskinrom (bilgevann) - Oljeholdig vaskevann fra tankvasking (slopvann) - Oljeholdig avfall fra drivstoffseparatorer (sludge) - Annet oljeholdig avfall

Utslipp er kvantifisert som mengde (*tonn, m³, kg og liter*) per år for hver enkelt fartøyskategori. For kloakk, søppel, sludge og annet oljeholdig avfall er det kun *produserte mengder avfall* om bord som er blitt kvantifisert, siden det ikke foreligger datamateriale for å kunne foreta en kvantitativ beregning av mengde sluppet ut i sjøen. Størrelsen av ulovlige utslipp er ikke kjent.

3.5.2 Beregning av utslipp til luft

Beregningene har omfattet utslipp av CO₂, CO, NO_x, SO₂, PM, CH₄, PAH og nmVOC i avgasser fra skipsmaskineri. Utslipet beregnet ved å estimere *drivstoff-forbruk* og dernest anvende gitte utslippsfaktorer for *kg utslipp per tonn drivstoff*:

Drivstofforbruket for hver motortype (Hovedmotor (Hvm)/Hjelpemotor (Hjm)) og operasjonsmodus er estimert ved hjelp av følgende hovedtilnærming:

Installert effekt (kW) x spesifikt forbruk (kg drivstoff / kW time) x tid x motorlast (effektbruk)

Drivstoffbaserte **utslippsfaktorer** representerer verdier for *kg utslipp per tonn drivstoff forbrukt*.

For nærmere beskrivelse av metodikken henvises til Mjelde og Hustad (2008).

3.5.3 Beregning av utslipp til vann

Oljeholdig avfall

Mengden *olje fra lensevann* som slippes til sjø er beregnet ved å benytte gjennomsnittsfaktorer for produsert mengde lensevann per dag etter følgende modell:

Produksjonsfaktor (liter per dag) x operasjonstid (dager) x 0,000015

hvor produksjonsfaktoren varierer med skipstype og størrelse og 0,000015 tilsvarer den maksimale tillatte oljekonsentrasjonen i lensevann som går på sjøen. Mengde *oljeholdig vaskevann* sluppet ut er anslått ut fra gjeldende regelverk, dvs. maksimalt 1/30000 av mengden lastet olje (kapasitet) og maksimalt 30 liter per nautiske mil, minimum 50 nautiske mil fra land. Produserte mengder av *annet oljeholdig avfall (oljeholdig fra fast avfall, oljeholdig avfall i væskeform, sludge)* ble beregnet ved å benytte gjennomsnittsfaktorer for produsert mengde per dag etter følgende modell:

Produksjonsfaktor (mengde per dag) x operasjonstid (dager)

Dette oljeavfallet tillates ikke sluppet ut i sjøen og skal leveres til mottaksanlegg på land. Mulige ulovlige utslipp diskuteres ikke i utgangsrapporten.

Kloakk

Produsert mengde svartvann og gråvann ombord er beregnet ved å benytte gjennomsnittsfaktorer for produsert mengde per person per dag etter følgende modell:

Produksjonsfaktor (liter per person per dag) x operasjonstid (dager)

hvor gjennomsnittstall er hentet fra EASNoS. I henhold til nasjonalt og internasjonalt regelverk vil kun deler av kloakken havne på sjøen men det er usikkert hvor store andeler dette dreier seg om. Gråvann vil sannsynligvis slippes ubehandlet til sjø. For passasjerskip antas det at de største produserte svartvannsmengdene i liten grad går ubehandlet på sjøen, mens det for øvrig skipstrafikk slippes hoveddelen av kloakken antageligvis ut i lovlig avstand fra land iht. regelverk om kloakkhåndtering.

Søppel

Produsert mengde søppel, oljeholdig avfall og oljeholdig slam (sludge) om bord er beregnet ved å benytte gjennomsnittsfaktorer for produsert mengde per dag etter følgende modell:

$$\text{Produksjonsfaktor (mengde per dag)} \times \text{operasjonstid (dager)}$$

hvor, med søppel forstås den samlede mengden vått og tørt avfall, produksjonsfaktorene varierer med skipstype og –størrelse (tallmateriale fra EASNoS). Passasjertrafikken, som står for den klart største søppelproduksjonen, antas å håndtere søppel ved levering til land eller forbrenning ombord.

TBT

Utslipp av TBT fra skipsskrog er beregnet ved å estimere fartøyets våte overflate ”wetted surface” og anta en andel av flåten fortsatt har TBT-holdig bunnstoff tatt i betraktning av bl.a. at TBT-holdig bunnstoff har vært forbudt å påføre siden 1. januar 2003. Det er benyttet en rate for utlekking av TBT (4 mikrogram per cm² våt overflate per dag).

3.6 Tilførsler med luftstrømmer fra områder innenfor og utenfor Norge

3.6.1 Avsetning i havområder

Beregning av forurensningsavsetninger til havoverflaten kan baseres på observasjoner eller på modellering. Begge metoder har sine fordeler og ulemper med tanke på de norske havområdene. For mange forurensningskomponenter har modellering på den trans-nasjonale skalaen i prinsippet vært rettet mot den effekten forurensninger fra jordskorpen har på terrestriske omgivelser. En konsekvens er at transporten til havet har fått mindre oppmerksomhet, noe spredning og avsetning forekommende ene og alene innenfor marine områder også har fått. Alternative metoder basert på observasjoner av forurensningsavsetninger har som svakhet at de representerer de områdene hvor observasjonene foretas. Dette betyr i praksis kystlinjene. Dette avsnittet presenterer bakgrunnen for både den observasjonsbaserte og den modellbaserte tilnærmingen.

Observasjoner på forurensningsavsetninger fra atmosfæren til Nordsjøen og andre norske farvann er hovedsakelig begrenset til et lite antall landbaserte overvåkingsstasjoner langs kysten. Overvåkingstettheten er også tilgjengelig. Innen OSPARs Comprehensive Atmospheric Monitoring Programme (CAMP) utfører hvert Nordsjøland atmosfæriske observasjoner. Selv om kriterier er satt for å stimulere til sammenligninger og applikasjoner til utvidete områder, finnes en skjevhet mot den sørlige Nordsjøen der det finnes flere land med korte kystlinjer. Overvåkingsarbeid er også utført med tanke på forurensning og eutrofiering i regi av The Convention on Long Range Transboundary Air Pollution (CLRTAP). Fordi den politiske viktigheten av dette temaet har avtatt det siste tiåret, har oppmerksomheten flyttet over på potensielle forurensningseffekter på helse. Eutrofiering forblir et uløst problem, men fokuset ligger på terrestriske og akvatiske miljøer. Sammen medfører dette få observasjoner som er egnet for evaluering av effekter på Nordsjøen og andre norske farvann.

Programmer som kan generere observasjoner lenger nord omfatter Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), men igjen har det terrestriske miljøet vært målet. Luftbasert forurensning av havet ikke har oppnådd høy prioritet. Selv innen marine områder har kontroll på utslipp fra shipping hovedsakelig blitt rettet mot reduksjon av terrestriske effekter. Kombinasjonen av disse tingene betyr begrensede observasjoner av et fåtall forurensningskomponenter, skjevhet mot sør og liten overvåking av nordområdene. Hvis disse begrensningene godtas, gir de regelmessige observasjonene foretatt av OSPARs CAMP en nyttig oversikt. Tabell 3.4 lister opp observasjoner på avsetninger av tilgjengelige forurensninger fra nedbør:

Fordelene med en modelleringstilnærming er at der observasjoner gir et øyeblikksbilde av forholdene i ett punkt på land, kan modellering gi informasjon om områder lenger unna. Det finnes flere grunner til at havavsetninger ikke er likeverdige til avsetninger langs kysten. Kystlinjen representerer et skarpt skille i det fysiske miljøet, der land, hav og luft møtes. Disse fysiske endringene medfører tydelige meteorologiske endringer. Enkle ekstrapoleringer av landbaserte observasjoner til havområdet er derfor lite passende og modellering i en eller annen form er nødvendig.

Tabell 3.4 Observasjoner av luftforurensning foretatt av OSPAR

Komponenter for obligatoriske observasjoner	Metaller: As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, Zn, Organiske komponenter: γ -HCH, Nitrogen: NH_4^+ , NO_3^-
Komponenter for frivillige observasjoner	PCB 28,52,101,118,138,153,180 PAH-er: Phenanthrene, anthracene, flouranthene, pyrene, benzo(a)anthracene, chrysene, benzo(a)pyrene, benzo(ghi)perylene, indeno(1,2,3-cd)pyrene

I Nordsjøen og andre norske farvann er det nødvendig med modellering på transnasjonal skala. The European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP), en teknisk support mekanisme for CLRTAP, har vært en sentral aktør i mange av initiativene i Europa de siste tiårene. EMEP består av to modelleringsenheter. Den ene enheten modellerer svovel, nitrogen, ozon og mer nylig partikler og holder til ved Met.no i Oslo. Den andre holder til i Moskva og modellerer tungmetaller og organiske forbindelser. Disse benytter helt ulike modeller for sine estimater, og modellene har også utviklet og forandret seg over tid. De samarbeider med en tredje enhet innen EMEP som behandler det tilhørende måleprogrammet situert hos NILU på Kjeller.

Disse modellene estimerer transport av forurensningskomponenter gjennom atmosfæren mellom ulike land, og fungerer som support for internasjonale protokoller i forbindelse med reduksjon av utslipp av luftforurensning. Transport over havområder er selvfølgelig også inkludert her. Men de marine områdene perifere når man betrakter Europa i sin helhet; disse områdene ikke er CLRTAPs hovedfokus og observasjonsnettverket brukt i valideringen av modellene inkludere ikke marine stasjoner. Kvaliteten på marine avsetningsestimater har sjeldent blitt evaluert, og da bare under spesielle forhold. Tidligere evalueringer har vist at modeller fungerer bedre i løpet av spesifikke perioder av året (noe som antyder spesielle marine forhold). En nylig evaluering gjort i 2007 sammenlignet EMEP modellerte nitrogen avsetninger og OSPAR CAMPs nitrogenobservasjoner. Det ble funnet sammenfallende fordelinger, men en uforklarlig underestimering av opptil 50%.

Selv om de generelle mønstrene på spredning og avsetning av luftforurensninger får bred støtte bør man sammenligne de estimerte nivåene med alternative estimater. Alternative modellestimater finnes på nasjonalt nivå, som f.eks. fra danske, hollandske og britiske miljøvern institutter, og disse kan benyttes i dette øyemed. Å benytte observasjoner, noe OSPAR nylig har gjort, er en annen vei å gå, og denne metoden er også valgt i dette arbeidet.

Estimering av total avsetning i Nordsjøen

På 1990-tallet relaterte RIVM, det hollandske nasjonale helseinstituttet, observerte kystavsetninger til modellerte estimerte avsetninger til havs. Skaleringsfaktorene de produserte kunne deretter benyttes for å levere et modellert estimat av marine avsetninger drevet av observerte avsetninger ved kysten. Denne metoden, som etter flere oppgraderinger nå går under det kjente navnet "Method 3a", har blitt adoptert og foretrukket av OSPAR for estimering av marine avsetninger av luftforurensninger. Denne innfallsvinkelen vil bli benyttet for å gi et estimat av den totale avsetningen til havoverflaten.

Metoden representerer både fordeler og ulemper i forhold til dette studiet. Den største fordel er at metoden er uavhengig av andre typiske modellbegrensninger, siden den hovedsakelig er drevet av observerte forurensningsavsetninger langs kysten. De fleste datamodelleringer – inkludert EMEP – tar modellerte eller statistiske emisjonsestimater og

beregner transporten gjennom atmosfæren ved å benytte parametre som ofte selv er et produkt av modelleringen. Meteorologiske observasjoner kan bli brukt til å justere estimater av atmosfæriske forhold, men utover det benyttes forurensningsmålinger bare i sammenlikninger med de endelige modellerte avsetningsestimater og er ikke benyttet til å justere disse estimatene. I kontrast er Method 3a drevet av observerte forurensningsnivåer. Estimater av avsetninger er vurdert opp mot observasjoner fra alle sider av Nordsjøen, og dermed unngår man påvirkning fra spesifikke lokal meteorologiske forhold.

Ulempene ligger i det begrensede antallet målestasjoner med tilgjengelige observasjoner langs kysten, og også i de framherskende forhold under den opprinnelige modelleringen av kyst-hav avsetningsfaktorene. Noen av overvåkingsstasjonene som rapporterte i på 1990-tallet, som på Færøyene, rapporterer ikke lenger. Mens noen av stasjonene der forholdsfaktorene var dannet er lagt ned, andre har startet opp. Forholdsfaktorene er ikke blitt befart siden 1990-tallet, og selv om de er noen lunde robuste, ligger de nok et tiår bak siste nytt. Siden dette er en svarteske tilnærming, er det ikke mulig å justere de estimerte forholdstallene.

De nasjonale kontaktene for observasjonsdata fra Nordsjø-landene, det vil si Tyskland, Nederland, Belgia, Frankrike, England, Irland, Island, Færøyene og Sverige, ble kontaktet i oktober 2007 og bedt om å lete frem all tilgjengelig data for 2006. Ved utgangen av november var det ikke noe tilgjengelig fra England, og bare begrenset data var tilgjengelig fra Nederland og Danmark. Dette er en vesentlig mangel, siden disse landene er signifikante utslippskilder og betjener målestasjoner med høy kvalitet. Derfor ble det valgt å estimere avsetninger fra 2005 (der data er tilgjengelig) og skalere estimater ved tilgjengelig data fra 2006. Dette antydte en justering på under 5%, en verdi som vil ligge innenfor de forventede årlige variasjonene.

Estimeringsdistribusjon av forurensningsavsetninger mellom de ulike sub regionene i prosjektet

Method 3a tilnærmingen kan bare gi et estimat av gjennomsnittlig total forurensningsavsetning over hele Nordsjø-bassenget. Sub regionene beskrevet i dette prosjektet kan ikke bli skilt fra hverandre. I tillegg er det ikke mulig å tildele kilder. Med det menes det at den totale avsetningen kan bli estimert uten noen form for identifisering av hvor stor andel kommer fra Norge sammenlignet med områdene utenfor. Økt fortrolighet til modellene er nødvendig for å kunne svare på slike spørsmål. Tids- og ressursbegrensninger på dette tidspunkt hindrer en full skala modellering.

Tilnærmingen som er valgt er:

1. Distribuere total avsetningsestimater for å vise mønster tidligere modellert over Nordsjøen.
2. Justere tidligere resultater fra modellstudier for å gjøre rede for nåværende utslippsdata for observerte data.

Estimater fra to modeller har blitt brukt for å skaffe distribusjonen mellom Nordsjøens subregioner i forhold til den totale avsetningen til Nordsjøen estimert av Method 3a. Distribusjoner kalkulert av EMEP Unified Model blir brukt for avsetningene fra nitrogen og ammonium. Denne modellen, som er operert av EMEP Meteorological Synthesing Centre-West (MSC-W) hos Met.no, er en flere lags Eulerian modell og bruker modellert meteorologisk data sammen med nasjonale utslipp estimater. Disse årlige avsetningsestimater er tilgjengelige med en romlig oppløsning på 50km. De gjennomsnittlige estimatene fra Method 3a har blitt distribuert i samsvar med mønsteret vist av den 50km oppløsningen til

EMEP Unified Model. Spredning og avsetning av metallkomponenter er ikke blitt modellert av EMEP Unified Model. Distribusjonsestimater for disse er tatt fra resultater gitt av EMEP Meteorological Synthesing Centre-East, Moskva. Oppløsningen er den samme (50km).

Noen komponenter har vært utsatt for spesiell vitenskapelig oppmerksomhet, som at EMEP modeller ikke kan forventes å reflektere fullt ut nåværende estimater eller forståelse. For dette studiet har estimater av total avsetning av kvikksølv og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH-er) blitt påvirket av ulike rapporter. Kvikksølv har en kompleks transportmekanisme, med avsetning og tilhørende re-emisjon fra havoverflaten. PAH-er har fått mye mindre oppmerksomhet i forhold til andre komponenter, noe som fører til større usikkerhet i modellestimatene. Informasjonskildene benyttet for kvikksølv var en oversiktsrapport fra Færøyene som var en del av rapporteringen til AMAP, og for PAH var det estimater utført av NILU på vegne av oljeindustrien.

Det er samsvar mellom sammenligninger av estimater i dette arbeidet og estimater av nitrogenavsetninger utført for Statoil som en del av deres evaluasjon av konsekvenser på regional skala i Nordsjøen i forbindelse med oljerelaterte utslipp. Statoil-estimatene ble beregnet ved å benytte en kombinasjon av EMEP Unified Model, norsk overvåkingsdata, og en fotokjemisk modell på lokal skala (se NILU rapport OR 80/2006 – Knudsen *et al.*, 2006).

Estimater av tidsvarierende distribusjon

Det tidsvarierende mønsteret på forurensningsavsetninger har til nå blitt evaluert kun for nitrogenforbindelser (nitrat og ammonium). Dette er blitt utført på basis av rapporterte observasjoner fra alle Nordsjø-stater til OSPAR i 2005 og 2006. Det månedlige avsetningsgjennomsnittet gjennom nedbør har normalisert seg gjennom nedbørsmengde og gir en kurve som kan benyttes for estimering av distribusjonen over året.

3.6.2 Langtransportert forurensning: Kilder på den nordlige halvkule

Flere faktorer avgjør hvordan fjerne kilder innvirker på avsetning av forurensning i Nordsjøen og Norskehavet. Hvert forurensende stoff har sin egen kjemiske og fysiske oppførsel som bestemmer stoffets levetid i atmosfæren. Meteorologi er viktig, og bestemmer hvor og hvor raskt stoffene blir transportert. Plasseringen av utslippkildene er også viktig, siden kjemiske/fysiske effekter og meteorologi varierer over området. Modellberegninger kan brukes til å lage en oversikt over potensielle kilderegioner for forurensninger som påvirker havområdene.

For denne utredningen kan vi bruke simuleringer som er gjort med den atmosfæriske spredningsmodellen FLEXPART (Stohl *et al.*, 2005), med meteorologiske data fra ECMWF (European Centre for Medium Range Weather Forecast). Modellen er basert på såkalt "Lagrange partikkel-spredning", og er en ren transport-modell med $1^\circ \times 1^\circ$ oppløsning. FLEXPART beregner banen for "luftpakker" uten fysiske eller kjemiske reaksjoner eller tapsprosesser. Dette gjøres ved bruk av gjennomsnittlig vind pluss tilfeldige bevegelser som representerer turbulens og spredning i henhold til et konvektivt massefluks-skjema. Vindfeltanalyser og værvarsler for 3-timers perioder blir brukt. Formålet er å identifisere hvilke regioner en gitt forurensning kan komme fra.

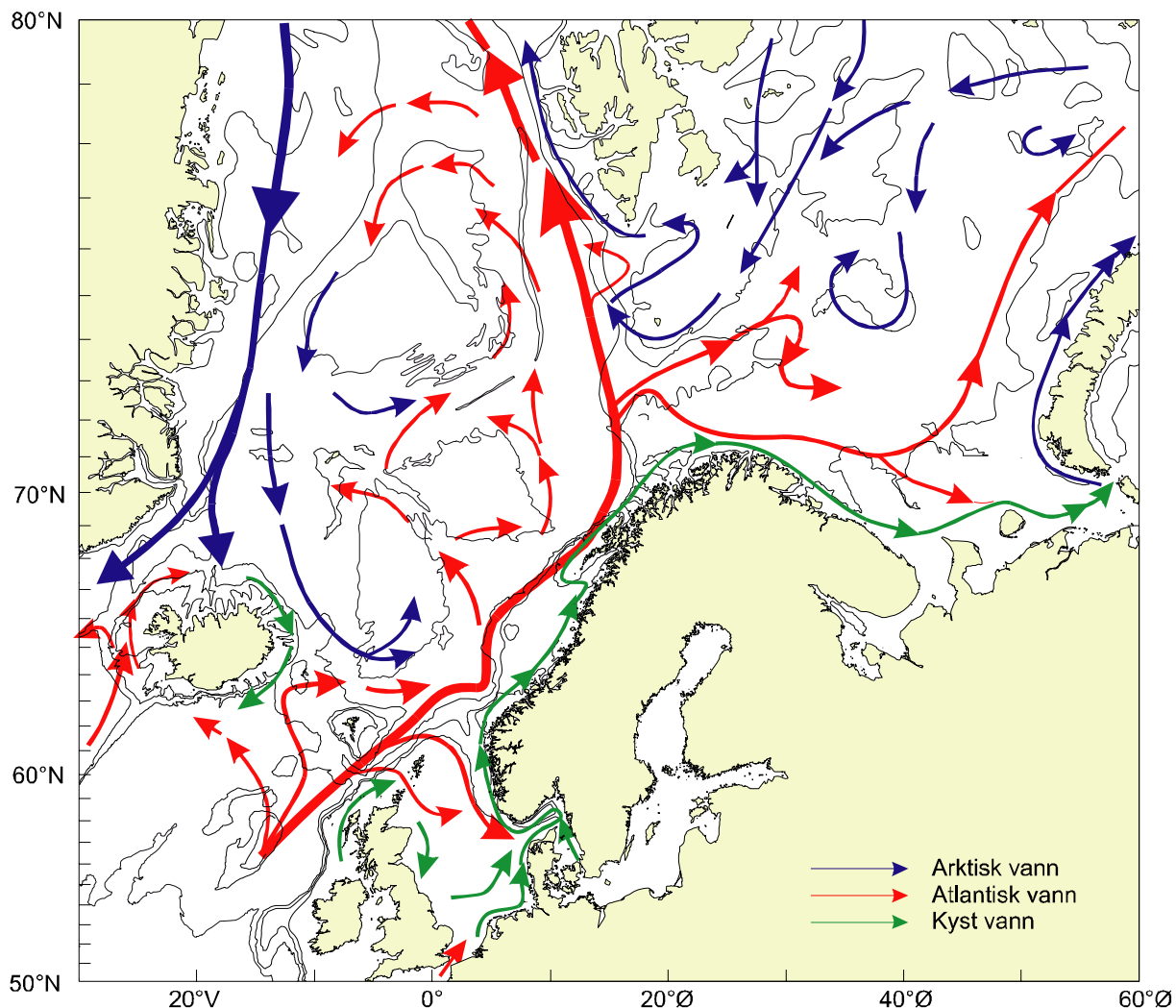
I NORACIA-prosjektet ble det gjort "baklengs"-simuleringer for Bjørnøya, for 3-timers perioder fra desember 1999 til juni 2003. For hver 3-timers periode ble 40000 "luftpakker" ankommet til Bjørnøya fulgt baklengs i 20 dager, slik at man beregnet en såkalt "retroplume". Månedlige gjennomsnitt av disse retroplumene ble beregnet og summert til 3 sesong-midler

(januar-april, mai-august, september-desember). Kart av disse midlene viser den potensielle følsomheten for et reseptor-punkt på Bjørnøya ved utslipp fra hvert sted i kartet. Dette er kjent som en ”utslippsfølsomhetsfunksjon”.

Kartene illustrerer hvor luften oppholder seg (og hvor lenge) gjennom 20-dagers perioden før den ankommer til Bjørnøya. Utslipp i disse områdene har mulighet for å ankomme til Bjørnøya, avhengig av egenskapene til den spesifikke komponenten man studerer. Man sier derfor at kartene angir ”potensiell” følsomhet for utslipp fra et gitt punkt. Den reelle utslippsfordelingen pluss de kjemiske og fysiske egenskaper til forurensningene må kombineres med disse kartene for å vise den sanne følsomheten for en gitt komponent.

3.7 Tilførsler med havstrømmer

Den 3-dimensjonale modellen ECOSMO (ECOSystem Model, Schrum et al., 2006) er brukt til å beskrive transportveiene og konsentrasjoner av olje og andre miljøgifter som blir tilført norske havområder og spres med havstrømmene. De viktigste strømmene er vist i Figur 3.4.



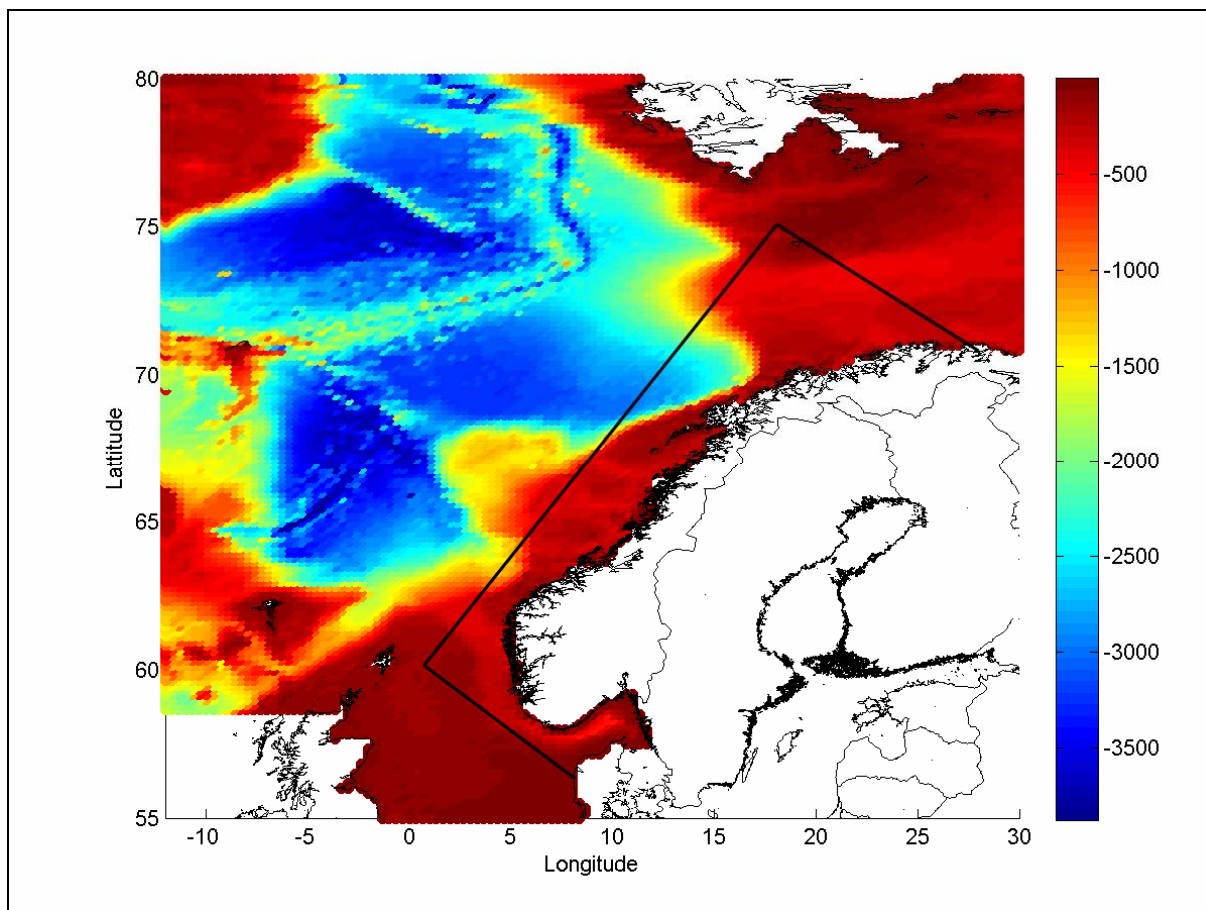
Figur 3.4. Hovedveiene for havstrømmene i prosjektområdet (kilde: Havforskningsinstituttet)

Olje og kjemikalier tilføres havområdene fra 8 kilder og det langsiktige målet er å bruke opplysningene om tilførsler og havstrømmene til beregning av konsentrasjonen av miljøgifter i vann og sediment. Dette gjelder også for endringer i klimasystemet som påvirker havstrømmene. Innenfor det aktuelle prosjektet ble ECOSMO-modellen satt opp for alle de 12 regionene.

Et utvalg av publikasjoner om ECOSMO, detaljerte modell-ligninger og annen bakgrunnsinformasjon finnes i Schrum et al. (2006). Derfor gis det bare en kort beskrivelse her.

I utgangspunktet er modellen satt opp med 20 km horisontal oppløsning for de områder vist i Figur 3.5 (bunntopografi for modellen). Området markert med sorte linjer viser hvor modellen ble satt opp med høyere oppløsning nær norskekysten (4 km horisontal oppløsning).

Modellen er satt opp med 15 vannlag og disse er 0-5m, 5-10m, 10-20m, 20-35m, 35-50m, 50-75m, 75-100m, videre 100-200m, 200-300m, 300-500m, 500-1000m, 1000-1500m, 1500-2200m, 2200-3000m og 3000-3900 m. Nærmest norskekysten ble modellen satt opp med 4 km horisontal oppløsning og 15 vannlag.



Figur 3.5. Modellregion som er brukt med ECOSMO topografi. Området markert med sorte linjer viser hvor modellen ble satt opp med høyere oppløsning (4 kmx4km rutenett).

Data

Bakgrunn for de fysiske parametre ble hentet fra World Ocean Atlas 2005 (WOA05, NOAA National Oceanographic Data Center). Værforholdene ble hentet fra *NCEP Reanalysis data provided by the NOAA/OAR/ESRL PSD, Boulder, Colorado, USA, fra deres Webadr: <http://www.cdc.noaa.gov>* (Kalnay et al., 1996). Modellen ble kjørt med værforhold fra 2006.

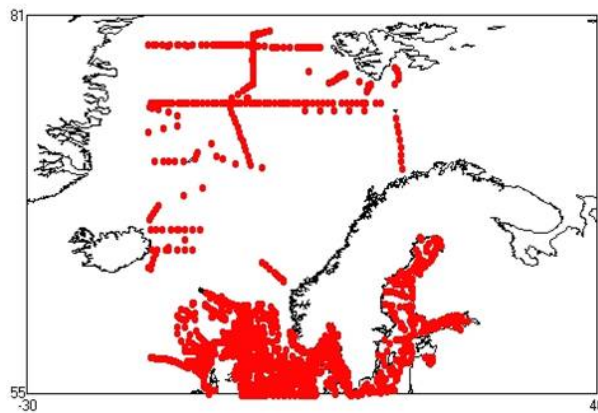
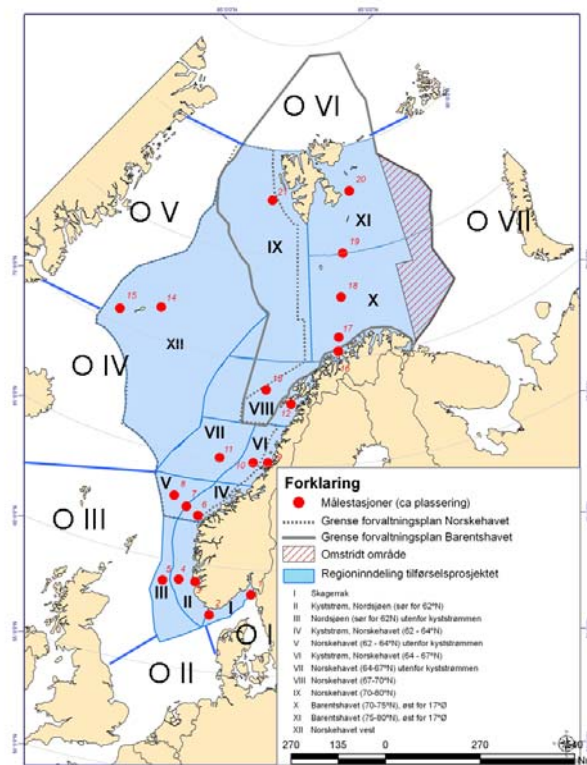
Prosjektområdet er de 12 regionene som vist i Figur 3.6a. Som input til modellen er det i tillegg definert 7 utenforliggende regioner der hydrofysiske og vannkjemiske forhold gir input til modellens simulering av tilstanden i regionene som grenser til åpent hav. Det er god tilgang på data for hydrofysiske parametre som temperatur og salinitet i prosjektområdet. Som påpekt i rapporten fra prosjektfase 1 (Molvær et al., 2007) er der imidlertid (svært) lite data for miljøgifter i vann. Dette gjelder spesielt for den nordlige delen av området og for organiske miljøgifter, som det ofte ikke finnes noen informasjon om. I den sørlige delen,

f.eks. Nordsjøen, er mer data tilgjengelig (se eksempel på nitrat i Figur 3.6, b+c). Informasjon på bakgrunn av konsentrasjoner brukt i modellkjøringer ble i stor grad hentet fra International Council for the Exploration of the Sea (ICES) Data Inventory (www.ices.dk) og fra tilgjengelige rapporter og informasjon fra Oslo Paris Commission (OSPAR, www.ospar.org).

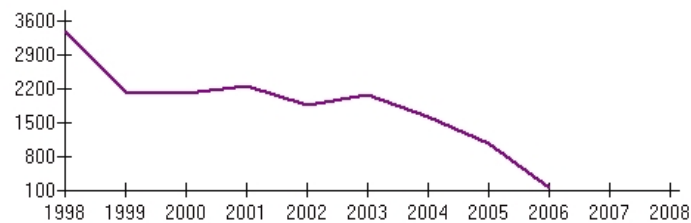
Denne mangelen på data som kan beskrive dagens nivåer i de store havområdene er et hovedproblem for oppsett av modellen og vurdering av resultatene.

Den biologiske modulen i ECOSMO er basert på laveste trofiske nivå, interaksjon mellom to phyto- og to zooplanktonkomponenter. Dynamikken i de forskjellige fytoplankton komponentene er styrt av tilgjengeligheten av næringssaltene nitrogen, fosfat og silikat i tillegg til lys. Produksjonen av zooplankton er estimert, basert på inntaket av de forskjellige grupper av fytoplankton og detritus. Den biologiske modulen er koblet til den ikke-lineære 3D barokliniske modellen HAMSOM (HAMBURG Shelf Ocean Model). Den fysiske delen er en ikke-lineær, hydrostatisk hydrodynamisk 3D-modell. Den ble utviklet av Institute of Oceanography, Hamburg University, Germany. Den brukte versjonen av modellen er basert på Nordsjø/Østersjø-versjonen som ble introdusert først av Schrum (1997) and Harms et al. (2005). Modellen er koblet til en termodynamisk hav-is modell.

Konsentrasjonen brukt i de forskjellige parametrene i prosjektområdet og kildeinformasjon, så vel som informasjon om manglende data er sammenfattet i Vedlegg 4.



Stations per year



Figur 3.6 a,b,c: a) øverst: Prosjektområdet med de 12 regionene og 7 utenforliggende regioner (OI-OVII). b) midt: Tilgjengelige observasjoner av nitrat fra ICES Integrated Inventory (<http://www.ices.dk/datacentre/inventory.asp>) i perioden 1998-2007 og c) nederst: Antall tilgjengelige målinger av nitrat pr. år for prosjektområdet.

3.8 Tilførsler av radioaktive stoffer til norske kyst- og havområder

I Statens stråleverns rapport (Statens strålevern, 2006) var de viktigste tilførselskildene til radioaktiv forurensning i norske kyst- og havområder vurdert, blant annet nedfall fra atmosfæriske prøvesprengninger av kjernevåpen på 1950 og 60-tallet, utslipp fra gjenvinningsanlegg for brukt kjernebrensel og Tsjernobyl-kontaminert vann fra Østersjøen. Resultater fra spredningsmodelleringer viser at det er mulig å evaluere radioaktive stoffer til norske kyst- og havområder fra forskjellige kilder samt kunnskapsmangler knyttet til tilførsel av radioaktive stoffer blitt identifisert. Det var påvist at for å vurdere tilførsel av radioaktive stoffer kreves det modernisering av spredningsmodeller, spesielt for å vurdere konsekvenser etter nedfall fra atmosfæriske prøvesprengninger og beskrivelser av remobilisering av radionuklider fra sedimenter i Irskesjøen.

Derfor kan det spesifiseres hovedmål for den nåværende perioden:

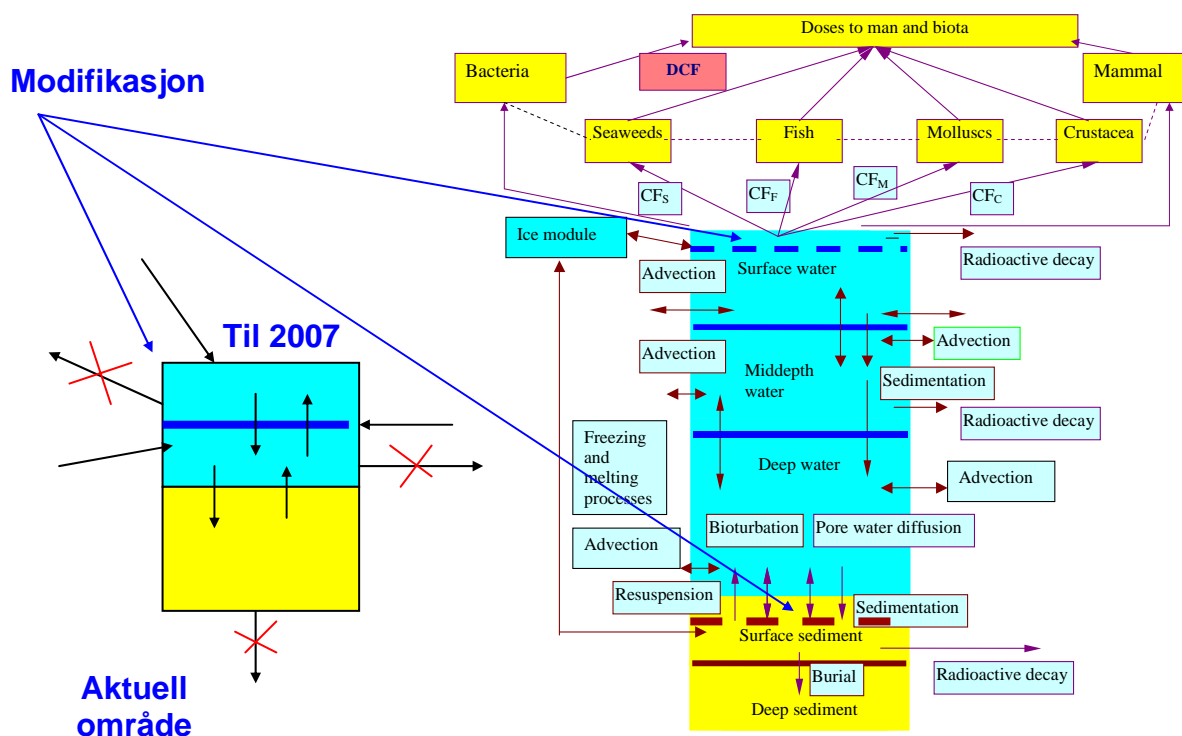
- Modifisering av Statens strålevern marin modell til å vurdere tilførsel til norske kyst- og havområder med spesiell hensyn til nedfall fra atmosfæriske prøvesprengninger
- Beregning av tilførsler av strontium-90 fra utslipp fra Sellafield anlegg, Østersjøen og atmosfæriske prøvesprengninger. Identifisering av kunnskapsmangel, herunder kilder hvor det ikke finnes tall for utslipp, manglende overvåking og usikkerheter i estimater.
- Beregning av tilførsler av plutonium-239+240 fra utslipp fra Sellafield anlegget samt remobilisering fra Irskesjøen og atmosfæriske prøvesprengninger.
- Identifisering av kunnskapsmangler, herunder kilder hvor det ikke finnes tall for utslipp, manglende overvåking, usikkerheter i estimater.

