



KLIMA- OG
FORURENSNINGS-
DIREKTORATET

Statlig program for forurensningsovervåking
Rapportnr. 1097/2011

Tilførselsprogrammet 2010
Overvåking av tilførsler og miljøtilstand i
Nordsjøen

TA
2810
2011

Utført av



Norsk institutt for vannforskning

RAPPORT

Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Jon Lilletunes vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Midt-Norge

Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Tilførselsprogrammet 2010. Overvåking av tilførsler og miljøtilstand i Nordsjøen.	Løpenr. (for bestilling) 6187-2011	24.05.2011
	Prosjektnr. 10309, 11309	Sider 251
Forfatter(e) Norman W. Green ¹⁾ , Hilde Elise Heldal ²⁾ , Amund Måge ³⁾ , Wenche Aas ⁴⁾ , Torbjørn Gäfvert ⁵⁾ , Corinna Schrum ¹⁾ , Stepan Boitsov ²⁾ , Knut Breivik ⁴⁾ , Mikhail Iosjpe ⁵⁾ , Evgeniy Yakushev ¹⁾ , Morten Skogen ²⁾ , Tore Høgåsen ¹⁾ , Sabine Eckhardt ⁴⁾ , Anne Bjørkenes Christiansen ¹⁾ , Kjersti L. Daae ¹⁾ , Dominique Durand ¹⁾ , Elena Debloskaya ¹⁾	Fagområde Marine miljøgifter	Distribusjon Fri
	Geografisk område Nordsjøen	Trykket NIVA

¹⁾ Norsk institutt for vannforskning (NIVA)
²⁾ Havforskningsinstituttet (IMR)
³⁾ Nasjonalt institutt for ernærings og sjømatforskning (NIFES)
⁴⁾ Norsk institutt for luftforskning (NILU)
⁵⁾ Statens strålevern (NRPA)

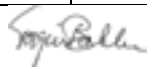
Oppdragsgiver(e) Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif)	Oppdragsreferanse TA 2810/2011
--	-----------------------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Det er utført nye beregninger av tilførsel av olje, miljøgifter og radioaktive stoffer til den norske delen av Nordsjøen (inkludert Skagerrak). Hovedinntrykket er at det her er relativt liten tilførsel av miljøfarlige stoffer. Tilførsel fra luft gir det største bidrag av PAH, kvikksølv og bly til mer sentral del av Nordsjøen. Skipstrafikk dominerer mht. tilførsel av olje og tributyltinn, mens det til Skagerrak er tilførsler fra land (elver) som gir størst bidrag av PAH, kvikksølv, bly og tributyltinn. Bidrag av radionukliden strontium-90 er størst fra Østersjøvannet via Kattegat, mens plutonium-239+240 kommer som atmosfærisk nedfall. Kjemikalier i sediment og torsk viste i hovedsak lave til moderate konsentrasjoner. Konsentrasjonen av radioaktive stoffer i vann, sediment og torsk var på samme nivåer som registrert på de øvrige overvåkingsstasjonene i Nordsjøen. Det er fortsatt store kunnskapsmangler og usikkerheter både i datagrunnlag og i estimatene av tilførsler. Det er spesielt viktig å få forbedrede tall for tilførsler til havområdene via luft og forbedring av de marine transport- og spredningsmodellene.</p>
--

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Miljøgifter Radioaktive stoffer Overvåking Nordsjøen 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Contaminants Radionuclides Monitoring North Sea
--	---



Norman Green
Prosjektleder



Torgeir Bakke
Forskningsleder



Bjørn Faafeng
Seniorrådgiver

Forord

Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif) har etablert et langsiktig program for overvåking av tilførsler av miljøfarlige stoff til forvaltningsplanområdene Barentshavet, Norskehavet og Nordsjøen (Tilførselsprogrammet). Tilførslene fordeles mellom bidrag fra 8 kilder og til 12 regioner. I 2009 ble programmet utvidet til å omfatte overvåking som primært skal dekke behov i forvaltningsplanene, og utfylle og supplere eksisterende programmer på nasjonalt og internasjonalt nivå.

Dette prosjektet er utført av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) i partnerskap med Havforskningsinstituttet (IMR), Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning (NIFES), Norsk institutt for luftforskning (NILU), Statens strålevern (NRPA) og Bjerknes Centre for Climate Research (BCCR) ved Klif kontrakt nr. 5011020. Denne rapporten gjelder undersøkelse av miljøgifter og radionuklider i Nordsjøen i 2010 utført av NIVA, IMR, NIFES, NILU og NRPA. Tre andre rapporter fremstiller: undersøkelse av havforsuring som er utført av NIVA, IMR og BCCR, undersøkelse med hjelp av passive prøvetakere i 2010 utført av NIVA og NILU, og undersøkelse fra faste værstasjoner på Andøya i 2010 utført av NILU.

Vi vil takke senioringeniør Christine Daae Olseng og sjefsingeniør Gunnar Skotte, begge fra Klif, for god oppfølging og støtte under gjennomføringen av prosjektet.

Ved IMR takkes forsker Hilde Elise Heldal (hovedkontakt) for vesentlig arbeid i forbindelse med planlegging og gjennomføring av IMRs feltarbeid, samt undersøkelse av radionuklider. I tillegg takkes også forsker Jarle Klungsoyr og forsker Stepan Boitsov for undersøkelse av miljøgifter i sediment, forsker Morten Skogen og forsker Henrik Søliland for utført modellering, forsker Knut Yngve Børsheim for arbeidet med havforsuring. Videre takkes Ingrid Sværen, Grethe Tveit, Guri Nesje, Kjell Westrheim og Sonnich Meier for arbeid med analyser og feltarbeid.

Ved NIFES takkes forsker Amund Måge (hovedkontakt) og forskningssjef Kåre Julshamn, samt Stig Valdersnes, Kjersti Kolås og Britt Elin Øye for utført arbeid i forbindelse med undersøkelse av miljøgifter i torsk.


Ved NILU takkes seniorforsker Wenche Aas (hovedkontakt), avdelingsdirektør Ole-Anders Braathen, seniorforsker Knut Breivik og forsker Sabine Eckhardt for utførte modellberegninger av tilførsler med luftstrømmer.

Ved NRPA takkes forsker Mikhail Iosjpe for utførte modellberegninger av transport og spredning av radioaktive stoffer, og forsker Torbjørn Gäfvert for arbeid med overvåking av radionuklider og som hovedkontakt.

Ved BCCR takkes forsker Truls Johannessen, Are Olsen og Abdirahman Omar for arbeid i forbindelse med undersøkelse av havforsuring.

Seniorrådgiver Guttorm Christensen fra Akvaplan-niva takkes for utført arbeid i forbindelse med passive prøvetakere og innsamling av torsk.

Ved NIVA takkes forskningsleder Øyvind Kaste og forsker Anne Bjørkenes Christiansen som har utført arbeid i forbindelse med kilder til tilførsler; forsker Corinna Schrum, forsker Evgeniy Yakushev, forsker Kjersti L. Daae, forskningsleder Dominique Durand når det gjelder modellberegninger; seniorforsker Kai Sørensen og forsker Evgeniy Yakushev i forbindelse med havforsuring; forsker Ian Allan når det gjelder passive prøvetakere; systemutviklere Tore Høgåsen og Jan Karud og forskningsleder John Rune Selvik for datakoordinering og kartproduksjon; og seniorforsker Jarle Molvær for rapporteringsarbeid. Forsker Norman Green har vært leder for hele prosjektet og har koordinert og utført annet arbeid i forbindelse med rapportering. Forskningsleder Torgeir Bakke har vært faglig kvalitetssikrer for rapporten.



Norman W. Green
Oslo, 20 mai 2011

1	INNLEDNING.....	17
2	UTFORDRINGENE I NORDSJØEN I FORHOLD TIL FORURENSNING	19
3	HVA ER HOVEDKILDENE	20
4	RESULTATER.....	25
4.1	Beregnete tilførsler.....	25
4.1.1	Avrenning fra land/elver i Norge.....	25
4.1.2	Langtransporterte tilførsler via luft.....	27
4.1.3	Tilførsler via havstrømmer	32
4.1.4	Tilførsler fra petroleumsvirksomhet på norsk sokkel	35
4.1.5	Tilførsler fra skipstrafikk i norske farvann	36
4.1.6	Tilførsler ved utlekking fra havbunn	36
4.1.7	Tilførsler av radioaktive stoffer	36
4.2	Beregnete konsentrasjoner i bunnvann versus målte konsentrasjoner i sediment.....	37
4.3	Overvåkingsresultater	40
4.3.1	Miljøgifter i sedimenter	40
4.3.2	Miljøgifter i torsk.....	45
4.3.3	Radioaktive stoffer.....	46
5	VURDERING AV RESULTATENE	49
5.1	Beregnete tilførsler.....	49
5.2	Modellerte konsentrasjoner	54
5.3	Overvåking av tilstand.....	62
5.3.1	Miljøgifter i sedimenter	64
5.3.2	Miljøgifter i torsk.....	64
5.3.3	Radioaktive stoffer.....	70
6	SAMMENFATTENDE VURDERING OG ANBEFALINGER.....	71
6.1	Sammenfatning av resultater	71
6.2	Forslag til videre arbeid.....	72
7	MATERIALE OG METODER.....	76
7.1	Kjemiske og radioaktive variable	76
7.2	Kilder, tilførsler og modellberegninger	77
7.2.1	Avrenning fra land/elver i Norge.....	77
7.2.2	Tilførsler via luftstrømmer og avsetning på havoverflaten	79
7.2.3	Tilførsel via havstrømmer - havmodeller.....	85
7.2.4	Petroleumsvirksomhet på norsk sokkel.....	89
7.2.5	Skipstrafikk i norske farvann	90
7.2.6	Utlekking fra havbunn	90

7.3	Overvåkingsmetoder	91
7.3.1	Luft og nedbør	91
7.3.2	Sjøvann, sedimenter og torsk.....	91
8	REFERANSER	96
Vedlegg A	Oversikt over undersøkte stoffer	102
Vedlegg B	Beregnet spredning av miljøgifter i Region I, II og III – forutsetninger og kart.....	107
Vedlegg C	Resultater fra overvåking 2010 - tabeller.....	185
Vedlegg D	Resultater fra overvåking 2010 – kart	217
Vedlegg E	Tilførsler fordelt på kilde og region - tabeller.....	231
Vedlegg F	Tilførsler fordelt på kilde og region – kart.....	239

Sammendrag

Formål og organisering

Klima- og forurensningsdirektoratet har etablert et langsiktig overvåkingsprogram for marine områder (Tilførselsprogrammet) med følgende hovedkomponenter:

1. Beregning av tilførsler av miljøgifter på prioritetslisten, olje og radioaktive stoffer fra alle kilder til sjø.
2. Beregning av transport og konsentrasjoner av stoffene til havområdene ved bruk av modeller.
3. Overvåking av miljøgifter på prioritetslisten, olje og radioaktive stoffer i biota, sedimenter og vann.

Programmet skal supplere andre overvåkingsprogrammer ved å bidra med data, og benytte data fra disse.

Målsettingen er langsiktig og ambisiøs. Den omfatter bl.a. etablering av en ny stasjon for luftmålinger på Andøya. Passive prøvetakere i luft og sjø på Andøya, Jan Mayen og Bjørnøya har blitt brukt for å undersøke miljøgifter siden 2009. I tillegg har det foregått undersøkelse av havforsuring under dette programmet siden 2010. Resultater fra disse undersøkelsene vil bli rapportert separat i 2011.

Programmet ledes av Norsk institutt for vannforskning i partnerskap med Havforskningsinstituttet, Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning, Norsk institutt for luftforskning, Statens strålevern og Bjerknes Centre for Climate Research. Det er planlagt et rullerende 3-års program med fokus på ett forvaltningsområde per år. Denne rapporten gjengir resultater for Nordsjøen i 2010.

Tilførsler av miljøskadelige stoffer

Tilførslene er kvantifisert i forhold til 8 kilder. Dette er dels tilførsel direkte til havområdet som utslipp fra land, offshoreinstallasjoner, skip, nedfall fra luft og utlekking fra havbunnen, og dels tilførsler med havstrømmer fra nærliggende regioner. Tilførsel med havstrømmer til Nordsjøen (Regionene I, II og III) kunne ikke sammenlignes med tidligere beregninger på grunn av ulikheter i modellen over tid. Generelt for de norske havområdene finnes de sikreste opplysningene nå for tilførslene av kvikksølv, bly, kadmium, krom, arsen, tributyltinn, polyklorerte bifenyler (PCB), polyaromatiske hydrokarboner (PAH), olje, tributyltinn, cesium-137, technetium-99, plutonium-239+240 og strontium-90.

Hovedinntrykket er at det er relativt liten tilførsel av miljøfarlige stoffer til forvaltningsområdet Nordsjøen

Nedfall fra luft utgjør største kilde for tilførsel av PCB, PAH, kvikksølv, bly og kadmium, spesielt for Region II og III. Beregninger inkluderer nå tørravsetningen, og viser dermed vesentlig større tilførsel av PCB og PAH enn beregnet tidligere. Dette betyr sannsynligvis at tilførselen fra luft til de norske havområdene er mye større enn tidligere beregnet, og at transporten nordover med havstrømmene også er underestimert.

Utlekking fra havbunn er største kilde for tilførsel av krom og arsen i Region II og arsen i Region III. Tilførsler av kadmium, krom, arsen og PCB fra land er større enn tilførsler fra luft i Region I og har relativt sett størst betydning for kadmium, krom og arsen. Skipstrafikk er den største kilden for tilførsel av olje, bortsett for olje i Region I hvor tilførsler fra land er størst.

For radioaktive stoffer er hovedkildene utstrømmende vann fra Kattegat (strontium-90), gjenvinningsanlegget Sellafield ved Irskesjøen (plutonium-239+240), atmosfærisk nedfall og i mindre grad gjenvinningsanlegget La Hauge i Normandie.

En 3-dimensjonal modell er brukt for å beregne transporter med havstrømmene og tilhørende konsentrasjoner i vann og sedimenter, og er under stadig forbedringer. Modellen har bl.a. bedre

oppløsning både horisontalt og vertikalt enn den tidligere versjonen. En ny biogeokjemisk "komponent" beskriver den sesongmessige variasjonen i dannelse og nedbrytning av organisk stoff i vannsøylen, og i grenseflaten sediment/vann under varierende oksygenforhold. Foreliggende modellversjon ble brukt for å beregne transporten inn i Nordsjøen og studere fordeling av miljøfarlige stoffer i havområdet. Sammenligning mellom beregnede konsentrasjoner i bunnvannet og konsentrasjoner i bunnsediment viser lovende resultater, spesielt for kvikksølv, PCB og HCB, men fortsatt gir beregning av vannkonsentrasjonene for stor usikkerhet. Modellen ventes å gi vesentlig sikrere resultat når den i 2012 anvendes på alle de norske havområdene.