3.8.1 Den marine modellen

Marine boksmodeller kan brukes for å beskrive transport av radionuklider i havområder over større avstander og over lengre tid. Modelleringen omfatter spredning av radionuklider i vann og utveksling av radionuklider mellom vann og sediment. Opptak i og doser til dyr og mennesker kan også beregnes. Boksinnvidingen i Strålevernets marine boksmodell er basert på kunnskaper om bl.a. strømningsforhold, ulike miljøfaktorer, samt betydning av de ulike havområdene for eksempel for fiskeri eller nærhet til potensielle kilder. På grunnlag av informasjon om forhold som volum, dybde, strømningsforhold, suspenderte partikler, sedimenteringshastighet og interaksjon, samt fordeling/dynamikk mellom vann og sedimenter, benyttes modellen til å vurdere spredning til boksene over gitte tidsperioder.

Ved modellberegningene antas det videre at radionuklider i vannsøylen fins i løst form (som fritt ion i vannfasen) og assosiert med suspenderte partikler. Den partikkelassosierte aktiviteten sedimenterer med suspendert materiale, og blir således en del av bunnsedimentene. Utover dette inkluderer modellen: diffusjon av radionuklider i porevann, resuspensjon,

blanding som følge av bioturbasjon, samt nedlekking av radionuklider til dypere sedimentlag. Det tas hensyn til radioaktivt henfall i alle bokser. Skjematisk oversikt av modellen vises i Figur 3.7. En nærmere beskrivelse er gitt i Iosjpe et al. (2002) og Iosjpe (2006).



Figur 3.7. Transportmodell samt med modifikasjoner med hensyn til vurdering av tilførsler av radioaktive stoffer (skjematisk oversikt).

Statens strålevern sin marine modell beskriver konsentrasjon av radionuklider i vann, sediment og biota som dynamisk funksjon av tid.

For å forbedre vurdering av konsekvenser etter nedfall av radioaktive stoffer fra atmosfæriske prøvesprengninger av kjernevåpen har det bygget opp overflatebokser til alle aktuelle områder med dybde mer enn 200 m.

For å forbedre vurdering av remobilisering av radionuklider fra sjøsedimenter har det brukt fleksibel beskrivelse av vann-sediment interaksjonen (MacKenzie & Nicholson, 1987; and Simmonds *et al.*, 2002; Iosjpe *et al.*, 2003).

Definisjon av tilførsel av radioaktive stoffer er ikke en triviell oppgave med hensyn til spredning av radionuklider i havområder. I denne rapporten blir det brukt to forskjellige

definisjoner. En av dem er basert på konsentrasjon av radioaktiv stoff i vann og sediment i valgte havområder og kan tolkes som gjennomsnittsinhold av radioaktivitet i havområdet i løpet av den definerte tiden. Den andre definisjonen av tilførselen er basert på akkumulering av radioaktive stoffer i havområdet i løpet av aktuell tid. For å vurdere slik akkumulasjon av radionuklider var modellen modernisert med mulighet å beregne spredning av radioaktive stoffer med avbrytelse av radioaktivitetstrømmer fra valgt havområde i løpet av aktuell tid (det vises skjematisk på Figur 3.7).

Begge definisjonene har både fordeler og ulemper og skal diskuteres videre.

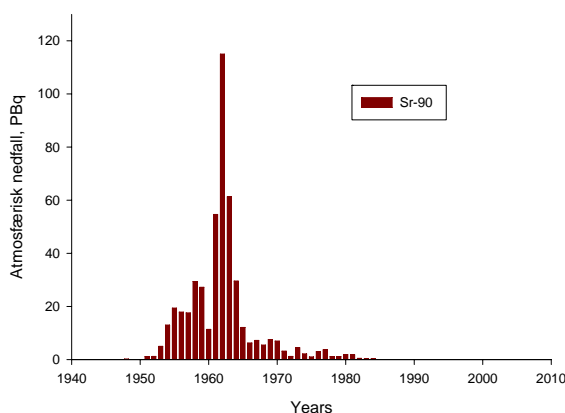
3.8.2 Kilder av radioaktiv forurensning

Ifølge mål til dette prosjektet, er atmosfærisk nedfall og utslipp fra Sellafield-anlegget av $^{239+240}\text{Pu}$ og ^{90}Sr samt utslipp av ^{90}Sr fra Østersjøen under interesse. Andre kilder av radioaktiv forurensning i norske kyst- og havområder var detaljert beskrevet i Statens strålevern rapport (Statens strålevern, 2006) (se Vedlegg 2).

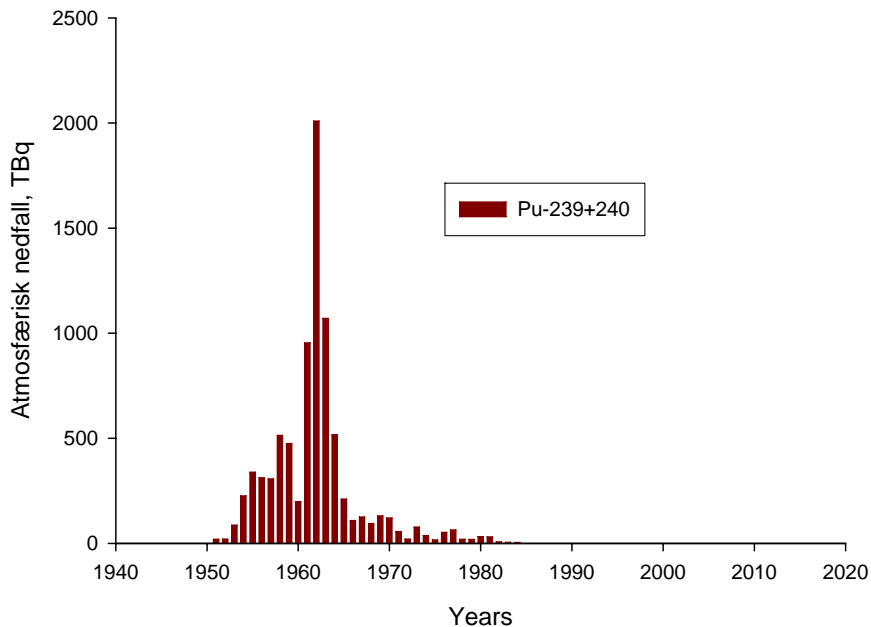
I perioden 1945-80 gjennomførte Frankrike, Kina, Sovjetunionen, Storbritannia og USA til sammen 520 prøvesprengninger av kjernevåpen i atmosfæren - de fleste i periodene 1957-58 og 1961-62. Den siste atmosfæriske testen ble gjennomført av Kina i 1980.

Prøvesprengninger i atmosfæren er globalt sett den største kilden til radioaktiv forurensning av miljøet. Totalt er det blitt estimert at 622 PBq strontium-90, 6,52 PBq plutonium-239 og 4,35 PBq plutonium-240 ble sluppet ut i miljøet (UNSCEAR, 2000). Nedfallet kom vesentlig med nedbør, og mesteparten på den nordlige halvkule. Om lag 60 % av aktiviteten falt ned i havet. Nedfallet fra de atmosfæriske kjernevåpentestene kan stadig måles i det marine miljø. Fordelingen av radionuklidene i dag avhenger av parametere som havstrømmer, diffusjon og sedimenteringshastigheter.

Figurer 3.8 og 3.9 viser atmosfærisk nedfall av strontium-90 og plutonium-239+240 (UNSCEAR, 2000). Det er nødvendig å merke seg at radioaktive stoffer fra prøvesprengninger i atmosfæren føres med havstrømmer til forskjellige havområder.



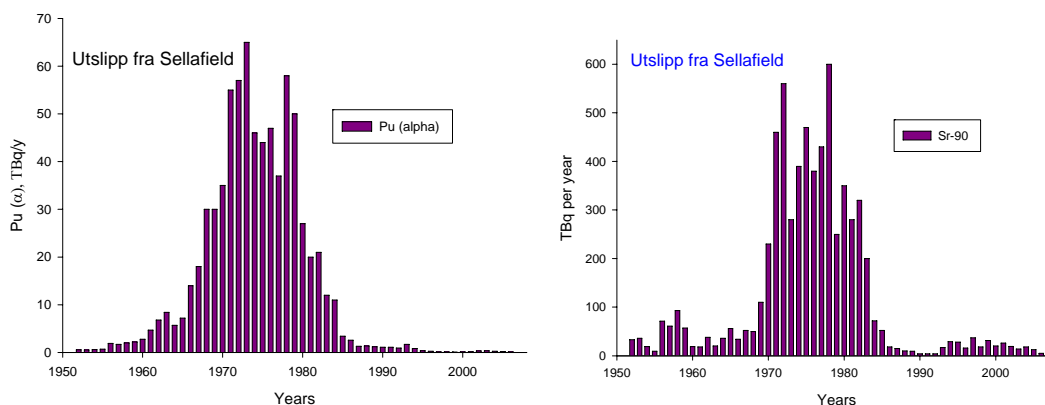
Figur 3.8. Atmosfærisk nedfall for strontium-90 (nordlig halvkule)



Figur 3.9. Atmosfærisk nedfall for plutonium-239+240 (nordlig halvkule)

Utslipp av radioaktive stoffer fra Sellafield-anlegget kan føres nordover med havstrømmer og nuklidenes fysiske halveringstid og partikkelreaktivitet kan være avgjørende for i hvor stor grad de kan transporteres over store avstander. Mobile, langlivede radionuklider, som strontium-90, vil bli transportert langt av gårde fra utslippspunktet mens partikkelreaktive stoffer, som plutonium og americium avsettes hovedsakelig nært utslippspunktet. Radionuklider i sedimentene kan imidlertid senere frigjøres fra sedimentene og føres av gårde med havstrømmene (remobilisering). Remobilisert plutonium fra sedimentene i Irskesjøen kan være en av viktige tilførselskilder til plutonium 239+240 i norske havområder.

Figur 3.10 viser årlig utslipp av strontium-90 og plutonium-239+240 fra Sellafield anlegg til Irskesjøen (Jackson *et al.*, 2000; Vives i Batlle *et al.*, 2007).



Figur 3.10. Årlig utslipp til Irskesjøen av strontium-90 og plutonium-239+240 fra Sellafield-anlegget.

I den nåværende rapporten er det også vurdert en av viktige kilder for forurensning av norske kyst- og havområder med ^{90}Sr som kommer med vannstrøm fra Østersjøen. Scenario er basert på gjennomsnitt verdig av ^{90}Sr konsentrasjonen i Østersjøen i løpet av siste 20 år: 8,4 (5,6-10,9) Bq/m^3 (HELCOM, 2006).

4. Resultater

4.1 Tilførsler fra land

Uten retensjon

Tilførslene fra land kommer fra målt elvetransport samt følgende kilder: landbasert industri, renseanlegg, raffinerier og akvakultur (utslipp av fosfor, nitrogen og kopper). Tallene for kopper (Cu) er å regne som spesielt usikre da disse er basert på et stipulert utslippstall for hele Norge og fordelt i regionene basert på antall akvakulturanlegg innefor regionen.

Som nevnt i foregående kapittel er bidragene fra land beregnet til de kystnære regionene (1, 2, 4, 6, 8, 9). For region 3, 5, og 7 vil eventuelle tilførsler fra land være omfattet i havbasert transport og i samsvar med metodikken i dette prosjektet er direkte tilførsler fra land er derfor ansett som null for disse regionene.

Resultatene i Tabell 4.1 er basert på bedriftenes egenrapportering (SFTs database Forurensning) og utslipp fra renseanlegg (SSB Kostra), foruten de parametrene hvor det foreligger RID-målinger.

Tilførselstallene fra land til de kystnære områdene er oppdatert for stoffene Arsen (As), Kadmium (Cd), Kobber (Cu), Krom (Cr), Kvikksølv (Hg), Bly (Pb) med bruk av RID-tall fra 2006. I tillegg er det beregnet tilførselstall for Totalt Nitrogen (totN) og Totalt Fosfor (totP).

Tabell 4.1. Årlig tilførsel fra land direkte til de kystnære regionene. Tilbakeholdelse (retensjon) i fjorder og skjærgård er ikke inkludert.

Region	As (kg)	Cd (kg)	Cr (kg)	Cu (kg)	DEHP (kg)*	Dioksiner (g)*	EDC (kg)*	
I	13562	1310	17453	99067	754	0,16	71	
II	5749	629	9916	104302	39			
III	0	0	0	0	0	0	0	
IV	2788	232	9805	90615				
V	0	0	0	0	0	0	0	
VI	2066	109	2491	46382				
VII	0	0	0	0	0	0	0	
VIII	1118	129	3617	54415		0,003		
X	2562	193	4868	52263				
Region	HCB (g)*	Hg (kg)	PAH (kg)*	Pb (kg)	PCB (kg)*	Olje (THC) (tonn)*	Tot N (tonn)	Tot P (tonn)
I	3	167	202	18755	3	15	44384	1045
II		188	2635	11244	19	7	45565	3351
III	0	0	0	0	0	0	0	0
IV		49	142	2688	6	187	25622	2513
V	0	0	0	0	0	0	0	0
VI		117	71	1430	5	76	12437	1552
VII	0	0	0	0	0	0	0	0
VIII		117		1716	7		13108	1845
X		59		948	4		7857	550

* Samme tilførselstall som rapportert i forrige rapport Molvær et al (2007) basert på grunnlagsdata fra 2005. Grunnlagsdata fra 2006 ikke tilgjengelig.

Landbaserte tilførsler etter retensjon

De innledende beregningene (se Vedlegg 5) tyder på en betydelig retensjon av forurensende stoff innenfor grunnlinjen. Den vil variere med

- Type stoff
- Utslippenes beliggenhet i forhold til bl.a. kystvannet

og vil trolig variere langs kysten, med generelt avtakende retensjon nordover langs kysten som følge av økende vannutskiftning.

I denne fasen av prosjektet velger vi å bruke følgende generelle koeffisienter:

- Nitrogen og fosfor: retensjon 30 %
- Metaller: retensjon 40 %
- Organiske miljøgifter: retensjon 50 %

I Tabell 4.2 er "bruttotallene" fra Tabell 4.1 redusert tilsvarende, men det understrekes at foreløpig er dette usikre estimat.

Tabell 4.2. Årlig tilførsel fra land til de kystnære regionene, fratrukket antatt retensjon innenfor grunnlinjen.

Region	As (kg)	Cd (kg)	Cr (kg)	Cu (kg)	DEHP (kg)	Dioksiner (g)	EDC (kg)		
I	8137	786	10472	59440	377	0,08	31		
II	3449	377	5950	62581	19	0			
III	0	0	0	0	0	0	0		
IV	1673	139	5883	54369		0			
V	0	0	0	0	0	0	0		
VI	1240	65	1495	27829		0			
VII	0	0	0	0	0	0	0		
VIII	671	77	2170	32649		0,0015			
X	1537	116	2921	31358		0			
Region	HCB (g)	Hg (kg)	PAH (kg)	Pb (kg)	PCB (kg)	Olje (THC) (tonn)	Tot N (tonn)	Tot P (tonn)	
I	1,5	100	101	11253	1,5	7,5	31069	732	
II		113	1318	6746	9,5	3,5	31896	2346	
III	0	0	0	0	0	0	0	0	
IV		29	71	1613	3	93,5	17935	1759	
V	0	0	0	0	0	0	0	0	
VI		70	36	858	2,5	38	8706	1086	
VII	0	0	0	0	0	0	0	0	
VIII		70	0	1030	3,5	0	9176	1292	
X		35	0	569	2	0	5500	385	

4.2 Tilførsler fra petroleumsinstallasjoner

I fjorårets tilførselsprosjekt var det fokus på THC, PAH, PCB, kvikksølv og kadmium (Molvær et al., 2007). I årets prosjekt ble det bestemt å beholde samme fokus og dataene fra fjorårets rapport ble derfor oppdatert med 2006-data for utslipp fra norsk kontinentalsokkel. En sammenfatning av resultatene fra hver region er gitt i Tabell 4.3, og grunnlagsdataene er samlet i Vedlegg 1. Det gjøres oppmerksom på at fjorårets benevnelser når det gjelder tilførsler fra petroleumsvirksomheten er rettet i årets rapport. Tallene for akutte utslipp kan variere mye fra år til år.

Tabell 4.3. Utslipp fra petroleumsinstallasjoner på norsk sokkel i 2006.

Region	Akutte oljeutslipp (tonn/år)	Dispergert olje (tonn/år)	PAH (kg/år)	Metaller (Produsert vann)			Metaller (Kaks)		
				Pb (kg/år)	Cd (kg/år)	Hg (kg/år)	Pb (kg/år)	Cd (kg/år)	Hg (kg/år)
II	0,8	533,1	20634,6	1,1	2,1	0,4	255,4	1,0	0,4
III	14,2	1860,9	41523,3	311,7	26,0	5,5	1263,1	5,1	2,6
IV	0	0	0	0	0	0	162,6	0,7	0,3
VI	98,6	106,0	417,0	21,3	0,2	0,0	0	0	0
VII	8,2	106,4	4395,8	33,7	1,6	1,2	832,3	1,3	0,3

4.3 Tilførsler ved utlekking fra sedimenter

Tabell 4.4 viser beregninger av den samlede utlekkingen for de tre regionene der datagrunnlaget gjorde dette mulig (hentet fra fjorårets rapport). Den viser både store tilførsler og svært store forskjeller regionene imellom.

I årets prosjekt ble det besluttet å se nærmere på størrelsen av naturlig oljeutlekking fra havbunnen.

En studie av Kvenvolden and Cooper (2003) og senere GESAMP (2007) konkluderer med at på verdensbasis lekker det betydelige mengder av olje fra naturlige "seeps"¹, mens tilførselen som følge av erosjon er av liten betydning på samme skala. Estimerer indikerer utlekking av mellom 0,2 og 2 millioner tonn/år på global basis og det beste estimatet er utlekking av 600.000 tonn olje/år (Kvenvolden and Cooper, 2003). Dette tilsvarer 40-50 % av den totale mengden olje som tilføres verdens havområder.

Mengden av olje som på denne måten kommer ut de ulike havområdene vil variere med antallet seeps i det aktuelle området og hastigheten på utlekking i hver seep. Disse egenskapene er i stor grad bestemt av geologien i områdene. Kunnskapen om olje seeps på norsk kontinentalsokkel er lav, men mye arbeid er gjort rundt kartlegging av gass seeps og "pockmarks" i dette området. Slike forekomster er funnet fra Barentshavet i nord til Skagerrak og Kattegat i sør (Judd and Hovland, 2007). På bakgrunn av kan det finnes et betydelig antall naturlige oljeseeps på norsk sokkel (Hovland, pers. komm.) og dermed også en betydelig tilførsel av olje fra slike strukturer. Imidlertid finnes ikke grunnlag for å beregne eller anslå størrelsen av en slik tilførsel. Dette er et kunnskapshull som innebærer at den

¹ Naturlig sprekkzone i bunnen der olje eller gass lekker ut.

faktiske mengden av olje som tilføres norske havområder kan være opptil det dobbelte av tidligere estimater.

Tabell 4.4. Total transport (kg/år) fra sedimentene i respektive region II, III og VII basert på middelkonsentrasjon i sedimentene (gjengitt fra Molvær et al., 2007)

Stoff/Region	Total transport		
	II	III	VII
Arsen	548 162	140 721	
Bly	25 554	9 949	52 459
Kadmium	311	190	690
Kobber	96 723	39 999	125 622
Krom totalt (III + VI)	35 219	14 687	68 594
Kvikksølv	14	32	131
Nikkel			
Sink			
Antracen	8	769	3
Benso(a)antracen	2	85	1
Benso(a)pyren	1	1 064	1
Benso(ghi)perylene	0	103	1
Benso(k)fluoranten	4	275	2
Fenantren	98	4 653	49
Fluoranten	10	620	4
Indeno(1,2,3-cd)pyren	4	264	2
Naftalen	925	130 221	678
PCB 28		1	
PCB 52		8	
PCB 101		2	
PCB 118		0	
PCB 138		2	
PCB 153		1	
PCB 180		1	

4.4 Tilførsler fra skipstrafikk i norske farvann

Resultatene mht. utslipp til luft og til vann pr. region sammenfattes i Tabellene 4.5 og 4.6. Merk at Tabell 4.5 både viser mengden som er produsert om bord og mengden som slippes ut. Beregningene forutsetter at produsert mengde i alt vesentlig tas hånd om og ikke slippes til sjø. Dette er en rimelig antakelse, men andelen vil trolig variere med fartøytype og størrelse.

Utslipp til luft av heksaklorbenzen, dioksiner, furaner og PCB

Utslipp av disse stoffene inngikk ikke i beregningene. IVI Svenska Miljöinstitutet har imidlertid gjennomført en undersøkelse av utslipp til luft av heksaklorbenzen, dioksiner, furaner og PCB (Cooper 2004). Konklusjonen er at i svensk målestokk er utslippene relativt små og at utslippene av dioksiner og furaner var betydelig mindre enn tidligere kjent.

Tabell 4.5 Beregnede utslipp (olje fra oljeholdig lensevann, olje fra oljeholdig vaskevann og TBT) og totale produserte mengder (oljeholdig fast avfall, oljeholdig avfall i væskeform, sludge, gråvann, sortvann og søppel) per region per år

Region	Utslipp av olje fra oljeholdig lensevann, liter	Utslipp av olje fra oljeholdig vaskevann, tonn	Utslipp av TBT, kilo	Produsert mengde oljeholdig (fra fast avfall), tonn	Produsert mengde oljeholdig avfall i væskeform, m ³	Produsert mengde sludge, m ³	Produsert mengde gråvann, m ³	Produsert mengde sortvann, m ³	Produsert mengde søppel, tonn
I	202,4	0	66	329	1841	7817	914070	192055	9309
II	686,4	956	202	1127	5722	26809	1924350	417762	19075
III	146,5	1756	53	199	695	6335	76842	22081	552
Norskehavet ¹⁾	406,8	840	136	756	3910	18612	1504599	320542	15050
VIII	242,6	232	62	488	2750	10810	1025298	221132	10220
X	168,4	260	46	300	1622	8096	524303	115753	5122
XI	19,6	0	3	28	146	946	10178	3098	66
Total	1873	4044	567	3228	16686	79424	5979640	1292424	59395

1) Norskehavet omfatter regionene IV, V, VI, VII, IX og XII.

Tabell 4.6 Totale utslipp til luft per region og pr. år.

Region	Utslipp i tonn per år							
	CO ₂ (1000 tonn)	CO	NOx	SO ₂	PM	PAH	CH ₄	nmVOC
Region I	490,3	1144	10517	2183	779	0,247	35,6	371
Region II	1290,7	3013	28442	5411	1575	0,651	93,7	977
Region III	292,0	682	6249	1404	358	0,148	21,2	221
Norskehavet ¹⁾	1125,1	1353	22624	8857	937	0,568	81,6	852
Region VIII	417,0	973	9274	1249	459	0,210	30,2	316
Region X	395,7	923	8860	1222	482	0,199	28,7	299
Region XI	29,6	69	598	53	11	0,015	2,2	22
Total	4040,6	8157	86564	20379	4601	2,038	293,2	3058

1) Norskehavet omfatter regionene IV, V, VI, VII, IX og XII.

4.5 Tilførsler med luftstrømmer

4.5.1 Avsetning fra luft til havområder

Metoden benyttet her er beskrevet i kapittel 3.6. De foreløpige resultatene for avsetningen fra luft er gitt i tabellene 4.7-4.9.

Tabell 4.7 Avsetning av nitrogen, PAH og PCB til havet.

Region	NO ₃ -N tonn/år	NH ₄ -N tonn/år	PAH g/år	PCB kg/år
I	6500	7500	280	6
II	17600	23100	1040	23
III	14200	14500	1060	18
IV	4100	2000	610	10
V	4200	2100	630	9
VI	3400	1500	860	9
VII	6400	2900	1600	14
VIII	6900	3400	2590	17
IX	9800	7800	1960	27
X	9000	7200	1800	25
XI	7100	5700	1420	20
X	15600	12500	4250	44

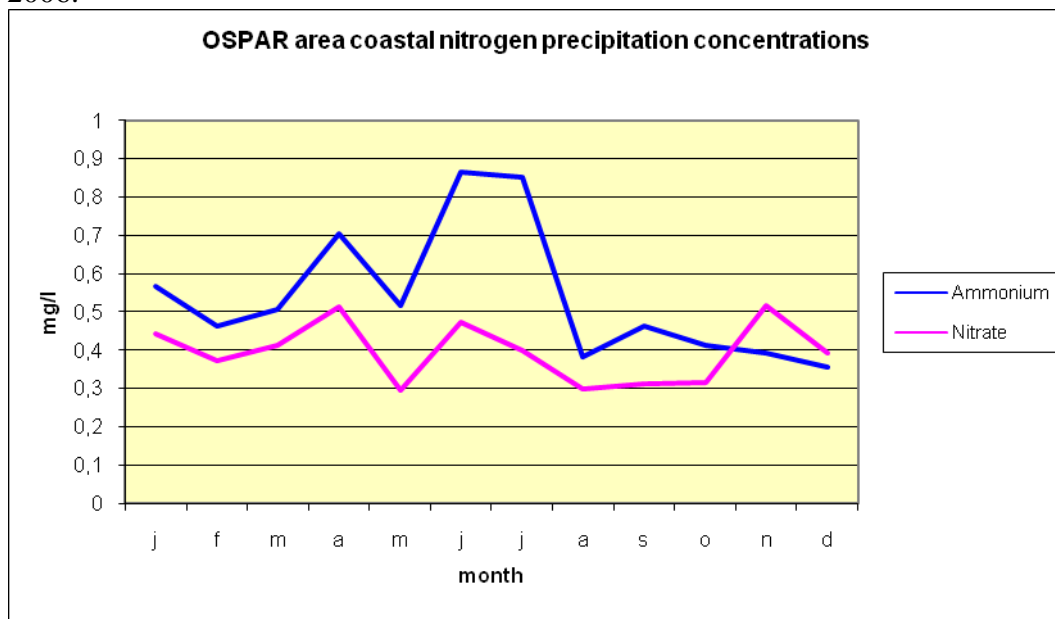
Tabell 4.8. Avsetning av metaller til Nordsjø-regionene II og III

Stoff	Region II kg/år	Region III kg/år
Arsen (As)	6900	5700
Bly (Pb)	69000	56800
Kadmium (Cd)	3450	2850
Kobber (Cu)	69000	56800
Krom (Cr)	13800	7100
Kvikksølv (Hg)	600	425
Nikkel (Ni)	20700	17000
Sink (Zn)	345000	283800

Tabell 4.9. Avsetning av metaller til havregionene I og IV-XII.

Regioner	Cd kg/år	Pb kg/år	Hg kg/år
I	750	69000	175
IV	1225	28650	250
V	625	29300	250
VI	850	39900	350
VII	1050	31900	650
VIII	1700	34500	1025
IX	3900	39100	2350
X	3600	36050	2150
XI	2825	28350	1700
XII	6225	62350	3750

Mønsteret for avsetning av nitrogen i løpet av året kan observeres fra kyststasjoner, og viser oftest et maksimum sent på våren i avsetningene av ammonium, og en topp på vinteren i avsetningen av nitrat. Figur 4.1 viser en oversikt over observasjoner for Nordsjøen gjort i 2006.



Figur 4.1 Nordsjøen. Tidsvarierende mønster av nitrogenavsetninger fra atmosfæren i 2006 (fra OSPAR).

4.5.2 Spredning og avsetninger i og mellom havområder

Som et første steg kan det være klagjørende å sammenligne størrelsen av marine utslipp med andre kilder. Tabell 4.10 gir en oversikt over totale utslipp kalkulert i dette prosjektet for Region II ved siden av estimater for Nordsjøen i sin helhet (brukt av EMEP), og ved siden av offisielle nasjonale totale utslipp for Norge og Storbritannia. Dette viser at utslippene av nitrogenoksider og svoveldioksid fra marine kilder er betydelige. Skipsfart i region II kan alene stå for halvparten av de offisielle nasjonale svoveldioksidutslippene i Norge, og for 15 % av det nasjonale utslippet av nitrogenoksid. Tallet for flyktige organiske forbindelser er

vesentlig mindre, <0,5 %. Utslipp fra hele Nordsjøen området viser et alternativt perspektiv, og er betydelig større enn de norske tallene på nasjonalt nivå. Men siden nitrogenoksid transporteres mange hundre til over tusen kilometer etter utslipp, kan andre kilder enn utslippspunkter i havet kan utgjøre like stor eller store belastning for sjøen.

Forurensninger sluppet ut i atmosfæren og effekten deres avsetninger har på miljøet er avhengig av hvilke komponenter som er av interesse og mottakeren av disse avsetningene. Mens svovel, nitrogen og ozon er av tradisjonell interesse, sammen med partikler, tungmetaller og organiske forbindelser, allikevel vil oppmerksomheten mot svovelholdige forbindelser, ozon og partikler avta når fokuset er rettet mot effekter på havområdene. Disse komponentene kan ha effekter på terrestriske økosystemer og på helse. Partikkelforurensning kan tolkes som relevant som et surrogat for metaller, men utover dette er ikke partikler et tema når det gjelder marine miljøer. Utføring av sprednings- og avsetningsestimeringer for disse forurensningskildene fra båttrafikk i Nordsjøen er ikke et problem rent teknisk, men vil gi begrenset med informasjon.

Interessen for nitrogenutslipp i forbindelse med skipsfart og andre marine aktiviteter er fortsatt stor. Den potensielle effekten av disse utslippene kan illustreres ved å ta en titt på tidligere modelleringsresultater foretatt i Nordsjøen skalert i henhold til de nye utslippsfigurene generert i dette prosjektet. Modellen benyttet er "NO_x Modellen" til EMEP MSC-W. Dette er en regional skala modell som er effektiv for å se på effekter over områder like store som Nordsjøen, og er den samme modellen som ligger bak utviklingen av den første EU Protokollen for reduksjon av forsurende og eutrofierende forurensningskomponenter i Europa. Når påvirkningen av utslipp ved ett punkt i region II på avsetninger over hele Nordsjøen ble undersøkt, ble det estimert at utslipp av 1000 tonn NO₂ ville resultere i en avsetning på litt under 1 mg N/ m² totalt over Nordsjøen. Dette vil antyde at utslipp av 28,000 tonn NO₂ fra Region II estimert i dette prosjektet vil føre til en avsetning over Nordsjøen på gjennomsnittlig 28 mg N/ m². Det vil si ca. 500 tonn til region I, ca. 1900 tonn til region II, og ca. 2000 tonn til region III, eller 10-15% av total oksidert nitrogen avsetning.

Tabell 4.10 Totale utslipp (1000 tonn) for Region II, sammen med offisielle tall for Norge og England, og estimerer for all aktivitet i Nordsjøen.

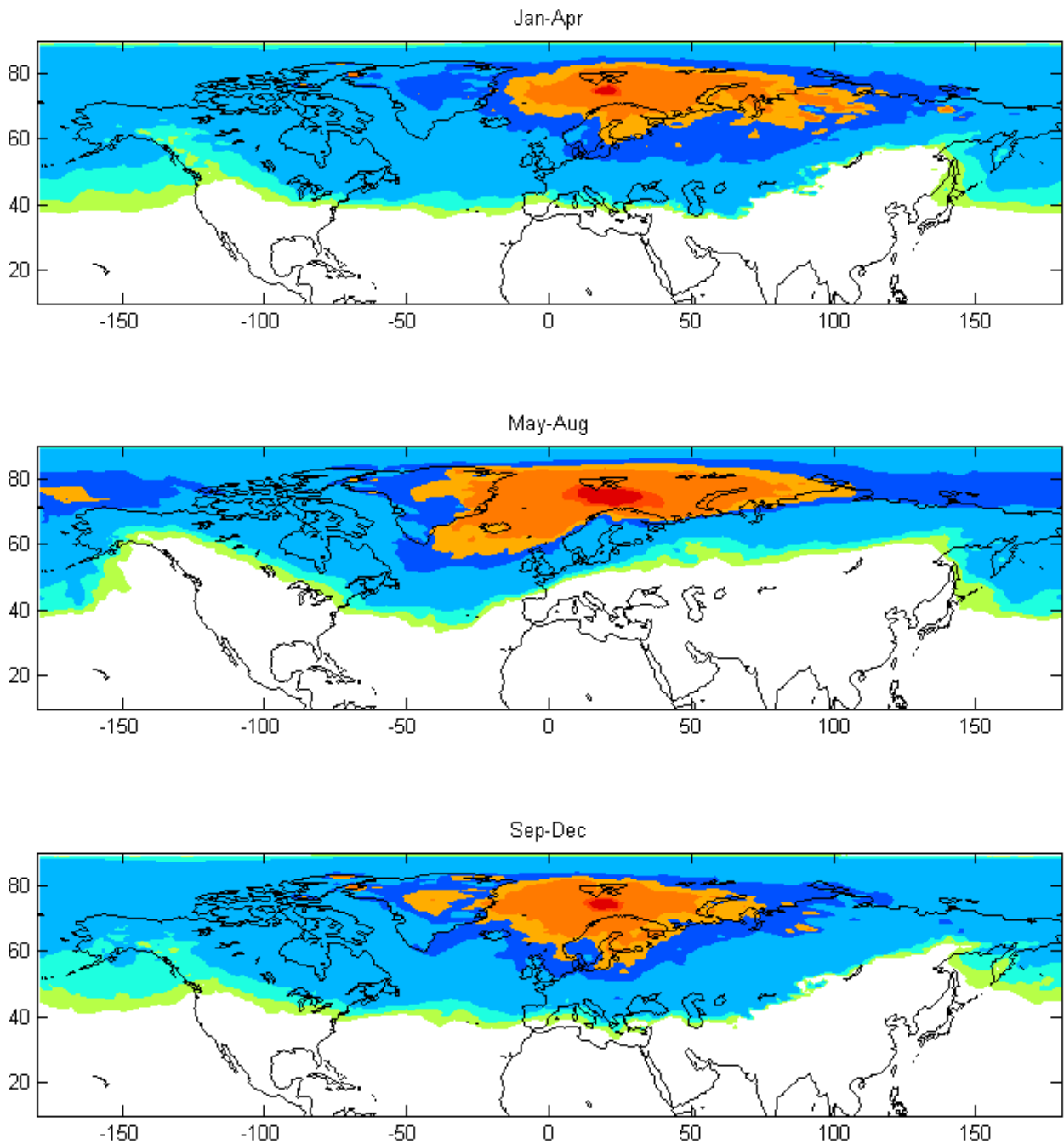
	Storbritannia	Norge	Nordsjøen Region II	Nordsjøen Hele
NO _x	1627	197	28	739
SO _x	706	24	10	526
NMVOC	977	221	1	26

4.5.3 Langtransportert luftforurensning på den nordlige halvkule

Figur 4.2 viser hvor luften har oppholdt seg i de siste 20 dagene før ankomst til Bjørnøya i modellperioden. Kartene har logaritmisk skala, viser ikke verdier helt ned til null, og angir ikke kvantitative verdier, de må derfor betraktes som indikative, men gir et visuelt inntrykk av den potensielle betydningen av et utslipp for forurensning som ankommer til Bjørnøya. De områdene hvor luften har oppholdt seg lengst, er angitt i rødt. 20-dagers trajektorier er relevante for langlivede komponenter, som for eksempel PCBer.

Andre FLEXPART-produkter for Bjørnøya, også for andre tidsperioder, og en mer detaljert teknisk beskrivelse finnes på <http://zardoz.nilu.no/~andreas/STATIONS/BJOERNOEYA>.

Kartene viser at den sentrale kilderegionen strekker seg fra vestkysten av Grønland til Nord-Russland, og fra 50° – 100° lengde. Selv om luftmassene oppholder seg mindre over Amerika og østkysten av Amerika, er også dette en potensiell kilderegion. Det samme gjelder det sentrale Eurasia. Om sommeren er det et klart potensial for influens over Atlanterhavet, med transport langs de fremherskende stormsystembanene. Fra september til april er det større potensial for europeisk influens på Bjørnøya. I september-desember (om høsten) kan influens fra Skandinavia og Baltikum være mer dominerende, mens luftmassene om våren også kan komme fra Russland.