Overvåking av miljøskadelige stoffer og radioaktive stoffer i sjøvann, sediment og marine organismer

Miljøskadelige stoffer ble undersøkt i sediment (6 stasjoner) og torsk (2 stasjoner). Resultatene fra sedimentprøvene i åpent hav viste at konsentrasjonene av kvikksølv, bly, kadmium, krom, arsen, kobber, nikkel, sink, PCB, heksaklorbenzen, DDT, lindan, polybromerte difenyletere og PAH i hovedsak var lave i sediment, dvs. tilsvarte Tilstandsklassene "Bakgrunn" eller "God" i Klifs klassifiseringssystem, men noe høyere enn det som ble rapportert for Barentshavet. Konsentrasjoner av polybromerte difenyletere var lave vurdert ut i fra pentabromdifenyleter som var i "God" tilstand. For det perfluoreerte stoffet PFOS i sediment var konsentrasjonene i Tilstandsklasse "God". Den kystnære stasjonen i området Grenlandsfjordene hadde konsentrasjoner av HCB og kvikksølv i Tilstandsklasse "Svært dårlig", PAH i Tilstandsklasse "Dårlig" og PCB i Tilstandsklasse "Moderat". Klassifiseringssystemet og bruk av bakgrunnsnivå for torsk ble utviklet for kystnære farvann og det må tas et visst forbehold om hvor godt det egner seg for bruk på prøver innsamlet fra åpne havområder. Systemet for sediment er effektbasert og derfor mer allment gyldig. Konsentrasjoner av THC (olje) i sediment var relativt lave (<50 mg/kg tørrvekt).

Kvikksølvkonsentrasjonen i torskefilet lå i Tilstandsklasse "Moderat forurenset". Kadmium i torskelever var under antatt høy bakgrunnskonsentrasjon. Konsentrasjonene av PCB, DDT, HCB og lindan klassifiserte torskelever som enten "Lite forurenset" eller "God". Nivåene av bromerte flammehemmere og perfluoreerte stoffer er relativt lave i prøvene fra Nordsjøen, men det finnes ennå ikke noe klassifiseringssystem for disse stoffgruppene i torsk.

Overvåkingen av radioaktive stoffer omfattet cesium-137, technetium-99, strontium-90, polonium-210, plutonium-239+240 og americium-241 i sjøvann (5 stasjoner), sediment (3 stasjoner) og/eller torskefilet (3 stasjoner). Konsentrasjonene var generelt sammenlignbare med tidligere undersøkelser. Cesium-137 i torskefilet var langt under EUs grenseverdi. Årvisse variasjoner cesium-137 og strontium-90 skyldes i hovedsak variasjoner i utstrømningen av forurenset Østersjøvann.

Kunnskapsmangler og anbefalinger

Det er fortsatt betydelige kunnskapsmangler og gjenstående arbeid før målsettingen er nådd. Dette gjelder både programmet generelt og Nordsjøen spesielt. Stikkordsmessig nevnes:

1. Beregning av tilførsler av miljøskadelige stoffer

- *Tilførsler fra land:* Retensjon/tilbakeholdelse av miljøfarlige stoffer innenfor grunnlinjen kan være betydelig og bør kvantifiseres bedre.
- *Utlekking av olje fra havbunnen:* Det kan være en betydelig tilførsel av olje fra naturlig utlekking fra havbunnen på norsk sokkel. Her bør skaffes sikrere estimater enn de som ble oppnådd i 2006-2007. Det bør gjøres nye beregninger av utlekking fra sedimenter.
- *Utslipp fra skip:* Det er sannsynlig at senere års utvikling mht. produserte avfallsmengder og håndtering er så betydelig at de spesifikke produksjonsfaktorene bør vurderes på nytt. Særlig gjelder dette olje.

2. Modellberegninger av transport til og konsentrasjoner av stoffene i havområdene

- *Nedfall fra luft:* Totalbidraget fra luft til hav er beregnet, og det inkluderer både gassfase-

utveksling og utvasking av partikulært materiale med nedbør, men det er ikke beregnet den motsatte utveksling fra hav til atmosfære, som kan være betydelig. Det trengs mer kunnskap om utveksling mellom luft og hav, og når ikke havmodellene inkluderer transport fra hav til luft bør man vurdere å bruke netto fluks fra atmosfæren som input til disse modellberegningene. Videre bør modellene også ta sikte på å framskaffe bedre opplysninger om romlig fordeling.

- *Transport og konsentrasjoner av radioaktive stoffer:* Modellresultatene kan forbedres ved validering av modellparametre på basis av prøvetaking og i beskrivelse av vekselvirkning mellom vann og sediment.
- *Modell for simulering av transport med havstrømmer og konsentrasjoner i vann og sediment:* Et betydelig arbeid gjenstår. Særlig nevnes:
 - Framskaffe opplysninger om konsentrasjon i vannet som strømmer inn i regionene utenfra.
 - Beskrive bedre utveksling av forurensende stoffer mellom atmosfære og sjø og mellom sjø og sjøbunn.
 - Beskrive bedre sedimentasjon, biologisk opptak og evt. nedbrytning.
 - Validere modellen ved hjelp av eksisterende og uavhengige data.
 - Utvikle modellen til å tallfeste både den samlede tilførselen til den enkelte region og betydningen av tilførsler via luft og havstrømmer – og spesifikke kilder i spesifikke regioner. Det forventes at modellen i løpet av de kommende år vil gi slike helhetlige oversikter.

3. Overvåking av konsentrasjoner i vann, sedimenter og marine organismer

- Resultatene vil kunne gi viktig utfyllende informasjon i forhold til den øvrige overvåkingen i Nordsjøen – og gi verifisering av beregningene av tilførsler og konsentrasjoner.
- Framskaffe bedre data for bakgrunnskonsentrasjon og klassifiseringskriterier for flere stoffer.
- Det er behov for mer kunnskap om nivåene av naturlige radionuklider i sedimenter og sjøvann i nærheten av olje- og gassinstallasjoner, og i hvilken grad dette tas opp i marine organismer i disse områdene.
- Vurdere behovet for flere faste fiskestasjoner og om prøvetakingsfrekvensen bør økes slik at prøver blir samlet inn hvert år.

Extended summary

Objective and organisation of the *Marine Pollution Monitoring Programme*

The Climate and Pollution Agency has established a program for calculations of discharges, transport pathways and deposition of environmental hazardous substances in Norwegian marine areas. A monitoring programme was included in 2009, to supplement existing national and international programmes and to provide samples for the national environmental sample storage bank.

At present, the program has three main components:

1. Calculation of discharges of environmental hazardous substances in the Norwegian economic zone.
2. Calculation of transport and concentration of the contaminants in these ocean regions.
3. Monitoring of hazardous contaminants in water, biota and sediments.

The program focuses on the environmental authorities' [priority list of hazardous substances](#). In addition, it includes investigations of oil and radioactive substances including cesium-137, technetium-99, plutonium-239+240 and strontium-90. Eight sources for input of hazardous substances to marine areas have been defined (Table S1).

Table S1. Sources for hazardous substances.

Source	Description
1	Run-off from land/rivers in Norway (the main sources)
2	Emissions via air from Norway (the main sources)
3	Load via ocean currents from regions outside Norway including radioactive substances
4	Emissions via air from areas outside Norway
5	Petroleum activity on the Norwegian continental shelf
6	Ships and boats
7	Natural leakage from bedrock/sea floor (especially petroleum)
8	Leakage/remobilization from sediments/soil, if relevant

Norwegian Institute for Water Research (NIVA, contractor) leads the project in partnership with Institute of Marine Research (IMR), National Institute of Nutrition and Seafood Research (NIFES), Norwegian Institute for Air Research (NILU), the Norwegian Radiation Protection Agency (NRPA), Bjerknes Centre for Climate Research (BCCR). The project includes calculations of emissions, sampling, analyses and reporting and will be implemented for one administrative marine area (Barents Sea, Norwegian Sea and North Sea) per year, on a three-year cycle. This report presents results from the North Sea for 2010.

Calculations of loads and concentrations of hazardous substances in the North Sea

Several models were used to estimate the loads of hazardous substances from land-based sources, atmospheric deposition and by ocean currents. However, for many of the substances there is still insufficient data to provide reliable calculations of the present loads and consequent estimates of concentrations in seawater. Generally the best data is for loads of mercury, lead, cadmium, chromium, arsenic, tributyltin, polychlorinated biphenyls (PCBs), PAH, oil, cesium-137, technetium-99, plutonium-239+240 and strontium-90 - partly as discharges directly to the regions and partly as transport with ocean currents entering the regions.

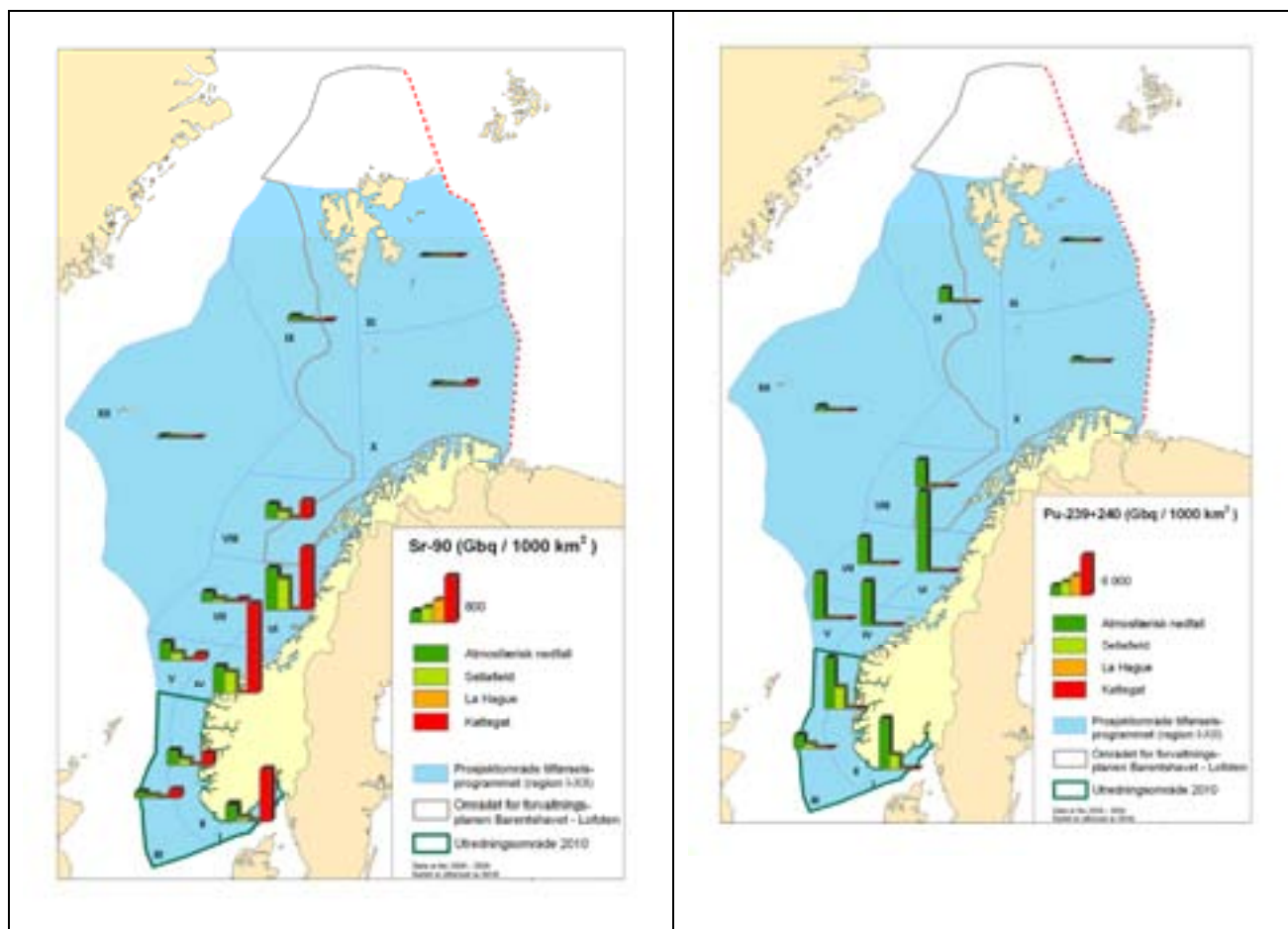
In the project report for 2008, all sources for the 12 marine regions were calculated, and were in part updated in 2009 for the Barents Sea (Regions VIII, IX, X and XI) and for the North Sea for this report (Region I, II and III). Discharges of oil from ships and of hazardous substances from the seabed have not been updated since 2008. The main impression is that there are relatively small loads of contaminants to the North Sea.

With the inclusion of dry deposition the atmosphere is generally the main source of PCB (Figure S3), PAH, mercury (Figure S3), lead, cadmium, chromium and arsenic to the North Sea. With this inclusion, estimates prior to 2009 of the atmospheric deposition to the seas bordering Norway were probably significantly underestimated. Furthermore, the transport from southern to northern regions has been underestimated, especially for PCB and PAH. Atmospheric deposition should also be recalculated for the Norwegian Sea.

Discharges from the seabed are the main sources of chromium and arsenic to the North Sea off the coast of western Norway. Discharges from land (rivers) are the dominant sources of cadmium, chromium, arsenic, PCB and oil to the Skagerrak region in the eastern part of the North Sea. Losses from ships are the main sources of oil and tributyltin in the North Sea with the exception of oil in the Skagerrak area.

The main sources for radioactive nuclides are Baltic water flowing through the Kattegat into Norwegian waters (strontium-90), the Sellafield reprocessing plant at the Irish Sea (plutonium 239+240 and technetium-99) and atmospheric deposition. Figure S2 shows loads for strontium-90 and plutonium-239+240.

A 3-dimensional marine model (ECOSMO) is developed for calculation of transports and dispersion of contaminants with ocean currents, and associated concentrations in water and sediments. The distribution of mercury, PCB and HCB, in deep water corresponded relatively well with concentrations found in surficial sediments (Figure S3), but still the uncertainty in calculated concentrations is considered to be high.



strontium-90

plutonium-239+240

Figure S2. The calculated load of strontium-90 and plutonium-239+240. In this map, Kattgat is considered a source for load of radionuclides to Norwegian waters, even though the nuclides originate from discharges to the Baltic.