Figur 4.2 Potensielle kilderegioner for langtransporterte forurensninger på den nordlige halvkule.

4.6 Tilførsler med havstrømmer

Ved å bruke observert vannkonsentrasjon av de enkelte miljøgifter som initialiseringsverdi kan man beregne "bakgrunnstransporten"² med havstrømmer. Ved å inkludere til tilførselen av miljøgifter fra de 8 kildene som det vises til i kap. 2, kan modellen dermed beregne transport av stoffer innad i regionene og mellom dem, samt konsentrasjoner. Det skal imidlertid presiseres at metodikken ennå er ufullstendig ved at bl.a.:

1. Tilførslene er fordelt over hele regioner og ikke framstår som punktkilder der det er aktuelt som for eksempel omkring petro-installasjoner eller større landbaserte kilder.
2. Utenom fjordområdene er ikke virkning av sedimentasjon eller nedbrytning inkludert.
3. For svært mange stoffer er bakgrunnsverdien i vannmassene ufullstendig kjent. Særlig gjelder dette de organiske stoffene, men også mht. metaller er der betydelige kunnskapshull.

Beregningene er utført for hver region og for hvert av de 15 vannlagene. Figurene 4.3-4.5 viser gjennomsnittskonsentrasjoner for hele vannmassen (overflate – bunn), men konsentrasjoner for overflatenære vannlag (framheve nedfall fra luft, avrenning fra land, utslipp fra skip mm.) eller ved vannlag ved bunnen (framheve utlekking fra sedimenter) er også beregnet.

Transportberegninger er sammenfattet i tabell 4.11. To typer av miljøgiftkilder ble prinsipielt brukt i modellberegningene: lokale og regionale kilder. I modellberegningene er lokale kilder kun tilførsel fra land og fra elver. Andre tilførselskilder fordeles over hele regionen og endrer dermed bare gjennomsnittskonsentrasjonen.

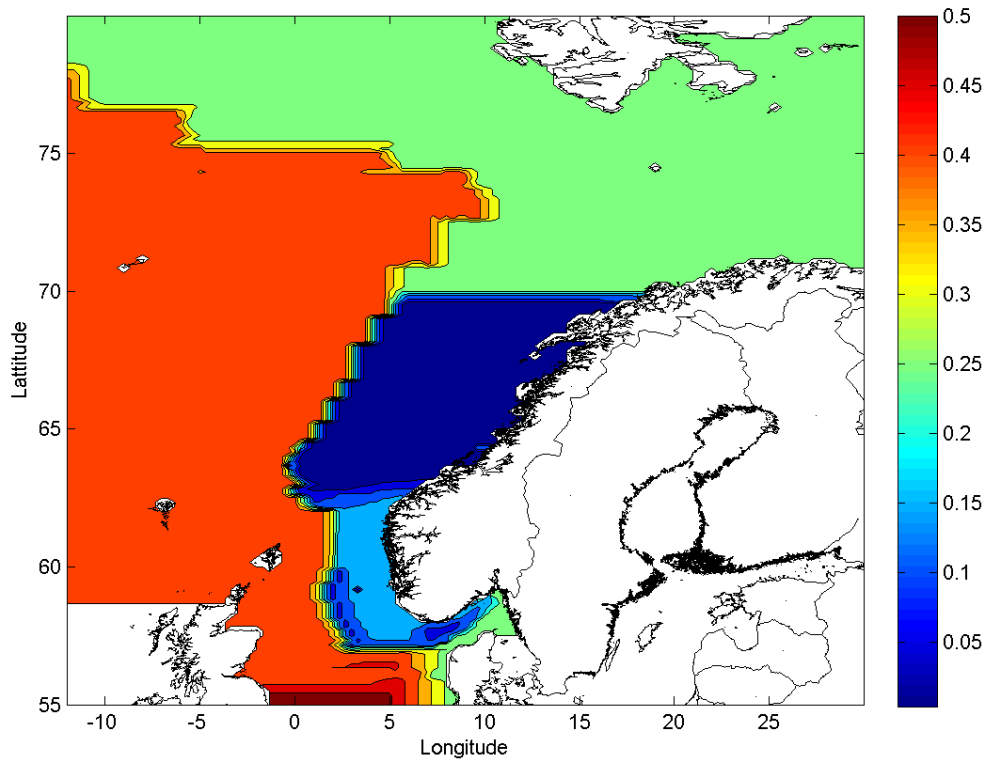
Med hjelp av modellen ble transporten av de forskjellige miljøgifter inn og ut av de spesifikke regioner beregnet, og resultatene viser at transporten inn i regionen oftest er større enn transport ut. Dette tyder på en akkumulering av miljøgifter innen regionene og man kan anta at dette hovedsakelig betyr akkumulasjon i sedimentene. Gjennomsnittskonsentrasjoner for de forurensende stoffer og en analyse av forurensende stoff transportmåter er gitt i Vedlegg 3-4.

Det er store mangler i informasjon om bakgrunnskonsentrasjon for de forskjellige miljøgifter og regioner. I tillegg til de allerede beskrevne gradientene i tilgjengelighet av målinger fra sør til nord, er det spesielt målinger av arsen, krom, dioksin, muskxylen, oktylfenol, PCB og PAH som er minst tilstede.

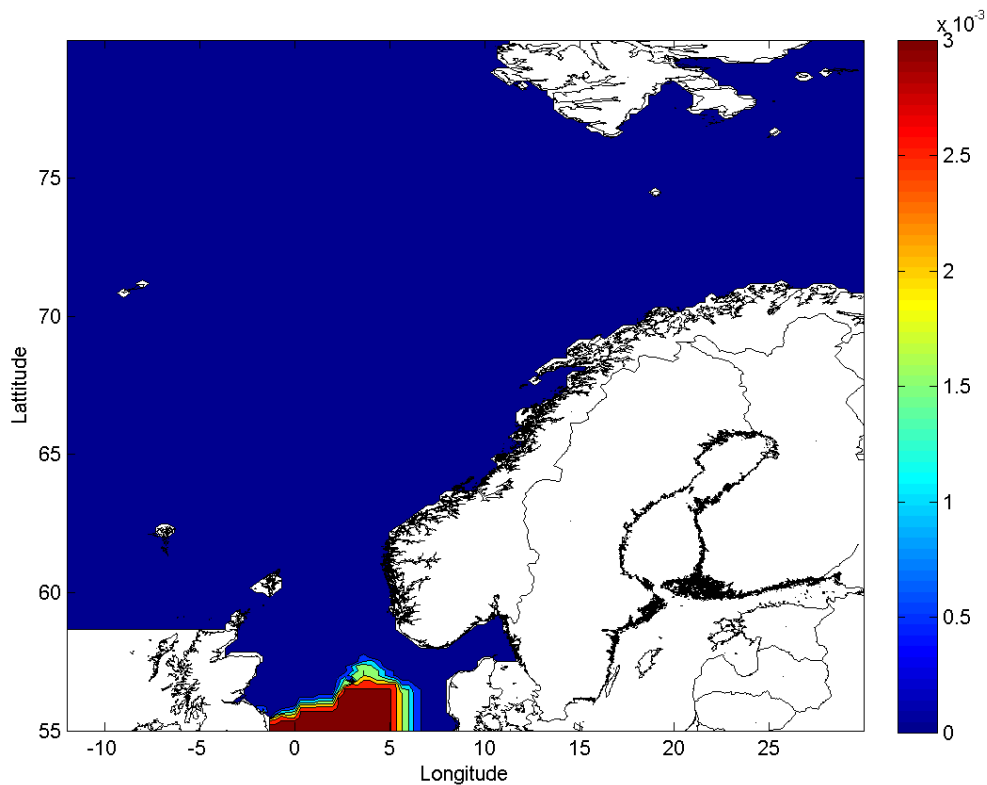
I tillegg til denne mangel på informasjon om observasjoner, er det klart at det er en mangel på fundamental kunnskap om viktige prosesser som påvirker utviklingen av miljøgiftkonsentrasjoner, som retensjon i fjorder og kystområder, sedimentasjon og biologiske prosesser.

Tiden og rammene for det aktuelle prosjekt har ikke tillatt en validering av modellresultatene. Inntil videre må tall for transporter og konsentrasjoner derfor mer betraktes som en illustrasjon av mengder og nivåer enn som eksakte tall (jfr. pkt. 1-3 ovenfor). I en fortsettelse av prosjektet bør innsamling av data og validering av modellen være en høyt prioritert oppgave.

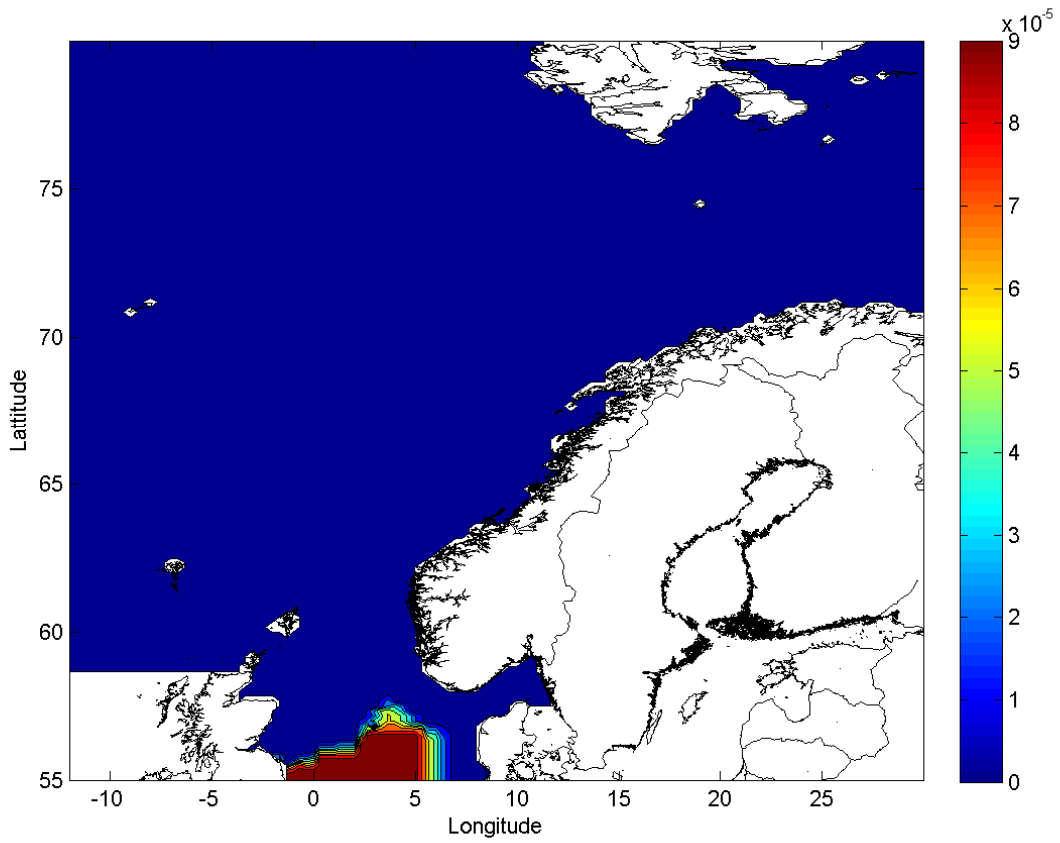
² I mange tilfeller er datagrunnlaget for usikkert til at man med rimelig sikkerhet kan fastsette en bakgrunnskonsentrasjon. For organiske miljøgifter er det tvilsomt om man bør anvende denne betegnelsen.



Figur 4.3: Beregnet gjennomsnittlig blykonsentrasjonen ($\mu\text{g/l}$). Konsentrasjonen er gjennomsnitt for vannmassen mellom overflate og bunn. De høye konsentrasjonene i de vestlige regionene skyldes sannsynligvis at OSPARs database oppgir en høy bakgrunnskonsentrasjon.



Figur 4.4: Beregnet oktylfenolkonsentrasjonen ($\mu\text{g/l}$). Konsentrasjonen er gjennomsnitt for vannmassen mellom overflate og bunn.



Figur 4.5. Beregnet konsentrasjonen muskxylener ($\mu\text{g/l}$). Konsentrasjonen er gjennomsnitt for vannmassen mellom overflate og bunn.

Tabell 4.11. Beregnet transport for utvalgte stoffer med havstrømmer inn og ut av regionene.
Se Vedlegg 3 om bakgrunnsverdier og manglende data.

As Region	Transport	
	Inn i regionen	Ut av regionen
	Kg/år	Kg/år
I	28446	179
II	179	124
III	4374	23
IV	72.7	39
V	26	0
VI	31.7	13
VII	3.6	0
VIII	10	9
IX	8	0
X	1	4,5
XI	4.5	0
XII	0	0

Bly Region	Transport	
	Inn i regionen	Ut av regionen
	Kg/år	Kg/år
I	7680	507
II	507	3946
III	3650	274
IV	2315	519
V	365	277
VI	428	294
VII	428	190
VIII	589	245
IX	215	7415
X	4735	5461
XI	6038	1870
XII	2130	258

Krom Region	Transport	
	Inn i regionen	Ut av regionen
	Kg/år	Kg/år
I	1507621	4976
II	4976	271
III	229213	233
IV	145	136
V	65	0
VI	112	16
VII	4	0
VIII	11	29
IX	26	0
X	3	8
XI	8	0
XII	0	0

Kadmium Region	Transport	
	Inn i regionen	Ut av regionen
	Kg/år	Kg/år
I	1764	133
II	133	707
III	582	147
IV	415	356
V	209	202
VI	293	349
VII	311	233
VIII	520	703
IX	619	698
X	525	933
XI	988	251
XII	201	49

PAH Region	Transport	
	Inn i regionen	Ut av regionen
	Kg/år	Kg/år
I	51	15
II	15	56
III	31	8
IV	33	2
V	9	4E-02
VI	2	0,5
VII	0.1	1E-02
VIII	0.3	2E-02
IX	0	2E-03
X	0	2E-03
XI	0	0
XII	0	0

PCB Region	Transport	
	Inn i regionen	Ut av regionen
	Kg/år	Kg/år
I	40	0,2
II	0.2	0,4
III	6	0,1
IV	0.3	0,2
V	0.1	0,1
VI	0.2	0,2
VII	0.1	0,1
VIII	0.2	0,3
IX	0.3	0
X	0.1	0
XI	0	0
XII	0	0

Kvikksølv		
Region	Transport	
	Inn i regionen	Ut av regionen
	Kg/år	Kg/år
I	313	33
II	33	148
III	108	28
IV	87	50
V	37	28
VI	41	5
VII	30	14
VIII	18	42
IX	37	667
X	428	737
XI	788	186
XII	191	2

Tributyltinn		
Region	Transport	
	Inn i regionen	Ut av regionen
	Kg/år	Kg/år
I	46	0,2
II	0,2	7E-04
III	13	1E-02
IV	0	1E-15
V	0	0
VI	0	0
VII	0	0
VIII	0	0
IX	0	0
X	0	0
XI	0	0
XII	0	0

4.7 Tilførsel av radioaktive stoffer til norske hav- og kystområder

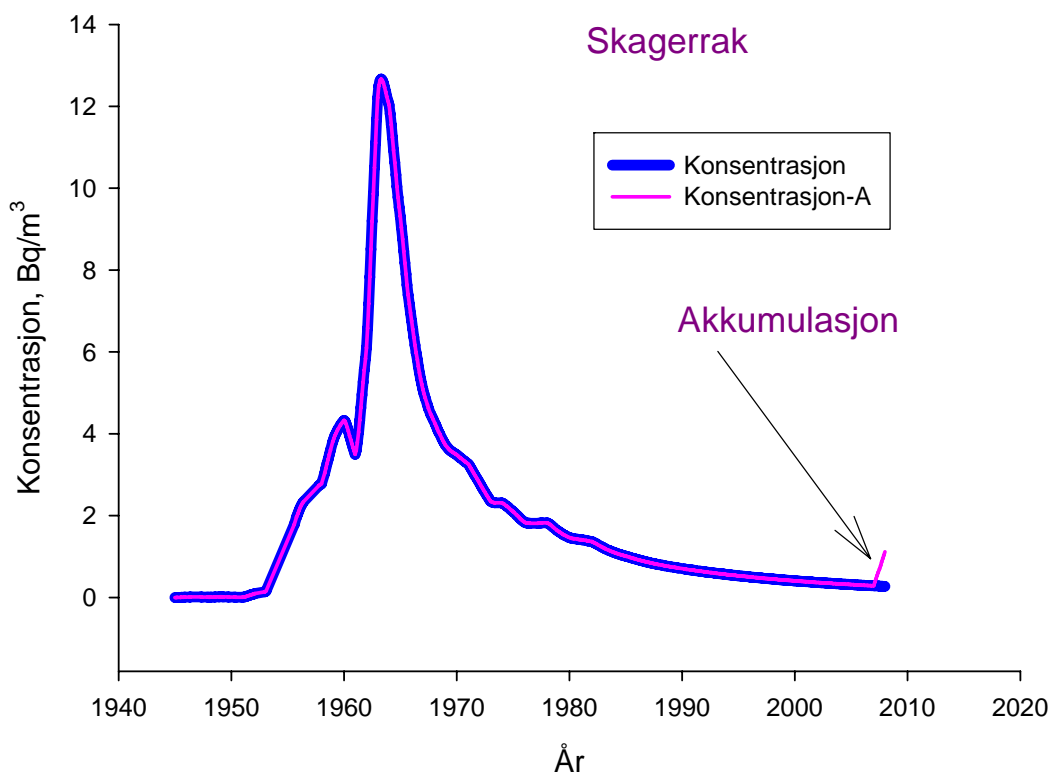
Som nevnt ovenfor er det to forskjellige definisjoner av tilførsel av radioaktive stoffer under vurdering i nåværende rapport. Begge blir beregnet som mengder av radioaktivitet i valgt havområde i løpet av aktuell tidsperiode.

Figurer 4.6 og 4.7 illustrerer fordeler og ulemper av tilførselsdefinisjoner og demonstrerer også vanskeligheter med valg av korrekt definisjonen.

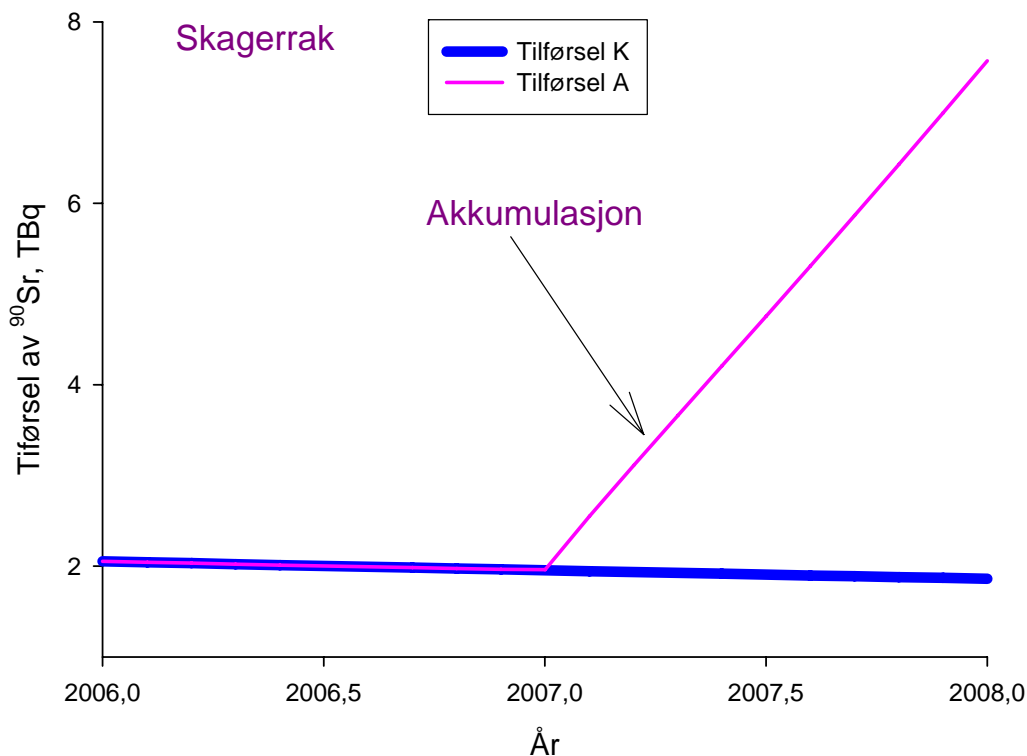
Figur 4.6 viser konsentrasjon av strontium-90 (^{90}Sr) i vann i Skagerrak etter atmosfæriske prøvesprengninger i perioden fra 1945 til 2007 ved to forskjellige beregninger. Det blå i figuren er vanlig konsentrasjon i vann og rosa kurve tilsvarer konsentrasjon med inkludering av akkumuleringprosessen i løpet av sist år som er beskrevet i kap. 3.7. Figur 4.6 viser at begge kurver er identiske inntil akkumulasjonprosessen startet. Deretter ble det påvist store forskjeller mellom kurver.

Figur 4.7 viser resultater for beregninger av tilførsel av ^{90}Sr for år 2007 tilsvarende til Figur 4.6. Det er to kurver i figuren. Den blå kurven (Tilførsel *K*) er tilsvarende gjennomsnitt mengden av ^{90}Sr i Skagerrak i år 2007 (ca. 2 TBq) fra atmosfæriske prøvesprengninger mens den rosa kurven (Tilførsel *A*) viser hvor mye som ble akkumulert i Skagerrak under samme tidsrom (ca. 6 TBq).

I havområdene foregår en kontinuerlig blanding av vannmasser. Tilførsel *K* viser mengden mye av radioaktive stoffer var gjennomsnitt i valgt havområde i løpet av den aktuelle tiden og gir en realistisk vurdering av



Figur 4.6. Konsentrasjon av ^{90}Sr i Skagerrak etter atmosfæriske prøvesprengninger i tidsrommet 1945-2007.



Figur 4.7. Tilførsel av ^{90}Sr i Skagerrak etter atmosfæriske prøvesprengninger i år 2007

mengden av radioaktivitet som kan måles i dette havområdet. Denne parameteren er direkte linket til konsentrasjonen av radioaktive stoffer (konsentrasjon i vann kan defineres som tilførsel delt per volum av havområde) og kan brukes til radiologisk vurdering av nåværende situasjonen. Denne parameteren beskriver hvor mye av radioaktive stoffer VAR i valgt havområder i løpet av aktuell tiden og viser ikke hvor mye stoffer KOM og GIKK i havområdet. Med andre ord, tilførsel *K* viser balanse mellom radioaktive stoffer som går inn og ut i valgt havområder.

Tilførsel *A* akkumulerer all radioaktivitet som kommer til valgt havområde i løpet av den aktuelle tiden. Det viser hvor mye av radioaktiviteten som transporteres INN i området, men viser ikke hvor mye av stoffer som transporteres UT. Tilførsel *A* kan brukes i bestemt område for å vurdere og sammenliknede forskjellige kilder for forurensning, men det er vanskelig å bruke tilførsel *A* for å analysere nåværende situasjonen i havområde.

Bruk av begge to parametere kan være nyttig for følgende vurderinger av situasjonen.

Tabellene 4.12 – 4.15 og figurene 4.8 - 4.11 viser resultatene av vurderinger av tilførsler til norske havområder fra Sellafield-anlegget, bombenedfall (^{90}Sr og $^{239+240}\text{Pu}$) og fra Østersjøen (^{90}Sr)

Konsentrasjonen av ^{90}Sr (Bq/m^3) og $^{239+240}\text{Pu}$ (mBq/m^3) i ikke filtrert vann i Tabellene 4.12-4.14 og Figurene 4.8 - 4.9 tilsvarer relativ tilførsel *K* (delt per volum av havområde).

Det er nødvendig å merke seg at tilførselsestimatene i de påfølgende tabellene er for en stor del avhengige av forhold som størrelsen på regionen, samt vannfluks inn. Dette gjør direkte sammenlikning av tilførsler til de ulike regionene problematisk. Det kan også være at utslipp fra Østersjøen gjennom Kattegat er overestimert på grunn av store usikkerheter i utslippsscenario. Like vel det er mulig å konkludere at mest betydelig tilførsel til aktuelle norske havområder tilsvarer til utslipp fra Østersjøen for ^{90}Sr og bombenedfall for $^{239+240}\text{Pu}$.

Figurene demonstrerer muligheten til å bruke innsatte parametere for å beskrive situasjonen i norske havområder og kan bli brukt til fremtidig arbeid.

Det er mulig å forbedre resultatene (forminske usikkerheten) ved

- Verifikasjon og validering av modell parametere på basis av prøvetaking av vann og sediment (det kan være nyttig å bruke nåværende steder til målepunktene for å måle konsentrasjon av kontaminanter i vann med dybde mer enn 200 m)
- Forbedring av beskrivelse av vann-sediment interaksjon (spesielt viking for beskrivelse av remobilisering av radionuklider fra sediment)
- Bruk av modeller til beregning av andre kontaminanter (tunge metaller, organisk materiale)
- Sammenligning og forbedring av elektroniske kart til modellen og valgte norske havområder

Disse punktene kan være brukt som basis for å etablere arbeid for å estimere tilførsler fra aktuelle radionuklider i nærmeste framtid (år 2008-2009).

Tabell 4.12. Konsentrasjon av ^{90}Sr (Bq/m^3). Se Figur 4.8 for posisjon av målepunktene.

Region	Målepunkt	Kilder til forurensning			Totalt
		Bombenedfall	Sellafield	Østersjøen	
I	1	0,28	0,16	4,10	4,54
I - II	2	0,25	0,17	2,49	2,91
II	3	0,22	0,18	0,87	1,27
II	4	0,22	0,18	0,87	1,27
III	5	0,24	0,19	0,08	0,51
IV	6	0,24	0,20	0,85	1,29
IV-V	7	0,22	0,14	0,46	0,83
V	8	0,21	0,09	0,07	0,37
VI	9	0,25	0,20	0,84	1,29
VI	10	0,24	0,17	0,65	1,06
VII	11	0,20	0,06	0,09	0,35
VIII	12	0,26	0,21	0,84	1,31
VIII	13	0,20	0,06	0,09	0,35
XII	14	0,21	0,08	0,07	0,37
XII	15	0,21	0,08	0,07	0,37
X	16	0,26	0,21	0,84	1,31
X	17	0,26	0,21	0,84	1,31
X	18	0,24	0,18	0,61	1,03
X-XI	19	0,20	0,12	0,35	0,67
XI	20	0,16	0,07	0,09	0,31
IX	21	0,20	0,07	0,09	0,35

Tabell 4.13. Konsentrasjon av $^{239+240}\text{Pu}$ (mBq/m^3). Se Figur 4.9 for posisjon av målepunktene.

Region	Målepunkt	Kilder til forurensning		
		Bombenedfall	Sellafield	Totalt
I	1	1,35	0,02	1,37
I - II	2	2,35	0,03	2,38
II	3	3,35	0,04	3,39
II	4	3,35	0,04	3,39
III	5	5,17	0,06	5,23
IV	6	3,64	0,05	3,69
IV-V	7	4,42	0,04	4,46
V	8	5,21	0,03	5,23
VI	9	4,01	0,05	4,06
VI	10	4,29	0,04	4,33
VII	11	5,12	0,02	5,14
VIII	12	4,35	0,05	4,40
VIII	13	4,54	0,04	4,59
XII	14	5,38	0,02	5,40
XII	15	5,38	0,02	5,40
X	16	4,54	0,04	4,58
X	17	4,54	0,04	4,58
X	18	4,38	0,04	4,42
X-XI	19	4,08	0,03	4,11
XI	20	3,78	0,02	3,80
IX	21	5,02	0,02	5,04

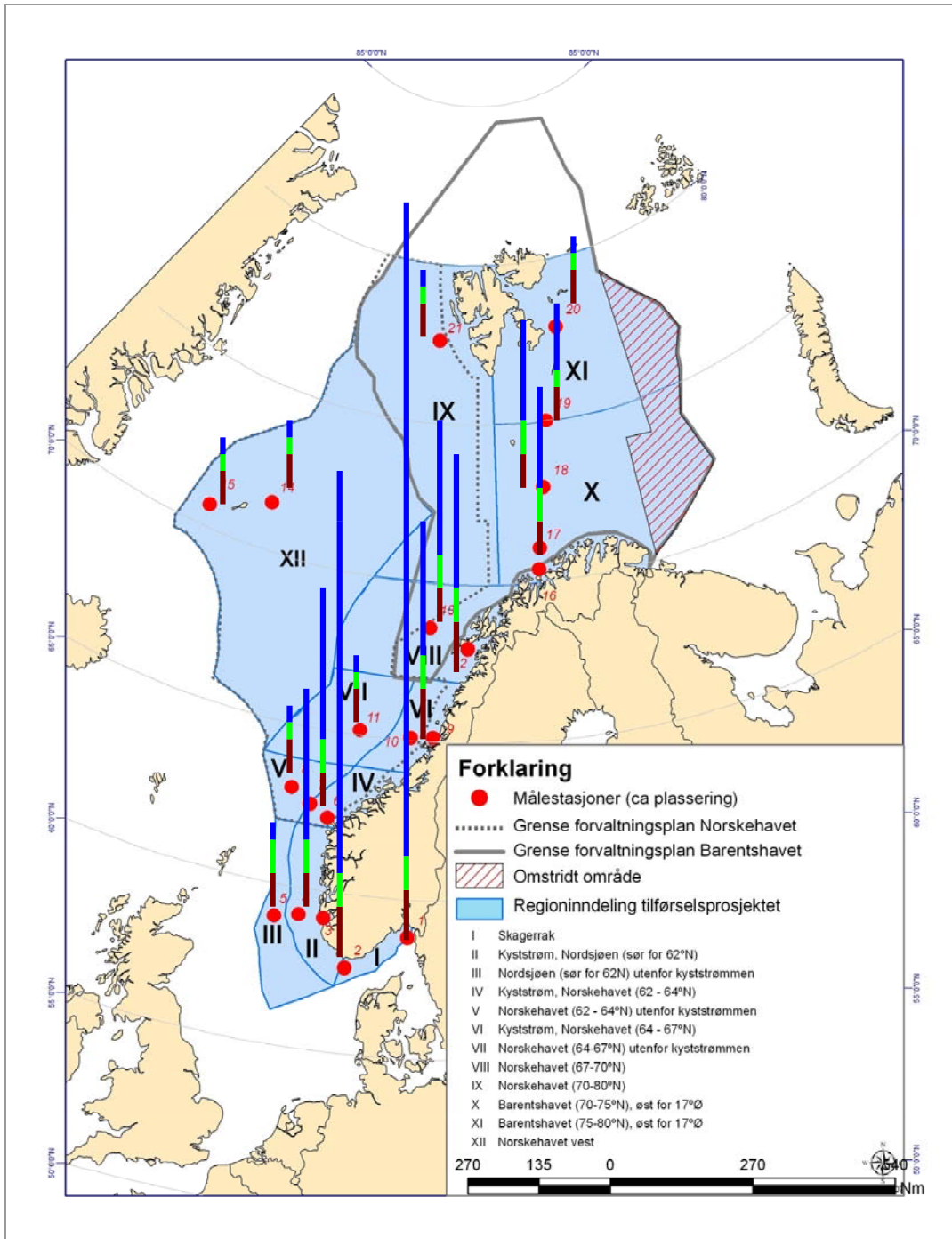
Tabell 4.14. Tilførsel av ^{90}Sr (TBq)

Region	Kilder til forurensning			Totalt
	Bombenedfall	Sellafield	Østersjøen	
I	5,6	4,0	66,4	76,1
II	20,5	16,3	27,4	64,2
III	5,4	3,8	0,5	9,6
IV	20,1	15,7	65,9	101,7
V	13,4	5,5	4,4	23,3
VI	41,2	31,3	61,7	134,2
VII	19,3	6,2	5,1	30,6
VIII	44,8	22,5	54,3	121,6
IX	37,1	12,2	6,1	55,4
X	14,3	9,8	26,9	51,0
XI	1,7	0,7	0,1	2,4
XII	19,2	7,2	1,3	27,7

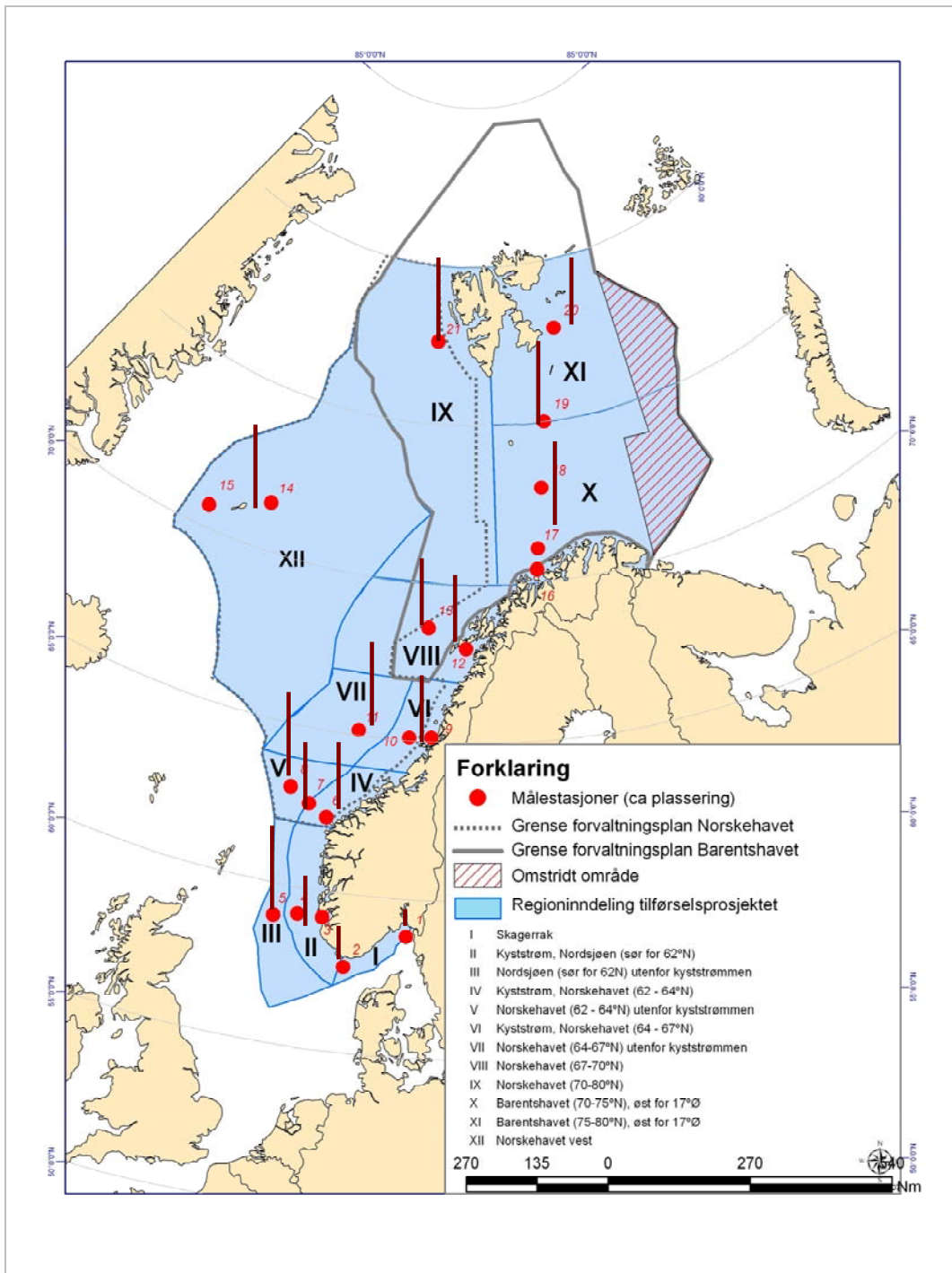
Akkumulasjon av ^{90}Sr (TBq) og $^{239+240}\text{Pu}$ (Tabeller 4.15 – 4.16 og Figur 4.10 - Figur 4.11) i valgte havområder tilsvarer beregning av Tilførsel A.

Tabell 4.15. Tilførsel av $^{239+240}\text{Pu}$ (GBq)

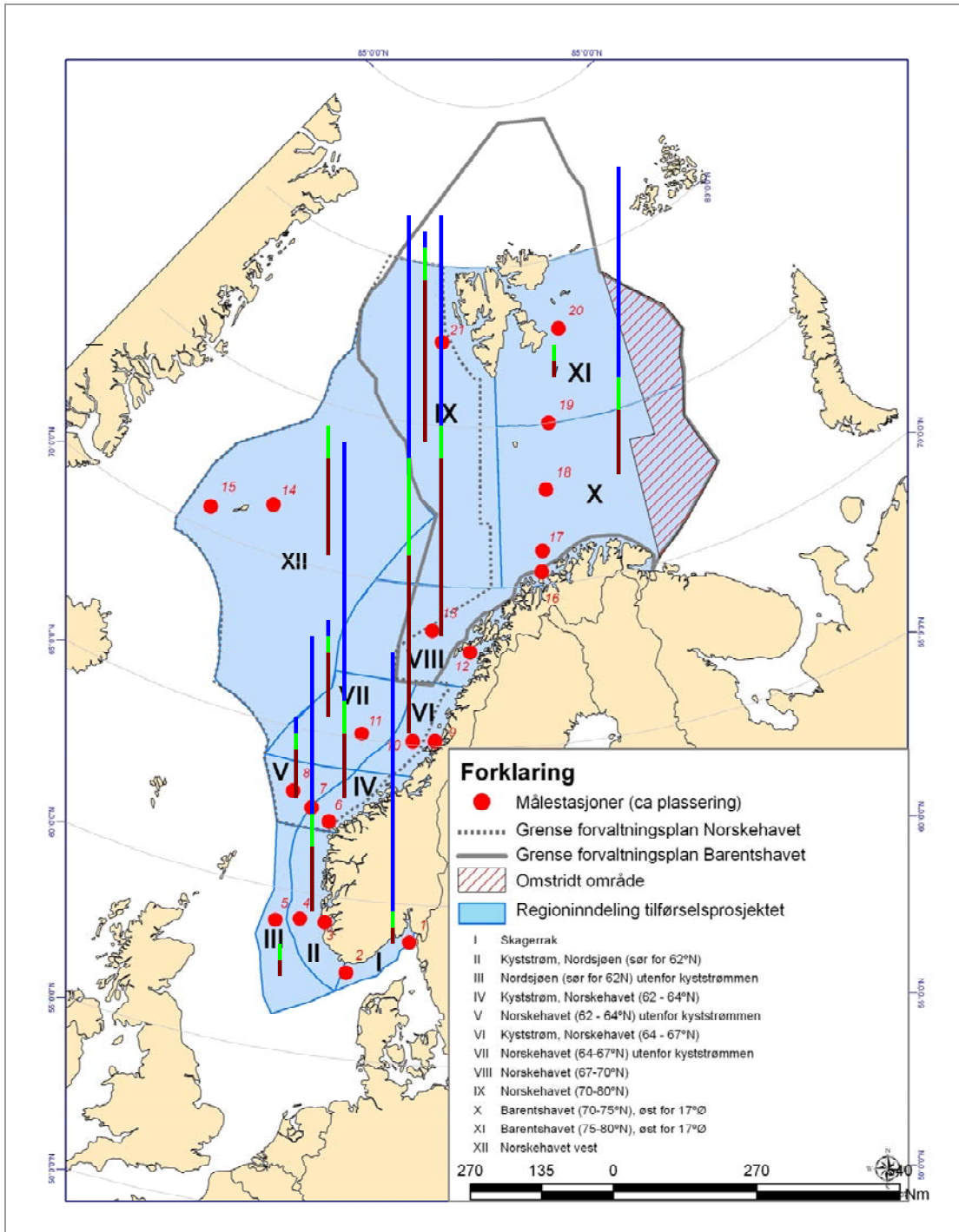
Region	Kilder til forurensning		
	Bombenedfall	Sellafield	Totalt
I	54,5	1,08	55,6
II	322,8	4,22	327,1
III	124,7	1,41	126,1
IV	312,1	3,77	315,8
V	326,7	1,60	328,3
VI	783,1	5,41	788,5
VII	493,9	1,69	495,6
VIII	793,4	5,49	798,9
IX	942,8	3,32	946,1
X	269,3	2,29	271,6
XI	38,3	0,17	38,5
XII	476,8	1,89	478,7



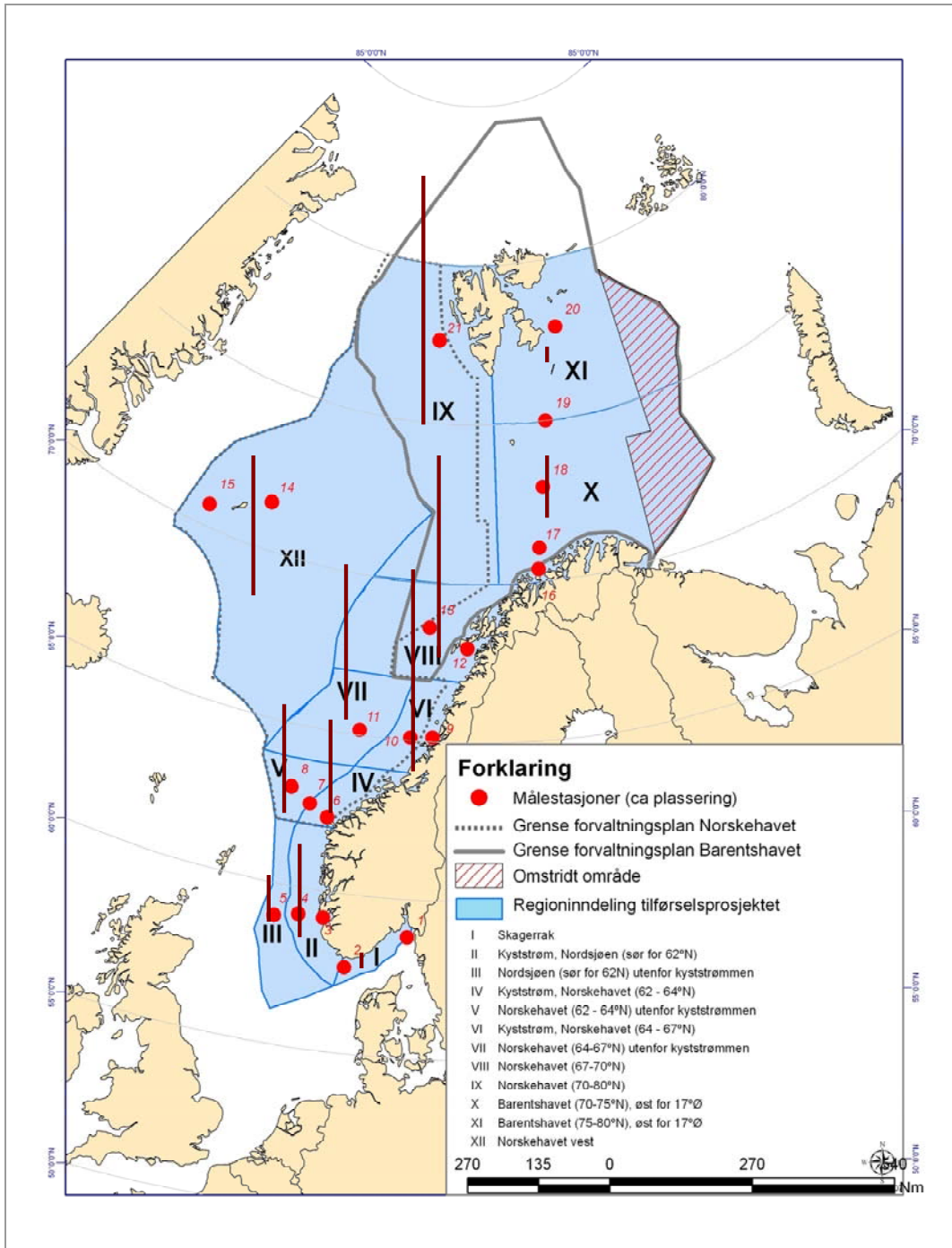
Figur 4.8. Konsentrasjon av ^{90}Sr | 0.2 Bq/m^3
— Østersjøen, — Sellafield — Bombenedfall



Figur 4.9. Konsentrasjon av $^{239+240}\text{Pu}$
| 1 mBq/m³



Figur 4.10. Konsentrasjon av ^{90}Sr | ^{137}Cs
— Østersjøen, — Sellafield, — Bombefall



Figur 4.11. Konsentrasjon av $^{239+240}\text{Pu}$ — 50 GBq

5. Sammenfattende vurdering av tilførsler - kunnskapsmangler

Av det foregående framgår at utslippene til hver region varierer mye, både mht. mengder og hvilke kilder og stoffer man har opplysninger om mht. kvaliteten av selve datagrunnlaget.

I denne sammenfatningen er Tilførslene fra land justert i forhold til antatt retensjon i fjorder og skjærgård. Figur 5.1-5.9 viser den samlede tilførselen av kadmium, kvikksølv, bly, TBT, PCB, PAH, olje, plutonium og strontium 90 for hver region. Tallene for havstrømmer inkluderer transporten fra en region til en annen – og dermed både bidraget fra naturlig forekommende stoffer (som metaller) og menneskeskapte utslipp.

Av olje og kjemikalier er PAH (regionene II og VI), kadmium og kvikksølv (regionene II, III og VII) best kvantifisert. For radioaktive stoffer er kildene færre, modellen mer utviklet og oversikten bedre.

Tilførslene (mengde og stoff) varierer mye, men regionene I-III, VI og VII mottar jevnt over de største tilførslene. Til dels også de store regionene IX-XII (Cd og Hg). Av radioaktive stoffer har de fleste regionene en ganske stor tilførsel av plutonium, mens strontium 90 viser størst tilførsel til regionene IV, VI.

Tallene beskriver både den direkte tilførselen til den enkelte regionen og transport av utslipp – via luft og havstrømmer - til en region over til nærliggende regioner. Størrelsen av denne ”interne” transporten framgår ikke av figurene, men tall kan hentes fram. Til eksempel kan transport av stoff som slippes til region II vise seg å være av betydning for regionene I, III og IV.

Arealene av regionene er svært forskjellig, fra region I med ca. 18800 km² til region XII med ca. 623000 km². Dette kan gi et skjevt bilde av den reelle belastningen på regionen og i Tabell 5.1 er derfor tallene derfor ”normalisert” som tilførsel pr. 1000 km². Dette viser et bilde der regionene I-III har den største tilførselen av de aller fleste stoffer. Den noe ulike fordelingen av plutonium og strontium 90 skyldes at hovedkilden til førstnevnte er Sellafieldanlegget ved Irskesjøen, mens strontium90 i stor grad føres med vann ut fra Østersjøen og til Kattegat – Skagerrak og der fanges opp av den norske kyststrømmen. Disse hovedtrekkene stemmer altså godt med hvordan utslippene ligger i forhold til de dominerende havstrømmene (jfr. Figur 3.4).

Vannvolumene som transporteres med strømmene er så store at selv konsentrasjoner på bakgrunnsnivå kan framstå som store transporter og gi et misvisende bilde, og særlig for metaller. Med bedre datagrunnlag kan eventuelt ”bakgrunnstransporten” trekkes fra slik at det rene antropogene bidraget vises. Likeledes kan det være aktuelt å ”normalisere” i forhold til vannlag og for eksempel vise transporter og konsentrasjoner i 0-100 m dyp. Ulempen ved en slik framstilling vil være at bidraget fra bunnsedimenter praktisk talt elimineres i regioner med store vanddyb.

Kunnskapsmangler:

Det gjenstår mye arbeid før målsettingen vil være innfridd. De største kunnskapsmanglene som ble identifisert i fjorårets prosjekt var knyttet til utslipp fra skipsfart og båttrafikk, samt langtransporterte tilførsler. Utslipp fra skipsfart har man nå vesentlig bedre oversikt over, men de to store modellprosjektene som beregner langtransporterte tilførsler som nedfall fra luft og transport med havstrømmer er langt fra fullført.

Man tok sikte på beregninger av nivåer i utvalgte posisjoner (stasjoner), men modellarbeidet har ikke kommet så langt at det med rimelig sikkerhet har vært mulig. Her behøves også sikrere data for normalnivåene i sjøvann for svært mange av parameterne. Dette medfører også at man ikke har hatt godt grunnlag for å bedømme hvor i regionene belastningen er størst og på det grunnlaget fastsette målepunkt.

- 1. Tilførsler fra land:** retensjonen i fjorder og kystfarvann er betydelig og den beregnede tilførselen til havområdene er derfor altfor stor. I videreføringen bør en:
 - framskaffe mer korrekte tilførselstall ved å forbedre beregningene av retensjon – kanskje bare for de dominerende kildene (jfr. smelteverk og PAH) og ellers
 - bruke rimelige prosent-estimat
- 2. Utlekking av olje fra havbunnen:** Det kan være en betydelig tilførsel av olje fra naturlige ”olje-seeps” på norsk sokkel, og den faktiske mengden av olje som tilføres norske havområder kan være opptil det dobbelte av tidligere estimater. Dette er et viktig kunnskapshull.
- 3. Utslipp fra skip:** De beregningsfaktorer som foreligger for estimering av produsert mengde avfall og avløpsvann fra skip er basert på undersøkelser fra 1977 og fremover. På grunn av strengere regelverk vedrørende håndtering av avfallet ombord samt forbedrede tekniske behandlingstiltak antas det at produserte mengder avfall og utslipp til sjø har blitt redusert for enkelte kategorier skip. Forholdet mellom typer produsert avfall kan også ha endret seg på enkelte skipskategorier, noe som kan endre mengder avfall og utslipp til sjø fra disse skipene.

Det er sannsynlig at de senere års utvikling er så betydelig at de foreliggende spesifikke produksjonsfaktorer bør vurderes på nytt. Underlagsdataene for produksjon og om bord behandling for fraksjoner som fast avfall, matavfall, bio-slam, oljeholdig slam, aske, bilge vann, slop vann, toalettavløp og ulike typer gråvann bør gjennomgås på nytt.

Ved å innhente nye opplysninger som foreslått over vil usikkerheten ved beregning av de totale årlige forurensningsutslipp fra skip til sjø kunne reduseres. Dette arbeidet bør definere dagens status og kunnskapshull, kunnskapsinnhenting, dataevaluering og konklusjoner.

4. Nedfall fra luft:

De beregningene som hittil er gjort er til dels meget enkle og gir resultater for hele regioner uten å skjelne mellom kilder for stoffene. Det er behov for en vesentlig større satsing på modellen når en skal ha opplysninger om:

- Størrelsen av bidraget fra enkelte kilder på de enkelte regioner
- Hvordan bidraget fordeler seg innad i regionene: grunnlag for å fastsette målepunkt.

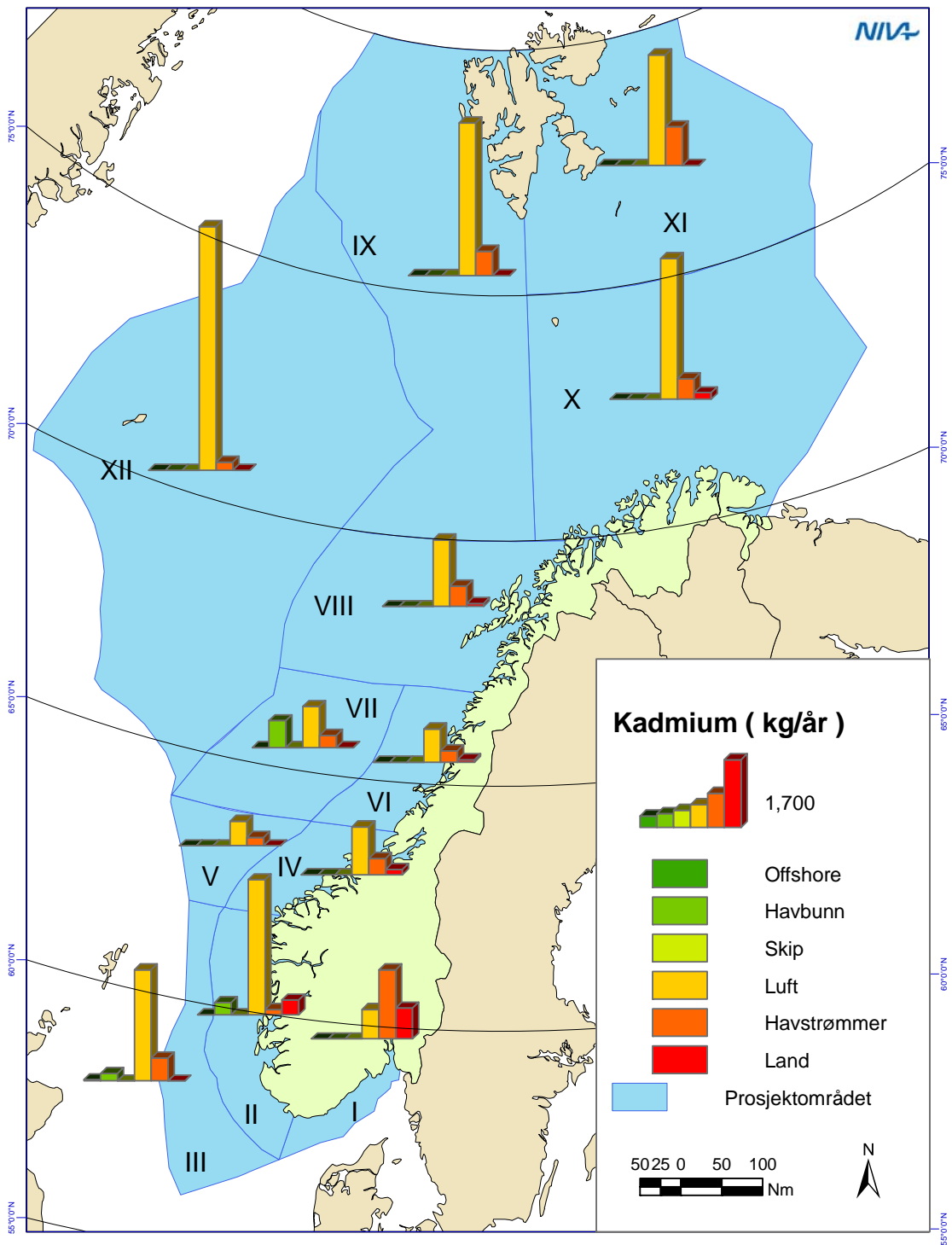
Det bør tas et initiativ for etablering av en slik modell, samt at modellens behov må nøye defineres og planlegges. Hele prosessen involverer design, konstruksjon og testing før modellen vil kunne bli operasjonell.

5. Radioaktive stoffer: Det er mulig å forbedre resultatene betydelig ved:

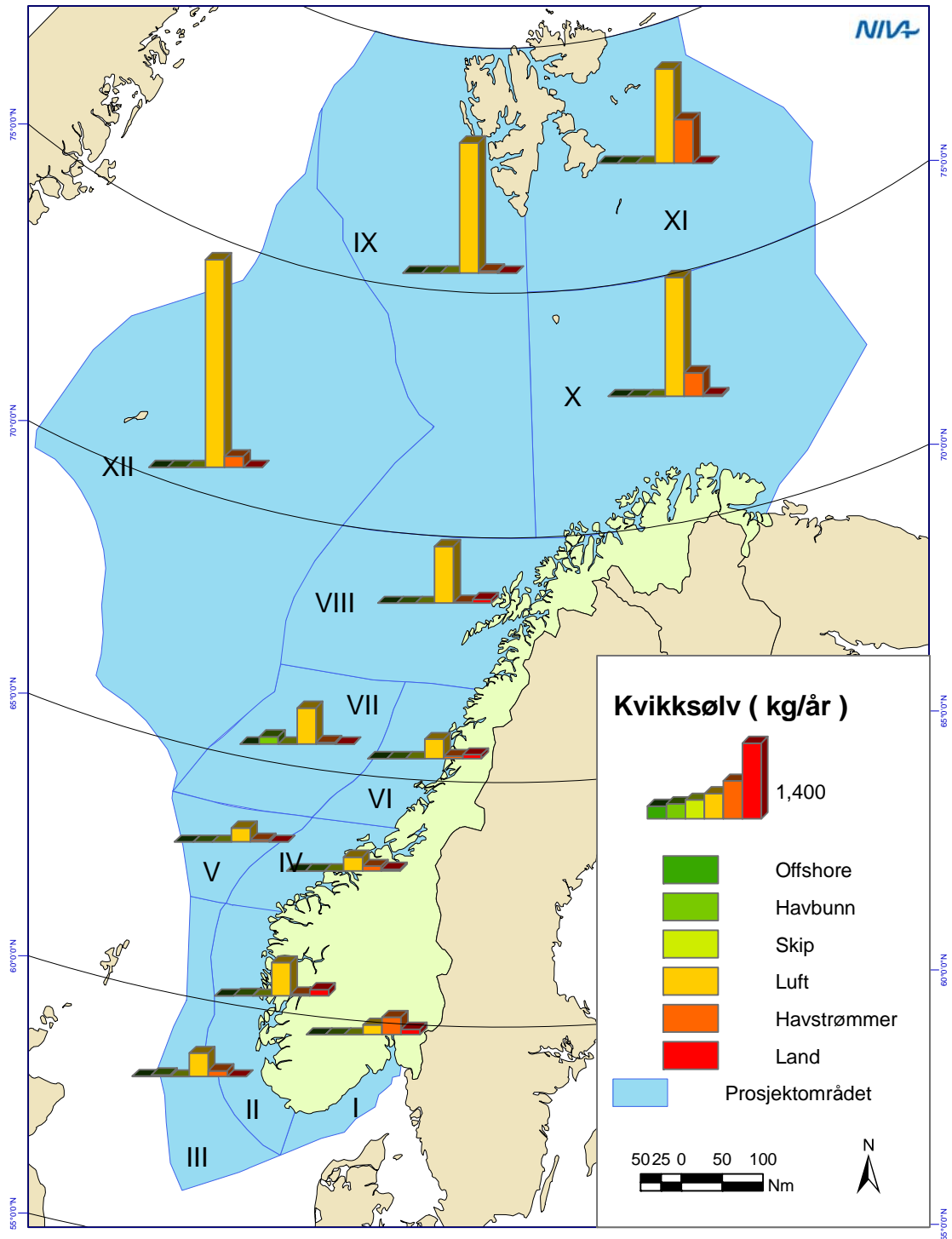
- Verifikasjon og validering av modellparametre på basis av prøvetaking av vann og sediment (det kan være nyttig å bruke nåværende steder til målepunktene for å måle konsentrasjon av kontaminanter i vann med dybde mer enn 200 m)
- Forbedring av beskrivelse av vann-sediment interaksjon (spesielt viktning for beskrivelse av remobilisering av radionuklider fra sediment)

6. Marin modellberegning for ikke-radioaktive stoffer: dette er et sentralt og sammenfattende verktøy. I prosjektets målsetting er ambisjonsnivået mht. resultater for vann og sedimenter satt høyt, og her er ennå stort forbedringspotensiale:

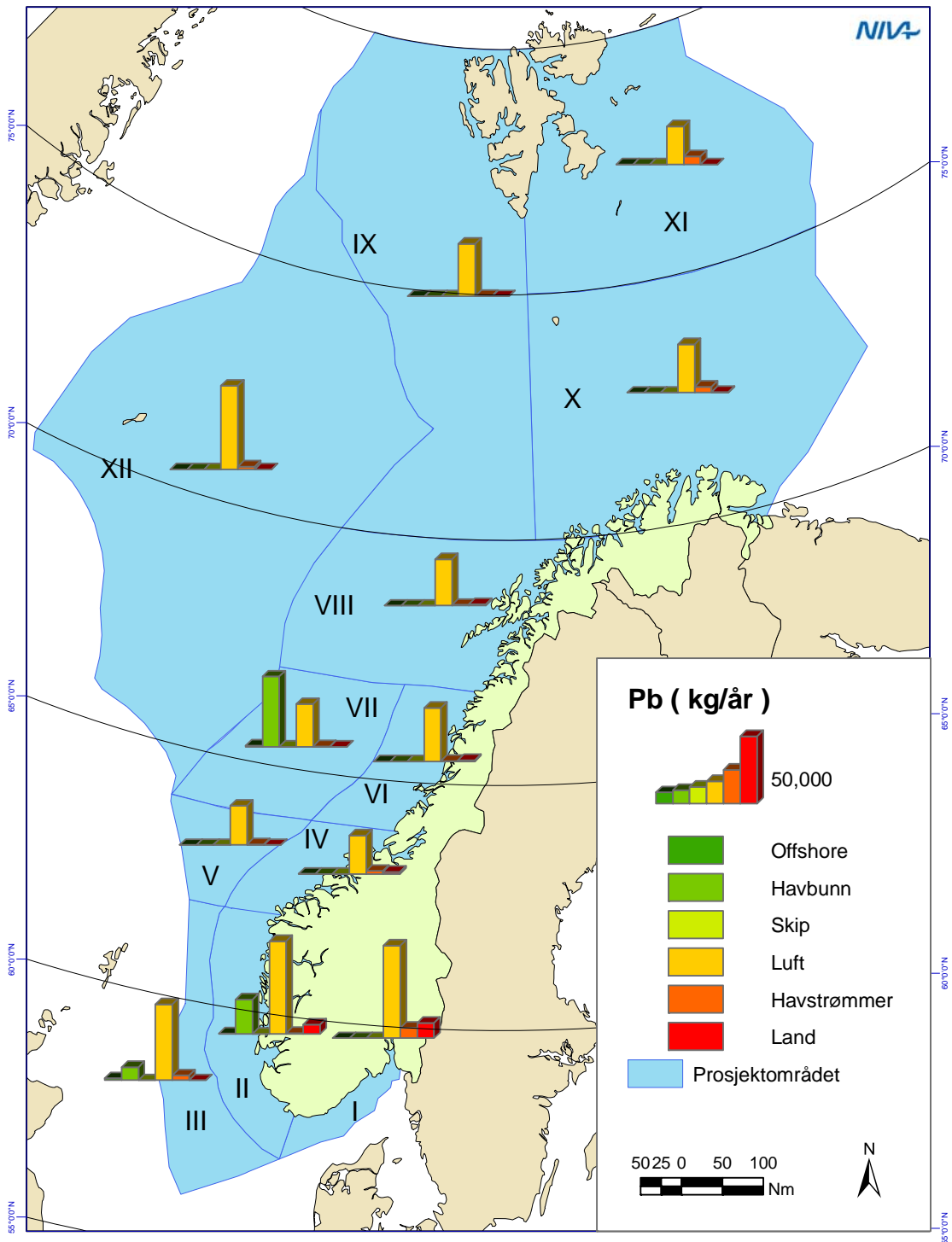
- Framskaffe bedre data for bakgrunnskonsentrasjon for flere stoffer, dvs. konsentrasjon i vannet som strømmer inn i regionene utenfra. For klororganiske forbindelser –og nye stoffer - er kunnskapshullet størst!
- Beskrive sedimentasjonen og evt. nedbrytning: de fleste av stoffene er sterkt assosiert med partikler og vil etter hvert sedimentere. Modellen kan beregne dette, men forutsetningen er at man kjenner sedimentasjonsraten for ulike stoffer/partikler og kanskje også for ulike regioner. Dette vil være grunnleggende for neste punkt:
- Beregne konsentrasjoner innad i regionene, som grunnlag for valg av stasjoner for prøvetaking/overvåking av vann, biota og sedimentkonsentrasjon.
- Validering av modellen, både av strømmodellen og av vannkvalitetsmodulen. I størst mulig grad bruke eksisterende og uavhengige data. Men her bør eksisterende kunnskap om sedimentene trekkes inn, for eksempel fra Mareano, samt andre norske eller internasjonale FOU-prosjekt som er gjennomført. Oljeleting resulterer også i gode beskrivelser av bunnen over store havområder



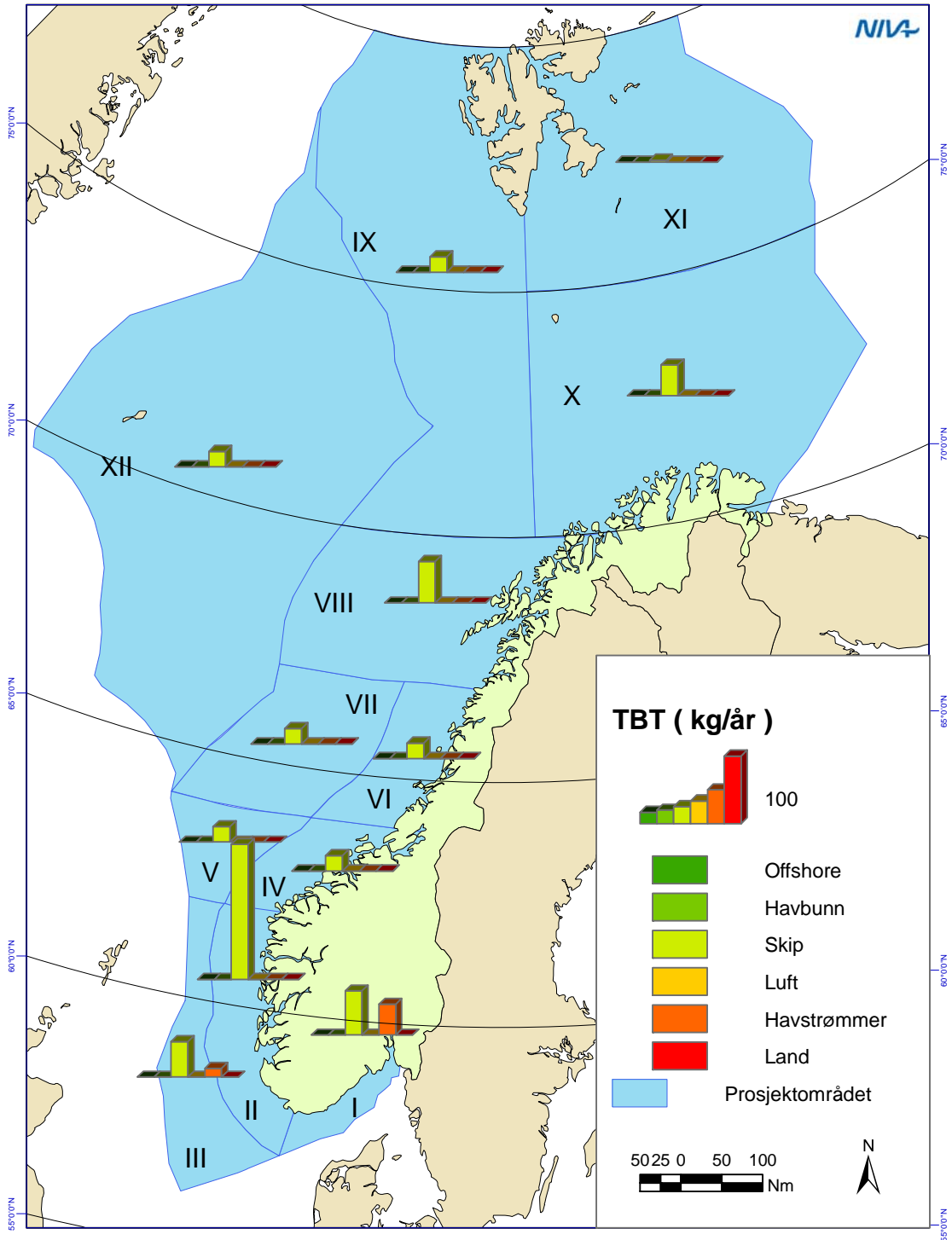
Figur 5.1. Tilførsel av kadmium fordelt på regioner og kilder.



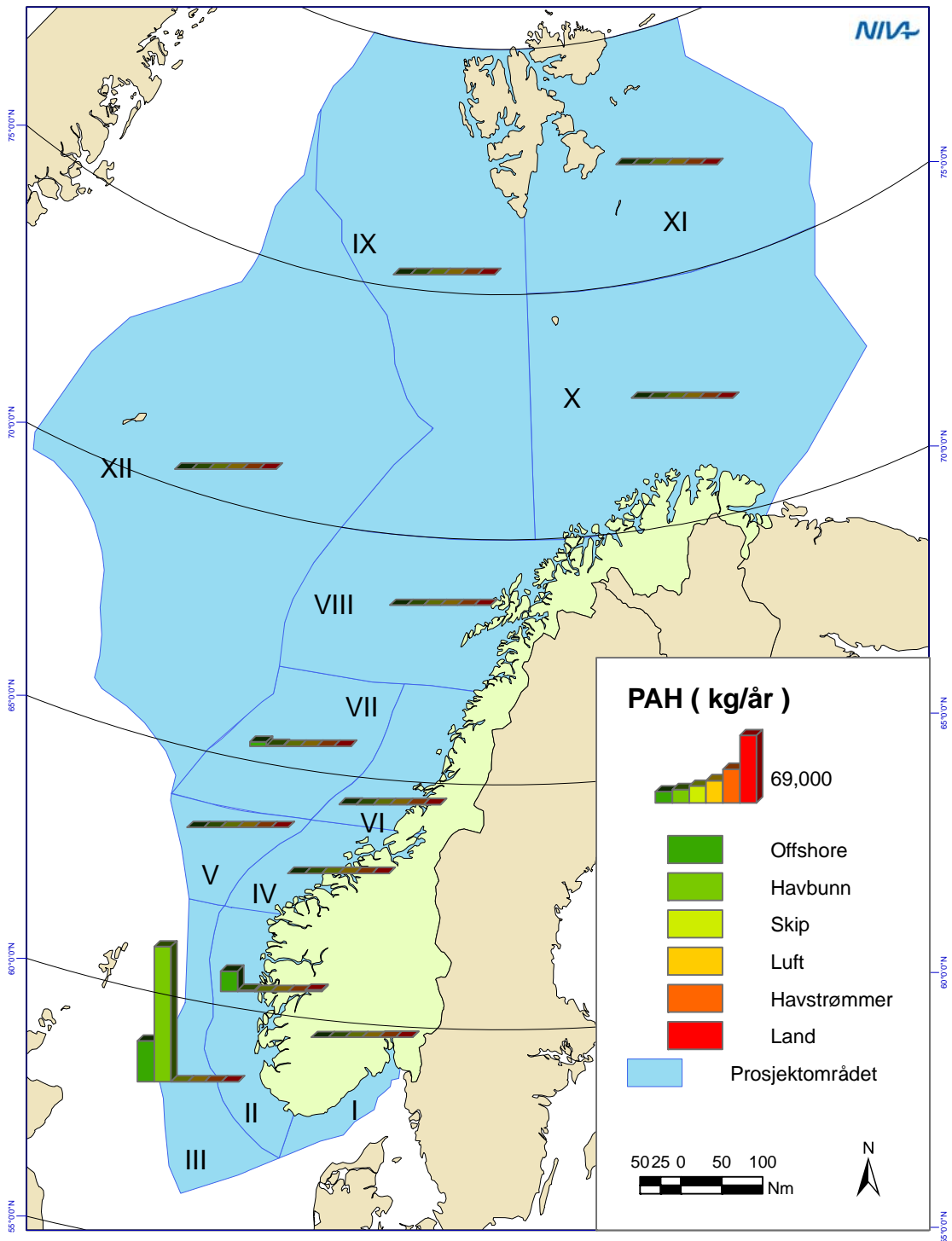
Figur 5.2. Tilførsel av kvikksølv fordelt på regioner og kilder.



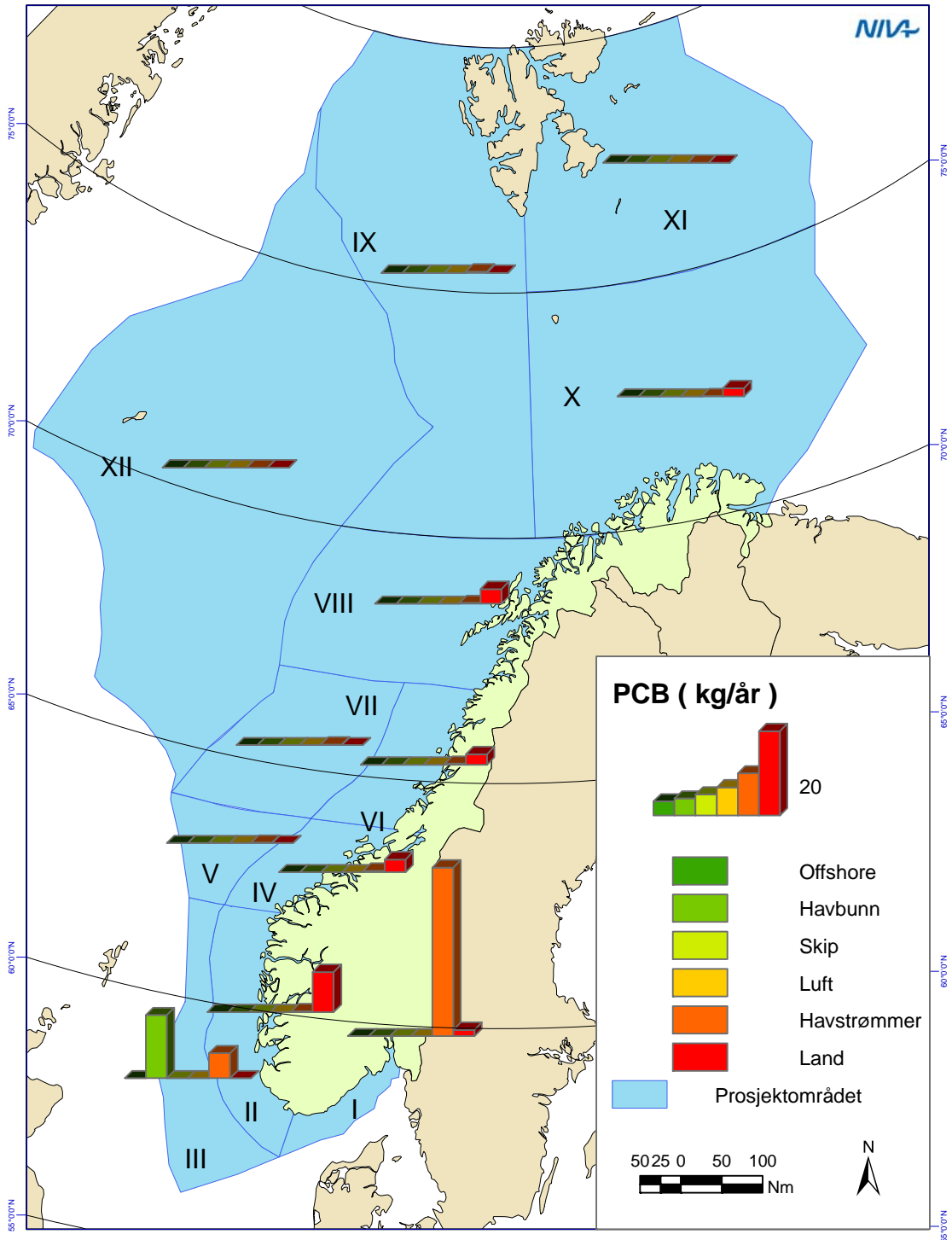
Figur 5.3. Tilførsel av bly fordelt på regioner og kilder.