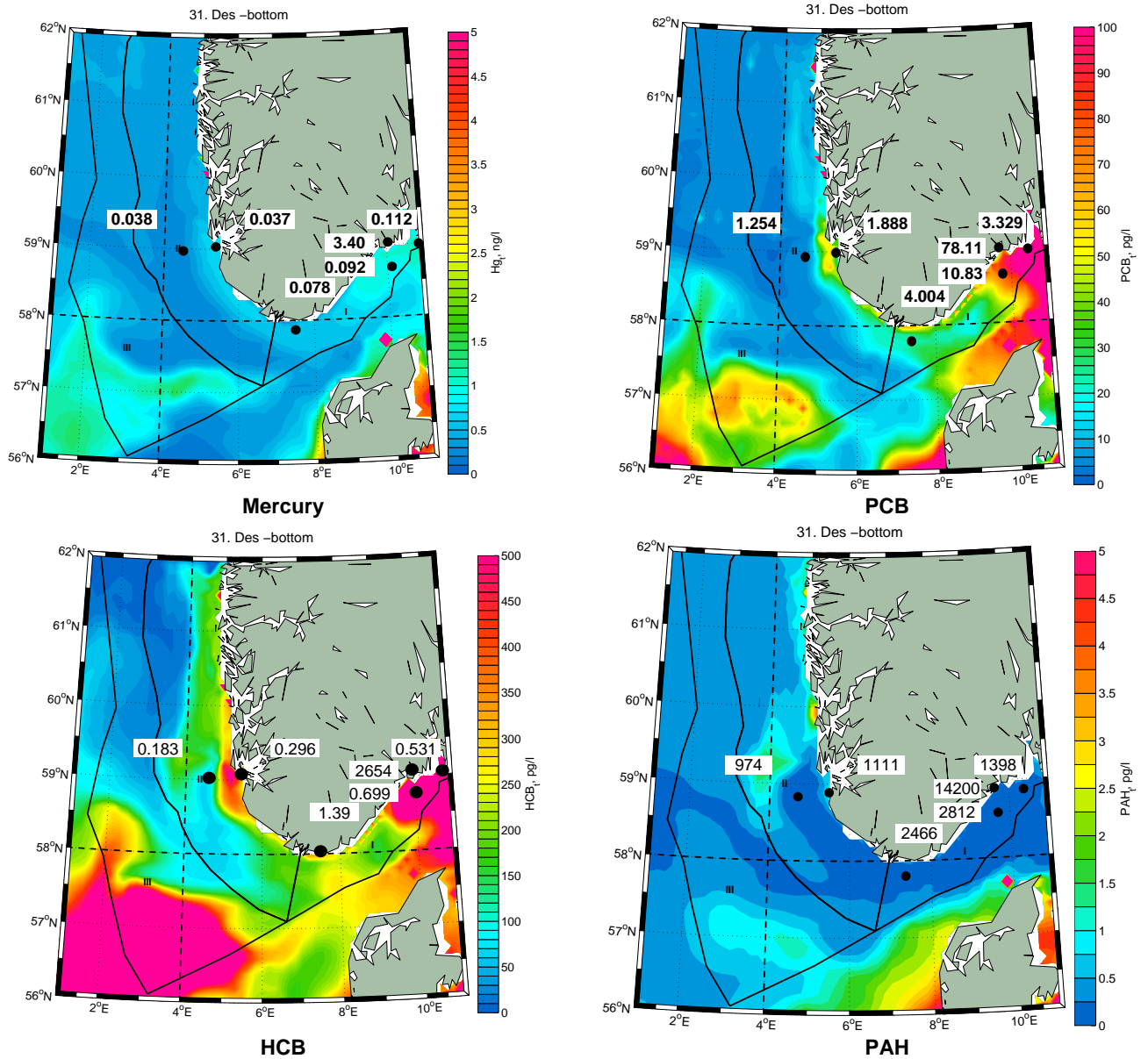


Figure S3. Simulated concentrations of mercury, PCB, HCB and PAH in bottom water and measured concentrations in sediments of the North Sea. Sediment stations are marked as circles.

Monitoring of hazardous substances in sediments and marine organisms

Hazardous substances were monitored at six sediment stations (including one near coast station) and at two cod monitoring stations in the North Sea. The monitoring of open sea stations showed that the concentrations of mercury (Figure S4), lead, cadmium, copper, nickel, zinc, PCB (Figure S4), pesticide DDT (sum of DDT, DDE and DDD), hexachlorobenzene, and lindane in sediment indicated "Background" or "Good" conditions according to Klif's classification system, or below presumed high background levels. The near coast sediment station outside the Grenland fjords had concentrations of HCB and mercury classified as "Very bad" and PAH as "Bad" and PCB as "Moderate" attributed to the station's close proximity to known sources of contamination. The classification system and the range in background levels for cod have been developed for coastal waters and their application to samples collected in open ocean areas is somewhat uncertain. However the classification system for sediment is risk-based and generally applicable in marine waters. The only class limit established for polybrominated diphenylethers (PBDE) in sediment is for pentabromdiphenylether where the upper limit of condition class "Good" was considerably higher than the levels of BDE (sum) found in this investigation. Only PFOS in sediment is included in the classification system for perfluorinated compounds (PFC). The concentrations of PFOS in sediment corresponded to "Good" conditions at all six stations.

Mercury concentrations in cod filet were only "Insignificantly Contaminated" according to the Klif's classification system. Cadmium in cod liver were below "High background". Concentrations of PCB, DDT, HCB and lindane in cod liver were classified either as "Insignificantly Contaminated" or "Good". There is no classification system for PBDE or PFC in cod.

Monitoring of radioactive substances included cesium-137, technetium-99, strontium-90, polonium-210, plutonium-239+240 and americium-241 in seawater, sediment and/or cod filet. Concentrations were comparable to earlier investigations. Cesium-137 in cod filet was far below EU's limit for export.

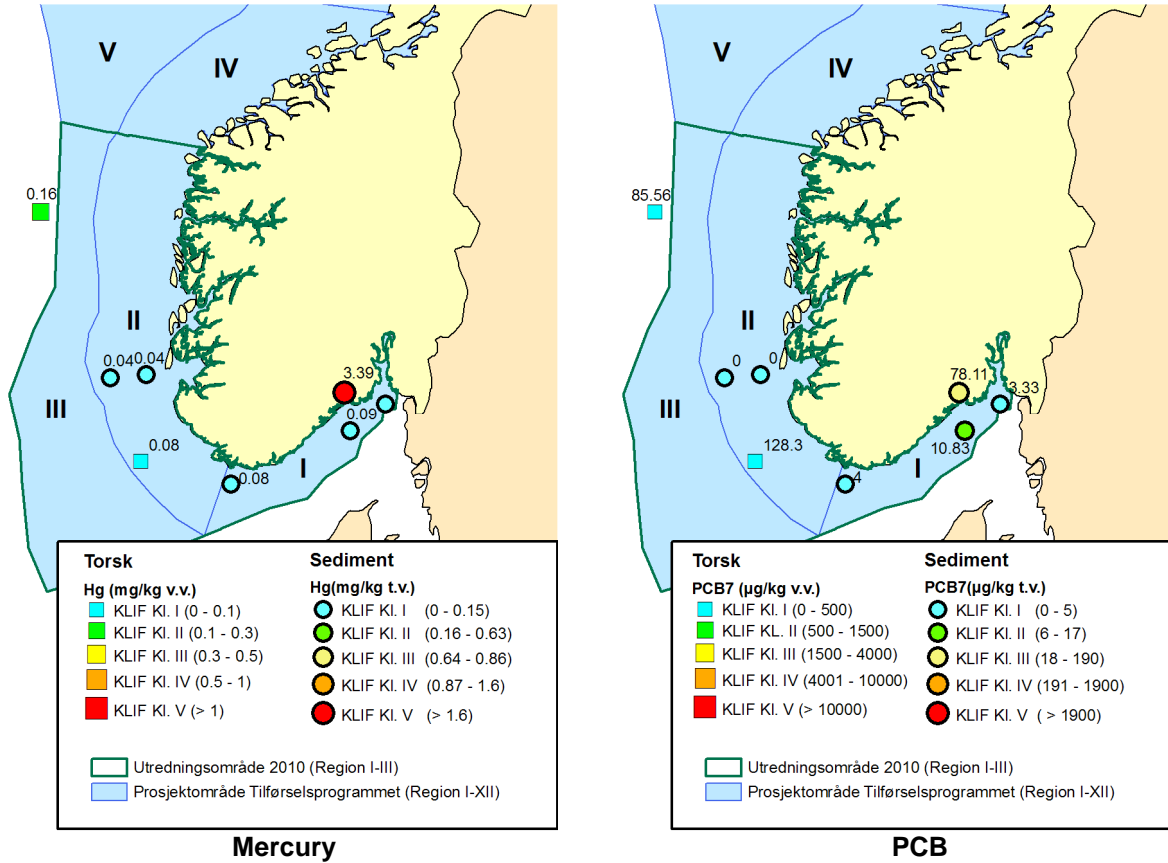


Figure S4. Examples of measured concentrations of mercury (Hg) and PCB in sediment and mercury cod filet and PCB in cod liver.

Knowledge gaps and recommendations

The project is long term and ambitious. There are still significant gaps in knowledge that need to be addressed in order to provide data that are more precise. In the following, a number of recommendations are listed for each source as well as the monitoring, *viz*:

1 Calculations of discharges of hazardous substances

- *Loads from land and offshore installations*: The present databases provide a relatively good basis for calculations of emissions of contaminants from land and offshore installations. Retention of polluting discharges in fjords and coastal waters is substantial and has significance both to the environmental state of the fjords and to the calculations of transports from different sources (e.g. atmospheric, riverine, offshore installations) and in coastal waters and oceans. This should be quantified better by using data for discharges and data for concentrations in sediment and water combined with models. Many of the substances focused on in the emission program are not measured in the RID-rivers. We therefore suggest passive samplers in some of the RID-rivers after the same procedure as at Andøya, Jan Mayen and Bjørnøya.
- *Leaching of oil from the seabed*: There might be substantial leaching of oil from natural "oil seeps" on the Norwegian shelf, and the actual amount of oil leaching into the 12 regions might be twice as big as earlier estimates. Calculations should be done to ensure better estimates than those from 2006-2007.
- *Discharges from ships*: The present calculation factors for estimation of produced amount of waste and wastewater from ships are based upon investigations from 1977 to present. It is likely that the development during the last years has been so substantial that the present production factors should be reconsidered.

2 Modelling of transport and concentrations of substances in the sea regions

- *Depositions from air*: This is a significant source; however, there are large uncertainties regarding knowledge about sources, atmospheric transport and deposition of pollutants to the marine areas. Future work should focus on regions and components where there are strong indications that atmospheric deposition is a significant source to the total loads of environmental hazardous substances.

It is necessary to obtain more knowledge about the ocean/air exchange and preferably through empirical studies in order to evaluate and improve the model results for the ocean regions. Further development of models should primarily aim to:

- Provide more precise estimates of atmospheric deposition in the various regions.
 - Determine how the contribution from this source is distributed inside each region and how it varies with time.
- *Transport and concentrations of radioactive substances*: It is possible to improve the results of the models by:
 - Validation of model parameters on basis of sampling of water and sediment.
 - Improvement of the description of the water – sediment interaction (especially important for description of remobilization of radionuclides from sediment).
 - Including more radionuclides in the calculations.
 - Better coordination between the model of the Radiation Protection Agency and the ECOSMO-model.

- *Model for calculation of transport with ocean currents and concentrations in water and sediment:* This is the tool that shall use emissions data and provide information about what sources dominate with respect to transport and concentrations of contaminants in different regions. Data and improved modules are needed (e.g. for sedimentation and biological uptake) to describe the transports and for validation of the results of the model. Significant improvements of the present model therefore remain, viz:
- Provide better data for background concentration for more substances, i.e. the concentration in the water entering the regions. The lack of knowledge is most evident for chlororganic compounds and “new contaminants”.
 - Incorporate load from specific sources – like offshore installations – and calculate its transport and distribution.
 - Describe better the interaction of hazardous substances between air and the sea and between the sea and the seabed.
 - Describe the sedimentation, biological uptake and possibly degradation: most substances are associated with particles and will gradually settle to the seafloor. The model can calculate this, but the rate of sedimentation must be known for different substances/particles and maybe for different regions.
 - Validation of the model (the current model and the water quality module) by means of existing and independent data. Existing knowledge about the sediments should be used, e.g. from MAREANO or other Norwegian or international research projects that have been conducted.
 - Calculate with better resolution the concentrations within the regions, as basis for establishing monitoring stations in areas where high loads are expected.
 - With respect to comprehensive evaluations, the model should quantify the contribution from emissions and ocean currents to specific regions. For example, the transport of substances that are released into Region II might turn out to be of significance for downstream Regions IV and VI. Results from the model should in the future be used for such comprehensive evaluations.

3 Monitoring of water, sediments and biota

The monitoring part of the program is still in an early phase, but should:

- Provide Klif and other institutions with important supplementary information regarding the North Sea environment.
- As the marine models improve, they should help identify areas with high loads or concentrations in water or sediments, and thus identify needs for adjusting or expanding the number of monitoring stations – or their positions.
- There is a specific need for more knowledge about the levels of natural radionuclides in sediments, seawater and marine organisms in areas with oil and gas installations.
- There is a general need for more knowledge regarding background concentrations and natural variations of toxic substances in marine waters and in sediments.

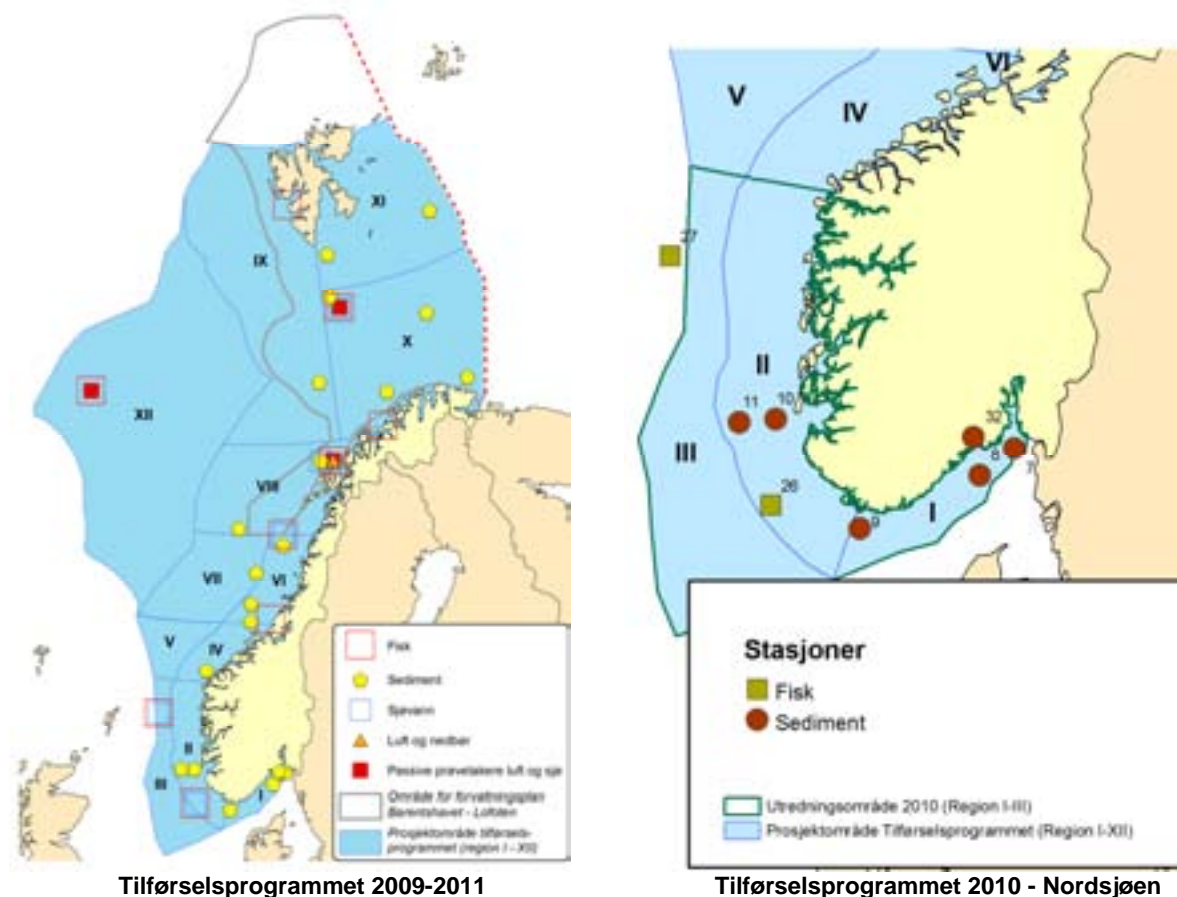
1 Innledning

Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif) har etablert et langsiktig program for overvåking av tilførsler av miljøfarlige stoff til forvaltningsplanområdene Barentshavet, Norskehavet og Nordsjøen (*Figur 1*). Etter innledende arbeid i prosjektfase (se Molvær *et al.* 2008) ble programmet startet og omfattet overvåking av konsentrasjoner (i luft, vann, sedimenter, torske) som primært skal dekke behov i forvaltningsplanene, og utfylle og supplere eksisterende programmer på nasjonalt og internasjonalt nivå. Programmet ledes av NIVA i partnerskap med Havforskningsinstituttet, Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning, Norsk institutt for luftforskning, Statens strålevern og, siden 2010, *Bjerknes Centre for Climate Research*. Det er planlagt et rullerende 3-års program med fokus på ett forvaltningsområde per år. Denne rapporten gjengir resultater for Nordsjøen i 2010 (*Figur 1*). Stasjonene er valgt fra tidligere undersøkelser men som ellers ikke overvåkes. Utvalgt skulle representere utredningsområdet best mulig og alle stasjoner faller innen for Region I-III bortsett fra en fiskestasjon (Tampen, st.27) som er vest for Region III.

Det er et etablert mål i Norge at utslippene av stoffer som utgjør en alvorlig trussel mot helse og miljø kontinuerlig skal reduseres med sikte på å stanse utslippene helt innen 2020 eller, for stoffer som dannes utilsiktet i prosesser, så langt som mulig innen 2020 (det såkalte generasjonsmålet), jf. bl.a. St.meld. nr. 21 (2004-2005), St.meld. nr 14 (2006– 2007) og St.prp. nr.1 (2010–2011). Stoffene som omfattes av generasjonsmålet er de stoffene som til enhver tid finnes oppført på regjeringens ”prioritetsliste”, dvs. listen over prioriterte miljøgifter. Ny kunnskap har medført at flere stoffer er kommet inn på denne listen enn da målet første gang ble formulert.

I forbindelse med implementeringen av den såkalt *Ecological Quality Standard Directive* (EQSD 2008/105/EC), som er et datterdirektiv til vannrammedirektivet (2000/60 EC), er det fastsatt såkalte miljøkvalitetsstandarder med grenser for konsentrasjonene av ulike miljøgifter i vannforekomster som vil gjelde ut til de territorialgrensene. Dette vil dels gjelde stoffer som finnes på den norske listen over prioriterte miljøgifter, men reguleringen vil her være knyttet til stoffer og stofflister med direkte forankring i vannforskriften. Miljøkvalitetsstandardene vil trolig bli fastsatt i Norge i vannforskriften i løpet av 2011 eller 2012. EUs Havdirektiv (2008/86/EC) er ennå ikke godkjent i Norge, men dersom det blir implementert kan det ha ytterligere konsekvenser for beskyttelse av havet mot miljøfarlige stoffer.

I utvelgelsen av stoffer er det tatt utgangspunkt i miljøvernmyndighetenes prioritetsliste for kjemikalier (<http://www.miljostatus.no/Tema/Kjemikalier/Kjemikalielister/Prioritetslisten/>), og spesielt stoffer som det er fokusert på i arbeidet med forvaltningsplanene for Nordsjøen, Norskehavet og Barentshavet. I tillegg kommer olje (bestemt som Total Hydrocarbon Concentration: THC) og radioaktive stoffer som cesium-137 (^{137}Cs), technetium-99 (^{99}Tc), plutonium-239+240 ($^{239+240}\text{Pu}$) og strontium-90 (^{90}Sr).



Figur 1. Havområdet med inndeling i 12 Regioner (kilde: Kystverket), avgrensningen av forvaltningsplanområdet og planlagt overvåking i forbindelse med Tilførselsprogrammet 2009-2011 og programmet for 2010 - Nordsjøen.

Mer konkret skal programmet:

- Identifisere de viktigste kildene til olje og miljøfarlige stoffer
- Gi en oversikt over tilførslene og tilførselsveiene til forvaltningsplanområdene
- Dokumentere tilstanden i utvalgte forurensningsindikatorer (sedimenter og torsk)
- Kartlegge endringer i påvirkning og tilstand over tid
- Kartlegge forsurenningen av havet på representative stasjoner

For å tilpasse programmet til arbeidet med forvaltningsplanene er det planlagt en rullerende overvåking, i første omgang i en treårig syklus. Forvaltningsplanen for Barentshavet skal oppdateres i 2010, og programmet fokuserte derfor på Barentshavet i 2009. I 2010 starter arbeidet med en forvaltningsplan for Nordsjøen, og dette året fokuserer programmet derfor på dette havområdet for å bidra med grunnlagsdata for planarbeidet. Planen for Norskehavet ble ferdigstilt våren 2009 og dette havområdet står for tur i 2011. Rulleringen gjelder modellberegning av tilførsler av miljøskadelige stoffer og overvåking av forurensningsindikatorene. Den generelle overvåkingen av luft vil foregå løpende, og omfattet i 2009 også utplassering av en ny målestasjon på Andøya og plassering av passive prøvetakere på Andøya, Bjørnøya og Jan Mayen.

For oppdatering av kildene for tilførsel av miljøskadelige stoffer er de norske havområdene inndelt i 12 regioner (St.meld. nr. 8; 2005-2006). Grunnlaget for inndelingen er regionene for miljøovervåkingen for petroleumsvirksomheten (<http://www.klif.no/no/Tema/Miljoovervakning/Miljoovervakning-pa-norsk-sokkel/>). Arealene er beregnet av Kystverket:

Region I. Skagerrak: 18 858 km²

Region II.	Kyststrøm, Nordsjøen (sør for 62° N): 69 010 km ²
Region III.	Nordsjøen (sør for 62° N) utenfor kyststrømmen: 70 960 km ²
Region IV.	Kyststrøm, Norskehavet (62- 64°N): 40 940 km ²
Region V.	Norskehavet (62- 64°N) utenfor kyststrømmen: 41 890 km ²
Region VI.	Kyststrøm, Norskehavet (64-67 °N): 56 990 km ²
Region VII.	Norskehavet (64-67 °N) utenfor kyststrømmen: 10 6370 km ²
Region VIII.	Norskehavet (67-70 °N): 172 490 km ²
Region IX.	Norskehavet (70-80 °N): 391 020 km ²
Region X.	Barentshavet (70-75 °N) øst for 17 °Ø: 360 680 km ²
Region XI.	Barentshavet (75-80 °N) øst for 17 °Ø: 283 510 km ²
Region XII.	Norskehavet vest (vest for område VII og grense mot forvaltningsplan Barentshavet): 623 550 km ²

Merk at størrelsen på arealene varierer mye, og arealet av Region XII faktisk er 33 ganger større enn arealet av Region I. Prosjektet inkluderer supplering av eksisterende overvåking i forbindelse med undersøkelser av miljøgifter og radioaktive stoffer i sediment, sjøvann (kun radioaktivitet) og torsk (se **Tabell 1**).

Tilførselsprogrammet ses i sammenheng med aktiviteter som de enkelte partnere har i dag, og det er naturlig å koordinere programmet med eksisterende overvåkingsprogram, hvorav de viktigste er nevnt i **Tabell 1**.

Tabell 1. Sentrale overvåkingsprogrammer og aktiviteter i norske havområder.

Program	Beskrivelse
RID-prosjektet (Klif/NIVA)	Overvåking og sammenstilling av tilførsler av forurensende stoffer til norskekysten. Koordinering med <i>European Monitoring and Evaluation Programme</i> (EMEP) i forbindelse med langtransporterte forurensinger.
Kystovervåkingsprogrammet (Klif/NIVA)	Vannkvalitet (eutrofi) og biologisk tilstand i skjærgård og kystvann. Ny stasjonsfordeling for hele norskekysten er under utvikling.
Luftovervåkingsprogrammet (Klif/NILU)	Ulike tilførselsprogram støttet av Klif og tilknyttet EMEP, AMAP og CAMP.
CEMP (Coordinated Environmental Monitoring Programme) (Klif/NIVA)	Vurdering av tilstand og utvikling av miljøgifter i sediment og biologiske materiale fra kystnære strøk. Parametergrupper: metaller, PCBer, pesticider, PAHer, bromerte flammehemmere (BFH), perfluoreerte stoffer (PFC).
Miljøgifter i fisk, skalldyr og sedimenter i havområdene (IMR)	Undersøkelser av miljøgifter i sediment, skalldyr og fisk i tre hovedområder: Barentshavet, Norskehavet og Nordsjøen.
Radioaktivitet i marint miljø – <i>Radioactivity in the Marine Environment</i> (RAME) (NRPA)	Undersøkelser av radioaktive stoffer i marint miljø. Koordineres av NRPA. Prøveinnsamling av IMR. Analyser ved IMR og NRPA.
Overvåking av miljøgifter i sjømat (NIFES)	Koordinering med Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning (NIFES) og arbeid med trygg sjømat. Prøveinnsamling ved Havforskningsinstituttet.
Arctic Monitoring and Assessment Programme (Klif/AMAP)	Overvåking av nivåer av forurensning og vurdere effekter av alle deler av det arktiske miljø.
MAREANO-programmet (IMR i samarbeid med NGU og Statens kartverk Sjø)	Kartlegging av dybde, bunnforhold, naturtyper og forurensning i sedimenter i norske havområder.

2 Utfordringene i Nordsjøen i forhold til forurensning

Nordsjøen og Skagerrak skiller seg fra Barentshavet og Norskehavet ved at det er mange flere kilder til forurensning i området. Dette skyldes flere faktorer. Befolkningstettheten er høy. De 13 sydligste fylker ligger for de meste sør for 62°N som er Nordsjøens grense i nord. Omkring 74 % av Norges befolkning bor her og står for ca. 90 % av folkeveksten siden 2000 (Statistisk sentralbyrå, SSB.no). Nordsjøen er et av de mest trafikkerte havområdene i verden, fiskeriaktiviteten i området er høy og det utvinnes store mengder olje og gass (OSPAR 2010). Den norske delen av Nordsjøen påvirkes av andre Nordsjøland. Rundt hele Nordsjøen ligger det tett befolkede land med stor industriaktivitet. I

Norge ligger 77 % av industri med utslippstillatelse for metaller sør for 62°N. Landbasert utslipp står for 80 % av all tilførsler av næringsalter og miljøgifter til Nordsjøen (Gøteborg deklarasjonen 2006¹). Jordbruk på områder som drenerer til Nordsjøen står for 2/3 av all nitrogen (OSPAR 2010). I tillegg påvirkes Nordsjøen og Skagerrak av mer langtransportert forurensning via luft- og havstrømmer pga. større nærhet til kildeområdene enn havområdene lenger nord.

Temperaturen i Nordsjøen har økt med 1-2°C siden 1985, og månedlig gjennomsnittstemperatur i overflatevannet er høyere enn langtidsgjennomsnittet siden 1980 (OSPAR 2010). Varmtemperertarten *Calanus helgolandicus* har erstattet kaldvanns *C. finmarchicus* (OSPAR 2010). Det er observert økt vannstand og økt stormfrekvens i Nordsjøregionen, og selv om det er uklart om dette har direkte kobling til klimaendringer vil slike endringer kunne føre til økt flom og erosjon. Forandringer i klima kan teoretisk påvirke fordeling og utbredelse av miljøgifter, samt bioakkumulering og eventuelle effekter av disse. Endringer i temperatur kan for eksempel påvirke miljøgiftfordeling mellom ulike medier/faser (som partikler, vann og luft) i miljøet (Smith og McLachlan 2006; Macdonald *et al.* 2005). Dette vil ha effekt på biotilgjengeligheten av disse kjemikalierne. Klimaforandringer kan også påvirke transport av miljøgifter mellom geografiske regioner, ved endringer i transportveier og volumer i vann og luft (Macdonald *et al.* 2005), blant annet siden ulike vannmasser har ulikt innhold av miljøgifter (Alleman *et al.* 2011). Økt nedbør vil også kunne føre til økt utvasking av miljøgifter fra land til sjø (Ruus *et al.* 2010). Videre kan klimaendringer være hovedårsak til økt havforsuring som igjen kan ha ytterlig negativ miljøkonsekvens. Ved tilstrekkelig grad av havforsuring vil vannet bli undermettet med kalk og kalkstrukturer hos enkelte organismer vil kunne svekkes (Orr *et al.*, 2005).

3 Hva er hovedkildene

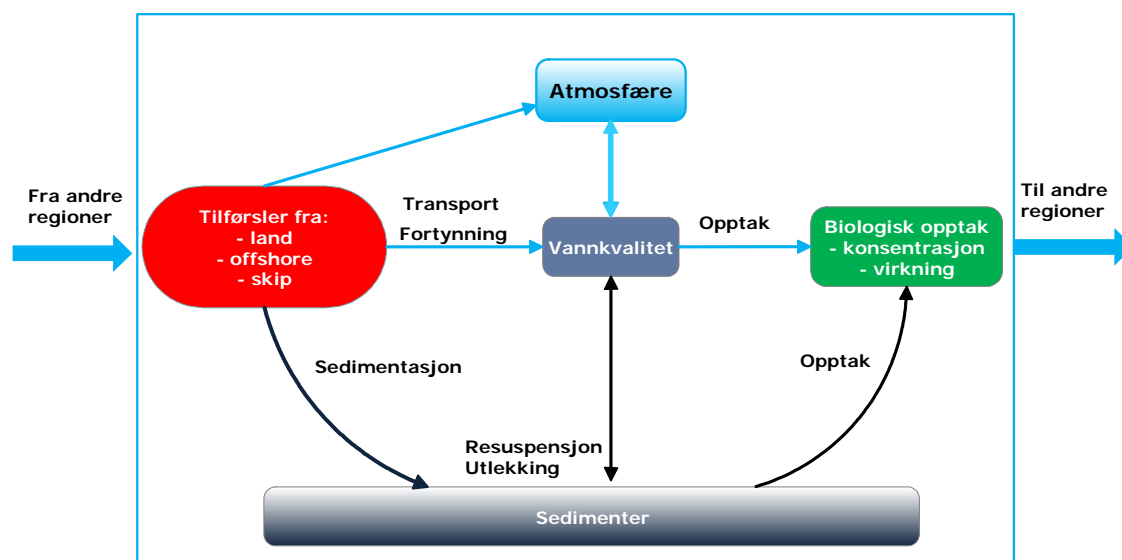
Det er definert 8 hovedkilder eller tilførselsveier for forurenset stoff til Skagerrak og Nordsjøen (Region I, II og III) (*Tabell 2*).

Tabell 2. Hovedkilder eller tilførselsveier for forurenset stoff til norske havområder. Ansvarlig for anskaffelse av data er indikert.