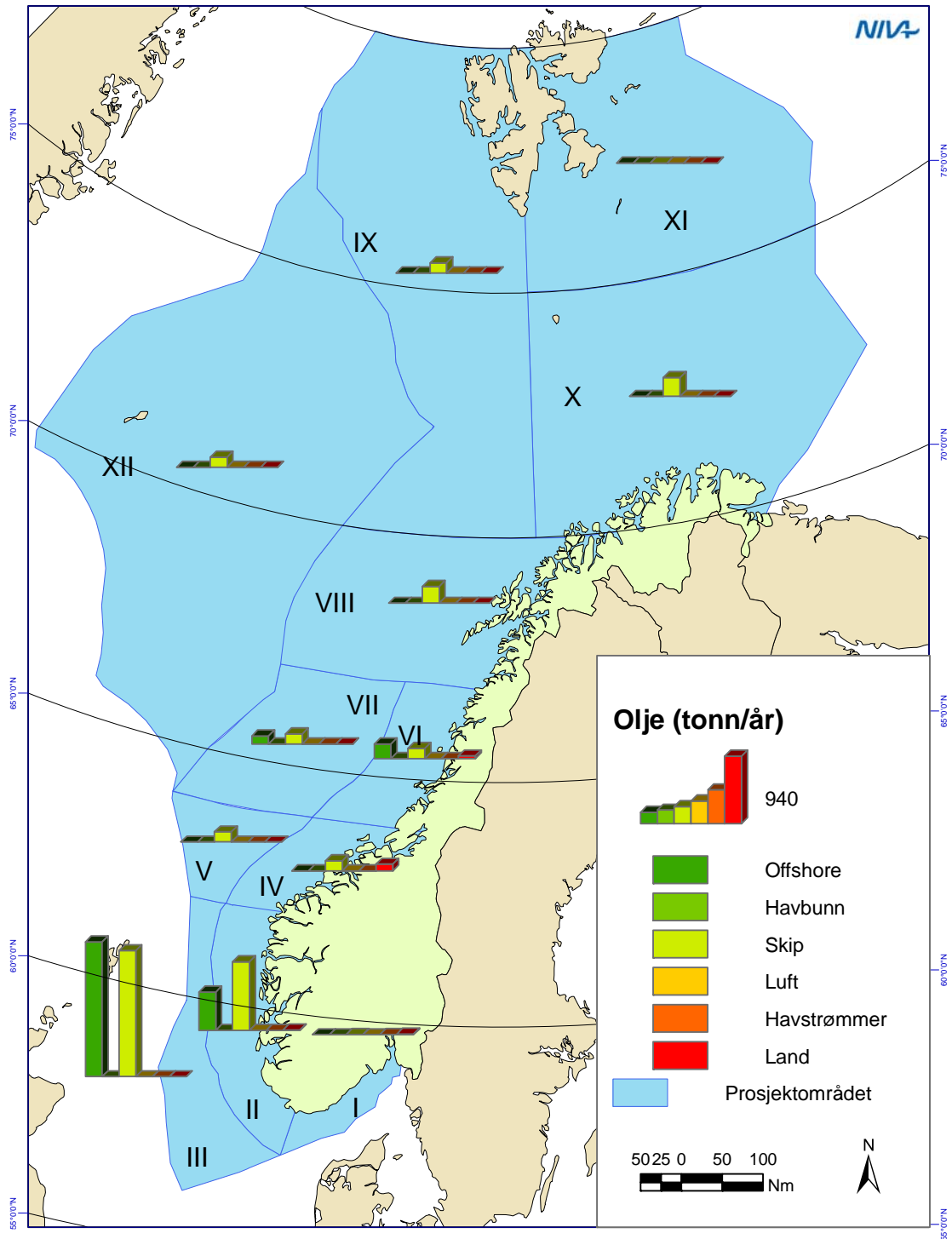
Figur 5.4. Tilførsel av TBT fordelt på regioner og kilder.



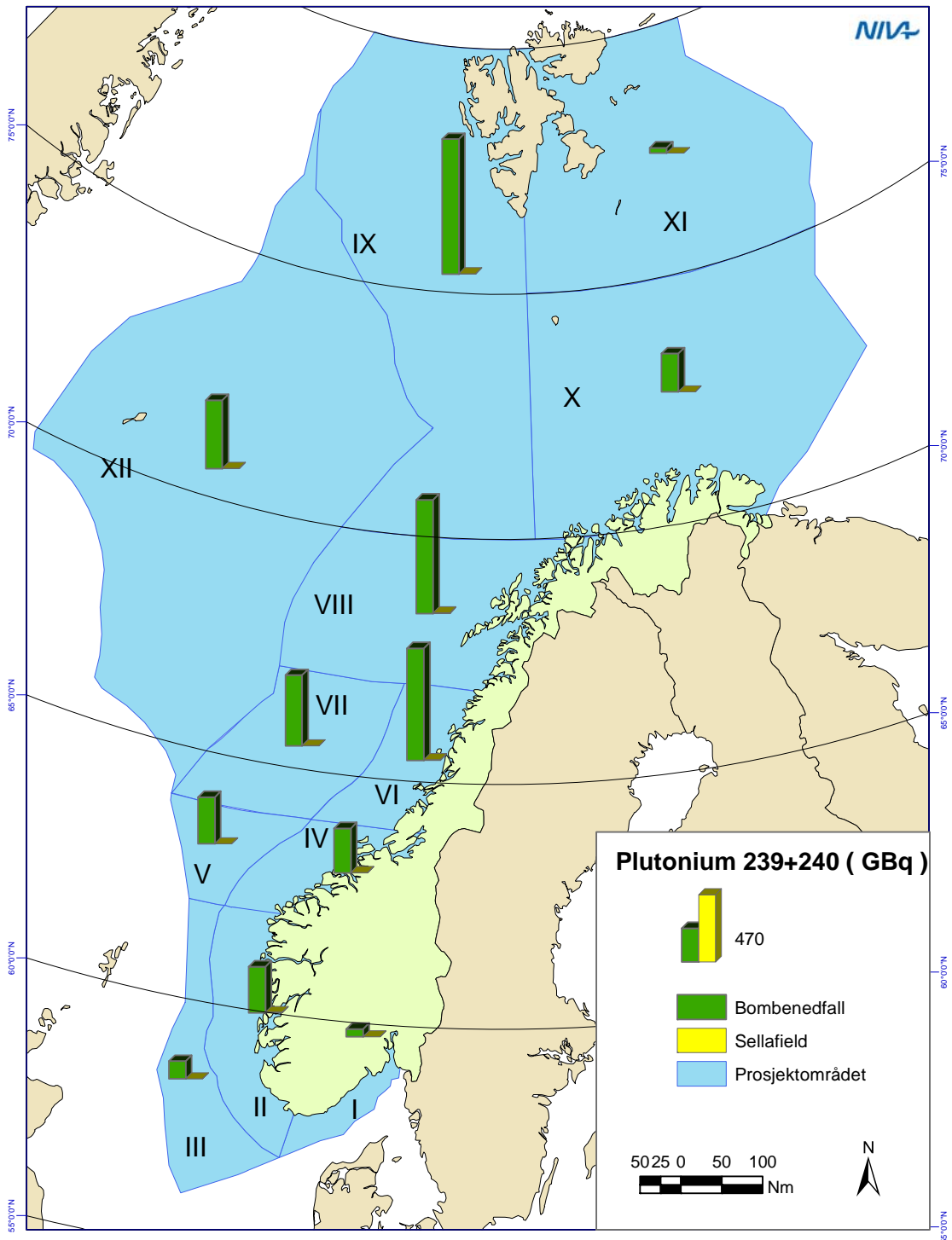
Figur 5.5. Tilførsel av PAH fordelt på regioner og kilder.



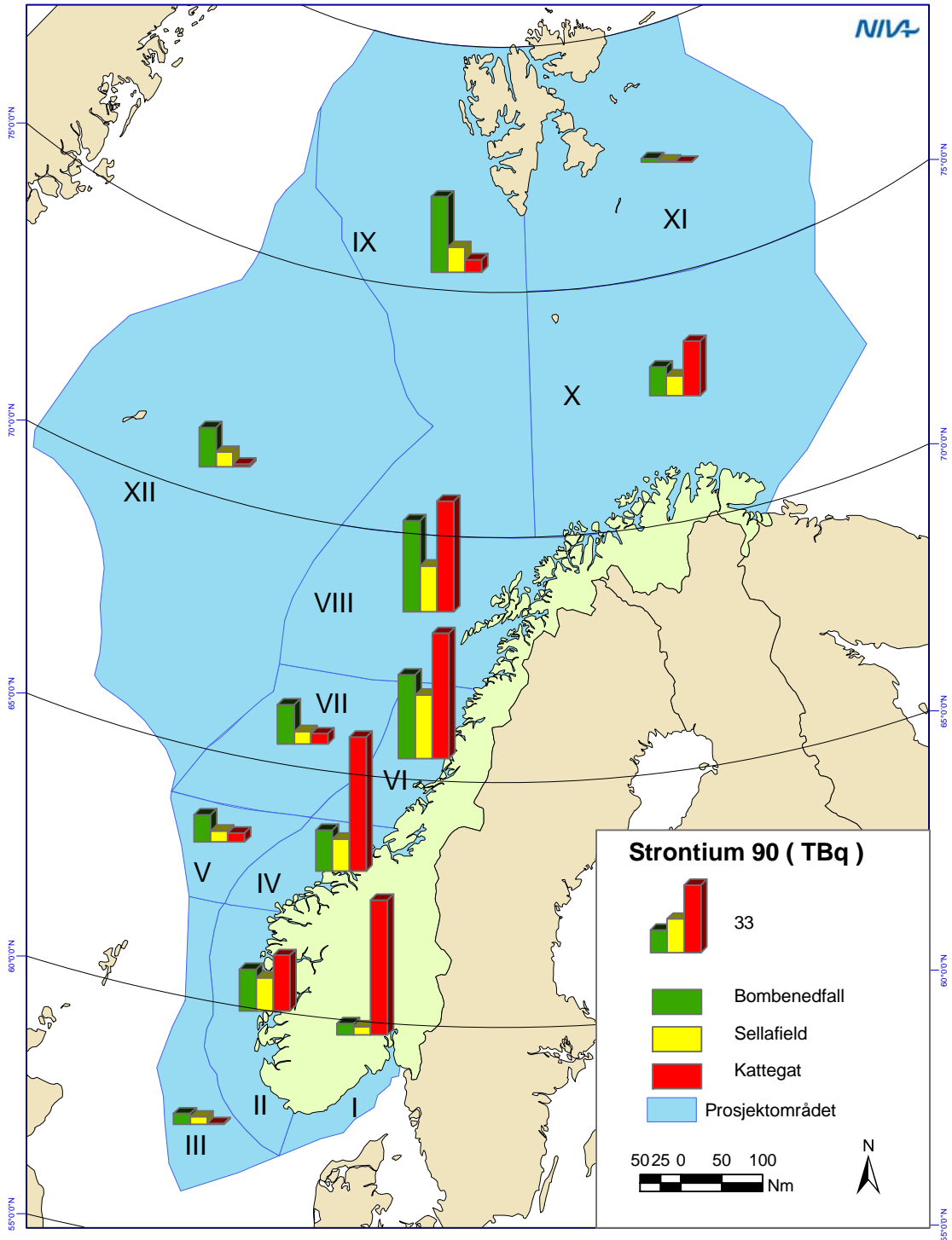
Figur 5.6. Tilførsel av PCB fordelt på regioner og kilder.



Figur 5.7. Tilførsel av olje fordelt på regioner og kilder.



Figur 5.8. Tilførsel av plutonium fordelt på regioner og kilder.



Figur 5.9. Tilførsel av strontium 90 fordelt på regioner og kilder.

Tabell 5.1. Beregnede tilførsler pr. region, regnet pr. 1000 km². For hvert stoff er de tre regionene med størst belastning markert med oransje farge og de etterfølgende 3(4) regioner markert med gul farge. Øvrige regioner er markert med blått. Utenom plutonium og strontium90 har de fleste stoffene størst tilførsel til regionene I-III, mens de radioaktive stoffene har overvekt på regionene IV-VIII.

Reg.	THC kg	PAH kg	PCB kg	Cd kg	Hg kg	Cr kg	Pb kg	TBT kg	Pu MBq	⁹⁰ S GBq
I	416	8	2,5	175	31	80501	4663	6	2948	4030
II	21641	334	0,5	62	11	868	1479	3	4738	930
III	51170	2531	0,5	51	8	3537	1014	1	1777	137
IV	57042	3	0,3	44	9	147	800	0,6	7716	2484
V	3342	<0,2	0,2	20	7	1,6	708	0,5	7837	556
VI	6720	8	0,2	21	8	28	723	0,4	13835	2355
VII	2388	48	<0,1	19	8	645	805	0,2	4659	288
VIII	1345	<0,1	<0,1	13	7	13	209	0,4	4631	705
IX	358	<0,1	<0,1	12	6	<1	100	<0,1	2420	142
X	721	<0,1	<0,1	12	7	8	114	0,1	753	141
XI	<1	<0,1	<0,1	13	9	<1	121	<0,1	136	9
XII	225	<0,1	<0,1	10	6	<1	103	<0,1	768	44

6. Anbefalinger for videre arbeid

Programmet har et langsiktig og høyt ambisjonsnivå. Her er ennå store kunnskapsmangler (jfr. kapittel 5) og man kan vurdere å prioritere disse i forhold til minst fire kriterier:

1. *Stoffer*: hvilke er viktigst i forhold til forvaltning av havområdene?
2. *Kilder*: hvilke er viktigst å følge opp? Det naturlige kan være de største, men andre hensyn bør også tas i betraktning.
3. *Regioner*: hvilke er viktigst å følge opp?
4. Behovet for å få den marine spredningsmodellen til å gi pålitelige og anvendbare resultater

Disse avveiningene er en blanding av forvaltning og fag. Nedenfor følger anbefalinger som i hovedsak er sett fra et faglig perspektiv, men basert på prosjektets målsetting.

Fra prosjektgruppen synes de viktigste oppfølgingspunktene å være:

1. **Tilførsler fra land**: tilbakeholdelsen av forurensende utslipp innenfor grunnlinjen kan være 30-50%, eller mer. Dette er betydelig og bør kvantifiseres bedre ved bruk av utslippstall, data for konsentrasjon/mengder i sedimenter og vann kombinert med modeller.
2. **Modell for nedfall fra luft**: de innledende beregningene viser at denne tilførselen er betydelig og forbedring av beregningsmetodikken bør gis høy prioritet.
3. **Modell for beregning av spredning med havstrømmer og konsentrasjoner i vann og i sediment**: dette er ”verktøyet” som skal sammenfatte input fra alle kilder og levere informasjon til myndigheter. Som beskrevet ovenfor mangler data for å beskrive transportene, betydningen av sedimentasjon må beskrives vesentlig bedre og det er nødvendig med validering av modellens resultater. I dette kan begge de marine modellene samkjøres (Statens Strålevern sin modell og NIVAs ECOSMO-modell).
4. **Opprettelse av overvåkingsprogram**: Det foregår allerede en omfattende miljøovervåking både i Barentshavet, Norskehavet og i Nordsjøen, og både for Barentshavet og Norskehavet (nylig) er etablert arbeidsgrupper for å etablere overvåkingsprogram. På bakgrunn av arbeidet med forvaltningsplanene for Barentshavet og Norskehavet synes det riktig å bygge opp et helhetlig overvåkingsprogram nordfra og inkludere Nordsjøen når arbeidet med Forvaltningsplan Nordsjøen er fullført. Programmet må som minimum gi opplysninger om tilførsler og konsentrasjoner i biota og sedimenter, utvikling (trend) og man bør vurdere utvidelse til å omfatte overvåking av effekter. Målsettingen bør være å gi myndigheter oppdatert informasjon om tilstand og utvikling. Her er et stort potensial for koordinering av eksisterende overvåkingsprogram.

Et detaljert forslag til overvåkingsprogram ligger utenfor denne prosjektrammen, men vi nevner kort:

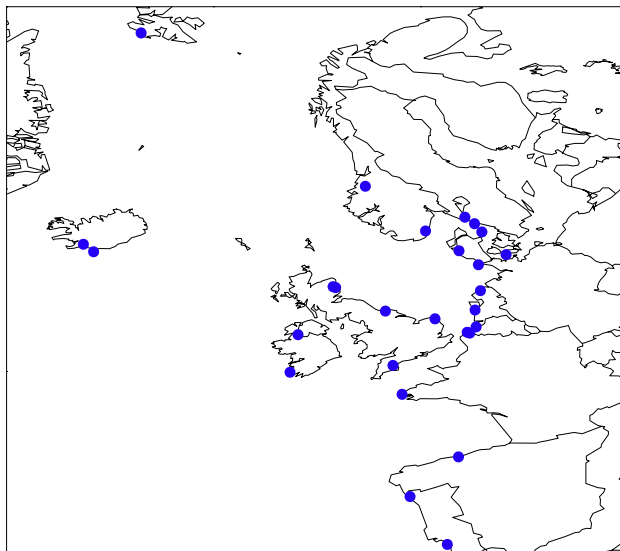
Utslipp av forurensende stoffer:

Programmet må gi oppdatert informasjon om utslipp av forurensende stoffer, olje og kjemikalier så vel som radioaktive stoffer. Særlig vekt bør trolig legges på de såkalte ”nye” miljøgiftene, som for eksempel bromerte flammehemmere. Innsamling og sammenstilling av tall er et omfattende arbeid. Men ikke alle data behøves oppdateres årlig og etter hvert er det

trolig at svært mye av løpende informasjon kan hentes fra det eksisterende RID-prosjektet og fra noen få databaser hos SFT (offshore og større bedrifter).

Nedfall fra luft:

Figur 6.1 viser de eksisterende stasjonene rundt Nordsjøen og Norskehavet som rapporterer data om luftforurensning til OSPAR samt de stasjonene som bidrar til det Norske overvåkningsprogrammet, med Birkenes i sør, Kårvatn i Trøndelag og Ny-Ålesund/Zepellinfjeller på Spitsbergen. Bakkeobservasjonene for Nordsjøen og Norskehavet



Figur 6.1. Luftovervåkingsstasjoner omkring Nordsjøen og Norskehavet med rapportering til OSPAR.

er svært spredt. Stasjonen ved Kårvatn i Trøndelag er lokalisert 70 km fra kystlinjen, og dermed langt utenfor maksimum distanse anbefalt av OSPAR. Eksisterende fasiliteter kan med fordel utnyttes til etablering av overvåkingsstasjoner på

1. Jan Mayen
2. Bjørnøya
3. Andøya

Andøya er allerede hovedstasjon når det gjelder ozon og UV-overvåkingsprogrammet i Norge, og en målestasjon er nå bygd opp for CO₂ flukser. Senere i sommeren den vil bli utvidet med metanmålinger. Bjørnøya har vært brukt til effektstudier siden 1995, og har tett kobling mellom det biotiske og det abiotiske miljøet. Det eksisterer derfor et nokså godt datasett av miljøgifter i økosystemelementer, samt noen atmosfæredata som evt. kunne være brukbare som baselinedata før en evt. Utbygging i Barentshavet. Jan Mayen ligger slik at havisen fra Polhavet flyter forbi. Stedet blir altså veldig spesielt mht. forurensningstransport.

I fremtiden bør man også forsøke å etablere en mulighet for overvåking om bord på Stasjon M.

Bortsett fra rent luftforurensning observasjonsprogram, bør oppmerksomheten rettes mot observasjoner av radioaktiv avsetning, samt muligheten for samlede sjø- observasjons-

programmer på spesifikke stasjoner. I tillegg til den norske listen av prioriterte stoffer, bør man også følge med på andre stoffer som er identifisert av OSPAR og EU. Følgende stoffer bør bli en del av programmet, og frekvensen av målinger må vurderes:

Stoffer				
Arsen	Kopper	Nikkel	B(a)P	Ammonium
Bly	Krom	Sink	PCB	
Kadmium	Kvikksølv	gamma-HCH	Nitrat	

Det foreslås at alle overvåkes i nedbør for de tilfeller der tørravsetning kan være betydelig, for eksempel nitrogen, kvikksølv osv.

Overvåkning på Andøya vil ha ekstra nytteverdi ved å bringe CO₂ flyt-målinger innenfor det marine overvåkningsprogram, siden disse målingene nylig har startet på dette stedet.

Overvåkningen av disse komponentene bør brukes som en basis for å indikere input av forurensning fra atmosfæren til Nordsjøen og Norskehavet.

Kyst og hav:

Den marine modellen beregner konsentrasjoner, men ennå for grovt til at resultatene kan legges til grunn for valg av overvåkingsstasjoner for vann, biota og sedimenter. Derfor synes det riktig at overvåking startes på et utvalg av etablerte stasjoner, og at fokus blir konsentrasjoner i sedimenter og biota. Med "etablerte" menes stasjoner som ligger godt plassert i forhold til behov for forvaltningsinfo om til dels sårbare og spesielt verdifulle økosystem (jfr. Figur 6.3), og hvor det helst allerede er etablert et overvåkingsprogram som kan bygges på.

Innenfor grunnlinjen er naturlig å bygge på CEMP-programmet (Coordinated Environmental Monitoring Programme – CEMP- som er en del av Joint Monitoring Programme – JAMP) og Kystovervåkingsprogrammet mht. vann, sedimenter og biota. CEMP omfatter overvåking av miljøgifter i blåskjell og fisk på norskekysten fra svenskegrensa til den norsk/russiske grensa (Figur 6.2). På et betydelig antall stasjoner mellom Hordaland og Troms er det ikke igangsatt trendovervåking, og vi foreslår at et utvalg av stasjoner etableres i 2008. Forslag er vist i Tabell 6.1 og i Vedlegg 7. Med dette bygger man også ut overvåkingen av særlig verdifulle områder på kysten mot Barentshavet og Norskehavet (Figur 6.3).

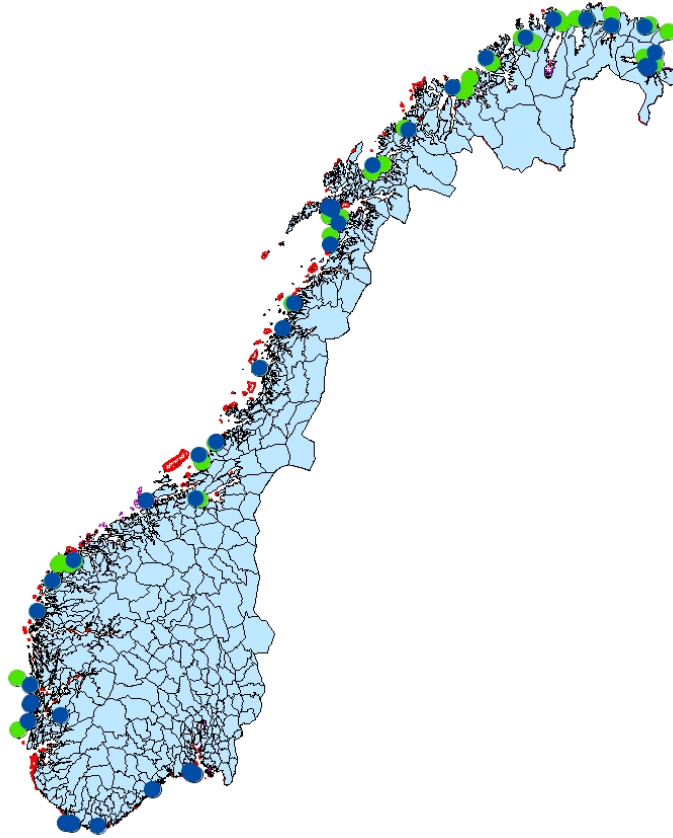
CEMP-sediment stasjoner har blitt undersøkt nylig, dvs i 2004 (strekning Bergen-Lofoten), i 2006 (Lofoten-Varangerfjord), i 2008 (Bergen-Oslo), og dermed er det ikke behov å undersøke disse igjen før det har gått 10 år.

Statens strålevern sin overvåking av radioaktive stoff må forsøkes koordinert med slik overvåking.

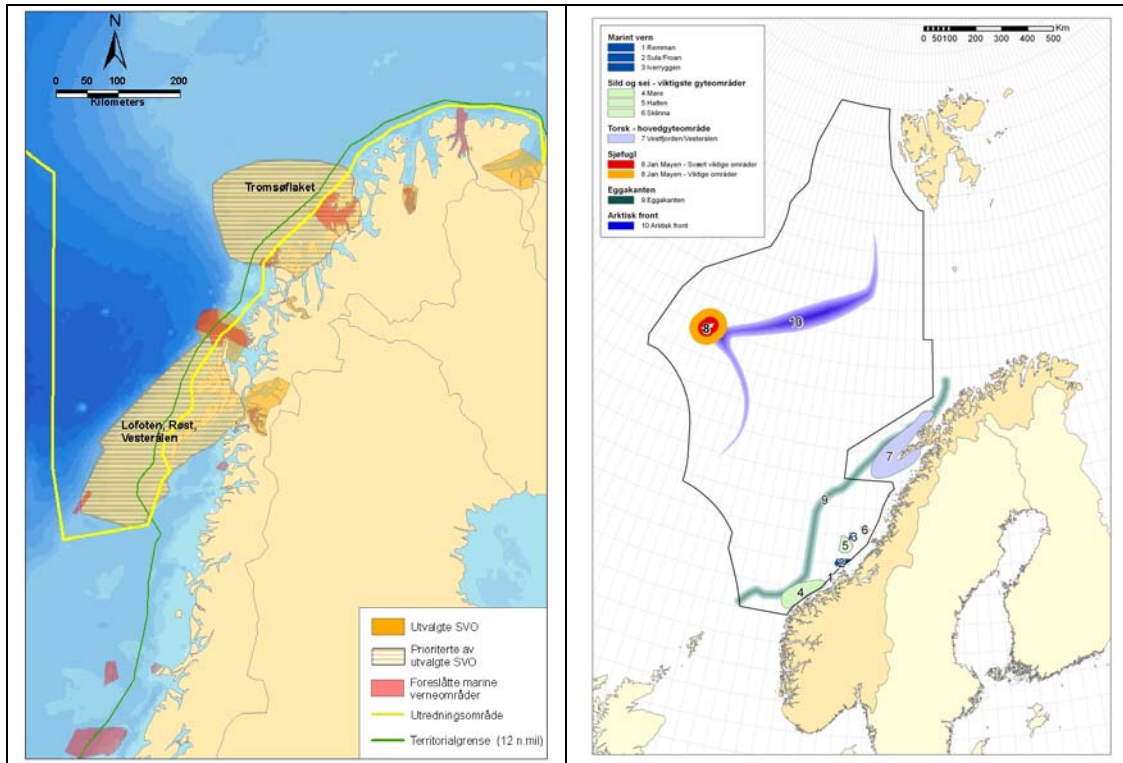
Videre bør man vurdere opprettelse av fire nye stasjoner med sikte på tidstrendovervåking for å få bedre geografisk dekning:

- Stad: blåskjell og torsk
- Jan Mayen: kammusling og torsk
- Bjørnøya: kammusling og torsk
- Svalbard: kammusling og torsk

Forslag til mer presise lokaliter bør utarbeides senere.



Figur 6.2. Kart over CEMP stasjoner undersøkt i lite påvirkede områder, og som har blitt overvåket sist i 2004 eller senere. De stasjoner som har blitt undersøkt 4 år eller mer er merket med blå sirkler, og de stasjoner har blitt undersøkt mindre enn 4 år er merket med grønne sirkler. Verneområder er merket med rødt



Figur 6.3. Prioriterte særlig verdifulle områder i Barentshavet (venstre) og Norskehavet (høyre). Kilde: SFT

Tabell 6.1. Forslag til CEMP-stasjoner hvor det i 2008 innsamles prøver med sikte på tidstrendovervåking (se også kart i Vedlegg 7).

impst	stnam	nomlat	nomlon	speci
23A	Austvik	59° 52.22	5° 6.47	MYTI EDU
24A	Vardøy	60° 10.27	5° 0.62	MYTI EDU
25A	Hinnøy	61° 22.17	4° 52.74	MYTI EDU
26A	Hamnen	61° 52.56	5° 13.3	MYTI EDU
27A	Grinden	62° 12.11	5° 25.27	MYTI EDU
28A	Eiksundet	62° 15.1	5° 51.84	MYTI EDU
91A	Nerdvika	63° 21.16	8° 9.43	MYTI EDU
92B	Stokken area	64° 10.28	9° 53.24	GADU MOR
93A	Sætervik	64° 23.68	10° 29	MYTI EDU
94A	Landfast	65° 38.62	12° 0.36	MYTI EDU
95A	Sleipnesodden (south)	66° 42.61	13° 15.17	MYTI EDU
96A	Breiviken	66° 17.77	12° 50.02	MYTI EDU
97A	Klokkholmen	67° 39.88	14° 44.57	MYTI EDU
99A	Brunvær	68° 0.3	15° 5.6	MYTI

impst	stnam	nomlat	nomlon	speci
				EDU
41A	Fensneset (Grytøya)	68° 56.1	16° 38.47	MYTI EDU
42A	Tennskjær (Malangen)	69° 28.65	18° 18.12	MYTI EDU
43A	Lyngneset (Langfjord)	70° 6.03	20° 32.79	MYTI EDU
43B	Kvænangen (Olderfjord)	70° 13.56	21° 23.81	GADU MOR
44A	Elenheimsundet	70° 30.97	22° 14.76	MYTI EDU
45A	Sauhamneset	70° 45.82	24° 19.2	MYTI EDU
45B1	Revsbotn	70° 46	24° 6.5	GADU MOR
46A	Smines (Altesula)	70° 58.37	25° 48.1	MYTI EDU
47A	Kifjordneset	70° 52.87	27° 22.19	MYTI EDU
48A	Trollfjorden (Tanafjord)	70° 41.61	28° 33.28	MYTI EDU
49A	Nordfjorden (Syltefjord)	70° 33.01	30° 5.17	MYTI EDU

- Utenfor grunnlinjen kreves større ressurser i form av båter og teknisk utstyr. I kystvannet bør man vurdere koordinering med Kystovervåkingsprogrammet og Havforskningsinstituttets tokt/prøvetaking. I åpne havområder bør man bygge på Havforskningsinstituttets toktprogram, og eventuelt med kombinasjoner mot NRPAs overvåking, Kystvaktens tokter, Mareano, FerryBox (vann), DNMI's stasjon M i Norskehavet mv. Forslag til plassering av overvåkingsstasjoner i Nordsjøen, Norskehavet og Barentshavet utarbeides av Havforskningsinstituttet.

Vi vil understreke at de fire oppfølgingspunktene ovenfor ikke kan oppfattes som at man har tilstrekkelig informasjon om utslippene fra land, skip, sedimenter eller offshoreinstallasjoner, men er uttrykk for en prioritering for en periode på 2-3 år.

Kostnader i 2008:

Ambisjonsnivået må tilpasses kostnadsrammen. Som påpekt ovenfor blir samkjøring med eksisterende programmer viktig, men den "innsparingen" som programmet dermed kan få er ikke mulig å bedømme uten nærmere vurderinger. Men antydningssvis kan nevnes:

- Tilførsler fra land: Basistallene kan hentes fra eksisterende databaser og kostnadene ved framhenting og sammenstilling vil være relativt små. Studie av retensjon kan koste NOK 200-400.000.
- Modell for beregning av nedfall fra luft: arbeidet vil strekke seg over flere år. Kanskje NOK 0.5-1 million i 2008.
- Modell for spredning og beregning med havstrømmer (NIVA, NRPA og HI): arbeidet må trolig strekke seg over 2 år. Kr. 1-1.5 million i 2008.
- Overvåkingsprogram: kostnadene vil være svært avhengig av hvordan dette kan samkjøres med eksisterende program og det bør legges stor vekt på en effektiv organisering. Vi nevner at etableringen av en meteorologisk overvåkingsstasjon på en øy, som for eksempel Jan Mayen, avhenger av overvåkingsprogrammets behov samt tilstanden på de eksisterende anleggene. Ved et grovt anslag kan det tenkes at denne kostnaden alene kan være i størrelsesorden 1 million NOK.

Overvåking av konsentrasjoner i sedimenter og biota: omkostningene vil i stor grad avhenge av omfang og organisering i forhold til eksisterende program (HIs havovervåking, CEMP, Kystovervåkingsprogrammet mfl.). Størrelsesorden 1-1,5 million NOK er aktuelt.

Det er lite rasjonelt å planlegge for 1 år om gangen og man bør derfor ta sikte på etablering av et program som planlegges og budsjetteres for perioder på 3-5 år.

7. Litteratur

Litteraturoversikten inkluderer også litteratur som refereres i Vedlegg 1-7.

Armitage, J. and Saloranta, T.M., 2005. Simulating the fate of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the Sunndalsfjord, NIVA-report 5113-2005. Oslo, Norway.

Breedveld GD, Bakke T, Eek E, Helland A, Källqvist T, Oen A., 2005. Veileder for risikovurdering av forurenset sediment. SFT rapport TA-nr. 2085/2005.

Cooper, D., 2004. HCB, PCB, PCDD and PCDF emissions from ships. IVL report B1620. 30 pp.

Eyre, B., 1998. Transport, Retention and Transformation of Material in Australian Estuaries. Estuaries, Vol. 21, No. 4A, p. 540-551.

Fogelqvist, E., Blindheim, J., Tanhua, T., Østerhus, S., Buch, E. and Rey, F., (2003). Greenland-Scotland overflow studied by hydrochemical multivariate analysis, Deep Sea Research I, 50, 73-102, 2003.

GESAMP, 2007. Estimates of Oil Entering the Marine Environment from Sea-based Activities, GESAMP Reports and Studies no, 75, 96 pp.

Harms I.H., Schrum, C. and Hatten, K., 2005. Numerical sensitivity studies on the variability of climate relevant processes in the Barents Sea, *J. Geophys. Res.*, 110, C06002, doi: [10,1029/2004JC002559](https://doi.org/10.1029/2004JC002559).

HELCOM (2006), Zalewska T, Lipska J. 137Cs and 90Sr distribution in the Southern Baltic environment in 2004 and 2005, HELCOM MORS-PRO 11/2006, Document 3/2.

Iosjpe, M., Brown, J., Strand, P., 2002. Modified approach for box modelling of radiological consequences from releases into marine environment, *Journal of Environmental Radioactivity* 2002; 60: 91-103.

Iosjpe, M., Perianez, R, Aldridge J, & Børretzen P, 2003. Radionuclide dispersion models for Arctic, Atlantic and Mediterranean seas, Estimation of radiological sensitivity of marine areas, A deliverable report for REMOTRANS, Project FIGE-CT-2000-00085, December 2003.

Iosjpe M, 2006. Environmental modelling: Modified approach for compartmental models, In: Povinec PP, Sanchez-Cabeza JA, eds, Radionuclides in the environment: International conference on isotopes in environmental studies: Aquatic forum, Monaco 2004, *Radioactivity in the Environment*, vol,8, Amsterdam: Elsevier, 2006: 463-476.

Jackson, Lambers B, and Gray J., 2000. Radiation doses to members of the public near to Sellafield, Cumbria, from liquid discharges 1952-98, *J. Radiol. Prot.*, 20, 139-167.

Judd, A, and Hovland, M, 2007. Seabed Fluid Flow, The Impact on Geology, Biology and the Marine Environment, Cambridge University Press, 475 pp.

Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., Iredall, M., Saha, S., Withe, G., Woollen, J., Zhu, Y., Chelliah, M., Ebisuzaki, W., Higgins, W., Janowiak, J., Mo, K.C., Ropelewski, C., Wang, J., Leetma, A., Reynolds, R., Jenne, R., Joseph, D., 1996. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project, *Bulletin of the American Meteorological Society*.

Kvenvolden, K.A, and Cooper, C.K., 2003. Natural seepage of crude oil into the marine environment, *Geo-Mar Lett* (2003) 23: 140-146.

MacKenzie J, and Nicholson S, 1987. COLDOS – A computer code for the estimation of collective doses from radioactive releases to the sea, SRD R 389, UK Atomic Energy Authority.

Mjelde, A, og Hustad, H., 2008. Driftsutslipp til luft og sjø fra skipstrafikk. DNV-Rapport nr. 2007 – 2030. 25 sider.

Molvær, J., Barkved, L., Borgvang, S., Isachsen, P.E., Nilsson, H.C, og Selvik, J.R., 2007. Tilførsler av olje og kjemikalier til norske hav- og kystområder, SFT TA-nr. 2213/2006, NIVA-rapport nr. 5347-2007. 64 sider.

Nowicki, B.L. and Oviatt, C.A., 1990. Are estuaries traps for anthropogenic nutrients? Evidence from estuarine mesocosms. *Marine Ecology Progress Series*, 131-146.

Schrum, C., 1997. A coupled ice-ocean model for the North Sea and the Baltic Sea, Sensitivity of North Sea, Baltic Sea and Black Sea to anthropogenic and climatic changes, NATO ASI Ser., Kluwer Academic Publishers, Emin Özsoy and Alkexander Mikaelyan (Ed.), pp, 311-325.

Schrum, C., Alekseeva, I., St John, M., 2006. Development of a coupled physical-biological ecosystem modell ECOSMO Part I: Modell description and validation for the North Sea, *J Mar Sys* 61, 79-99, doi:10,1016/j. jmarsys, 2006, 01,005.

Saloranta, T, M., Armitage, J., Næs, K., Cousins, I., & Barton, D.N., 2006. SF-tool multimedia model package: Model code description and application examples from the Grenland fjords. NIVA-report 5216; Norwegian Institute for Water Research: Oslo, Norway.

Saloranta, T, M., Armitage, J., Haario, H., Næs K., Cousins, I, T, & Barton, D. N., 2008. Modelling the effects and uncertainties of contaminated sediment remediation scenarios in a Norwegian fjord by Markov chain Monte Carlo simulation. *Environmental Science & Technology*, 42, 200-206.

SFT, 2001. HARP-HAZ Prototype – Harmonised Quantification and Reporting Procedures for Hazardous Substances. SFT-TA-nr. 1789/2001. 180 pp.