Kilde	Beskrivelse	Ansvarlig for anskaffelse av data
1	Avrenning fra land/elver i Norge	NIVA
2	Lufttilførsler fra Norge	NILU
3	Tilførsel via havstrømmer fra områder utenfor Norge	NIVA og NRPA
4	Tilførsel via luftstrømmer fra områder utenfor Norge	NILU
5	Petroleumsvirksomhet på norsk sokkel	Klif
6	Skipsfart/båttrafikk i norske	DNV
7	Naturlig utlekking fra berggrunn/havbunn (spesielt petroleum)	Klif
8	Utlekking/remobilisering fra sedimenter/jord, hvis relevant	Klif

Figur 2 skisserer de viktigste kildene og transportveiene for en region. Hvis tilførsel via havstrømmer fra områder utenfor norske havområder (kilde nr. 3) og tilførsel med havstrømmer mellom regionene holdes utenfor kan **Figur 2** illustrere hovedtrekkene for en region.

¹ Declaration North Sea Ministerial Meeting on the Environment Impact of Shipping and Fisheries, Göteborg, Sweden 4 and 5 May 2006. www.seas-at-risk.org/Images/2006%20Gothenburg%20Declaration.pdf



Figur 2. Skjematisk skisse over transportveier for miljøfarlige stoffer fra tilførsler.

Kilder for radioaktiv forurensning i norske havområder

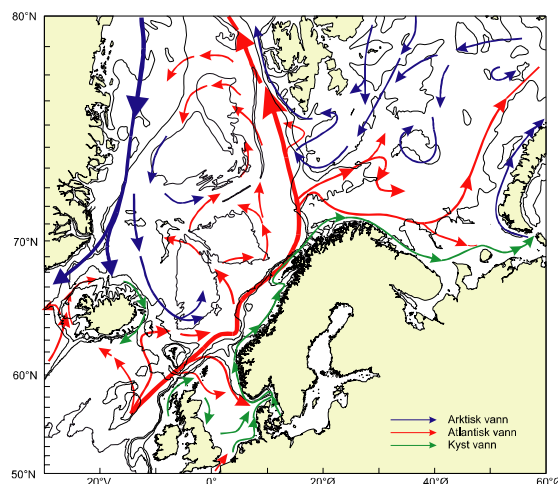
Kildene til de radioaktive stoffer man finner i dag i norske havområder er både naturlige og menneskeskapte. Utslipp fra kjerneteknisk industri, nedfall fra atmosfæriske prøvesprengninger av kjernevåpen og Tjernobyli-ulykken i 1986 er de største menneskeskapte kildene. Utslippene fra kjerneteknisk industri har for alfa- og beta emitterende (unntatt tritium) radionuklider generelt vist en nedadgående trend i perioden 1990 til 2008, og er nå på det laveste nivået som er registrert i denne perioden (OSPAR, 2010b). For radionuklider som kommer fra atmosfæriske prøvesprengninger av kjernevåpen og Tjernobyli-ulykken i 1986 er nivåene synkende i sjøvann på grunn av radioaktiv nedbrytning, sedimentering og fortykning i vannmassene. Naturlige radioaktive stoffer finnes overalt i naturen i varierende nivåer. Modernuklidene til de to vanligst forekommende radioaktive seriene er de langlivede isotopene uran-238 (U-238) og thorium-232 (Th-232). Radionuklider fra disse seriene dannes hele tiden gjennom radioaktiv nedbrytning i sedimenter eller vannsøylen, samt tilføres via atmosfærisk nedfall (bly-210 og polonium-210) eller via elver. En del tilføres via industriell virksomhet, der for norsk del utslipp fra olje- og gassproduksjon er den største menneskeskapte kilden til radium-226 og radium-228.

Avrenning fra land/elver i Norge

Elveavrenning av skadelige stoffer er hentet fra tilgjengelige data i OSPAR databasen. Nordsjøområdet (sør for 62°N) mottar ca. 60-80% av de totale norske utslippene. Det varierer både fra år til år og for de ulike parametrene.

Tilførsler via havstrømmer

Havområdene fra Skagerrak til Barentshavet preges av markerte havstrømmer som enkelt sagt vil transportere forurensende stoffer fra sør mot nord (**Figur 3**). Dette betyr at havstrømmene både transporterer forurensende stoffer inn i havområdene fra utenforliggende kilder og transporterer stoffene på tvers av regionene. Havstrømmene er ikke direkte kilder for regionene. Havstrømmene fordeles stoffene fra de andre kildene rundt omkring. Svært mange av faktorene som påvirker stofftransporten – og bestemmer konsentrasjoner i vann og sediment – varierer både i tid og i rom, og matematiske modeller er helt nødvendige redskap for å kvantifisere disse størrelsene. Modellene leverer resultater som til dels kan brukes i vurdering av havområder som er spesielt utsatt for forurensende stoffer, og for plassering av overvåkingsstasjoner.



Figur 3. Hovedveiene for havstrømmene i prosjektområdet (kilde: Havforskningsinstituttet).

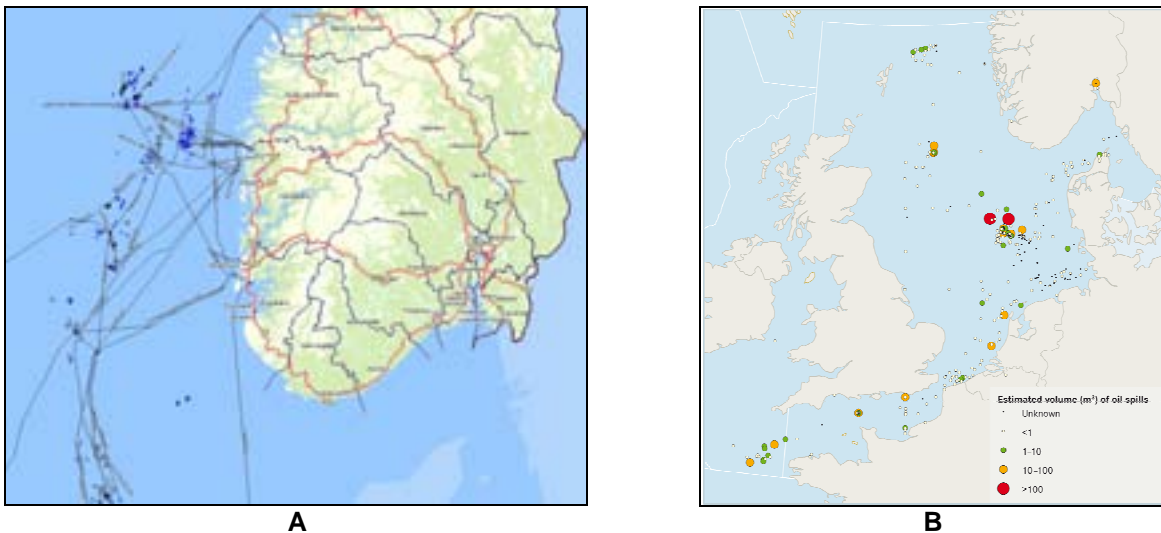
Tilførsler via luftstrømmer og avsetning på havoverflaten

Atmosfærisk transport utgjør den mest effektive måten utslipp av miljøgifter kan transporteres til avsideliggende områder. For de fleste typer forurensninger som spres via atmosfæren vil konsentrasjoner forventes å avta med avstand fra utslippskilden på grunn av atmosfærisk spredning, fortykning, nedbrytning og avsetning. For enkelte organiske miljøgifter har man derimot sett en

økning i konsentrasjoner i både vann og luft med økende avstand fra kildeområder. For eksempel, økende konsentrasjoner av gamma-HCH i sjøvann med økende breddegrad har blitt rapportert langs østkysten av Asia (Stillehavet) fra ekvator og nordover, noe som kan forklares med økende avsetning fra luft til når lufttemperaturen avtar (kaldkondensering) kombinert med økende levetid i nordområdene (økt persistens) (Wania and Mackay, 1996). Høye nivåer av alfa-HCH i luft har også blitt registrert langs nordøstkysten av Canada, noe som har blitt forklart med økt avdamping fra sjøvann forurenset i tidligere tider (Shen *et al.* 2004). Disse eksemplene illustrerer ikke bare den nære koblingen som eksisterer mellom luft og sjøvann, men at det nødvendigvis også er betydelige utfordringer med å forstå og forutsi kilde-reseptorforhold for denne type komponenter ved å betrakte transport i et medium alene, samt modellere persistente komponenter i miljøet hvis levetid overgår lengden på modellsimuleringene.

Petroleumsvirksomhet på norsk sokkel

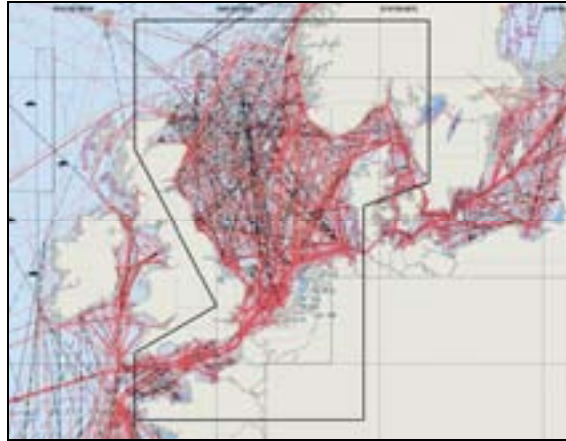
Norge er rangert nummer som 11 og 5 i verden for produksjon av hhv. olje og gass (Wikipedia). Offshore petroleumsvirksomhet foregår i store deler av Region II og III (**Figur 4**). Storbritannia, Nederland og Danmark også har aktivitet i Nordsjøen. Produksjon av både olje og gass har avtatt i de siste årene. Det er fortsatt utslipp av olje (**Figur 4**) men, vanskelig å spore de skyldige i 80 % av tilfellene (OSPAR 2010).



Figur 4. Olje- og gassinstallasjoner i Nordsjøområdet 2008 (kilde: Kystverket) (**A**) og oljeutslipp detektert med flyovervåking i Nordsjøområdet 2008 (kilde: copyright OSPAR, OSPAR 2010a) (**B**).

Skipstrafikk i norske farvann

Nordsjøen er et av de mest trafikkerte havområdene i verden (**Figur 5**). I stor grad er risiko for skade fra utslipp fra skip av miljøfarlige stoffer til luft og vann redusert på grunn av regulativ gjennom den *International Maritime Organization* (IMO). Det kan ikke sees bort i fra at det er større sjanser for uhell i Nordsjøen sammenlignet med mindre trafikkerte områder. Mye av flyovervåking avdekker oljeutslipp fra skip men ikke operasjonelle utslipp fra installasjoner (cf. **Figur 4**).



Figur 5. Skipstrafikk i Nordsjøområdet med "lav" og "høyt" intensitet (hvh. svarte og røde linjer) (kilde: copyright OSPAR, OSPAR 2010a).

Utlekking/remobilisering fra sedimenter/jord

I rapporten Molvær *et al.*, 2007 ble dataene som var benyttet i beregningene av fluks av metaller, PCB og PAH fra sedimenter hentet fra OLFs database (MOD, miljøovervåking rundt installasjoner på Norsk sokkel). 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. Beregningene som ble gjort var grove estimater som skulle gi en størrelsesorden på mengde utlekking.

Beregningene i 2007 ble gjort for 2 av de 3 regionene i Nordsjøen. Beregningene var grove men de er de beste som finnes i dag basert på tilgjengelige data, og er derfor inkludert i rapporten. Dersom man ønsker bedre estimater vil dette kreve nye datainnsamlinger og mer komplekse modeller. Det trengs modeller som inkluderer prosesser som sedimentering, oppvirvling og nedbryting. En vesentlig forbedring av estimatene vil også kreve tilgang til data for andre sektorer enn for den norske sektoren. Disse dataene er begrensede eller ikke tilgjengelige.

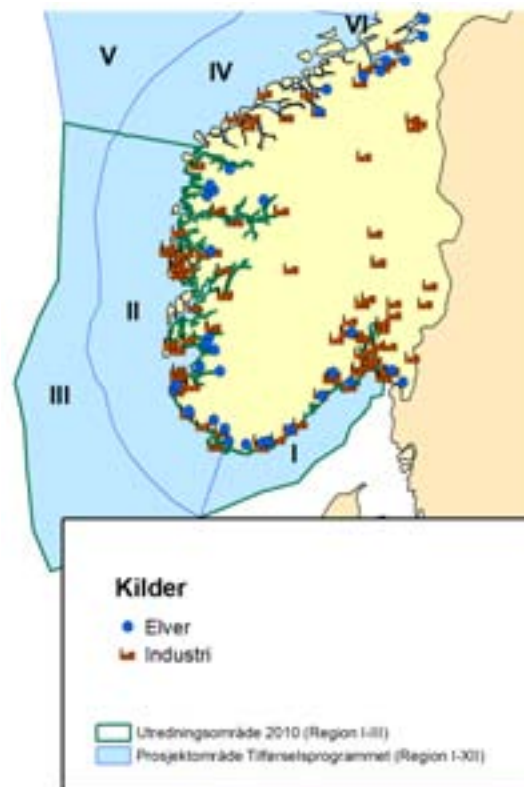
4 Resultater

4.1 Beregnede tilførsler

I programmet er det definert 8 kilder (*Tabell 2*). Rapporten inneholder oppdaterte tilførselstall med for kilde 1 (avrenning fra land), kildene 2 og 4 (tilførsler via luft), kilde 5 (utslipp fra petroleumsvirksomhet), og kilde 3 (tilførsler via havstrømmer fra områder utenfor Norge, og som inkluderer radioaktive stoffer). For en del forurensende stoffer er datasettene for elveavrenning ufullstendig. Det samme gjelder utslipp fra oljeinstallasjoner og skipstrafikk. Utslipp fra skipstrafikk (kilde 6) er basert på tall fra Fase II rapporten (Molvær *et al.* 2008). Nedenfor er resultatene sammenstilt og kommentert.

4.1.1 Avrenning fra land/elver i Norge

Tabell 3, *Tabell 4* og *Tabell 5* viser samlede tilførsler av hhv. tungmetaller og PCB/lindan til Skagerrak og Nordsjøen, rapportert fra det nasjonale RID-Elvetilførselsprogrammet i perioden 2004-2009. Lokalisering av større elver og industri er vist i *Figur 6*.



Figur 6. Kart over store og mellomstore elver (hovedelver og bielver fra RID-programmet) og industri med rapporterte utslipp av kvikksølv, bly, kadmium, krom eller arsen i perioden 2006 til 2008.

Tabell 3. Tilførsler av tungmetaller fra elver med utløp til Skagerrak og Nordsjøen, 2004-2009. Tallene er gitt MED retensjonsberegning.

Tonn/år	2004		2005		2006		2007		2008		2009	
	Nordsjø	Skagerrak	Nordsjø	Skagerrak	Nordsjø	Skagerrak	Nordsjø	Skagerrak	Nordsjø	Skagerrak	Nordsjø	Skagerrak
Arsen (As)	3.1	11.0	3.9	9.3	3.4	12.3	3.3	10.9	3.6	11.5	4.1	10.5
Kadmium (Cd)	0.3	0.9	0.4	0.8	0.3	1.1	0.5	0.8	0.4	1.1	0.3	0.9
Krom (Cr)	6.2	13.8	7.8	15.7	6.1	21.9	8.0	15.4	6.4	22.5	5.1	16.0
Kobber (Cu)	155.4	121.4	210.3	113.2	191.7	130.9	247.1	154.2	246.7	143.8	259.5	121.2
Kvikksølv (Hg)	0.04	0.14	0.12	0.06	0.03	0.13	0.04	0.07	0.04	0.08	0.05	0.10
Nikkel (Ni)	11.7	36.4	17.7	38.7	12.8	44.4	14.8	40.4	12.5	45.1	11.1	33.8
Bly (Pb)	2.5	5.2	3.2	4.4	2.3	5.6	2.8	6.8	2.3	7.5	1.9	4.9
Sink (Zn)	74.1	249.0	104.6	243.8	77.7	322.0	121.2	307.1	90.1	352.2	66.6	285.4

Tabell 4. Tilførsler av PCB og lindan (HCHG) fra elver med utløp til Skagerrak og Nordsjøen, 2004-2009. Modellberegning MED retensjon.