SFT, 2004. Prioriterte miljøgifter. Status i 2001 og utslippsprognoser. SFT-TA nr. 2008/2004. 101 sider.

SFT, 2005, Prioriterte miljøgifter: Status i 2003 og utslippsprognoser, TA-2127/2005

Skarbøvik, E., Stålnacke, P.G., Kaste, Ø., Selvik, J.R., Borgvang, S.A., Tjomsland, T., Høgåsen, T., and Beldring, S. 2007. Riverine inputs and direct discharges to Norwegian

coastal waters – 2006, OSPAR Commission. Norwegian Pollution Control Authority TA-2327/2007; NIVA Report 5511/2007, 142 pp + Appendix.

Simmonds J,R., Bexon A,P., Lepicard S., Jones A,L., Harvey M,P, Sihra K., Nielsen S,P, 2002. Radiological impact on EU member states of radioactivity in North European Waters, C6496/TR/004, 2002.

Stigebrandt, A. and Aure, J., (1988). Observations on plant nutrients in some Norwegian fjords. *Sarsia* 74:303. Bergen.

Thørring H, Gåfvert T., Iosjpe M, Rudjord A, L, (2006). Tilførsler av radioaktive stoffer til norske kyst- og havområder, Strålevernrapport 2006:23, Østerås: Statens strålevern.

Tjomsland, T og Bratli, J,L, (1996). Brukerveiledning for TEOTIL, Modell for teoretisk beregning av fosfor- og nitrogentilførsler i Norge, Norsk institutt for vannforskning, Rapportnr. 3426-96. 84 sider.

UNSCEAR, (2000). United Nations Scientific Committee on the Effects on Atomic Radiation, Sources and effects of ionizing radiation: United Nations report to the general assembly, with scientific annexes, Volume I: Sources, New York: United Nations, 2000.

Vives i Batlle J., Bryan, S., McDonald, P., (2007). A process-based model for the partitioning of soluble, suspended particulate and bed sediment fractions of plutonium and caesium in the eastern Irish Sea, *Journal of Environmental Radioactivity* xx (2007) 1-19.

Vedlegg 1: Utslipp fra petroleumsutvinning på norsk sokkel

Tabell V1.1: Akutte oljeutslipp (tonn)

Felt	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Albuskjell	0,02		0,02	0,053		
Åsgard	1,13	37,7	0,629	1,14	2,38	4,29
Balder			0,675	0,001	0,016	0,001
Brage	0,632	0,07	0	0	0,005	
Draugen	0,17	0,176	784	2,03	0,691	98,6
Edda		0,017				
Ekofisk	2,21	0,684	1,2	1,82	0,819	1,56
Eldfisk	0,013	3,05	16,2	4,17	0,111	0,24
Embla		0,225	0,05		0,012	
Fram			0,3			0,78
Frigg	0,005	1,02	0,06	0,002	0,29	0,208
Glitne	0,01		0	0,03	1,89	
Grane			0,01	0,034	0,003	0,176
Gullfaks	1,4	6,27	1,64	0,016	10,2	3,15
Gullfaks Sør			0	0	0	0,075
Gyda			0	1,52	0,16	0,04
Heidrun	1,59	0,76	11,6	0,24	0,18	0,3
Heimdal	0,073	0,217	0,431	45,4	0,2	0,033
Historisk Ringhorne		0,061				
Historisk Sleipner	1,92	4,47				
Hod					0,11	
Huldra	3,84			0		
Jotun		0,158	42		0,232	0,0005

Kollsnes			0			
Kristin			0,05	0	1,38	0,03
Kvitebjørn				0,055	0,2	
Letefelter Eni Norge AS					0,005	
Letefelter Eni Norge AS (old)	0,02					
Letefelter Esso Exploration and Production Norway A/S			0,2			
Letefelter Norsk Hydro Produksjon AS	0,055		0		0,003	
Letefelter Statoil ASA	1,04		0	0,01	1,2	0,1
Letefelter Total E&P Norge AS						0,25
Njord	0,1	0,05	0,905	0,004	1,64	0,863
Norne	13,5	2,06	0,53	1,94	340	2,7
NORPIPE GASSLEDNING				0,005		
Oseberg	5,03	1,03	0,359	0,191	0,335	2,55
Oseberg Øst			0,003	0,001	0	0,004
Oseberg Sør			0,018	0,478	1,45	0,741
Sigyn		0,11	0			
Sleipner Øst			0,798		0,1	0,21
Sleipner Vest			6,01	0		
Snøhvit					0	0,002
Snorre	3,42	38,9	1,94	0,1	0,111	0,0586
Statfjord		0,145	0,823	0,51	10	0,52
Sture				0,002		
Tambar				0,01		
Tor		0,04		0,1	0,006	2,1
Tordis				0		0,03
TROLL I				1,98	0,005	
TROLL II	8,15	6,49	6,4	4,9	1,01	0,056
Ula	0,5			0,015	1,35	0,015

Urd				0	0,002	0,008
Vale					0,025	
Valhall	0,93	1,12	0,08	2,52	0,12	
Varg	0,014	0,1	0,05	7,13	0,106	0,0158
Veslefrikk	2,96	3,91	0,138	0,3	0,15	0,405
Vest Ekofisk	0,1					
Vigdis			0	0,01	0	0,013
Vilje						0,003
Visund	1,03	0,092	0,075	0	0,222	2
Yme	0,1					

Tabell V1.2: Utslipp dispergert olje (tonn)

Felt	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Albuskjell			0,121	0,121	0,0252	
Åsgard	7,06	7,93	5,69	8,87	11,2	
Balder	7,61	20,1	14,3	14,5	13,5	21,1
Brage	60,5	42,5	62,3	131	288	250
Draugen	7,39	23,5	46,2	85,3	79,5	106
Edda		0,121	0,121			
Ekofisk	86,8	117	142	189	220	224
Eldfisk	6,72	15,1	27,4	25,5	22,2	22,8
Embla		0,117	0,0543	0,0543	0,0543	0,0543
Frigg	0,956	0,689	0,671	0,87	0,148	
Glitne	0,0477	9,4	2,46	4,73	4,35	3,63
Grane			0,531	3,35	28,4	10,2
Gullfaks	603	651	467	480	374	286
Gyda	14,8	18,5	51,4	32,2	16,4	25,2
Heidrun	66,6	84,9	78,4	25,7	25,3	15,4
Heimdal	0,174	0,11	0,0646	0,0822	0,466	1,62
Historisk Ringhorne	0,0197					
Historisk Sleipner	4,77					
Huldra	0,00376	0,000495	0,0023	0,0025	0,0025	0,0025
Jotun	75,1	53,5	54,7	63,2	65,7	45,1
Kristin				0,0245	0,29	2,86
Kvitebjørn			0,226	0,0182	0	
Letefelter Amerada Hess Norge AS		0,00282				
Letefelter BP Norge AS	0,00142	0,00164				
Letefelter Eni Norge AS	0,00027				0,0242	0,00304
Letefelter Norsk Hydro Produksjon AS				0	0,0203	0,00417

Letefelter Statoil ASA	0,0172	0,00112	0	0,059	0,0348	0,028
Letefelter Total E&P Norge AS						0,00007
Njord	1,48	1,47	0,893	0,582	1,19	2,31
Norne	15	22,3	45,1	62	80,2	85,8
Ormen Lange					0,0341	
Oseberg	74,8	59,7	76,5	97,2	184	49,4
Oseberg Øst	0	0,032	0,00297	0	0	
Oseberg Sør	0,032	0,00254	0,00113	0,0254	0,12	0,652
Sleipner Øst		2,55	2,19	2,08	2,88	6,52
Sleipner Vest		1,88	1,33	0,643	0,898	0,93
Snøhvit				0,00565	0,0368	0,015
Snorre	338	230	316	228	153	170
Statfjord	1 050,0	921	710	585	762	564
Tor	8,2	5,3	6,98	2,26	0,587	0,859
TROLL I	0,233	0,124	0,114	0,151	0,332	0,143
TROLL II	572	365	230	232	566	533
Tune				0,0102	0,00207	
Ula	7,44	7,29	5,81	5,1	10	11,3
Urd					0,0164	0,0023
Vale					0,00983	
Valhall	5,55	6,6	5,72	7,79	6,07	8,07
Varg	16,7	24	0	0	0	15,8
Veslefrikk	117	152	131	166	135	143
Vest Ekofisk		0,0875				
Vigdis				0,27	0,000794	
Visund	23	11,3	13,1	10,8	1,6	0,669
Yme	3,53					

Tabell V1.3: Utslipp PAH (kg)

Felt	2005	2006
Aasgard	190,8	216,0
Balder	142,9	209,0
Brage	2542,1	4546,0
Draugen	364,5	417,0
Ekofisk	2773,2	3110,0
Eldfisk	278,9	188,0
Glitne	32,8	30,1
Grane	60,3	117,0
Gullfaks	10847,9	10986,0
Gyda	459,0	613,0
Heidrun	87,6	76,7
Jotun	925,8	1122,0
Kristin		72,1
Njord	24,6	81,0
Norne	3541,2	3950,0
Oseberg	1310,3	1683,0
Oseberg øst	0,0	0,0
Oseberg Sør	0,7	2,6
Sleipner Øst	42,0	78,0
Sleipner Vest	91,6	50,7
Snorre	415,4	2468,0
Statfjord	14334,4	13138,0
Tor	2,8	3,4
TROLL I	4,6	3,6
TROLL II	5255,1	20631,0
Ula	316,4	394,0
Valhall	42,9	42,9
Varg	56,8	232,0
Veslefrikk	194,0	2486,0
Visund	53,4	23,6

Tabell V1.4: Utslipp av utvalgte metaller (kg)

Felt	2002			2003			2004		2005			2006		
	Pb	Cd	Hg	Pb	Cd	Hg	Kadmium	Kvikksølv	Pb	Cd	Hg	Pb	Cd	Hg
Åsgard	1,26	0,012	0,466	0,597	0,0331	0,139	0,0457	0,0563	0,0144	0,378		4,42	0,055	0,773
Balder	0,123	0,0205	0,0286	0	0,0711	0,019	0,264	0,0186	0,722	0,123	0,0409	0,855	0,133	0,0584
Brage	0,0553	0,641	0,0844	5,49	1,12	0,0732	0,457	0,0491	15,7	0,241	0,241	0,24	0,48	0,0961
Draugen	0,105	0,0174	0,0279	1,2	0,199	0,0797	0,416	0	0,648	0,255	0,198	21,3	0,197	0,0052
Ekofisk	1,66	0,707	1,06	14,5	0,489	0,25	0,709	3,34	3,3	0,509	0,886	3,77	1,44	0,359
Eldfisk	0,403	0,0128	0,0998	4,28	0,0591	0,244	0,233	0,595	0,415	0,0985	0,414	1,49	0,397	0,374
Glitne	0,0604	0,0413	0,0176	0,123	0,0185	0,00493	0,046	0,0123	0,358	0,0895	0,0143	0,061	0,265	0,0199
Grane				0,241	0,018	0,000601	0,036	0,00173	0,421	0,00644	0,00515	0,0063	0,0127	0,0025
Gullfaks	8,31	0,901	1,44	18,9	2,77	1,28	3,87	1,26	6,65	1,99	1,32	32,2	3,72	1,26
Gyda	780	25,1	0,0495	249	4,64	0,0743	1,24	0,0549	5,63	0,183	0,0618	13,3	1,84	0,0231
Heidrun	0,434	0,0423	0,0579	1,57	0,287	0,0884	0,0626	0,0251	0,107	0,0124	0,231	0,0454	0,0083	0,0121
Heimdal				0	0	0	0	0,000183				0	0	0
Jotun	0,467	0,0778	0,109	7,23	0,54	0,144	3,41	0,148	4,27	0,73	0,297	8,24	1,19	0,13
Kristin												0,0279	0,002	0,158
Njord	0,028	0,0275	0,00141	0,984	0,25	0,0821	0,02	0,0193	2,6	0,00395	0,151	22	0,0146	0,0759

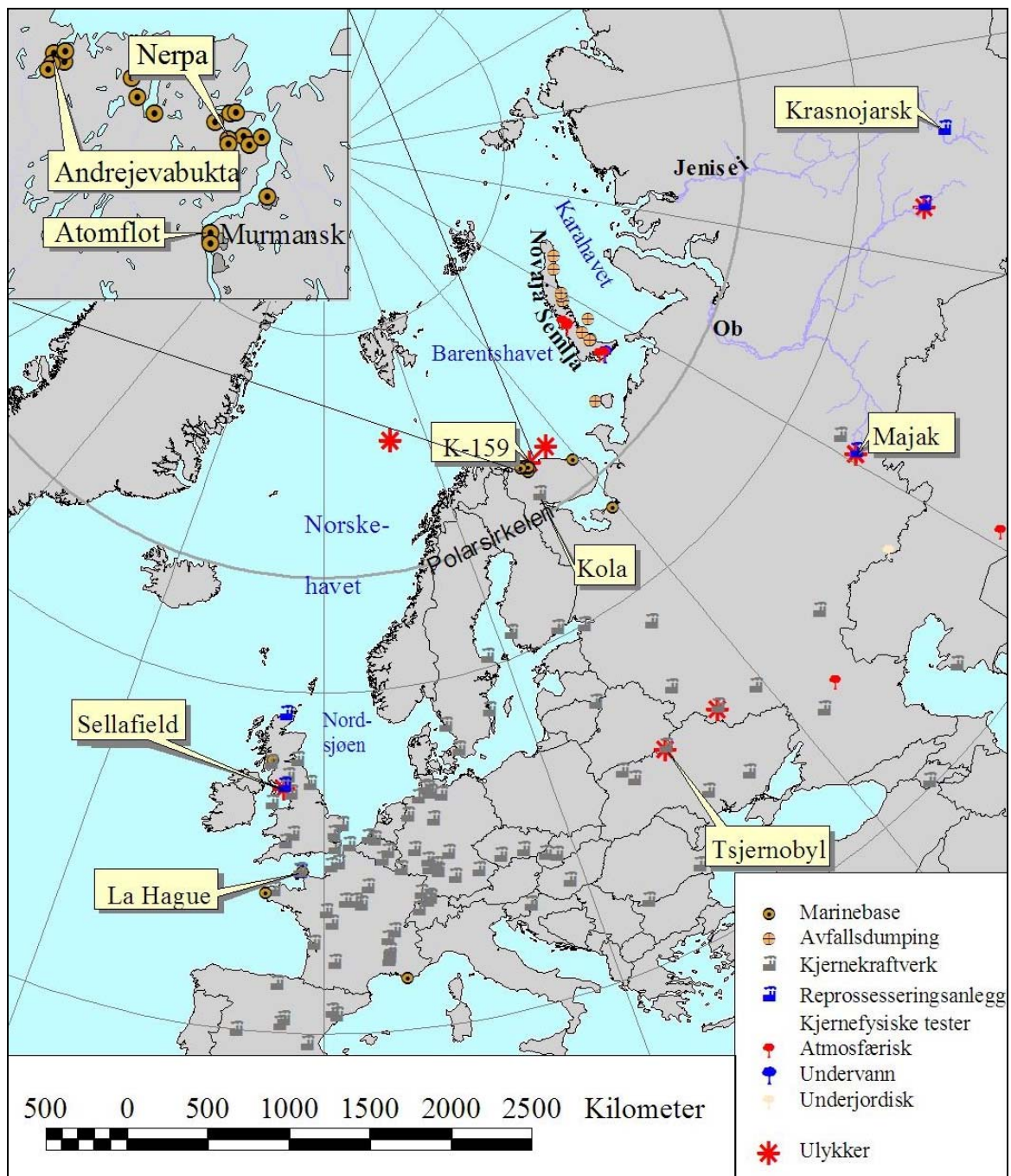
Norne	0,503	0,175	0,0195	2,88	0,171	0,106	0,238	0,0951	2,99	0,245	0,427	7,24	1,51	0,23
Oseberg	1,09	0,62	0,0455	3,93	0,684	0,129	0,192	0,0809	7,69	0,317	0,0642	0,0723	0,145	0,727
Oseberg Øst	0,00174	0,000634	0,0000386	0,0000187	0,00000077	4,18E-07	0	0	0	0	0	0	0	0
Oseberg Sør	0,0000181	0,0000075	0,00000974	0,000342	0,000104	0,00000696	0,000123	0,0000282	0,0146	0,00021	8,45E-05	0,0473	0,0009	0,0002
Sleipner Øst	0,75	0,0211	0,00631	1,53	0,0859	0,00276	0,512	0,0112	58,2	0,958	0,00751	56,7	1,26	0,018
Sleipner Vest	0,234	0,00232	0,00352	0,678	0,0103	0,0046	0,0319	0,00579	0,432	0,0117	0,0064	0,363	0,0426	0,0076
Snorre	16,5	2,7	0,222	134	0,857	0,4	0,904	0,293	1,25	0,255	0,241	15,9	3,46	0,42
Statfjord	6,67	1,24	1,76	28	4,24	2,4	3,25	1,77	11	2,04	2,26	51,4	5,08	1,74
Tor	8,56	0,645	0,0943	9,68	0,186	0,0126	0,216	0,0106	0,284	0,0118	0,00921	20,478	0,0803	0,0063
TROLL I	0,00306	0,000509	0,000815	0,00304	0,000507	0,000811	0,000049	0,000784	0,0034	0,00057	0,000918	0,0038	0,0006	0,001
TROLL II	14,5	10	0,115	19,1	13,5	0,608	3,16	0,267	34,4	1,12	0,447	1,04	2,09	0,417
Ula	20,4	0,034	0,0272	10,6	0,0473	0,0443	0,311	0,0304	7,79	0,312	0,0353	6,03	0,462	0,0037
Valhall	0,0481	0,0738	0,00112	0,848	0,0497	0,0171	0,323	0,0325	0,743	0,114	0,128	1,59	0,671	0,0014
Varg	9,98	2,34	0,0557	4,16	0,925	0,0308	0,22	0,0077	5,49	0,458	0,0261	94,3	4,7	0,0205
Veslefrikk	2,12	0,198	0,301	5,18	0,592	0,398	0,252	0,402	0,981	1,26	0,327	4,44	0,585	0,275
Visund	0,243	0,128	0,00976	2,15	0,114	0,0253	0,04	0,0264	0,125	0,00485	0,00511	0,212	0,006	0,002

Tabell V1.5: Utslipp av utvalgte metaller med borekaks (kg)

	Kvikksølv	Kadmium	Bly
Alvheim		5,0E-01	1,1E+02
Åsgard	4,1E-02	2,0E-01	5,2E+01
Balder	4,3E-03	3,8E-02	1,2E+01
Brage	1,0E-06	1,3E-03	4,4E-03
Ekofisk	5,3E-02	6,7E-02	1,6E+00
Eldfisk	3,2E-03	3,1E-02	9,3E+00
Fram	2,3E-01	3,1E-01	9,9E+01
Grane	4,7E-01	6,0E-01	6,1E+01
Gullfaks	1,4E-04	2,5E-03	3,6E-02
Gullfaks Sør	2,0E-01	6,8E-01	1,9E+02
Heidrun	1,4E-01	8,9E-01	3,1E+02
Jotun	3,4E-03	4,1E-02	9,4E+00
Kvitebjørn	7,4E-03	1,2E-01	1,2E+01
Njord		6,6E-03	9,5E-03
Norne	8,1E-02	1,3E-01	3,8E+00
Ormen Lange	2,5E-01	7,3E-01	1,6E+02
Oseberg	1,4E-03	9,7E-02	5,0E+00
Oseberg Øst		2,1E-04	3,0E-04
Oseberg Sør	2,8E-01	2,4E-01	4,8E+01
Snorre	9,0E-02	3,6E-01	1,1E+02
Tor		1,0E-05	
Tordis	7,2E-03	7,2E-03	2,5E-03
TROLL II	1,2E-01	6,5E-01	1,6E+02
Urd	3,9E-02	1,0E-01	2,5E+00
Valhall	9,3E-01	1,6E+00	2,8E+02
Veslefrikk	1,4E-02	1,1E-01	3,8E+01
Vilje	4,9E-01	5,4E-01	1,7E+02
Visund	1,8E-05	9,3E-05	2,1E-03

Vedlegg 2. Kilder til radioaktiv forurensning i norske havområder

Reelle og potensielle kilder til radioaktiv forurensning i norske havområder er oppsummert i figur V2.1. Det er i dag tre hovedkilder til radioaktiv forurensning i norske havområder, Kjernevåpentesting i atmosfæren (1945-80), utslipp fra europeiske gjenvinningsanlegg for brukt brensel, samt nedfall fra Tsjernobyl-ulykken (1986). I den senere tid er det også blitt mer fokus på utslipp med forhøyde konsentrasjoner av naturlig forekommende radionuklider – særlig i forbindelse med oljeproduksjon,



Figur V2.1. Reelle og potensielle kilder til radioaktivitet i norske havområder,

Kjernevåpentester i atmosfæren

I perioden 1945-80 gjennomførte Frankrike, Kina, Sovjetunionen, Storbritannia og USA til sammen 520 prøvesprengninger av kjernevåpen i atmosfæren - de fleste i periodene 1957-58 og 1961-62, Den siste atmosfæriske testen ble gjennomført av Kina i 1980,

Prøvesprengninger i atmosfæren er globalt sett den største kilden til radioaktiv forurensning av miljøet, Totalt er det blitt estimert at 948 PBq cesium-137, 622 PBq strontium-90, 6,52 PBq plutonium-239 og 4,35 PBq plutonium-240 ble sluppet ut i miljøet (UNSCEAR, 2000a), Nedfallet kom vesentlig med nedbør, og mesteparten på den nordlige halvkule, Om lag 60 % av aktiviteten falt ned i havet, Nedfallet fra de atmosfæriske kjernevåpentestene kan stadig måles i det marine miljø, Fordelingen av radionuklidene i dag avhenger av parametere som havstrømmer, diffusjon og sedimenteringshastigheter,

Gjenvinningsanlegg for brukt kjernebrensel

Driften av gjenvinningsanlegg for brukt kjernebrensel gir regelmessige utslipp til sjø av blant annet plutonium-, strontium- og cesiumisotoper, I Vest-Europa er det nå to anlegg i drift: Sellafield på nordvestkysten av England og La Hague ved kysten av Normandie i Frankrike, Utslipp fra disse anleggene i 2004 er vist i tabell V2.1.

Tabell V2.1, Utslipp til vann (TBq) fra Sellafield og Cap de la Hague til det marine miljø i 2004 (OSPAR, 2006a),

Radionuklide	Sellafield	Cap de la Hague
Americium-241	0,037	2,5 10 ⁻³
Cerium-144	0,82	-
Cesium-134	0,40	6,4 10 ⁻²
Cesium-137	9,67	0,79
Hydrogen-3 (tritium)	3,17 10 ³	1,39 10 ⁴
Jod-129	0,65	1,37
Karbon-14	16,3	8,9
Kobolt-60	0,78	0,26
Plutonium-241	8,1	0,13
Pu-α	0,29	6,2 10 ⁻³
Ruthenium-106	4,42	6,45
Strontium-90	18,0	0,14
Technetium-99	14,3	0,08
Total-α	0,29	1,74 10 ⁻²
Total-β	73,3	13,1

Siden Sellafield har hatt de største utslippene og har bidratt mest til forurensning i norske havområder, vil det videre legges vekt på utslipp fra dette anlegget, Utslippene fra Sellafield startet i 1952 og er fra da av godt dokumentert, Sellafield driver nå hovedsakelig med gjenvinning (reprosessering) av plutonium og uran fra brukt kjernebrensel, produksjon av nytt kjernebrensel fra gjenvunnet materiale, avfallshåndtering og nedbygging (dekommisjonering) av tidligere virksomhet, I de senere årene har det vært særlig fokusert på anleggets utslipp av technetium-99,

Tsjernobyl-ulykken

Den verste kjernekraftulykken i historien skjedde 26. april 1986 i Tsjernobyl, Ukraina. Nedfallet etter Tsjernobyl-ulykken besto av en rekke forskjellige radioaktive stoffer, blant annet jod-131, cesium-134 og cesium-137. Mange av nuklidene som slapp ut hadde imidlertid kort halveringstid og kan ikke lengre detekteres i miljøet. Det i dag er cesium-137 som utgjør hovedandelen av forurensningen. Totalt ble det sluppet ut 85 PBq cesium-137 (UNSCEAR, 2000b). Østersjøen var havområdet som ble mest påvirket, og mottok ca. 5 PBq cesium-137 (Evans, 1991). På grunn av at vannet i Østersjøen bruker lang tid på å skiftes ut, samt at tilførselen fra elver vedvarer, synker vannkonsentrasjonen av cesium-137 langsomt i regionen. Estimert gjennomsnittskonsentrasjon av cesium-137 i overflatevann fra Østersjøen var i 2000 50 ± 20 Bq/m³ – om lag 10 ganger høyere enn langs norskekysten. Effektiv halveringstid er beregnet til 13 ± 2 år (Povinec et al, 2003). Utstrømming av Tsjernobyl-kontaminert vann fra Østersjøen utgjør i dag en viktig kilde til cesium-137 i norske havområder.

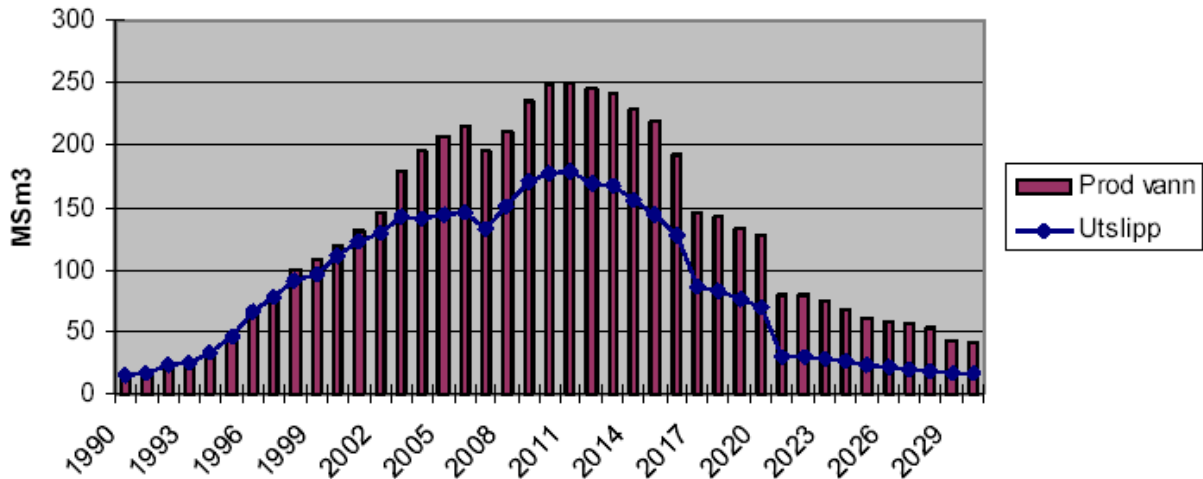
Avrenning fra landområder i Norge bidrar også med cesium-137 til sjø. Analyser av sedimenter, tang og sjøvann fra norske fjorder har vist forhøyde konsentrasjoner av cesium-137 i de kystområder i Midt-Norge (Trøndelag) der nedfallet var størst (StrålevernRapport 2001:9).

Petroleumsvirksomhet

I forbindelse med utvinning av olje og gass slippes det ut store mengder produsert vann. Det produserte vannet kommer fra formasjonsvann i reservoaret og vann som sprøytes inn for å opprettholde trykket i reservoaret. Det inneholder forhøyede konsentrasjoner av naturlig forekommende radioaktive stoffer fra seriene til uran-238 og thorium-232. Spesielt to isotoper fra disse to seriene er viktige i forbindelse med utslipp av produsert vann fra olje- og gassproduksjon: radium-226 og radium-228.

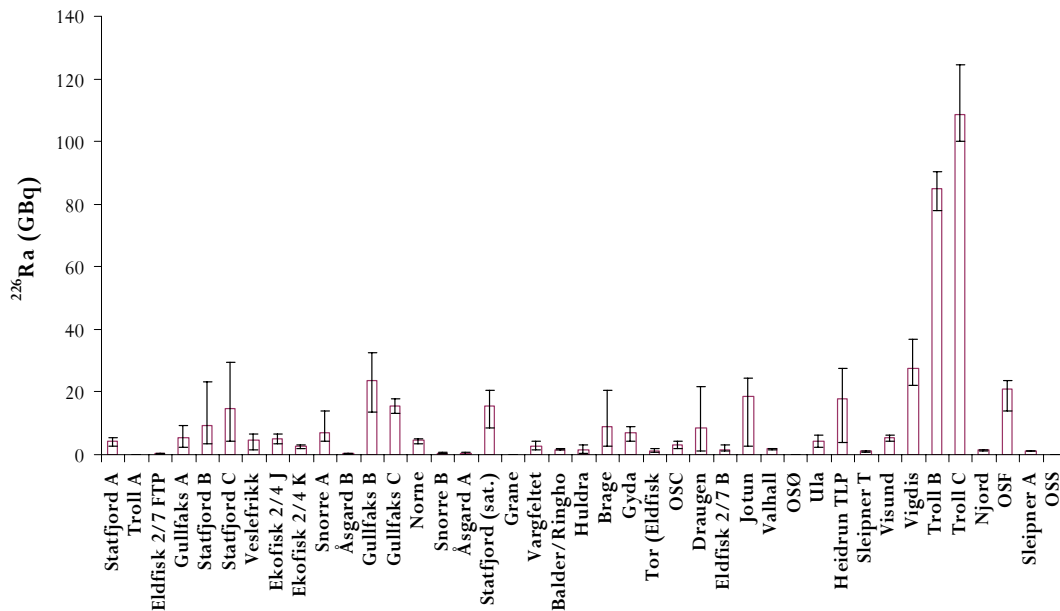
Norsk sokkel

Figur V2.2, viser at utslippene av produsert vann fra norsk sokkel har økt betydelig de siste 10 årene. Økningen vil trolig fortsette frem til 2015 for deretter å avta som følge av redusert produksjon og ny teknologi (SFT, 2003). Forskjellen mellom produsert vann og selve utslippene i figuren skyldes at noe av vannet blir injisert tilbake i reservoaret. Injeksjon er en av teknologiene som på sikt vil kunne redusere utslippene.



Figur V2.2. Historiske og antatt framtidige utslipp av produsert vann på norsk sokkel oppgitt i millioner standard kubikkmeter, MSm^3 (Kilde: SFT, 2003),

Tidligere har det vært gjort få målinger av konsentrasjoner av radioaktive stoffer i produsert vann, men i de seinere årene er dette bedre kartlagt. Generelt har det blitt anslått at konsentrasjonene av Ra-226 og Ra-228 i gjennomsnitt ligger om lag 1000 ganger høyere enn bakgrunnsnivåene i havvann. Det er betydelig variasjon mellom ulike målinger. Rapporterte konsentrasjoner av Ra-226 i 2003 varierer fra <1 til 16 Bq/l med et gjennomsnitt på 3,3 Bq/l vektet på utslippsvolum. Tilsvarende tall for Ra-228 var fra <1 til 21 Bq/l, med gjennomsnitt 2,8 Bq/l (StrålevernRapport 2005:2). Estimer på totale utslipp av radium-226 fra ulike installasjoner er vist i figur V2.3. Som det framgår av figuren kom om lag 40 % av utslippene fra plattformene Troll B og C,



Figur V2.3. Estimert totalutslipp av ^{226}Ra fra alle plattformer (2003),

Det er også blitt gjort målinger av bly-210 og polonium-210 i produsert vann. For bly-210 var alle målingene under deteksjonsgrensa (<1Bq/l), mens gjennomsnittsverdien (min-max) for polonium-210 var 0,0018 (0,0002-0,0061) Bq/l. På grunn av de lave rapporterte konsentrasjonene omtales ikke disse radionuklidene nærmere i denne rapporten,

Britisk sektor

Det slippes også ut produsert vann fra britisk sektor: Totalt utslipp i 2004 var 252 millioner standard kubikkmeter (MSm³) (OSPAR, 2006), som er om lag dobbelt så mye som fra norsk sektor samme år (143 MSm³),

Det fins ingen detaljerte studier angende aktivitetskonsentrasjoner av radiumisotoper i produsert vann fra de ulike installasjonene på britisk sektor, Britiske myndigheter har imidlertid estimert utslippene av Ra-226, Ra-228 og Pb-210 til henholdsvis 1082 GBq, 298 GBq og 39 GBq for året 2004 basert på prøver fra 82 installasjoner (OSPAR 2006c),

Andre kilder

Institutt for energiteknikk (IFE)

IFE driver to forskningsreaktorer, en på Kjeller (ca, 20 km øst for Oslo) og en i Halden, De radioaktive utslippene stammer fra driften av reaktorene, fra produksjon av radiofarmaka som utføres av GE Health-care A/S, og fra behandling av radioaktivt avfall som mottas fra brukere over hele landet, Utslippene må være i henhold til gjeldende regelverk, herunder strålevernloven med forskrift og utslippsgodkjenningen gitt av Statens strålevern, En oversikt over årlige utslipp fra IFE Kjeller og IFE Halden for perioden 2001-2005 er vist i henholdsvis tabell V2.2 og V2.3.

Tabell V2.2. Utslipp (MBq) til vann (Nitelva) fra IFE Kjeller i perioden 2001 til 2005,

Radionuklide	2001	2002	2003	2004	2005
Americium-241	0,35	0,7	0,005	0,003	0,03
Antimon-124	-	<0,06	<0,2	<0,1	<0,1
Antimon-125	-	<0,11	2,7	0,075	<0,7
Cerium-144	-	1,6	3,3	1,1	0,054
Cesium-134	2,5	2,3	1,2	0,35	0,08
Cesium-137	25,7	25	22	7,9	0,51
Hydrogen-3	1,5·10 ⁶	2,4·10 ⁶	2,8·10 ⁶	2,9·10 ⁵	4,1·10 ⁵
Jern-59	-	<0,15	<0,2	<0,3	<0,2
Jod-125	310	350	540	327	50
Jod-131	107	6,0	15	27	39
Kobolt-58	-	<0,10	0,26	<0,1	<0,1
Kobolt-60	74	60	55	24	6,7
Krom-51	-	<0,5	<0,6	<2	<1,3
Mangan-54	-	<0,14	<0,2	<0,2	<0,2
Niob-95	-	0,17	0,42	<0,06	<0,1
Plutonium-238	0,0003	0,011	0,002	0,01	0,007
Plutonium-	0,04	0,04	0,034	0,15	0,15
Ruthenium-103	-	<0,07	0,14	0,10	<0,3
Ruthenium-106	-	<0,9	2,0	<4	<2,2
Strontium-90	1,23	0,55	0,33	2,6	0,34
Sølv-110m	-	1,2	2,1	0,089	1,2
Zink-65	3,8	<0,4	0,27	0,1	8,4
Zirconium-95	-	0,13	0,14	<0,2	<0,2

Tabell V2.3. Utslipp (MBq) til vann (Tista og Iddefjorden) fra IFE Halden i perioden 2001 til 2005

Radionuklide	2001	2002	2003	2004	2005
Antimon-124	-	0,53	-	-	0,003
Antimon-125	130	18	0,06	0,002	0,037
Cerium-141	6,4	0,82	0,29	0,68	0,61
Cerium-144	14	5,7	3,2	16	8,8
Cesium-134	2	18	8,8	8,0	18
Cesium-137	58	110	130	70	130
Hydrogen-3	$2,4 \cdot 10^5$	$1,1 \cdot 10^6$	$2,7 \cdot 10^5$	$5,4 \cdot 10^5$	$5,3 \cdot 10^5$
Jern-59	-	0,32	-	0,75	0,88
Jod-131	0,04	0,9	3,6	0,68	0,42
Kadmium-109	0,46	0,33	0,016	-	-
Kobolt-58	49	5,1	3,3	8,7	41
Kobolt-60	440	88	62	68	99
Krom-51	290	150	130	210	180
Mangan-54	7	0,5	0,18	0,73	2,5
Mangan-56	-	-	-	2,8	-
Niob-95	40	12	8,5	11	12
Ruthenium-103	2,8	0,59	0,17	0,45	0,42
Ruthenium-106	2	0,18	-	-	-
Strontium-90	-	-	3,3	2,1	4,9
Sølv-110m	0,5	0,005	0,17	0,001	0,94
Zirkonium-95	16	5,4	3,3	4,9	5,3

Sykehus, forskning og industri

Bruk av åpne radioaktive kilder ved sykehus, forskning og industri kan føre til utslipp av radioaktive stoffer til vann, inkl. avløp, luft eller i grunnen, Behandling av avfall som inneholder radioaktive stoffer kan også føre til utslipp, Alle utslipp av radioaktive stoffer, uansett mengde skal være godkjent av Statens strålevern, Radioaktive stoffer brukt innen medisin dominerer antropogene utslipp til kloakksystemet, og gis til pasienter av diagnostiske eller terapeutiske grunner, Av viktige nuklider som brukes til medisinske formål kan nevnes technetium-99m og jod-131, Stoffene tilføres kloakksystemet med urin og faeces,

Eksakte data på nuklider og mengder sluppet ut fra sykehus, forskning og industri er ikke tilgjengelig, men tilvirkere av radioaktive stoffer er forpliktet til å rapportere månedlige salg til Strålevernet, Salg av radionuklider i totale mengder over 1 GBq i 2004 er vist i tabell V2.4.

Avrenning av naturlig radioaktivitet fra gruveavfall

Avfall fra gruveindustri som inneholder forhøyde konsentrasjoner av naturlig radioaktivitet kan lokalt forårsake forhøyde nivåer av naturlig radioaktivitet i vann og biota, Det er ikke blitt utført noen grundig kartlegging over hvor mange områder som kan være berørt, Et eksempel på et aktuelt undersøkelses-område er det tidligere gruveområdet Oterstranden i Gildeskål kommune, hvor ca 90 000 tonn avfall (fra molybdenutvinning), med forhøyede nivåer av naturlig radioaktivitet, er blitt dumpet i strandsonen.

Tabell V2.4. Oversikt over de mest solgte åpne radioaktive kilder i 2004

Nuklide	Halveringstid*	Aktivitet (GBq)
Molybden-99/Technetium-99m	66 t/6 t	27080
Jod-131	8 d	1889
Hydrogen-3	12,3 år	460,9
Xenon-133	5,3 d	317,7
Fluor-18	110 min	216,2
Fosfor-32	14,3 d	159,9
Jod-123	13,1 t	90
Svovel-35	87 d	80,4
Tallium-201	73,1 t	60,7
Indium-111	2,8 d	30
Samarium-153	46,7 t	26
Jod-125	60 d	19
Yttrium-90	64,1 t	17,5
Krom-51	27,7 d	12,9
Fosfor-33	25,4 d	6,7
Strontium-89	50,6 d	4,6
Technetium-99m	6 t	4,2
Indium-113m	1,66 t	3,7
Gadolinium-67	3,3 d	1,3
Karbon-14	5730 år	1,0

*min = minutt, t = time, d = dag, GBq = gigabecquerel

Vedlegg 3. Bakgrunnsverdier brukt i beregninger med den marine modellen

Contaminant	Area	Concentration	Source
Name	Number	µg/l	
Arsen	OI	1	ICES
	OII	1	ICES
	OIII	1	ICES
Missing observ, data for region		I,II,III,IV,V,VI,VII,VIII,IX,X,XI,XII,O4-O7	
Lead	I	0,04	ICES
	II	0,13	ICES
	IX	0,28	ICES
	X	0,25	ICES
	XI	0,26	ICES
	XII	0,42	ICES
	O I	0,27	ICES
	O II	0,51	ICES
	O III	0,42	ICES
Missing observ, data for region		III,IV,V,VI,VII,VIII,OIV-OVII	
Chrom	OI	53	ICES
	OII	53	ICES
	OIII	53	ICES
Missing observ, data for region		I,II,III,IV,V,VI,VII,VIII,IX,X,XI,XII,OIV-OVII	
DEHP	IX	0,0031	OSPAR
	X	0,0031	OSPAR
	XI	0,0031	OSPAR
	XII	0,0031	OSPAR
Missing observ, data for region		I,II,III,IV,V,VI,VII,VIII,OIV-OVII	
Dioxine	O I	7,8 E-9	OSPAR
Missing observ, data for region		I,II,III,IV,V,VI,VII,VIII,IX,X,XI,XII,OII-OVII	
Heksaklorbensen	I	0,000026	ICES
	II	0,000026	ICES
	III	0,000026	ICES
	IX	0,000026	ICES
	X	0,00007	ICES
	XI	0,000045	ICES
	XII	0,000026	ICES
	O I	0,00005	ICES
	O II	0,00006	ICES
O III	0,00005	ICES	
Missing observ, data for region		IV,V,VI,VII,VIII,OIV-OVII	
Cadmium	I	0,025	ICES
	II	0,031	ICES
	III	0,012	OSPAR
	V	0,012	OSPAR
	VII	0,012	OSPAR
	IX	0,03	ICES
	X	0,05	ICES

	XI	0,035	ICES
	XII	0,02	ICES, OSPAR
	O I	0,062	ICES
	OII	0,01	ICES
	O III	0,031	ICES
Missing observ, data for region		IV,VII,IX,X,XI,XII,OIV-OVII	
Copper	I	0,56	ICES
	II	0,059	ICES
	IX	2	ICES
	X	0,425	ICES
	XI	3,6	ICES
	XII	0,4	ICES
	O I	0,81	ICES
	O II	1,1	ICES
	O III	0,4	ICES
Missing observ, data for region		I,II,IX,X,XI,XII,OIV-OVII	
Muskxylener	O II	0,000095	OSPAR
Missing observ, data for region		I,II,III,IV,V,VI,VII,VIII,IX,X,XI,XII,OI,OIII-OVII	
Oktyfenol	O II	0,0031	OSPAR
Missing observ, data for region		I,II,III,IV,V,VI,VII,VIII,IX,X,XI,XII,OI,OIII-OVII	
PCB	O I	0,0014	ICES
	O II	0,0014	ICES
	O III	0,0014	ICES
Missing observ, data for region		I,II,III,IV,V,VI,VII,VIII,IX,X,XI,XII,OIV-OVI	
PAH	I	0,003	ICES
	II	0,014	ICES
	III	0,00071	ICES
Missing observ, data for region		IV,V,VI,VII,VIII,IX,X,XI,XII,OI-OVII	
Mercury	I	0,0065	ICES
	II	0,0065	ICES
	III	0,0023	OSPAR
	IV	0,0016	OSPAR
	V	0,0016	OSPAR
	VII	0,00058	OSPAR
	VIII	0,00058	OSPAR
	IX	0,00058	OSPAR
	X	0,034	ICES
	XI	0,026	ICES
	XII	0,004	ICES
	O I	0,011	ICES
	O II	0,015	ICES
	O III	0,004	ICES
Missing observ, data for region		VI,VIII,IX,X,XI,XII,OIV-OVII	
TCB	I	0,000033	ICES
	II	0,000035	ICES
	III	0,000033	ICES
	IX	0,0045	OSPAR
	X	0,0045	OSPAR

	XI	0,0045	OSPAR
	XII	0,0045	OSPAR
	O I	0,000034	ICES
	O II	0,000034	ICES
	O III	0,000032	ICES
Missing observ, data for region		IV, V, VI, VII, VIII, OIV-OVII	
Tributyltinn	XII	0,0045	ICES
	O I	0,0016	ICES
	O II	0,0016	ICES
	O III	0,0045	ICES
Missing observ, data for region		I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, XI, OIV-OVII	

Vedlegg 4. Middel konsentrasjon og transport mellom de forskjellige regioner.

Bly			
Region	Middel Konsentrasjon	Transport inn i regionen fra Region	Transport ut av regionen til Region
	µg/l	Kg/år	Kg/år
I	0.047	O1 = 7680	2 = 507
II	0.139	1 = 507	3 = 1631; 4 = 2315
III	0.011	2 = 1631; OII = 1154; O3 = 865	5 = 274
IV	0.003	2 = 2315	5 = 91; 6 = 428
V	0.0006	3 = 274; 4 = 91	7 = 277
VI	0.0018	4 = 428	7 = 81; 8 = 213
VII	0.0007	5 = 277; 6 = 81; 12 = 70	8 = 190
VIII	0.0001	6 = 213; 7 = 190; 12 = 186	9 = 215; 10 = 30
IX	0.3	8 = 215	10 = 4705; 11 = 577; 12 = 2130
X	0.251	8 = 30; 9 = 4705	11 = 5461
XI	0.261	9 = 577; 10 = 5461	OVI = 1870;
XII	0.2801	9 = 2130	7 = 70; 8 = 187
As			
Region	Middel Konsentrasjon	Transport inn i regionen fra Region	Transport ut av regionen til Region
	µg/l	Kg/år	Kg/år
I	0.663	O1 = 28446	2 = 179
II	3.605	1 = 179	3 = 51; 4 = 73
III	1.847	2 = 51; OII = 2262; O3 = 2061	5 = 23
IV	1.18E-2	2 = 73	5 = 7; 6 = 32
V	4.85E-5	3 = 23; 4 = 7	7 = 0
VI	4.97E-3	4 = 32	7 = 4; 8 = 10
VII	2.84E-6	5 = 0; 6 = 4; 12 = 0	8 = 0
VIII	2.48E-4	6 = 10; 7 = 0; 12 = 0	9 = 8; 10 = 1
IX	9.35E-7	8 = 8	10 = 0; 11 = 0; 12 = 0
X	2.16E-3	8 = 1; 9 = 0	11 = 4
XI	2.29E-5	9 = 0; 10 = 4	OVI = 0
XII	0	9 = 0	7 = 0; 8 = 0
Krom			
Region	Middel Konsentrasjon	Transport inn i regionen fra Region	Transport ut av regionen til Region
	µg/l	Kg/år	Kg/år
I	2.7	O1 = 1507621	2 = 4976

II	3.9E-3	1 = 4976	3 = 126; 4 = 145
III	3.1E-2	2 = 102; OII = 119840; O3 = 109271	5 = 233
IV	4.1E-4	2 = 145	5 = 24; 6 = 112
V	1.07E-6	3 = 41; 4 = 24	7 = 0
VI	6.3E-5	4 = 112	7 = 4; 8 = 11
VII	5.4E-4	5 = 0; 6 = 4; 12 = 0	8 = 0
VIII	7.9E-4	6 = 11; 7 = 0; 12 = 0	9 = 26; 10 = 3
IX	3.0E-8	8 = 26	10 = 0; 11 = 0; 12 = 0
X	4.1E-5	8 = 3; 9 = 0	11 = 8
XI	4.4E-7	9 = 0; 10 = 8	OVI = 0;
XII	0	9 = 0	7 = 0; 8 = 0
DEHP			
Region	Middel Konsentrasjon	Transport inn i regionen fra Region	Transport ut av regionen til Region
	µg/l	Kg/år	Kg/år
I	6.8E-6	O1 = 0	2 = 0
II	1.37E-7	1 = 5	3 = 0; 4 = 0
III	9.4E-10	2 = 0; OII = 0; O3 = 0	5 = 0
IV	7.5E-10	2 = 0	5 = 0; 6 = 0
V	0	3 = 0; 4 = 0	7 = 0
VI	0	4 = 0	7 = 0; 8 = 0
VII	1.8E-09	5 = 0; 6 = 0; 12 = 2	8 = 0
VIII	2.2E-9	6 = 0; 7 = 0; 12 = 6	9 = 0; 10 = 0
IX	0.0015	8 = 0	10 = 25; 11 = 3; 12 = 11
X	0.0015	8 = 0; 9 = 25	11 = 30
XI	0.0031	9 = 3; 10 = 30	OVI = 22
XII	0.0031	9 = 11	7 = 2; 8 = 5
Dioksin			
Region	Middel Konsentrasjon	Transport inn i regionen fra Region	Transport ut av regionen til Region
	µg/l	Kg/år	Kg/år
I	5.52E-11	O1 = 2E-09	2 = 1E-09
II	7.98E-14	1 = 2E-09	3 = 6E-25; 4 = 0
III	7.41E-29	2 = 0; OII = 0; O3 = 0	5 = 0
IV	0	2 = 0	5 = 0; 6 = 0
V	0	3 = 0; 4 = 0	7 = 0
VI	0	4 = 0	7 = 0; 8 = 0
VII	0	5 = 0; 6 = 0; 12 = 0	8 = 0
VIII	5.59E-15	6 = 0; 7 = 0; 12 = 0	9 = 2E-11; 10 = 3E-12
IX	1.26E-17	8 = 2E-11	10 = 0; 11 = 0; 12 = 0
X	2E-17	8 = 3E-12; 9 = 0	11 = 0
XI	0	9 = 0; 10 = 0	OVI = 0
XII	0	9 = 0	7 = 0; 8 = 0
Heksaklorbensen			

Region	Middel Konsentrasjon	Transport inn i regionen fra Region	Transport ut av regionen til Region
	$\mu\text{g/l}$	Kg/år	Kg/år
I	0.0000269	O1 = 1	2 = 0.1
II	0.0000258	1 = 0.1	3 = 0.2; 4 = 0.3
III	0.0000262	2 = 0.2; OII = 0.7; O3 = 0.1	5 = 0.3
IV	0	2 = 0.3	5 = 2E-17; 6 = 0
V	0	3 = 0.3; 4 = 0	7 = 1E-03
VI	0	4 = 0	7 = 0; 8 = 0
VII	0	5 = 0; 6 = 0; 12 = 0	8 = 1E-08
VIII	0	6 = 0; 7 = 0; 12 = 0	9 = 215; 10 = 30
IX	0.000058	8 = 0	10 = 1; 11 = 0.1; 12 = 0.4
X	0.0000725	8 = 0; 9 = 1	11 = 1.4
XI	0.0000262	9 = 0.1; 10 = 1.4	OVI = 0.2;
XII	0.0000173	9 = 0.4	7 = 0; 8 = 0
Kadmium			
Region	Middel Konsentrasjon	Transport inn i regionen fra Region	Transport ut av regionen til Region
	$\mu\text{g/l}$	Kg/år	Kg/år
I	0.0256	O1 = 1764	2 = 133
II	0.1312	1 = 133	3 = 292; 4 = 415
III	0.0124	2 = 292; OII = 227; O3 = 65	5 = 147
IV	0.0121	2 = 415	5 = 63; 6 = 293
V	0.012	3 = 147; 4 = 63	7 = 202
VI	0.012	4 = 293	7 = 96; 8 = 252
VII	0.012	5 = 202; 6 = 96; 12 = 14	8 = 233
VIII	0.012	6 = 252; 7 = 233; 12 = 36	9 = 619; 10 = 83
IX	0.0275	8 = 619	10 = 442; 11 = 54; 12 = 201
X	0.0475	8 = 83; 9 = 442	11 = 933
XI	0.0352	9 = 54; 10 = 933	OVI = 251;
XII	0.0180	9 = 201	7 = 14; 8 = 36
Kopper			
Region	Middel Konsentrasjon	Transport inn i regionen fra Region	Transport ut av regionen til Region
	$\mu\text{g/l}$	Kg/år	Kg/år
I	0.574	O1 = 23041	2 = 3244
II	0.605	1 = 3244	3 = 6005; 4 = 8528
III	0.014	2 = 6005; OII = 2487; O3 = 824	5 = 225
IV	0.004	2 = 8528	5 = 222; 6 = 1031
V	7.31E-6	3 = 225; 4 = 222	7 = 2
VI	0.00113	4 = 1031	7 = 82; 8 = 214
VII	0.000992	5 = 2; 6 = 82; 12 = 1495	8 = 4E-03

VIII	0.000134	6 = 214; 7 = 4E-03; 12 = 3929	9= 388; 10 = 52
IX	1.22	8 = 388	10 = 19611; 11= 2406; 12 = 8878
X	0.426	8 = 52; 9 = 19611	11 = 8407
XI	3.599	9 = 2406; 10 = 8407	OVI = 25462;
XII	2.00	9 = 8878	7 = 1495; 8 = 3929
Muskxylenener			
Region	Middel Konsentrasjon	Transport inn i regionen fra Region	Transport ut av regionen til Region
	µg/l	Kg/år	Kg/år
I	0	O1 = 0	2 = 0
II	0	1 = 0	3 = 0; 4 = 0
III	2.629E-8	2 = 0; OII = 0.2; O3 = 0	5 = 0
IV	0	2 = 0	5 = 0; 6 = 0
V	0	3 = 0; 4 = 0	7 = 0
VI	0	4 = 0	7 = 0; 8 = 0
VII	0	5 = 0; 6 = 0; 12 = 0	8 = 0
VIII	0	6 = 0; 7 = 0; 12 = 0	9 = 0; 10 = 0
IX	0	8 = 0	10 = 0; 11 = 0; 12 = 0
X	0	8 = 0; 9 = 0	11 = 0
XI	0	9 = 0; 10 = 0	OVI = 0;
XII	0	9 = 0	7 = 0; 8 = 0
Oktyfenol			
Region	Middel Konsentrasjon	Transport inn i regionen fra Region	Transport ut av regionen til Region
	µg/l	Kg/år	Kg/år
I	0	O1 = 0	2 = 0
II	0	1 = 0	3 = 0; 4 = 5E-3
III	8.58E-7	2 = 0; OII = 7; O3 = 0	5 = 0
IV	0	2 = 5E-3	5 = 0; 6 = 0
V	0	3 = 0; 4 = 0	7 = 0
VI	0	4 = 0	7 = 0; 8 = 0
VII	0	5 = 0; 6 = 0; 12 = 0	8 = 0
VIII	0	6 = 0; 7 = 0; 12 = 0	9 = 0; 10 = 0
IX	0	8 = 0	10 = 0; 11 = 0; 12 = 0
X	0	8 = 0; 9 = 0	11 = 0
XI	0	9 = 0; 10 = 0	OVI = 0;
XII	0	9 = 0	7 = 0; 8 = 0
PAH			
Region	Middel Konsentrasjon	Transport inn i regionen fra Region	Transport ut av regionen til Region
	µg/l	Kg/år	Kg/år
I	0.003	O1 = 51	2 = 15
II	0.0028	1 = 15	3 = 23; 4 = 33
III	0.0058	2 = 23; OII = 6; O3 = 2	5 = 8
IV	7.09E-6	2 = 33	5 = 0.4; 6 = 1.6

V	1.51E-7	3 = 8; 4 = 0.4	7 = 4E-02
VI	1.8E-5	4 = 1.6	7 = 0.1; 8 = 0.3
VII	3.42E-5	5 = 4E-02; 6 = 0.1; 12 = 0	8 = 1E-02
VIII	9.09E-9	6 = 0.3; 7 = 1E-02; 12 = 0	9 = 0; 10 = 0
IX	2.77E-9	8 = 0	10 = 0; 11 = 0; 12 = 0
X	1.58E-8	8 = 0; 9 = 0	11 = 0
XI	1.11E-10	9 = 0; 10 = 0	OVI = 0;
XII	4.09E-13	9 = 0	7 = 0; 8 = 0
PCB			
Region	Middel Konsentrasjon	Transport inn i regionen fra Region	Transport ut av regionen til Region
	µg/l	Kg/år	Kg/år
I	7.49E-6	O1 = 40	2 = 0.2
II	5.98E-7	1 = 0.2	3 = 0.2; 4 = 0.3
III	2.59E-6	2 = 0.2; OII = 3; O3 = 2.8	5 = 0.1
IV	2.12E-7	2 = 0.3	5 = 0; 6 = 0.2
V	2.57E-7	3 = 0.1; 4 = 0	7 = 0.1
VI	9.94E-8	4 = 0.2	7 = 0; 8 = 0.1
VII	2.27E-10	5 = 0.1; 6 = 0; 12 = 0	8 = 0.1
VIII	1.26E-8	6 = 0.1; 7 = 0.1; 12 = 0	9 = 0.3; 10 = 0.1
IX	2.62E-10	8 = 0.3	10 = 0; 11 = 0; 12 = 0
X	2.84E-8	8 = 0.1; 9 = 0	11 = 0
XI	1.69E-9	9 = 0; 10 = 0	OVI = 0
XII	4.91E-12	9 = 0	7 = 0; 8 = 0
Kvikksølv			
Region	Middel Konsentrasjon	Transport inn i regionen fra Region	Transport ut av regionen til Region
	µg/l	Kg/år	Kg/år
I	0.0066	O1 = 313	2 = 33
II	0.0065	1 = 33	3 = 61; 4 = 87
III	0.0024	2 = 61; OII = 38; O3 = 8	5 = 28
IV	0.0016	2 = 87	5 = 9; 6 = 41
V	0.0016	3 = 28; 4 = 9	7 = 28
VI	2.89E-5	4 = 41	7 = 1; 8 = 3
VII	0.0006	5 = 28; 6 = 1; 12 = 1	8 = 14
VIII	0.0006	6 = 3; 7 = 14; 12 = 1	9 = 37; 10 = 5
IX	0.0263	8 = 37	10 = 423; 11 = 52; 12 = 192
X	0.0375	8 = 5; 9 = 423	11 = 737
XI	0.0261	9 = 52; 10 = 737	OVI = 186;
XII	0.0006	9 = 192	7 = 1; 8 = 1
TCB			
Region	Middel Konsentrasjon	Transport inn i regionen fra Region	Transport ut av regionen til Region
	µg/l	Kg/år	Kg/år
I	0.000033	O1 = 1	2 = 0.2
II	0.000035	1 = 0.2	3 = 0.3; 4 = 0.4

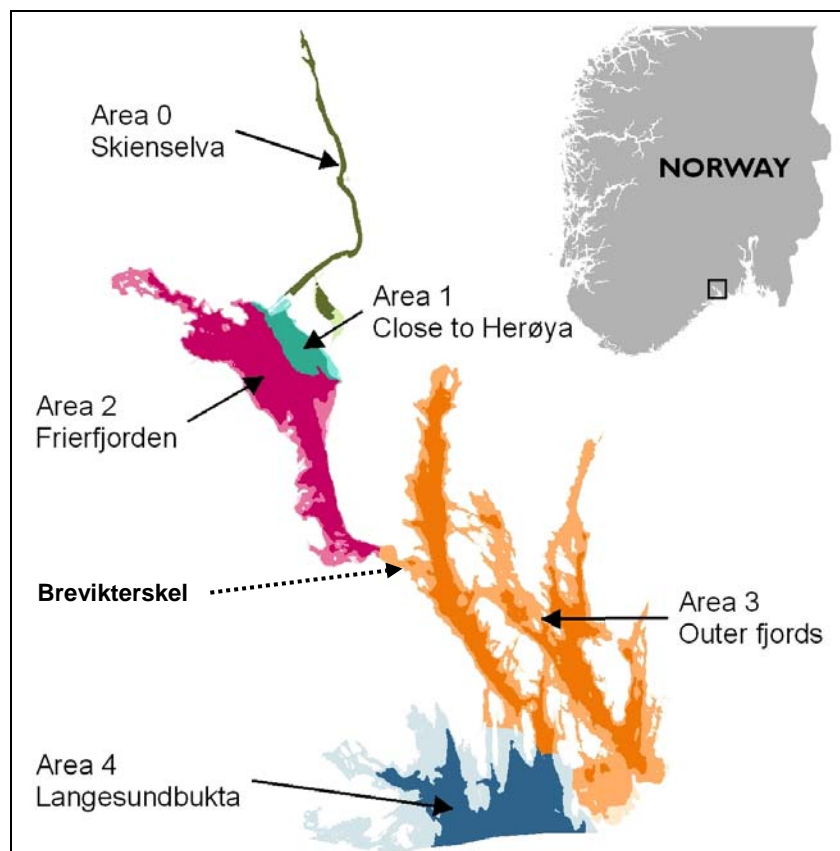
III	0.000033	2 = 0.3; OII = 0.1; O3 = 0.1	5 = 0.4
IV	3.05e-8	2 = 0.4	5 = 0; 6 = 0
V	6.23e-9	3 = 0.4; 4 = 0	7 = 0
VI	0	4 = 0	7 = 0; 8 = 0
VII	2.62E-8	5 = 0; 6 = 0; 12 = 3	8 = 0
VIII	3.27E-8	6 = 0; 7 = 0; 12 = 9	9 = 0; 10 = 0
IX	0.0045	8 = 0	10 = 72; 11 = 9; 12 = 33
X	0.0045	8 = 0; 9 = 72	11 = 88
XI	0.0045	9 = 9; 10 = 88	OVI = 32;
XII	0.0045	9 = 33	7 = 3; 8 = 9
Tribyltinn			
Region	Middel Konsentrasjon	Transport inn i regionen fra Region	Transport ut av regionen til Region
	µg/l	Kg/år	Kg/år
I	8.27E-6	O1 = 46	2 = 0.2
II	9.43E-9	1 = 0.2	3 = 0; 4 = 0
III	1.57E-6	2 = 0; OII = 4; O3 = 9	5 = 0
IV	0	2 = 0	5 = 0; 6 = 0
V	0	3 = 0; 4 = 0	7 = 0
VI	0	4 = 0	7 = 0; 8 = 0
VII	0	5 = 0; 6 = 0; 12 = 0	8 = 0
VIII	0	6 = 0; 7 = 0; 12 = 0	9 = 0; 10 = 0
IX	0	8 = 0	10 = 0; 11 = 0; 12 = 0
X	0	8 = 0; 9 = 0	11 = 0
XI	0	9 = 0; 10 = 0	OVI = 0
XII	0	9 = 0	7 = 0; 8 = 0
THC			
Region	Middel Konsentrasjon	Transport inn i regionen fra Region	Transport ut av regionen til Region
	µg/l	Kg/år	Kg/år
I	17.05	O1 = 93870781474	2 = 302835709
II	0.19	1 = 302835709	3 = 1225523; 4 = 1740380
III	1.74	2 = 1225523; OII = 7.46E+9; O3 = 6.8E+9	5 = 47682901
IV	1.25E-03	2 = 1740380	5 = 4488; 6 = 20876
V	7.8E-03	3 = 47682901; 4 = 4488	7 = 352588
VI	6.18E-06	4 = 20876	7 = 278; 8 = 726
VII	2.80E-06	5 = 352588; 6 = 278; 12 = 0	8 = 1607
VIII	9.42E-9	6 = 726; 7 = 1607; 12 = 0	9 = 18; 10 = 2
IX	2.84E-11	8 = 18	10 = 0.1; 11 = 0.1; 12 = 0.1
X	8.46E-11	8 = 2; 9 = 0.1	11 = 0.5
XI	0.261	9 = 0.1; 10 = 0.4	OVI = 0
XII	0.2801	9 = 0.1	7 = 0; 8 = 0

Vedlegg 5. Beregninger av retensjon i fjorder

Eksempel 1: retensjon av dioksiner i Grenlandsfjordene, Telemark.

I Grenlandsfjordene (Figur 6.1) har man hatt et økende punktutslipp av dioksiner fra magnesiumfabrikken ved Herøya ved munningen av Skienselva fra 50-tallet til 70-tallet, og minkende igjen til begynnelsen av 2000-tallet da fabrikken ble nedlagt og utslippet dermed stoppet. I dag antar man at det kommer kun en liten, mer eller mindre ”naturlig” bakgrunnsfluks av dioksiner med elvevann til Grenlandsfjordene, mens gamle forurensede sedimenter i Grenlandsfjordene utgjør hovedkilden av dioksiner for fjordvannet. Dermed er det mest hensiktsmessig å beregne retensjonen i perioden fra 50-tallet til 70-tallet da utslippene var økende eller stabile.

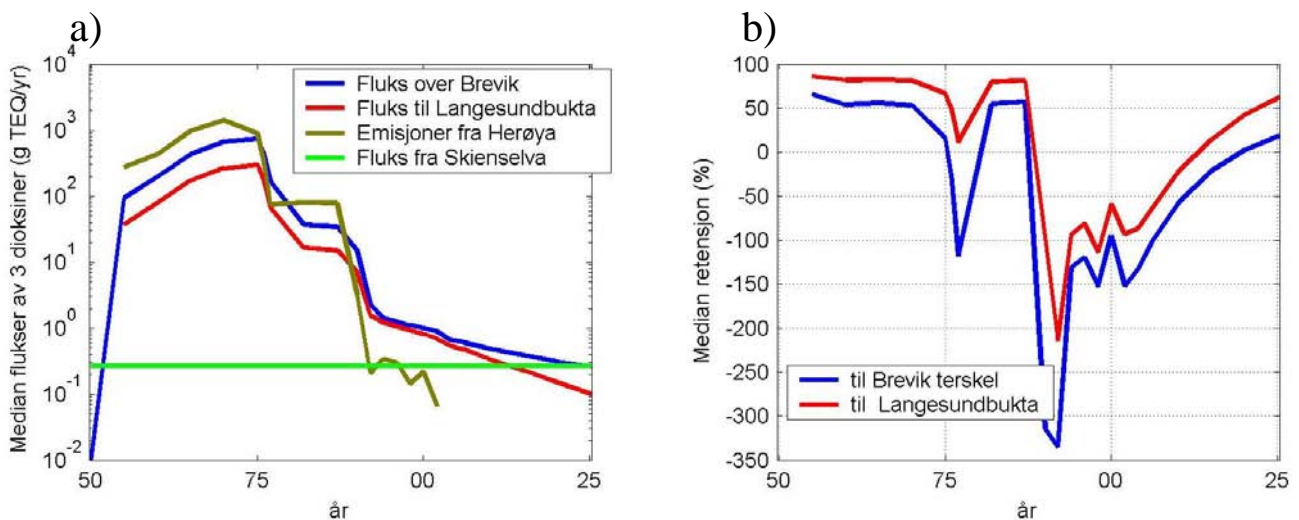
I følgende eksempel har vi beregnet retensjonen av dioksiner i Grenlandsfjordene vha. SF-tool modellapplikasjon (Saloranta et al. 2008). I denne applikasjonen har man gjennomført også en omfattende analyse av usikkerheter i modellresultater, og dermed kan man kvantifisere modellusikkerheter ved retensjonsestimater (uttrykt i form av konfidensintervaller). I modellsimuleringer har vi antatt at innkommende miljøgiftfluks (dioksiner) er representert ved summen av det som kommer med elvevannet ved slusene i Skien (nordlige grense av Area 0 i Figur V5.1) og det som ble sluppet ut ved Herøya (Area 1) ved elvemunningen. Vi simulerer retensjonen av summen av tre dioksinkomponenter (23478-PeCDF, 123478/123479-HxCDF, 123678-HxCDF; konsentrasjoner uttrykt i toksisitetsekvivalenter).



Figur V5.1. Kart over Grenlandsfjordene. Fargene viser modellens romlig deling av fjorden i fem delområder.

Modellen er kalibrert mot alle tilgjengelige observasjoner av dioksinkonsentrasjon i vann, sediment, torsk og krabbe i Frierfjorden, og dermed har modellresultater best kvalitet i Frierfjorden (frem til Breviksterskelen), mens resultater for de ytre fjordområdene (frem til Skagerrak) er basert på noe mer ”grovkalibrering” av modellen. Modellresultater av fluksen av dioksiner over Breviksterskelen i 2006 (0.6-2.0 g/år, netto fluks av 17 komponenter, konsentrasjoner uttrykket i toksisitetsekvivalenter) stemmer også bra med tilsvarende observasjoner av denne fluksen (0.9 ± 0.6 g/år Næs et al., pers. comm.).

Resultat av modellsimuleringer (Figur V5.2) viser tydelig at retensjonen varierer mye i løpet av den hundre år lange simuleringssperioden 1950-2025. Da utslippene fra magnesiumfabrikken var på sitt høyeste i 60-70-tallet var retensjonen 55-65 % i Frierfjorden og 80-85 % i hele Grenlandsfjordene. Ved utslippsreduksjonene i midten av 70-tallet og slutten av 80-tallet ble retensjonen negativ (ned mot -350 % i Frierfjorden) fordi dioksiner fra gamle forurensede sedimenter lekket ut og fungerte som intern dioksinkilde for fjordsystemet. Etter nedleggelsen av magnesiumfabrikken i begynnelsen av 2000-tallet viser simuleringer at retensjonen går fra å være sterkt negativt mot positive verdier igjen. Usikkerheten i retensjonsestimater var liten da dioksinutslippene var på sitt høyest frem til 90-tallet, men blir særlig høy etter utslippsreduksjoner f.o.m. 90-tallet da retensjonen er negativ. Usikkerheten blir igjen mindre mot slutten av simuleringssperioden.



Figur V5.2. a) Simulert tidsutvikling av dioksinfluks (summen av tre dioksinkomponenter uttrykket i toksisitetsekvivalenter) fra Skienselva, fra magnesiumfabrikkutslipp på Herøya, fra Frierfjorden over Breviksterskelen (netto fluks), og fra Grenlandsfjordene til Langesundbukta (netto fluks). b) Simulert tidsutvikling av retensjon av dioksiner i Frierfjorden (dvs. fram til Breviksterskel) og i Grenlandsfjordene (dvs. frem til Langesundbukta). Resultatene vist her er medianen av simuleringene, basert på usikkerhetsanalysen i Saloranta et al. (2008).

Eksempel 2: retensjon av PAH i Sunndalsfjorden, Møre og Romsdal.

Sundalsfjorden er en lang, dyp og smal fjord (Figur V5.3). Armitage og Saloranta (2005) har simulert fremtidig utvikling av PAH-konsentrasjon i vann, sediment og i blåskjell i Sunndalsfjorden. Vi har her brukt modellen deres for å estimere retensjonen av PAH i fjorden. Modellapplikasjonen i Sunndalsfjorden er ikke ekstensivt kalibrert mot observerte konsentrasjoner som er gjort i Grenlandsfjordene, og usikkerhetsanalysen er noe enklere.

Armitage og Saloranta (2005) antok null emisjon fra Hydro Aluminium i Sunndalsøra etter 2003 mens vi her antar en bakgrunnsemisjon til vann på 100 kg PAH/år i hele



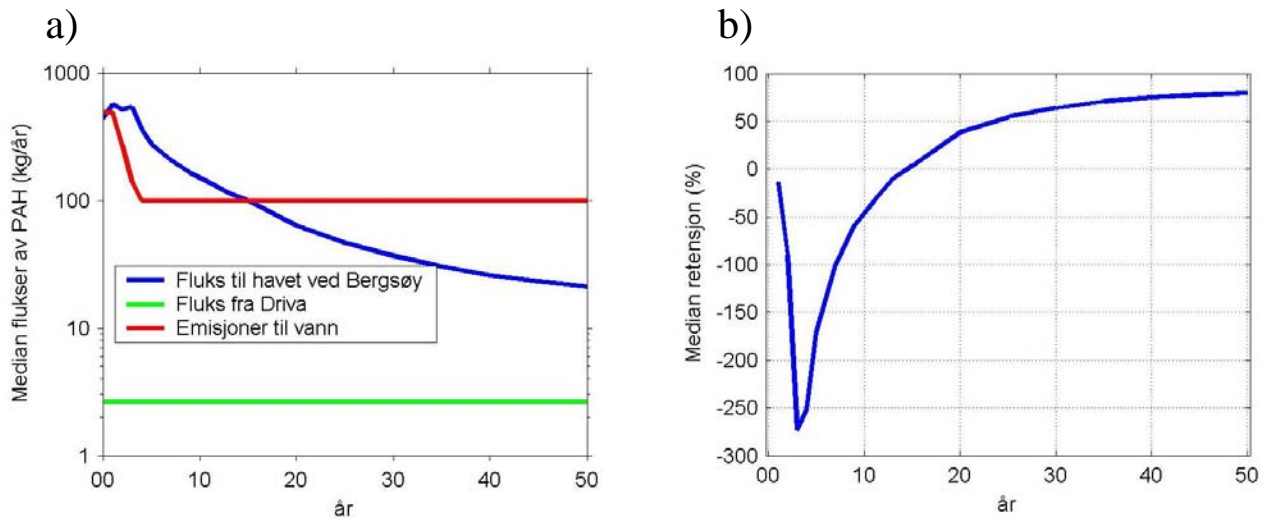
Figur V5.3. Sunndalsfjorden. Sunndalsøra med utslipp av PAH sees nederst til høyre. Lengden av fjordområdet er ca. 55 km.

simuleringsperioden (2000-2050) i tillegg til definerte emisjoner til vann og luft i 2000-2003. Til sammenligning, i 1997 var emisjoner til luft og vann beregnet til henholdsvis 6000 kg/år og 1000 kg/år.

Beregningene omfatter 16 forskjellige PAH komponenter og viser resultater for summen av disse, samt for enkeltkomponenten benzo[a]pyrene. PAH'er nedbrytes lettere enn dioksiner og de kjemiske egenskapene varierer ganske mye mellom de 16 komponentene; noen er mer persistente enn andre.

Figur V5.4 viser samme mønster som i Grenlandsfjordene, der kilden av gammel PAH forurensing fra sedimentene gjør at retensjonen er negativ i begynnelsen av simuleringsperioden, mens den mot slutten av perioden blir positiv og er ~80 % for summen av 16 PAH-komponenter (~50% for benzo[a]pyrene i 2050). Hvis man i modellen kunstig øker bakgrunnsutslippet til 10000 kg PAH /år, slik at sedimentkilden blir mer ubetydelig i forhold til dette, så blir retensjonen ~80 % for summen av 16 PAH-komponenter og ~70% for benzo[a]pyrene i hele simuleringsperioden. Usikkerheter i simulerte retensjonsestimater er jo

mindre jo høyere PAH utslippet er, hvilket henger sammen med at ”forurensingssignalet” er da tydeligere og letter å skille fra bakgrunnsnivået.



Figur V5.4. a) Simulert tidsutvikling av PAH-flukser (summen av 16 PAH-komponenter) fra elven Driva, fra aluminiumsfabrikkutslipp på Sunndalsøra (antatt bakgrunnsnivå på 100 kg PAH/år), og fra Sunndalsfjorden til kystvannet ved Bergsøy (netto fluks). b) Simulert tidsutvikling av retensjon av PAH i Sunndalsfjorden (dvs. frem til Bergsøy). Resultatene vist her er medianen av simuleringene, basert på usikkerhetsanalysen i Armitage & Saloranta (2005).

Næringsalter

Retensjonen av nitrogen og fosfor i fjorder og skjærgård er lite kjent. Studier i estuarer og estimat fra norske fjorder har indikert i størrelsesorden 10-30% for nitrogen og 10-40% for fosfor (Nowicki and Oviatt, 1990; Eyre, 1998; Stigebrandt and Aure, 1988).

Konklusjon

Det ble simulert retensjonsestimater for dioksiner og PAH i to norske fjorder, Grenlandsfjordene og Sunndalsfjorden. I simulingsperioder der utslippet ved innkommende ellevann til fjorden utgjør hovedkilden av POP'er for fjordvannet ble retensjonen estimert til å være mellom 50 og 90 %.

I både Grenlandsfjordene og Sunndalsfjorden er situasjonen at gammel forurensing i sedimentet ”lekker” og utgjør en betydelig intern kilde for fjordvannet. Ovennevnte retensjonsestimater kan likevel brukes som pekepinne for POPer i lignende fjordområder der slike interne kilder er ubetydelige og der innstrømmende elv- og avrenningsvann utgjør hovedkilden av miljøgifter til fjorden.

Dioksiner og PAH'er vurdert som en samlet miljøgiftgruppe (resultater for benzo[a]pyrene var også vist). Disse består likevel av forskjellige komponenter som har til dels veldig forskjellige kjemiske egenskaper som påvirker retensjonen. For å forstå bedre slike sammensatte kompliserte systemer er det ofte en fordel å bruke modeller som kan simulere systemet helhetlig.