Tonn/år	2004		2005		2006		2007		2008		2009	
	Nordsjø	Skagerrak	Nordsjø	Skagerrak	Nordsjø	Skagerrak	Nordsjø	Skagerrak	Nordsjø	Skagerrak	Nordsjø	Skagerrak
HCHG (lindan)	0.013	0.014	0.017	0.013	0.014	0.015	0.016	0.014	0.016	0.017	0.000	0.009
Sum PCB	0.007	0.059	0.008	0.048	0.007	0.094	0.008	0.068	0.010	0.514	0.003	0.065

Tabell 5. Tilførsler fra elver med utløp til Skagerrak og Nordsjøen, 2004-2009. Modellberegning MED retensjon.

Tonn/år	2004		2005		2006		2007		2008		2009	
	Nordsjø	Skagerrak	Nordsjø	Skagerrak	Nordsjø	Skagerrak	Nordsjø	Skagerrak	Nordsjø	Skagerrak	Nordsjø	Skagerrak
PAH	0.13	0.02	0.26	0.01	0.13	0.02	0.13	0.01	0.13	0.02	0.000842	0.007084
S.P.M.	2720.6	1231.2	2721.2	1163.2	2618.0	1281.5	2977.0	1232.2	3057.9	1229.8	*	*
TOC	154.8	1195.8	153.8	1195.4	161.5	1367.5	133.9	1296.6	162.8	1284.7	*	*
Tot-N	6232.2	2486.5	6700.8	2461.7	7482.8	2675.2	9041.0	2728.8	9510.4	2782.5	*	*
Tot-P	1150.2	96.1	1232.5	93.0	1403.5	85.0	1747.9	82.7	1862.7	88.4	*	*
NH ₃	20.6	0.1	21.4	0.2	21.4	0.1	21.4	0.1	21.4	0.1	30.5	0.1

*) mangler data for 2009

4.1.2 Langtransporterte tilførsler via luft

Organiske miljøgifter

Beregninger av årlige tilførsler av utvalgte organiske miljøgifter fra luft til hav er gjort ved å bruke en kombinasjon av observasjoner og en enkel modell beskrevet nærmere i kapittel 7.2.2. Resultatene for de ulike havområdene for 2008 er gjengitt i **Tabell 6** (PCB), **Tabell 7** (klorpesticider og HCB) og **Tabell 8** (PAH). Det er viktig å være klar over at beregningene her gir et estimat på total tilførsel av forurensning fra luft til hav, og ikke inkluderer den reversible fluks med utslipp fra hav til luft, såkalt netto tilførsel.

Tabell 6. Tilførsler fra luft til Norske havområder for PCBs i 2008 (kg/år), totalavsetning per region, beregnet ved hjelp av empirisk metode.

Region	PCB-28	PCB-52	PCB-101	PCB-118	PCB-138	PCB-153	PCB-180	S ₇ PCBs
I	11	11	7	2	3	5	1	39
II	49	49	30	11	13	21	6	179
III	53	53	32	12	14	23	7	193
IV	18	18	11	4	5	8	2	65
V	31	31	19	7	8	13	4	114
VI	39	23	11	4	5	8	2	94
VII	144	85	42	15	19	29	9	343
VIII	128	76	37	14	16	26	8	305
IX	177	104	51	19	22	35	11	420
X	417	161	54	20	25	36	11	724
XI	238	92	31	11	14	20	6	413
XII	699	269	91	34	41	60	19	1 213
Sum	2 004	971	417	153	185	283	88	4 100

Tabell 7. Tilførsler fra luft til Norske havområder for klorpesticider i 2008, inkludert HCB (kg/år), totalavsetning per region, beregnet ved hjelp av empirisk metode.

Region	α -HCH	γ -HCH	p,p'-DDT	p,p'-DDE	p,p'-DDD	trans-CD	cis-CD	HCB
I	75	42	0.7	3.1	0.2	1.4	3	231
II	343	190	3.2	14.3	1.0	6.4	14	1 048
III	370	205	3.4	15.4	1.0	6.9	15	1 131
IV	124	69	1.2	5.2	0.4	2.3	5	378
V	218	121	2.0	9.1	0.6	4.1	9	666
VI	186	67	1.7	7.8	0.5	3.5	8	528
VII	679	246	6.3	28.4	1.9	12.8	28	1 934
VIII	604	219	5.6	25.2	1.7	11.4	25	1 720
IX	833	302	8.1	34.5	3.0	15.7	35	2 370
X	1 483	250	13.7	61.6	4.2	28.0	62	3 905
XI	847	143	7.9	34.9	2.5	16.0	35	2 231
XII	2 484	418	23.2	103.5	7.2	47.0	104	6 538
Sum	8 245	2 272	77	343	24	156	345	22 680

Tabell 8. Tilførsler fra luft til hav for PAH i 2008 (tonn/år), totalavsetning per region, beregnet ved hjelp av empirisk metode.

Region	Biphenyl	Acenaphthene	Fluorene	Phenanthrene	Anthracene	Fluoranthene	Pyrene	Benzo[a]pyrene	Benz[a]anthracene	S ₉ PAHs
I	2	1.5	5.1	6.0	0.2	1.6	1.0	0.4	0.2	18
II	9	6.7	23.0	27.0	0.7	7.2	4.6	1.9	1.0	82
III	10	7.2	25.0	29.0	0.8	7.8	4.9	1.9	1.1	88
IV	3	2.4	8.3	9.8	0.3	2.6	1.6	1.1	0.4	30
V	6	4.3	15.0	17.0	0.5	4.6	2.9	1.3	0.6	52
VI	28	1.9	11.0	7.9	0.2	2.2	1.4	0.8	0.3	53
VII	102	7.1	39.0	29.0	0.7	8.0	5.0	2.0	1.1	194
VIII	91	6.3	35.0	26.0	0.7	7.1	4.4	2.4	1.0	173
IX	125	8.7	48.0	35.0	0.9	9.8	6.1	8.1	1.6	244
X	406	2.0	71.0	7.7	0.2	3.4	1.9	0.6	0.3	493
XI	232	1.1	41.0	4.4	0.1	1.9	1.1	0.5	0.2	282
XII	680	3.3	119.0	13.0	0.3	5.7	3.2	1.4	0.6	826
Sum	1 694	53	440	212	5	62	38	22	8	2 536

Tungmetaller

I **Tabell 9** har vi oppsummert resultatene for de empiriske beregningene av tilførsler fra luft til hav som er gjort ved å bruke overvåkingsdata fra Norge og andre Europeiske land i kombinasjon med enkel avsetningsmodell i henhold til beskrivelsene i kapittel 7.2.2. Kvikksølv er derimot beregnet med en kjemisk transportmodell, EMEP/MSC-W (EMEP, 2010b)..

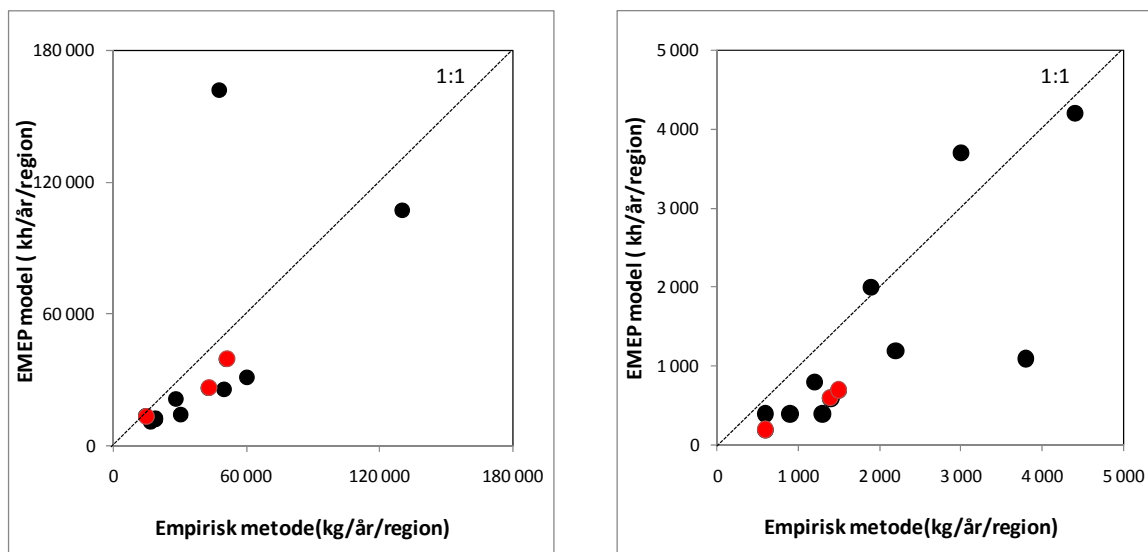
Tabell 9. Beregnede tilførsler fra luft til hav for tungmetaller i 2008 (kg/år/region), ved hjelp av empirisk metode, utenom for kvikksølv som er beregnet med EMEP modellen.

Region	Bly Pb	Kadmium Cd	Arsen As	Krom Cr	Kobber Cu	Nikkel Ni	Sink Zn	Kvikksølv Hg
I	15 100	600	2 900	5 800	15 900	6 100	98 700	400
II	43 300	1 400	11 800	15 900	63 700	27 000	393 800	900
III	51 300	1 500	13 300	25 400	98 700	25 700	467 500	1 100
IV	19 600	900	8 800	14 800	25 800	11 600	214 100	400
V	19 400	600	8 500	9 700	23 700	10 600	223 300	400
VI	17 500	1 300	4 400	6 100	116 800	16 300	282 000	400
VII	28 500	1 200	13 900	12 600	117 800	27 200	522 700	700
VIII	50 300	3 800	8 700	12 500	261 300	52 000	560 300	900
IX	60 300	1 900	23 900	53 000	303 000	87 200	878 200	1 100
X	48 000	3 000	9 600	11 600	227 500	37 200	498 100	4 900
XI	30 900	2 200	5 900	8 900	194 300	37 100	400 400	600
XII	130 200	4 400	46 400	103 700	606 800	170 700	1 724 200	3 500

Sammenlignet med fjorårets beregninger for Region IX-XII, (Green *et al.*, 2010a) er nivået noe lavere spesielt for bly som er halvert. Årsaken til dette er hovedsakelig at en lavere tørravsetningshastighet, fra 1 til 0.1 cm/s, er brukt, dvs. et lavere bidrag av partikulært bundet materiale i 2008 som relativt sett er viktigst i de nordligste områdene for bly. Tørravsetningen står for 5-20 % av det totale bidraget for bly med en avsetningshastighet på 0.1 cm/s, det tilsvarende tall med bruk av 1 cm/s er 30-70%. Hvis man hadde brukt 0,1 cm/s i estimatene for 2007 ville nivået i 2008 være gjennomgående noe høyere enn året før. Forskjellene kan også bero på ulik representativitet i modellberegningene, både metodemessig og måledata da flere målepunkter er benyttet i dette siste

estimatet. Det antas at tilnærmingene gjort her, *Tabell 9* er mer presist enn året før, men det illustrerer noe av usikkerheten i den empiriske metoden hvor den totale tilførslen varierer med opp mot en faktor to avhengig av om tørravsetningshastighetene settes til 0.1 eller 1 cm/s. Det er også stor usikkerhet i nedbørmengden. I den empiriske metoden antas det homogen nedbørmengde over hele området, dette er selvfølgelig en grov forenkling.

I tillegg til kvikksølv, ble totalavsetningen av bly og kadmium også beregnet med EMEP-modellen (EMEP, 2010b). Disse modellresultatene er blitt brukt som inngangsdata for havmodellen ECOSMO (Vedlegg B). Det er derfor viktig å se på forskjellene i disse metodene for å kunne diskutere usikkerheten i tilførselsberegninger. I *Figur 7* er det gjort en sammenligning ved å velge samme EMEP rute for modellberegningene og sammenligner med de empiriske beregningene gjort over.



Figur 7. Sammenligning av beregnede totalavsetning i de ulike regioner i 2008, (kg/år/region) ved å benytte empirisk metode og EMEP modellen, Regionene I-III er merket med rødt.

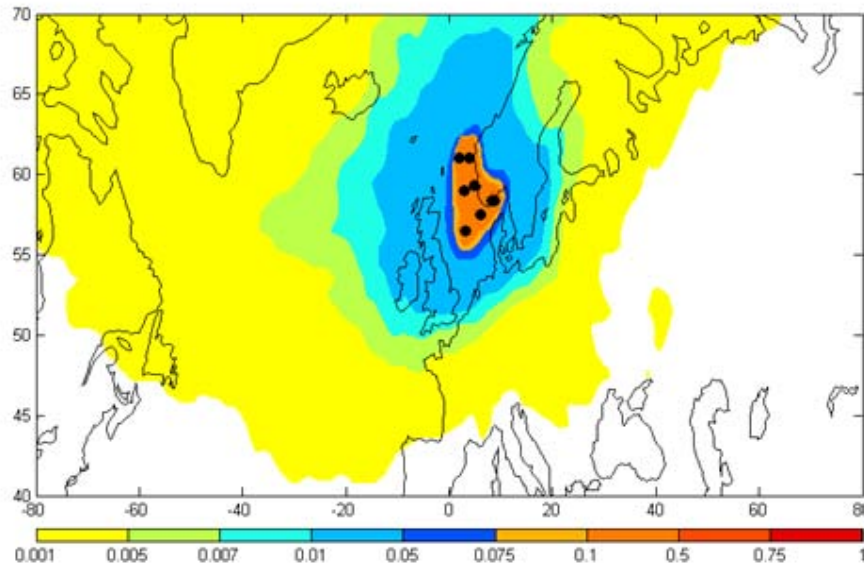
Figur 7 viser en tydelig og relativt bra sammenheng mellom de to metodene både for bly og kadmium. Den romlige fordelingen gjenspeiles likt i de to metodene. EMEP modellen, med et par unntak, underestimerer totalavsetningen i forhold til empirisk metode. Dette er velkjent observasjon om man sammenligner EMEP modellen med konsentrasjoner i luft og nedbør observert på EMEP stasjoner (EMEP, 2010b). En del av årsaken til dette er mangelfulle utslippsestimater. For regionene I-III er empirisk metode en faktor 1.4 høyere for bly og 2.5 for kadmium sammenlignet med EMEP modellen. Det er flere årsaker til at usikkerheten i kadmiumavsetningen er høyere enn for bly. Modellen har bedre resultater for bly da utslippskildene er noe bedre kjent, men også observasjonene er av høyre kvalitet for bly enn kadmium som er noe vanskeligere å detektere og mer utsatt for kontamineringsproblemer. Med tanke på hvor stor iboende usikkerhet det er i begge metoder er forskjellene mellom dem tilfredsstillende. Det er derfor rimelig å anta at atmosfærisk tilførsel av bly og kadmium beregnet med EMEP modellen som er brukt som input til havmodellen er av tilfredsstillende kvalitet for dette formål selv om man skal være klar over at estimatet nok er noe underestimert, opp mot en faktor 2.

Beregnete kilderegioner for langtransportert atmosfærisk tilførsel

Beregning for PCB-28

For utredningen av kildeområder som bidrar til Regionene I-III i 2008, har vi brukt simuleringer som er gjort med den atmosfæriske spredningsmodellen FLEXPART. Nærmere beskrivelse av modellen er presentert i fjorårets rapport (Green *et al.*, 2010a) og i kapittel 7.2.2. For å bestemme kilderegionene, genereres først tredimensjonale kart med potensiell utslippsfølsomhet for de sju ulike lokaliteter vi har definert i de tre havområdene (kapittel 7.2.2). Disse kartene illustrerer hvilke

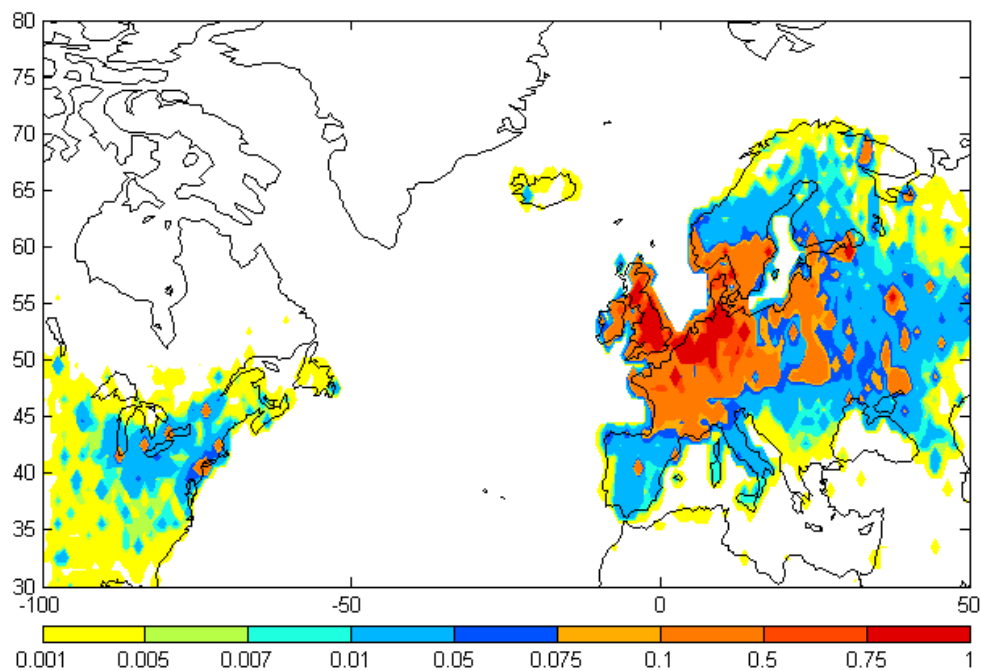
områder luften som ankommer Nordsjøen har befunnet seg mest. Det er små forskjeller mellom havområdene og årlig gjennomsnitt for alle lokaliteter er vist i **Figur 8**. Naturlig nok er det høyest sensitivitet for nærområdene til Nordsjøen, men også luft fra Øst- og Mellom- Europa har potensiell mulighet til å gi et relativt stort bidrag.



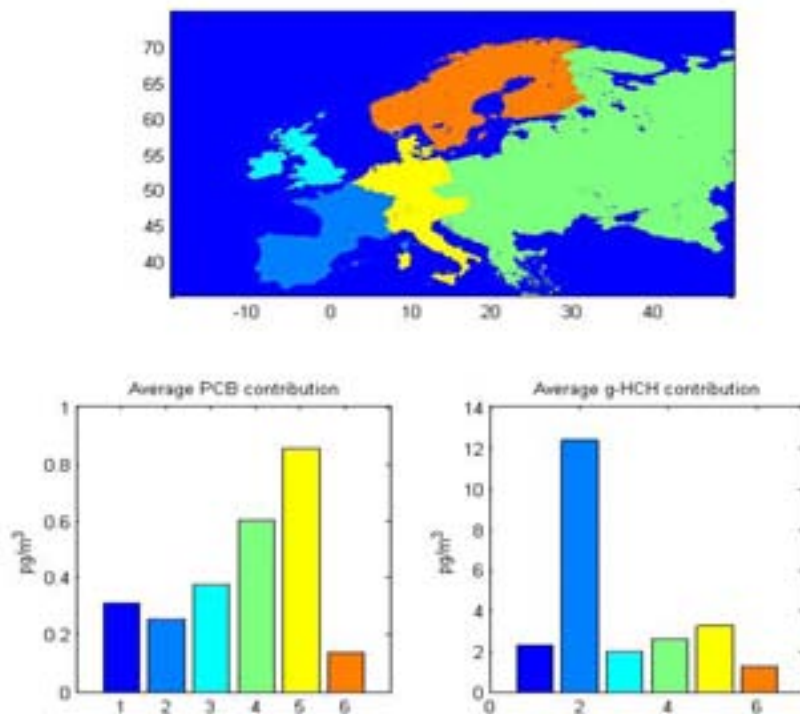
Figur 8. Fotavtrykkskart som angir hvor luftmassene har utvist størst sensitivitet til å fange opp utslipp som kan ha forekommet i nedre luftlag (0-100 meter), representert med PCB-28 tracer, gjennomsnitt for alle sju definerte lokaliteter Nordsjøområdene for hele 2008, ns/m³.

Disse beregningene kan kombineres med utslippsestimater for å estimere det faktiske bidraget. For PCB-28 er det globale utslippsestimat beregnet av Breivik *et al.* (2002) benyttet. Ved å kombinere utslippssensitivitet og reelle utslipp beregnes utslippsbidraget, og dette kan presenteres som kart slik vist i **Figur 9**. Det er minimale forskjeller mellom havområdene e så et gjennomsnittskart gir et representativt bilde for hele regionen. De viktigste kilderegionene for atmosfærisk tilførsel av PCB-28 til Nordsjøen befinner seg i Sentral- og Øst Europa.

Disse resultatene er i samsvar med tidligere studier for Birkenes (Eckhardt *et al.* 2009) hvor man studerte kildebidraget γ -HCH og PCB-28 til overvåningsstasjonen Birkenes i Aust Agder for perioden 2003-2007. I denne analysen ble det definert syv kildeområder (**Figur 10**) og beregnet årlig gjennomsnittlig bidrag for hver region. For γ -HCH er Sørvest - Europa hovedkilden, mens for PCB-28 er kilden mer mot øst, som også er tydelig i **Figur 8** for beregningene for Nordsjøen.



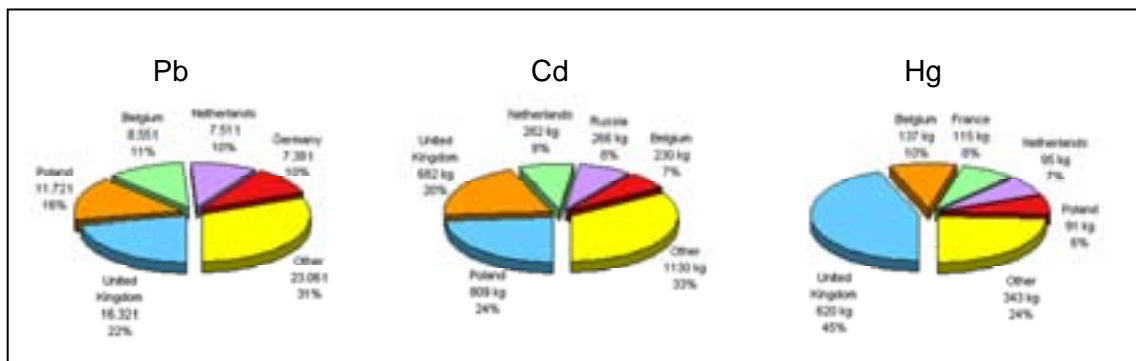
Figur 9. Beregnede gjennomsnittlig utslippsbidrag til Nordsjøområdet i 2008, representert ved PCB 28 tracer [10^{12} pg/m⁸].



Figur 10. Beregnede gjennomsnittlig bidrag av PCB og γ -HCH fra ulike deler av Europa til Birkenes for perioden 2003-2007 (fra Eckhardt et al., 2009).

Beregninger for tungmetaller

I EMEP beregnes årlig såkalte kildematriser for ulike land og regioner (EMEP, 2010b). Her estimeres totalavsetningen til eksempel til Nordsjøen, og hvilke land og områder som er de største bidragsyterne. Resultatene for bly, kadmium og kvikksølv er presentert i **Figur 11**. Det er viktig å påpeke at nordsjøområdet definert i EMEP beregningene er betydelig større enn Region I, II og III. EMEP inkluderer et større område mot vest, til Storbritannia inklusive den engelske kanal dvs. at England og Frankrike nok har relativt større bidrag enn hva som nok er tilfeller for Region I-III.



Figur 11. Prosentvis bidrag til beregnede totalavsetningen av atmosfærisk tilførsel av bly (Pb), kadmium (Cd), og kvikksølv (Hg) til 2008, beregnet med EMEP modellen for Nordsjøen, inkludert Skagerrak og Engelske kanal (EMEP, 2010b).

Som det kommer frem av **Figur 11** er det noe ulike bidragsregioner for de forskjellige metallene, men de største bidragene kommer fra grenseliggende land som Storbritannia, Belgia og Nederland. Men også land som ligger noe lengre unna som Polen og Russland er viktige kildeområder. Det er dog viktig å legge merke til at en tredjedel av kildeområdene ligger skjult under "andre", heriblant Norge. Hvis man ser på Norge spesifikt bidrar våre utslipp med 0.5 tonn bly, 50 kg kadmium og 16 kg kvikksølv til Nordsjøen. Dette utgjør hhv. 9 %, 9 % og 8 % av det totale utslippet i Norge.

4.1.3 Tilførsler via havstrømmer

Tilførslene av forurensende stoffer via havstrømmene er beregnet ved bruk av den tredimensjonale havmodellen ECOSMO/OxyDep. Havstrømmene transporterer stoffene rundt omkring i modellområde. Det er derfor viktig å presisere at havstrømmene ikke er en direkte kilde, men representerer en omfordeling av de stoffene som tilføres via andre kilder. De forurensende stoffene som er inkludert i modellen er Hg, Cd, PCB, HCB, PAH og HCH. For disse stoffene finnes det grunnlagsdata som er nødvendig for modellen, men for noen av stoffene er grunnlagsdataene noe ufullstendige, og vi håper på en forbedring av dette i det videre arbeidet.

Det bør understrekkes at havstrømmene ikke er direkte kilder for regionene. Havstrømmene fordeler og flytter stoffene fra de andre kildene rundt i Nordsjøen. De er i seg selv ikke en kilde. Dette forklarer hvorfor tilførselstallene kan bli så store for havstrømmene. Det er riktig at havstrømmene tar med seg forurensende stoffer fra områder utenfor Region I-III, men hvor mye som tilføres fra områdene utenfor Region I-III kan ikke tallfestes uten å kjøre en modell der det bare er lagt inn kilder utenfor Region I-III, noe som vil være et interessant studie i fremtiden.

Spredning av forurensende stoffer i sjøvann henger i stor grad sammen med stoffenes partisjonering i oppløst og partikulært organisk materiale. Observasjoner viser at den dominerende formen for næringssalter (nitrogen) i Nordsjøen er som oppløst organisk materiale (Suratman *et al.*, 2008). De modellerte biogeokjemiske parametrene (BIO, POM, DOM og NUT – se Vedlegg B) samsvarer godt med observerte konsentrasjoner av fytoplankton (hovedkomponenten av biomassen), partikulært

organisk nitrogen (PON), oppløst organisk nitrogen (DON) og nitrat i Nordsjøen. Vi kan derfor benytte modellresultatene til simulering av rom- og tidsvariabilitet av disse stoffene.

Når det gjelder tilførsler med havstrømmer har ECOSMO/OxyDep-modellen for hver parameter beregnet en netto tilførsel til hver region (*Tabell 21*), og netto fluks langs grenseflatene mellom regionene og mellom regionene og omkringliggende områder (*Figur 20*). Fluksene er beregnet ved å summere opp transport hver dag i ett år¹.

ECOSMO/OxyDep modellerer årlig produksjon og nedbrytning av organisk materiale. Det er derfor mulig å parameterisere den ”biologiske pumpen” som effektivt påvirker den vertikale massefluksen og derfor også utbredelsen av de forurensende stoffene. Uttrykket ”biologisk pumpe” viser til prosessen der organisk karbon transporteres fra den eufotiske sonen nær overflaten og ned i dypereliggende vannmasser. Modellen viser at det må være en sesongvariasjon i vertikalfordelingen av de forurensende stoffene i vannsøylen. ”Den biologiske pumpen” er en mulig årsak til en slik vertikalsjiktning. I varme perioder vil syntesen av organisk materiale føre til partisjonering av de oppløste stoffene til partikulære former.

¹ Tidsrommet for midling av konsentrasjon og strømningsmønster har mye å si for hvor store fluksene blir inn og ut av et område. Det blir lite meningsfylt å sammenligne slike verdier med andre modeller uten at de bygger på samsvarende tidsperioder eller antakelser.

Transportene

Utslippene fra land er viktig for modellberegning av miljøgifttransport med havstrømmer. Utslipp fra norske elver er registrert med månedlige verdier, mens andre elver kun er registrert med årsverdier (Sverige, Danmark, Nederland, Belgia, Tyskland, Frankrike og Storbritannia). For de utenlandske elvene er det også en del mangler i datasettene. De direkte tilførslene oppdatert (se Kapittel 7.2) og de samlede resultatene er gjengitt i **Tabell 10**.

Tabell 10. Modellerte tilførsler via havstrømmer og andre tilførsler (A), via havstrømmer (B) og differanse mellom havstrømmer inn og ut (C) for (Regionene I, II og III, regnet pr. 1000 km². (se metodebeskrivelse i kapittel 7.2.3 og Tabell 21).

Reg.		Kvikksølv kg	Kadmium kg	PCB kg	HCB kg	γ-HCH kg	PAH kg	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu, GBq	⁹⁰ Sr, TBq
I	A	584	8406	14	140	3.7	954.8	*	*
	B	557	8332	9.2	128	0.7	0.3	210	24.2
	C	533	7839	8.5	126	0.6	0.2	*	*
II	A	234	5730	5.5	22	8.2	1192.9	*	*
	B	220	5704	2.8	6.5	5.2	0.3	861	40.9
	C	0.8	233	0.1	7	-3.0	0	*	*
III	A	392	9787	7.5	21	16	1240.7	*	*
	B	376	9600	4.7	5.3	13	0.5	220	8.08
	C	169	4183	2.2	-0.5	7.8	0.3	*	*

*) ikke beregnet

Modellberegninger av tilførsler av strontium-90 (⁹⁰Sr) og plutonium-239+240 (²³⁹⁺²⁴⁰Pu) for områder I - III i **Tabell 10** tilsvarer år 2010. Modellberegninger er basert på kalkulasjoner av konsentrasjoner av radionuklider i havstrømmer (samt med fluks fra turbulent diffusjon) til Regioner I - III. Mer detaljer beskrives i seksjon 4.1.7.