Retensjonen av næringsalter er lite kjent, men utførte undersøkelser i utlandet og estimat for norske fjordområder indikerer faktorer i størrelsesorden 10-40%.

Vedlegg 6. Tilførsler fordelt på kilder og regioner

Tabell V6.1. Tilførsel av arsen (kg/år) fordelt på kilde og region

Region	Tilførsel fra					
	Land	Offshore	Havbunn	Skip	Luft	Havstrømmer
I	8137					28446
II	3449		548162		13800	179
III	0		140721		11360	4374
IV	1673					73
V	0					26
VI	1240					32
VII	0					3,6
VIII	671					10
IX	0					8
X	1537					1
XI	0					5
XII	0					0

Tabell V6.2. Tilførsel av kadmium (kg/år) fordelt på kilde og region

Region	Tilførsel fra					
	Land	Offshore	Havbunn	Skip	Luft	Havstrømmer
I	786				750	1764
II	377	3,1	311		3450	133
III	0	31,1	190		2840	582
IV	139	0,7			1225	415
V	0				625	209
VI	65	0,2			850	293
VII	0	2,9	690		1050	311
VIII	77				1700	520
IX	0				3900	619
X	166				3600	525
XI	0				2825	988
XII	0				6225	201

Tabell V6.3. Tilførsel av krom (kg/år) fordelt på kilde og region

Region	Tilførsel fra					
	Land	Offshore	Havbunn	Skip	Luft	Havstrømmer
I	10472					1507621
II	5950		35219		13800	4976
III	0		14687		7100	229213
IV	5883					145
V	0					65
VI	1495					112
VII	0		68594			4
VIII	2170					11
IX	0					26
X	2921					3
XI	0					8
XII	0					0

Tabell V6.4 Tilførsel av kvikksølv (kg/år) fordelt på kilde og region

Region	Tilførsel fra					
	Land	Offshore	Havbunn	Skip ³	Luft	Havstrømmer
I	100				175	313
II	113	0,8	14		600	33
III	0	8,1	32		425	108
IV	29	0,3			250	87
V	0				250	37
VI	70				350	41
VII	0	1,5	131		650	30
VIII	70				1025	18
IX	0				2350	37
X	35				2150	428
XI	0				1700	788
XII	0				3750	191

Tabell V6.5. Tilførsel av bly (kg/år) fordelt på kilde og region

Region	Tilførsel fra					
	Land	Offshore	Havbunn	Skip	Luft	Havstrømmer
I	11253				69000	7680
II	6746	256	25554		69000	507
III	0	1574	9949		56800	3650
IV	1613	163			28650	2315
V	0				29300	365
VI	858	21,3			39900	428
VII	0	866	52459		31900	428
VIII	1030				34500	589
IX	0				39100	215
X	569				36050	4375
XI	0				28350	6038
XII	0				62350	2130

Tabell V6.6. Tilførsel av PAH (kg/år) fordelt på kilde og region

Region	Tilførsel fra					
	Land	Offshore	Havbunn	Skip ³	Luft	Havstrømmer
I	101			0,25	2,8	51
II	1318	20634	1052	0,65	1,0	15
III	0	41523	138054	0,15	1,1	31
IV	71			0,1	0,6	33
V	0			0,1	0,6	9
VI	36	417		0,1	0,9	2
VII	0	4396	743	0,1	1,6	0,1
VIII				0,21	2,6	0,3
IX	0			0,1	2	0
X				0,2	1,8	0
XI	0			0,02	1,4	0
XII	0			0,1	4,3	0

¹⁾For utslipp til luft fra skip ble summen for regionene IV, V, VI, VII, IX, XII beregnet, og er her fordelt likt mellom regionene.

³ Utslipp til luft

Tabell V6.7. Tilførsel av PCB (kg/år) fordelt på kilde og region

Region	Tilførsel fra					
	Land	Offshore	Havbunn	Skip	Luft	Havstrømmer
I	1,5				6	40
II	9,5				23	0,2
III	0		15		18	6
IV	3				10	0,3
V	0				9	0,1
VI	2,5				9	0,2
VII	0				14	0,1
VIII	3,5				17	0,2
IX	0				27	0,3
X	2				25	0,1
XI	0				20	0
XII	0				44	0

Tabell V6.8. Tilførsel av TBT (kg/år) fordelt på kilde og region

Region	Tilførsel fra					
	Land	Offshore	Havbunn	Skip ¹⁾	Luft	Havstrømmer
I				66		46
II				202		0,2
III				53		13
IV				23		0
V				23		0
VI				23		0
VII				23		0
VIII				62		0
IX				23		0
X				46		0
XI				3		0
XII				23		0

¹⁾For utslipp fra skip ble summen for regionene IV, V, VI, VII, IX, XII beregnet, og er her fordelt likt mellom regionene.

Tabell V6.9. Tilførsel av olje (tonn/år) fordelt på kilde og region

Region	Tilførsel fra					
	Land	Offshore	Havbunn	Skip ¹⁾	Luft	Havstrømmer
I	7,5			0,2		0,15
II	3,5	534		956		
III	0	1875		1756		0,01
IV	93,5			140		
V	0			140		
VI	38	205		140		
VII	0	114		140		
VIII				232		
IX				140		
X				260		
XI				0		
XII				140		

¹⁾ For utslipp fra skip ble summen for regionene IV, V, VI, VII, IX, XII beregnet, og er her fordelt likt mellom regionene. Dette må forbedres i prosjektets neste fase.

Tabell V6.10. Tilførsel av Plutonium 239+240 (GBq) fordelt på kilder og regioner.

Tilførsel fra	Region											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Bombenedfall	54,5	322,8	124,7	312,1	326,7	783,1	493,9	793,4	942,8	269,3	38,3	476,8
Sellafield	1,1	4,2	1,4	3,8	1,6	5,4	1,7	5,5	3,3	2,3	0,2	1,9
SUM	55,6	327	126,1	315,9	328,3	788,5	495,6	798,9	946,1	271,6	38,5	478,7

Tabell V6.11. Tilførsel av Strontium90 (TBq) fordelt på kilder og regioner.

Tilførsel fra	Region											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Bombenedfall	5,6	20,5	5,4	20,1	13,4	41,2	19,3	44,8	37,1	14,3	1,7	19,2
Sellafield	4,0	16,3	3,8	15,7	5,5	31,3	6,2	22,5	12,2	9,8	0,7	7,2
Østersjøen	66,4	27,4	0,5	65,9	4,4	61,7	5,1	54,3	6,1	26,9	0,1	1,3
Sum	76	64,2	9,7	101,7	23,3	134,2	30,6	121,6	55,4	51	2,5	27,7

Vedlegg 7. Forslag til supplerende CEMP-stasjoner (kartene er hentet fra siste CEMP rapport, dvs. SFT SPFO-rapport 1017/2008, TA-2371/2008)



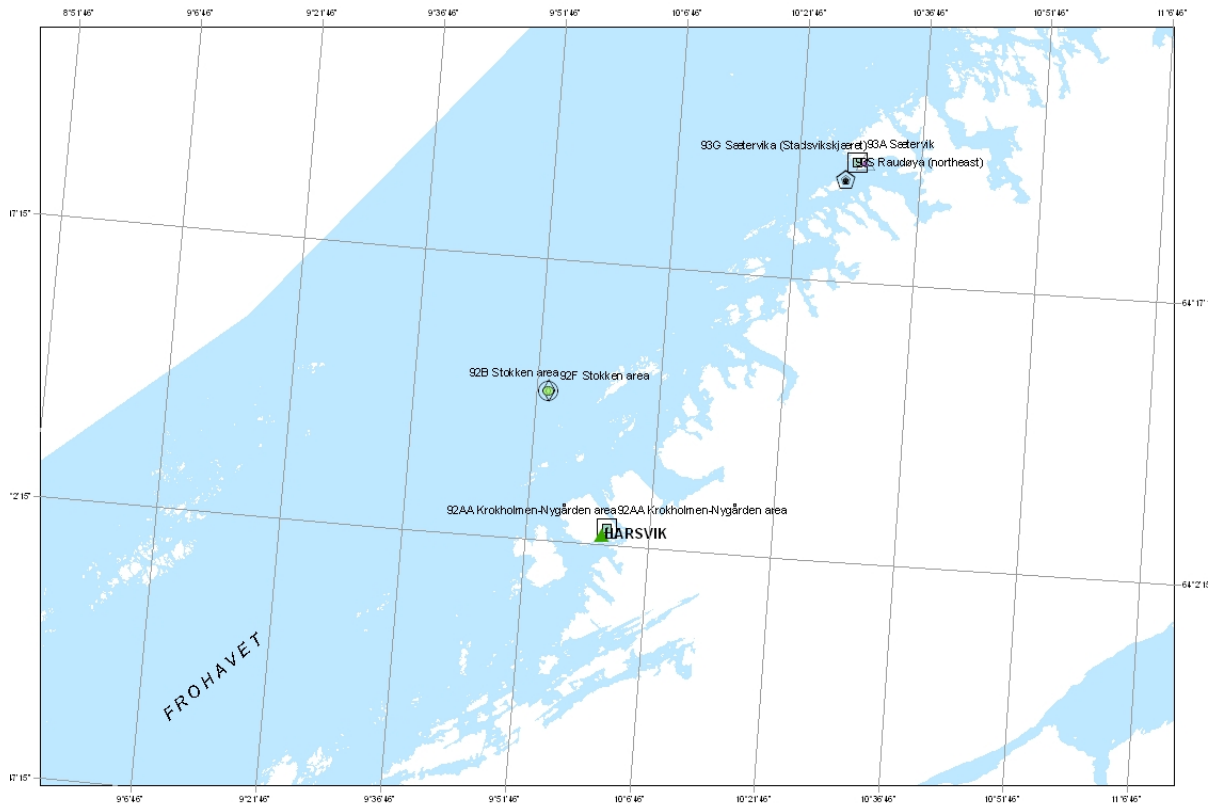
MAP 8



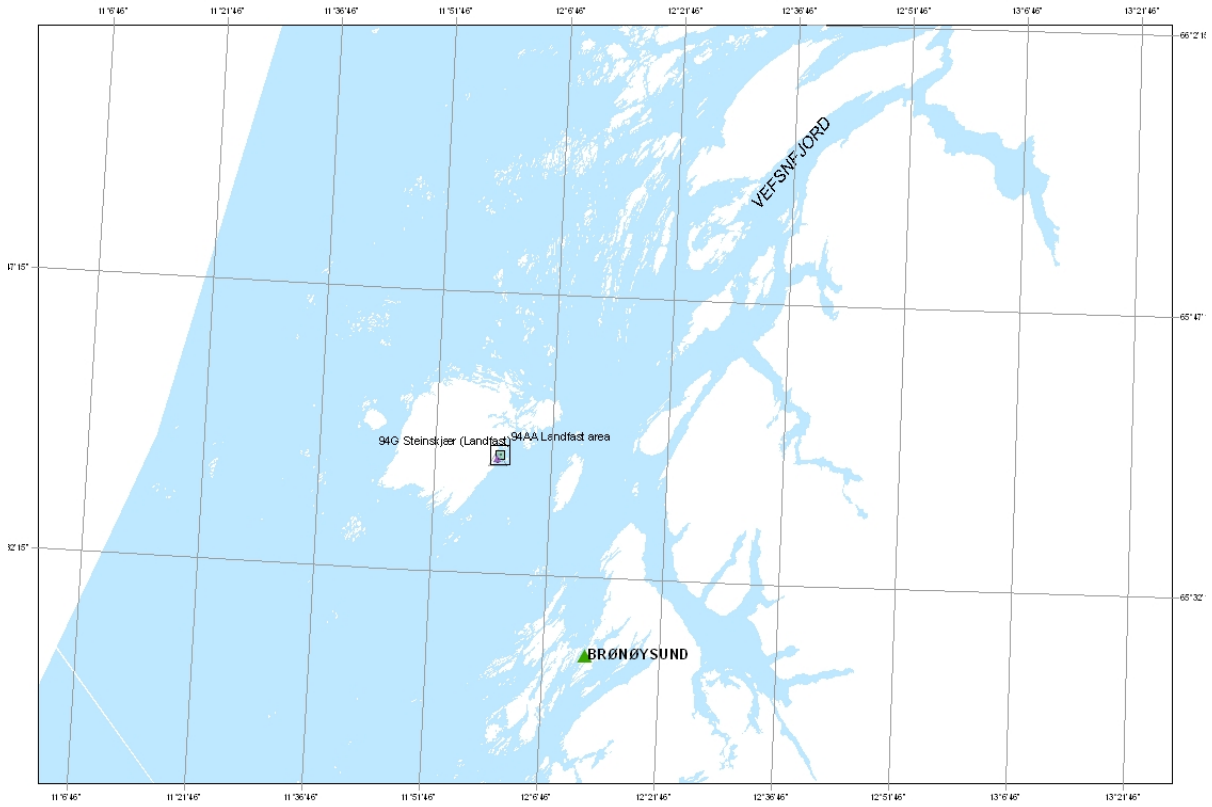
MAP 9



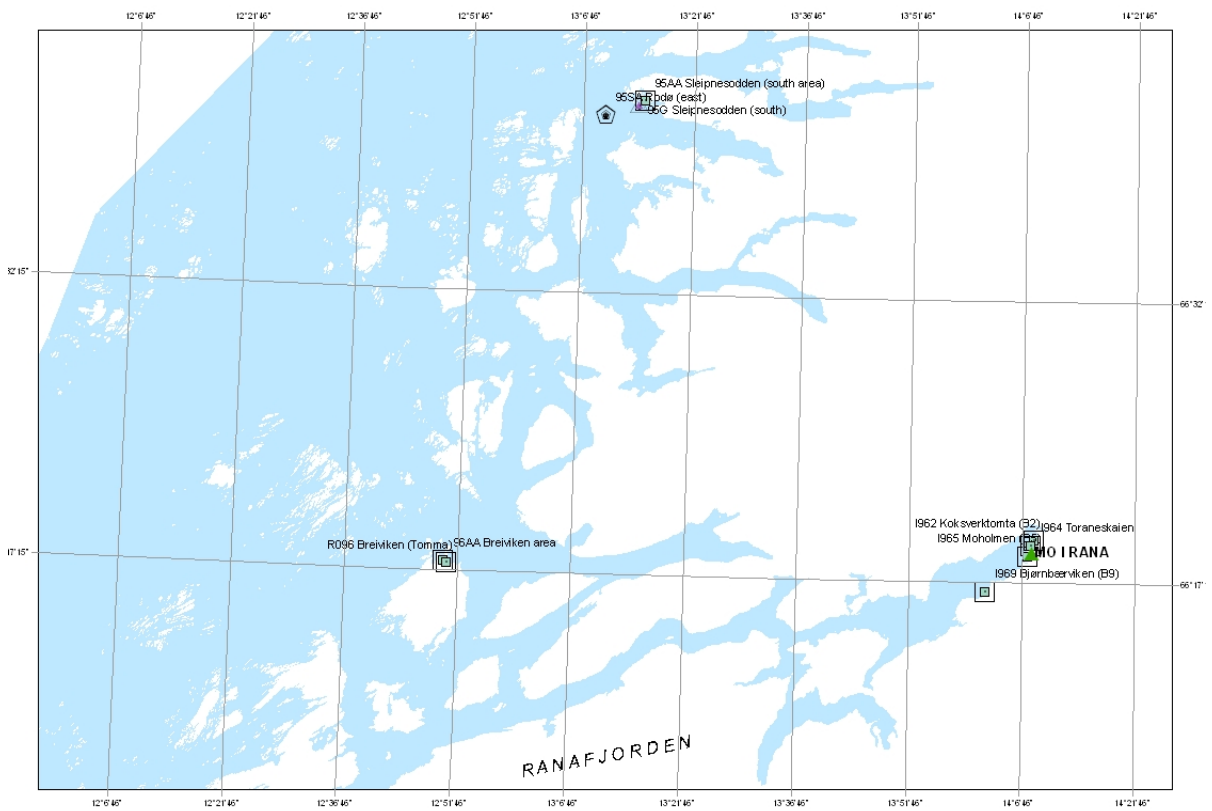
MAP 12



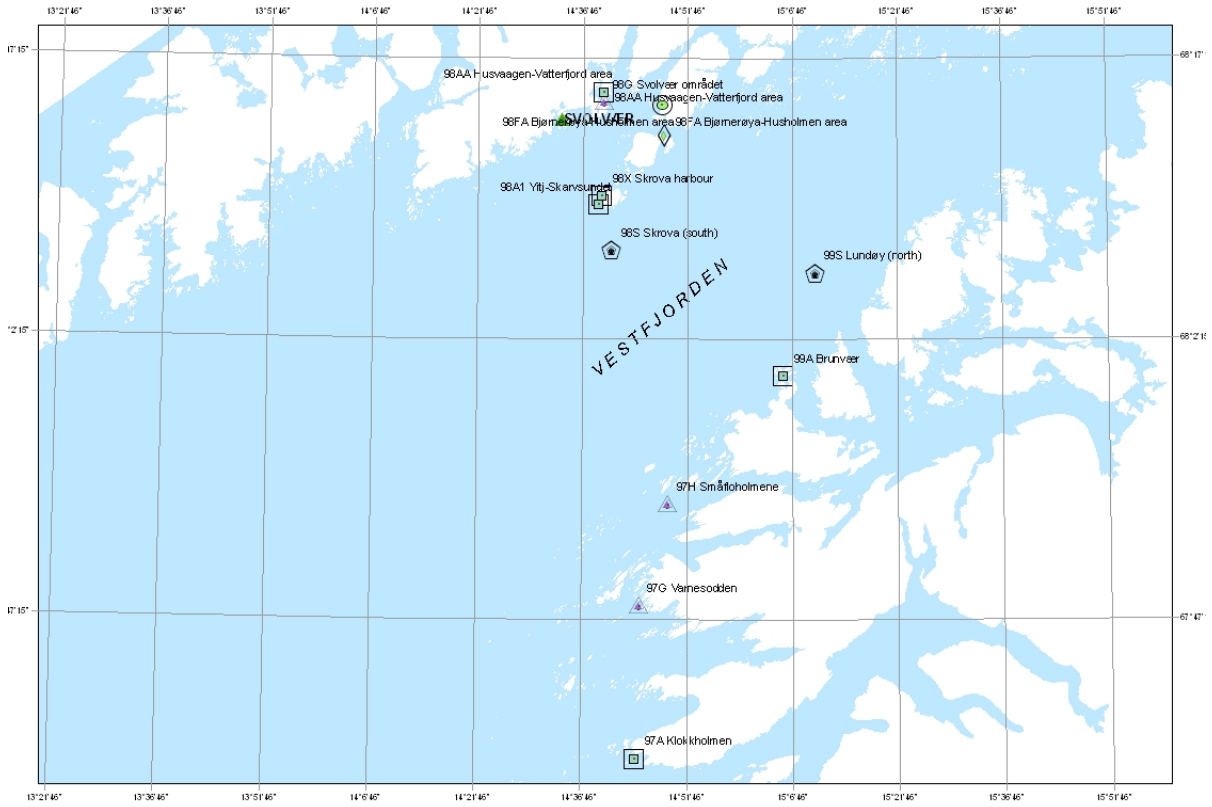
MAP 13



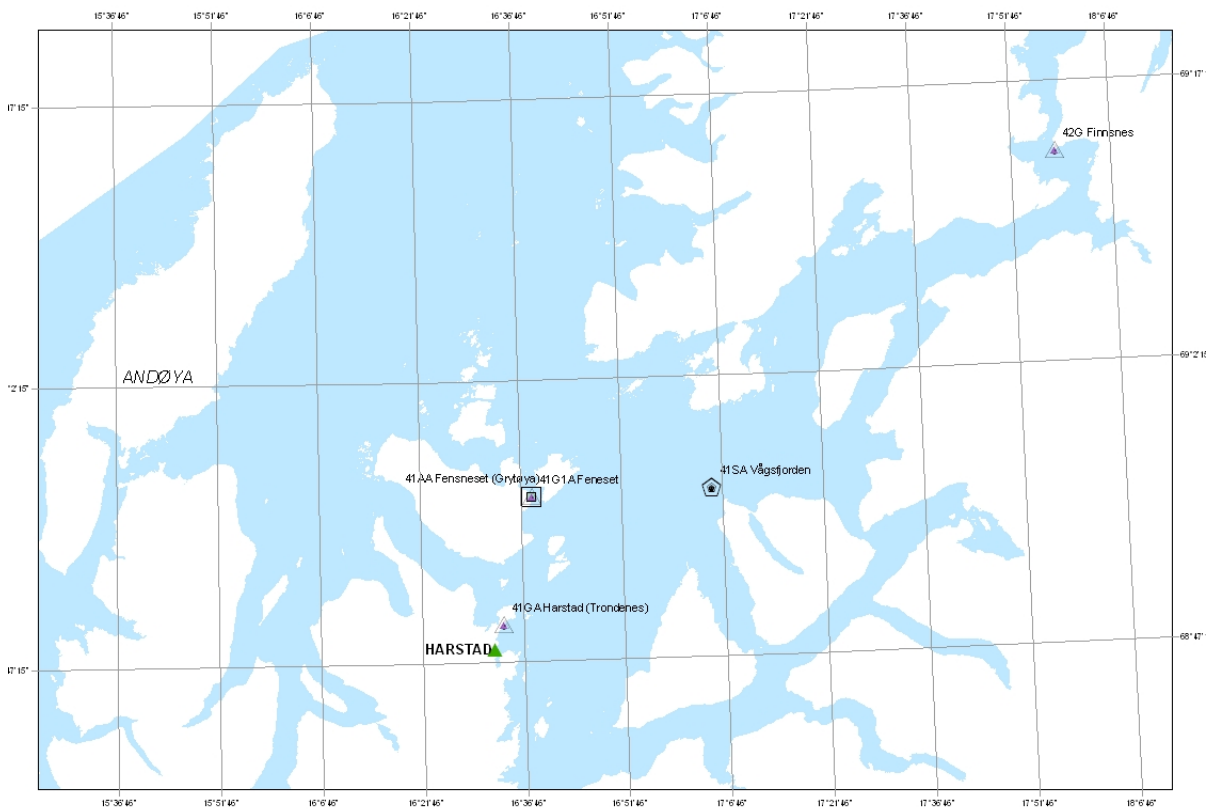
MAP 14



MAP 15



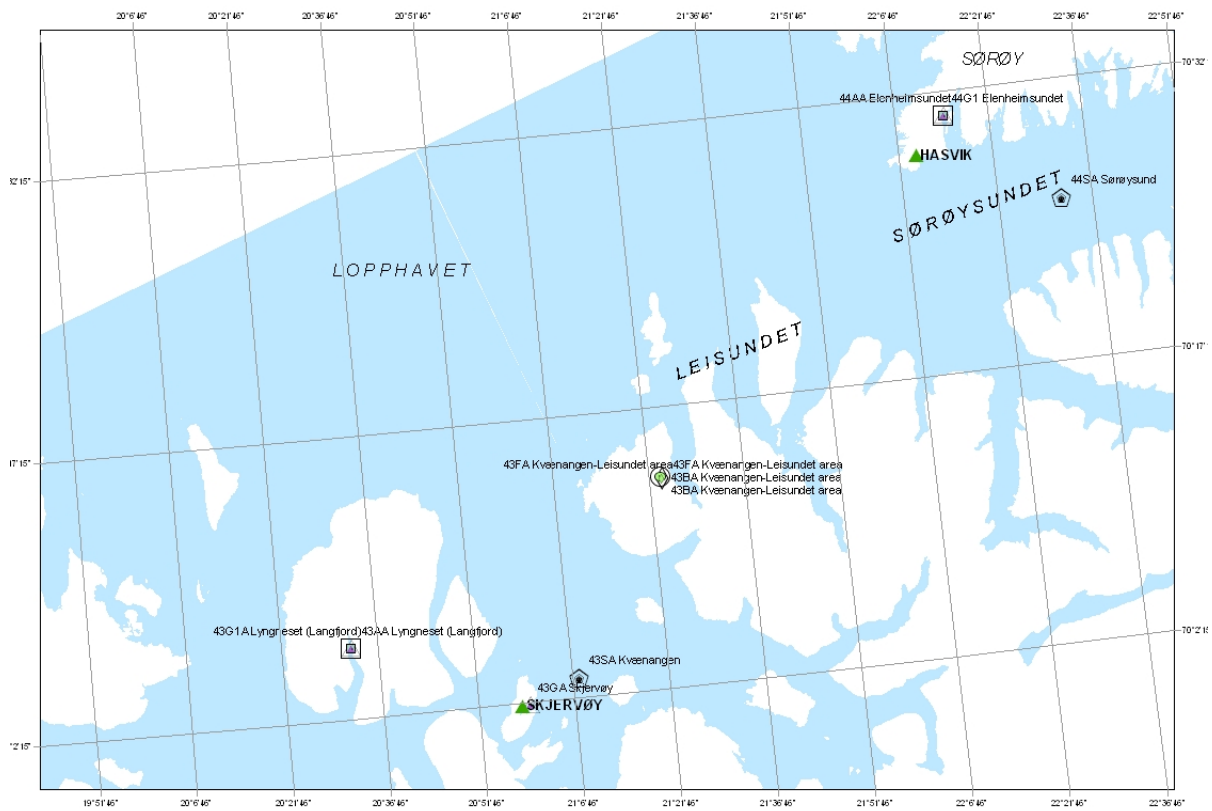
MAP 16



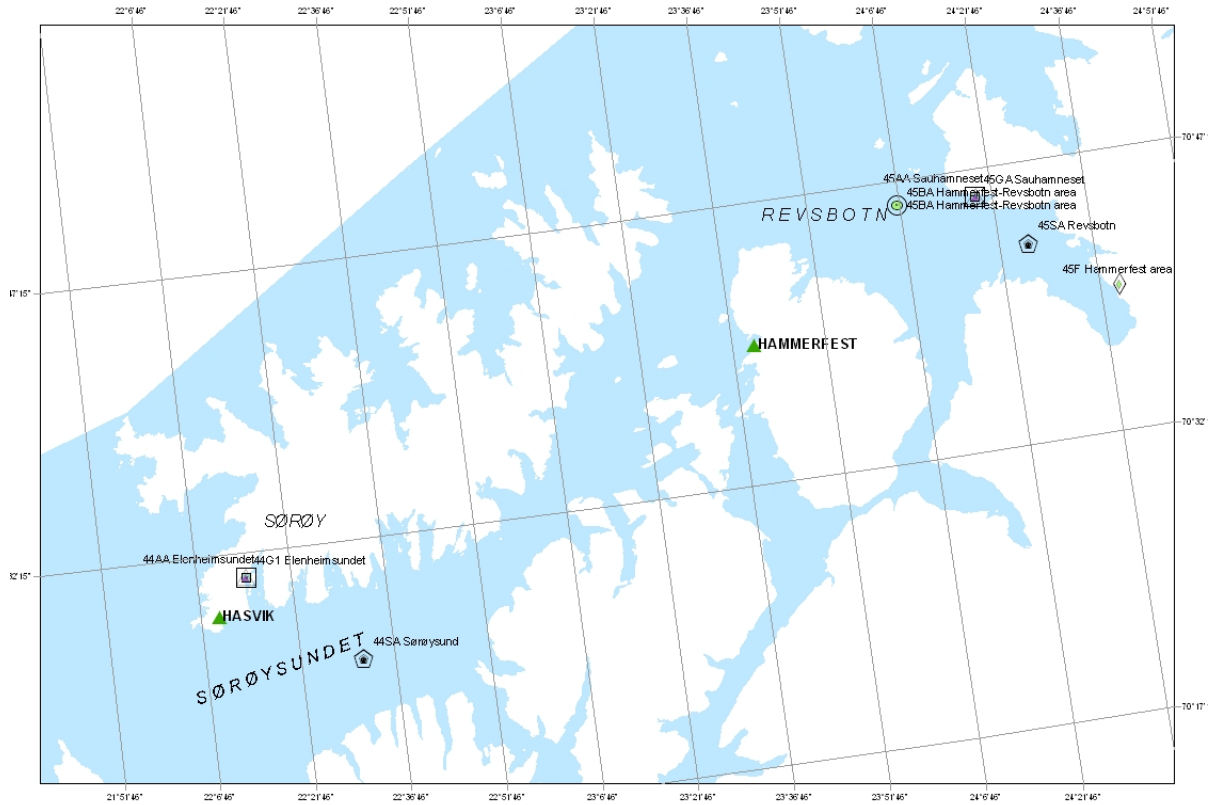
MAP 17



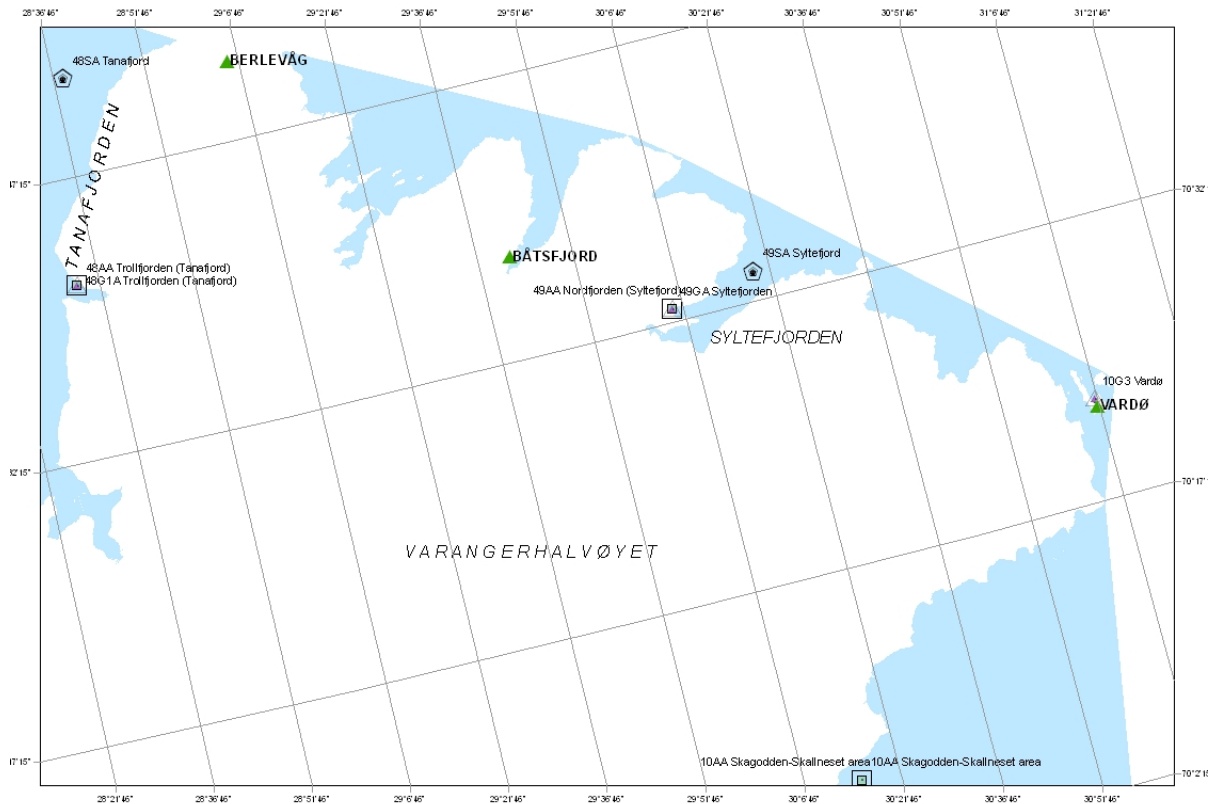
MAP 18



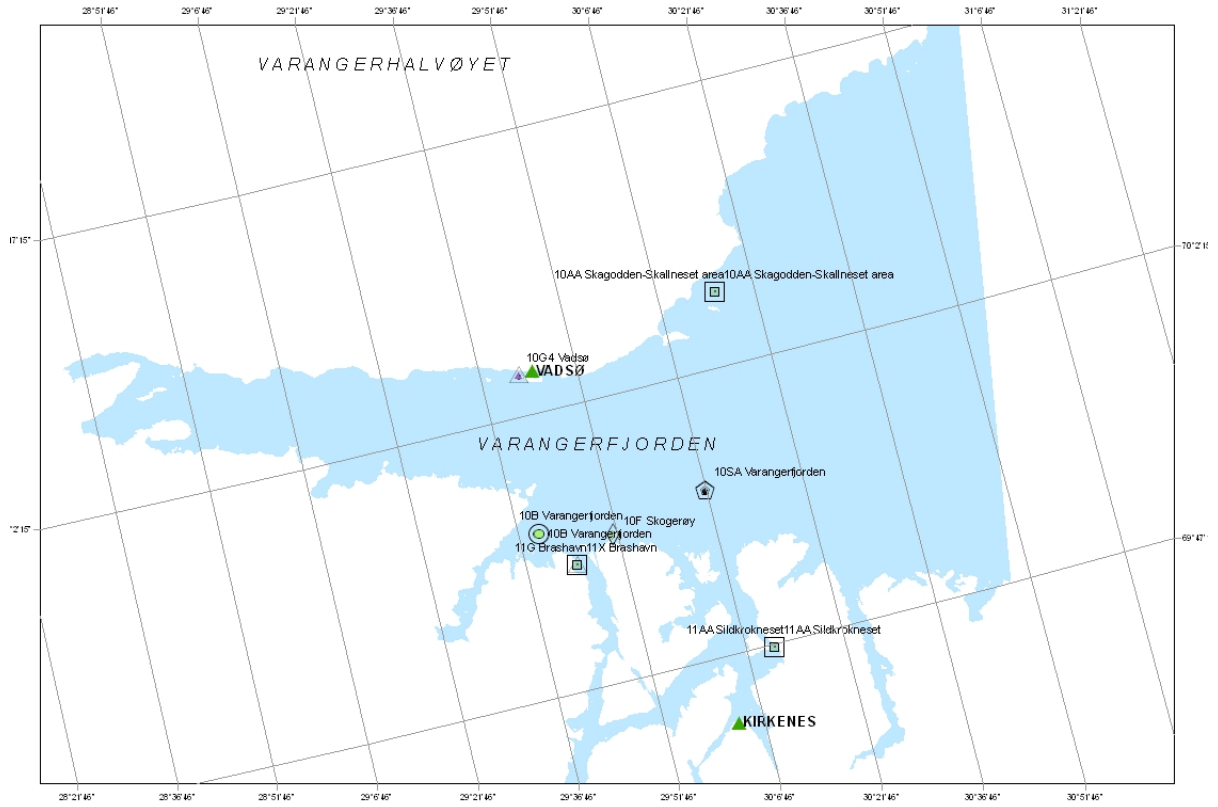
MAP 19



MAP 21



MAP 23





Statlig program for forurensningsovervåking
Tilførsler av olje og kjemikalier til havområder



Statens forurensningstilsyn (SFT)

Postboks 8100 Dep, 0032 Oslo - Besøksadresse: Strømsveien 96

Telefon: 22 57 34 00 - Telefaks: 22 67 67 06

E-post: postmottak@sft.no - Internett: www.sft.no

Utførende institusjon Norsk institutt for vannforskning	ISBN-nummer 978-82-577-5359-7
--	----------------------------------

Oppdragstakers prosjektansvarlig Jarle Molvær	Kontaktperson SFT Erik Syvertsen	TA-nummer 2364/2008
--	-------------------------------------	------------------------

	År 2008	Sidetall 125	SFTs kontraktnummer 5007155
--	------------	-----------------	--------------------------------

Utgiver Norsk institutt for vannforskning Rapport nr. 5624-2008	Prosjektet er finansiert av SFT
---	------------------------------------

Forfattere Jarle Molvær, Kevin Barret (NILU), Line Barkved, Mikhail Iosjpe (NRPA), Tor Gunnar Jantsch, Øyvind Kaste, Tuomo Saloranta, John Rune Selvik, Bent B, Skaare, Henning Wehde
Tittel Tilførsler av olje og miljøfarlige kjemikalier til norske havområder, fase II Discharges of oil and environmentally dangerous chemicals to Norwegian marine areas, phase II
Sammendrag Prosjektet er en videreføring av et arbeid som startet i 2006. Det er innhentet data og utført beregninger av tilførsel av olje, kjemikalier og radioaktive stoffer til 12 havområder og fordelt på 8 kilder. Hovedvekt har vært på tilførsler fra land, nedfall fra luft og den marine spredningsmodellen. Det er fortsatt store kunnskapsmangler og usikkerheter både i datagrunnlag og i estimatene, og man har skissert hva som bør prioriteres i en videreføring av prosjektet. Videre er skissert innhold i et overvåkingsprogram med budsjett for 2008.

4 emneord Olje Kjemikalier Utslipp Havområder	4 subject words Oil Chemicals Discharges Marine areas
---	---

Statens forurensningstilsyn

Postboks 8100 Dep,

0032 Oslo

Besøksadresse: Strømsveien 96

Telefon: 22 57 34 00

Telefaks: 22 67 67 06

E-post: postmottak@sft.no

www.sft.no

Statlig program for forurensningsovervåking omfatter
overvåking av forurensningsforholdene i luft og nedbør,
skog, vassdrag, fjorder og havområder.
Overvåkingsprogrammet dekker langsiktige undersøkelser
av:

- overgjødsling
- forsuring (sur nedbør)
- ozon (ved bakken og i stratosfæren)
- klimagasser
- miljøgifter

Overvåkingsprogrammet skal gi informasjon om
tilstanden og utviklingen av forurensningssituasjonen, og
påvise eventuell uheldig utvikling på et tidlig tidspunkt.
Programmet skal dekke myndighetenes
informasjonsbehov om forurensningsforholdene, registrere
virkningen av iverksatte tiltak for å redusere
forurensningen, og danne grunnlag for vurdering av nye
tiltak. SFT er ansvarlig for gjennomføringen av
overvåkingsprogrammet.

TA- 2364/2008

ISBN 978-82-577-5359-7