Modellberegninger av tilførsler av radionuklider til Regioner I-III er basert på konsentrasjoner av radionuklider i områder som omkranser Regioner I-III og modellberegninger av havestrømmer fra disse områder til Regioner I-III i løpet av år 2010. Slik evaluering av konsentrasjoner krever langtids modellberegninger (for eksempel fra år 1945 til atmosfæriske prøvesprengninger). Hver enkelt område var vurdert som vannkolonne samt sedimentkolonne (vannkolonne inkluderer også sedimentpartikler). Bevegelse av radionuklider mellom vannkolonne og sedimentkolonne i den samme regionen vurderes ikke som tilførsel.

NORWECOM-modellen

Som et supplement til beregningene utført med ECOSMO/Oxydep er det gjort beregninger for 4 ulike miljøgifter (kadmium, kvikksølv, bly og PCB153) med NORWECOM-modellen ved IMR. Ved å benytte en ekstra modell for å studere transporten i og med havstrømmene av ulike miljøgifter, vil en bedre mulighetene til å si noe om usikkerheten og variabiliteten i de beregningene som er gjort, og dermed styrke konklusjonene i denne delen av rapporten. Det er også valgt å se på forskjellige år for NORWECOM og ECOSMO/Oxydep for i tillegg å få mer informasjon om hvor viktig mellomårige variasjoner er. Utgangspunktet for simuleringene med NORWECOM har vært å se på fordeling og konsentrasjon av de ulike miljøgiftene i to ekstrem år. Ekstrem i denne sammenhengen har vært gjennom variabilitet i de atmosfæriske drivkreftene. Disse er viktige for styrke og retning av havstrømmene som igjen transporterer og blander de ulike forurensingskomponentene rundt i Nordsjøen. For å illustrere dette er årene 1995 og 1996 valgt. Disse to årene kan karakteriseres med en henholdsvis svært høy og svært lav NAO (*North Atlantic Oscillation*). En beskrivelse av modelloppsettet er gitt i kapittel 7.2.3, og en fullstendig oversikt over resultatene i Vedlegg B.

4.1.4 Tilførsler fra petroleumsvirksomhet på norsk sokkel

Kjemikalieutslipp fra petroleumsvirksomhet på norsk sokkel, faste installasjoner er visst i **Tabell 11**: Det er ikke rapportert PAH utslipp av PAH til sjø regelmessig fra installasjoner eller fra letefelt. I "Olje til sjø", (dvs.drenasjevann, jetting (olje på sand) og produsert vann) for 2009 er hentet fra Oljeindustri Landsforening – OLF (se <http://www.olf.no/Publikasjoner/Miljorapporter/Miljorapport-2010/Feltspesifikke-utslippsrapporter-2010/>) og er visst i Vedlegg E.

Tabell 11. Utslipp til sjø fra faste installasjoner i Region II og III [kg/år] (Kilde: Environment Web)

	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Arsen	0.041	0.024	0.05	0.03	0.079	0.064
Bly	0.533	0.778	1.15	1.277	0.496	0.921
Kadmium	0.005	0.003	0.005	0.004	0.004	0.006
Kobber	0.801	0.502	0.882	1.084	0.779	1.412
Krom	0.259	0.188	0.224	0.302	0.184	0.295
Kvikksølv	0.004	0.004	0.003	0.002	0.001	0.002
Organohalogen	0.128	0.057	0.005	0.122	0.016	0.006

Kjemikalieutslipp fra petroleumsvirksomhet på norsk sokkel, letefelt i Region II og III er visst i **Tabell 12**. Feltene varierer i lokasjon fra år til år.

Tabell 12. Utslipp til sjø fra letefelt i Region II og III [kg/år]. (Kilde: Miljøovervåkingsdatabasen – MOD, administreres av Veritas).

	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Arsen	3	2	10	10	23	67
Bly	92	100	258	364	324	809
Kadmium	1	0	1	2	2	8
Kobber	157	63	200	320	442	1249
Krom	44	22	49	81	108	259
Kvikksølv	1	0	0	1	1	5
Olje	0	17	5	4	7	11

4.1.5 Tilførsler fra skipstrafikk i norske farvann

Det er ingen oppdaterte tall for skipstrafikk i norske farvann. Det merkes at det ble forbudt å påføre frisk TBT i 2003 og all gammel TBT skulle være fjernet i 2008. Derfor, med hensyn til TBT kan det sette tilførslene fra skip til 0. (Klif, 1305_2011, pers.med. på vegne av Sjøfartsdirektoratet.)

4.1.6 Tilførsler ved utlekking fra havbunn

Tallene stammer fra prosjektfasen (se Molvær *et al.* 2008) og har ikke blitt oppdatert siden.

4.1.7 Tilførsler av radioaktive stoffer

Tabell 13 viser beregnede tilførsler til og konsentrasjoner i havområder I - III av strontium-90 (^{90}Sr) og plutonium ($^{239+240}\text{Pu}$) i 2010.

Tabell 13. Beregnede tilførsler av strontium-90 (^{90}Sr) og plutonium-239+240 ($^{239+240}\text{Pu}$) til Regioner I-III.

Region	Tilførsel av $^{239+240}\text{Pu}$, GBq	Konsentrasjon av $^{239+240}\text{Pu}$, mBq/m ³	Tilførsel av ^{90}Sr , TBq	Konsentrasjon av ^{90}Sr , Bq/m ³
I	210	5.4	24	1.6
II	861	8.0	41	1.5
III	220	7.8	8.1	0.8

Modellberegninger av konsentrasjoner i filtrert vann og tilførsler av strontium-90 (^{90}Sr) og plutonium-239+240 ($^{239+240}\text{Pu}$) for områder I-III i **Tabell 13** tilsvarer år 2010.

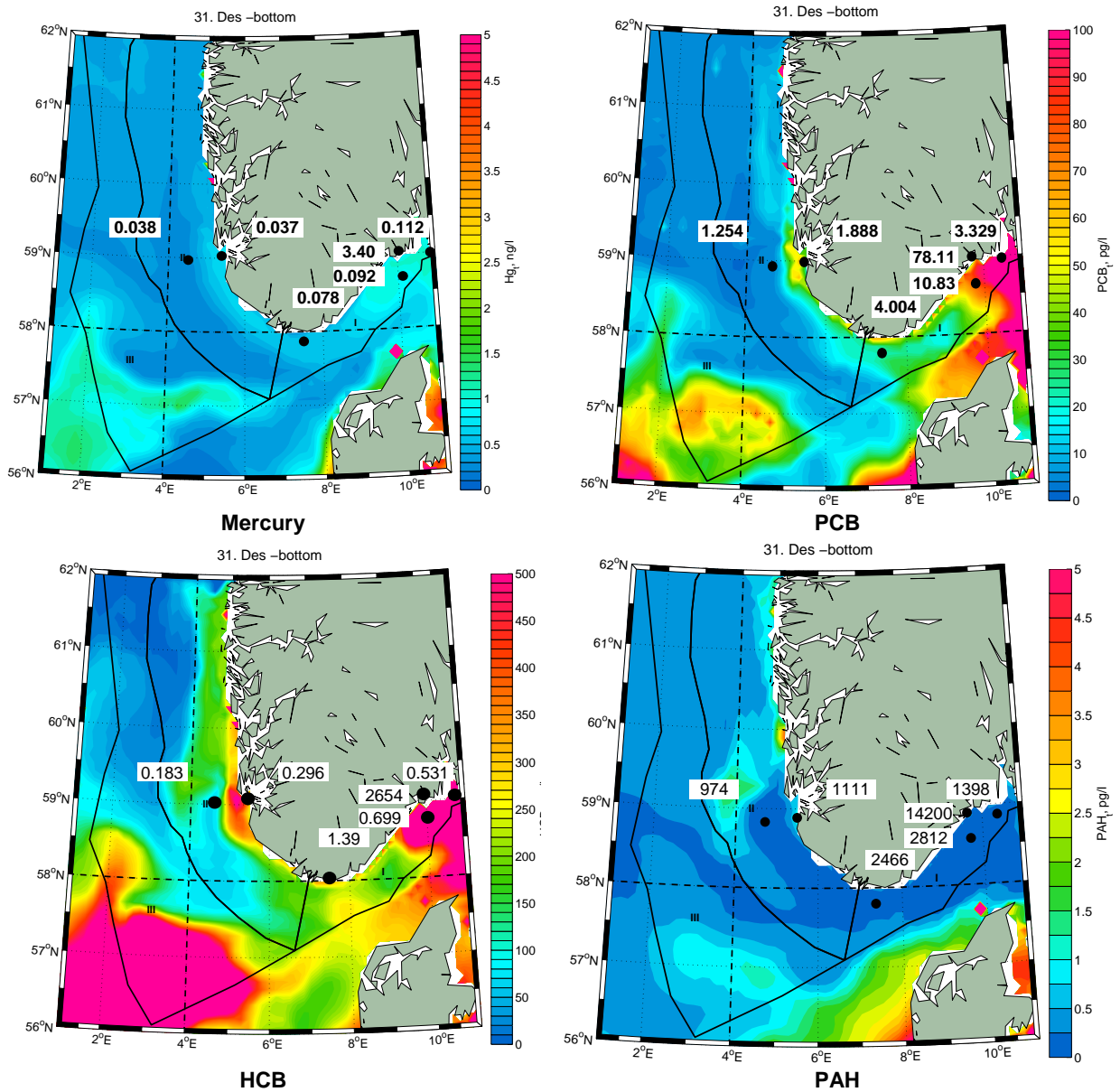
Modellberegning av tilførsler og konsentrasjoner av ^{90}Sr er basert på utslipp fra atmosfæriske prøvesprengninger med følgende transport av havstrømmer, gjenvinningsanlegget Sellafield anlegg ved Irskesjøen, La Hauge (Cap de la Hague) anlegg i Normandy og Kattegat (Østersjøen). Modellberegning av $^{239+240}\text{Pu}$ er basert på utslipp fra atmosfæriske prøvesprengninger med følgende transport av havstrømmer, Sellafield anlegget, La Hauge anlegget samt remobilisering fra Irskesjøen. Modellberegninger av tilførsel av ^{90}Sr implementerer også tilgjengelige resultater fra Statens strålevern overvåking- og tilførselsprogrammet. Videre henvises til **Figur 88** og **Figur 89** hvor tilførselen til samtlige regioner er vist.

4.2 Beregnede konsentrasjoner i bunnvann versus målte konsentrasjoner i sediment

Den marine modellen utvikles, men man har ikke kommet så langt at man kan gjøre presise beregninger av konsentrasjoner av miljøfarlige stoff i vannmasser eller sedimenter. Til dette kreves bl.a. mer utvikling av modellen, kjøring som inkluderer mer detaljert data om tilførsel til alle regioner og transporten til Nordsjøen fra nærliggende regioner, med tilførsel og volumtransport som varierer i både tid og i rom. I tillegg må modellen bedre simulere den betydningen som sedimentasjon og biologisk opptak har for konsentrasjonene i vann og i sedimenter.

En sammenligning mellom målt konsentrasjon av forurensede stoff i sediment og beregnede konsentrasjoner i bunnvann kan imidlertid gi grunnlag for å bedømme hvor gode beregningene er. I **Figur 12** er konsentrasjoner av hhv. kvikksølv, PCB, HCB, og PAH i sediment på seks stasjoner i Region I, II og III vist sammen med beregnede konsentrasjoner i bunnvann. For kadmium var konsentrasjonen over deteksjonsgrensen i bare 3 av 16 sedimentprøver og ingen god sammenligning kunne gjøres. Det er registrert høye resultater fra stasjonen i Grenlandsfjordområdet, men dette er en spesiell stasjon som ligger nær punktkilder.

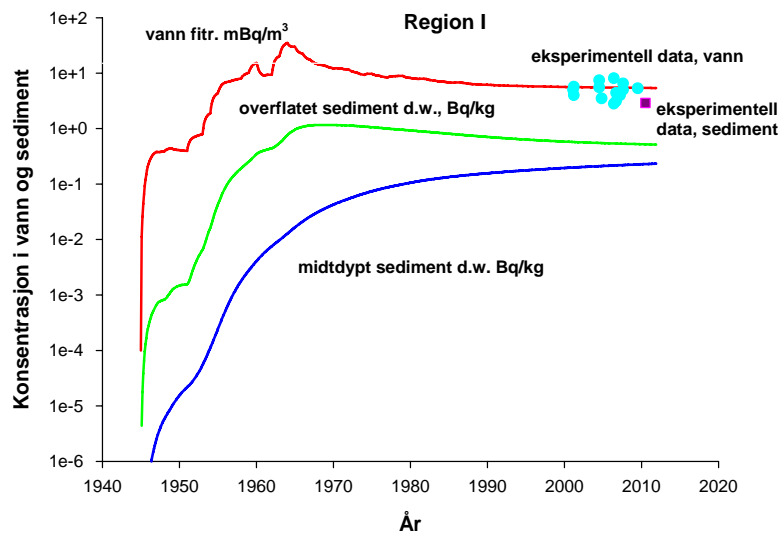
For kvikksølv, PCB og i mindre grad HCB var det i hovedtrekk bra samsvar mellom beregnede konsentrasjoner i bunnvannet og målte konsentrasjoner i sediment. Det var relative lave konsentrasjoner i bunnvann og i sediment i syd og sydvest i forhold til lenger nordøst i Skagerrak. Lindan (se Vedlegg B og Vedlegg C) og PAH stemte dårlig. Dette kan tildels skyldes noe større nedbrytningskoeffisienter for disse stoffene (**Tabell 33**) slik at modellen beregner noe lavere konsentrasjoner.



Figur 12. Beregnede konsentrasjoner av kvikksølv (Hg) i ng/l og PCB, HCB og PAH i pg/l i bunnvannet (farger på kartet med tilhørende fargeskala t.h.) og målt konsentrasjon av kvikksølv i mg/kg og PCB, HCB og PAH i µg/kg i sedimentprøver (svarte sirkler med tilhørende konsentrasjon i tekstrammer). Kart med de beregnede konsentrasjoner er hentet fra Vedlegg B hvor flere kart for flere stoffer viser spredningsmønstre i overflaten og på dypvann for både sommer og vinter.

Plutonium-239+240 ($^{239+240}\text{Pu}$) har sterk binding til sedimentpartikler ($k_d=10^5$). Transport av $^{239+240}\text{Pu}$ mellom vannsøylen og havbunn i den samme regionen beskrives gjennom flere prosesser: sedimentasjon av partikkelassosierte aktiviteten i vannsøylen; diffusjon av radionuklider i porevann, resuspensjon, blanding som følge av bioturbasjon, samt nedlekking av radionuklider til dypere sedimentlag.

Resultater for Region I er presentert i **Figur 13**. Den viser at gjennomsnittskonsentrasjon av plutonium-239+240 blir mindre i vann og sedimentsjikt med dybde 0-0.1 m (modell overflatet sediment), men gjennomsnittskonsentrasjon i midlere sedimendyp (0.1-1.9 m) forsetter å stige. Presisjon av resultater kan forbedres med optimalisering av parametre for beskrivelse av interaksjonen vann - sediment samt med forbedret kunnskap om regionale parametre (for eksempel, porøsitet av sediment og innhold av suspenderte partikler i vannkolonnen).



Figur 13. Konsentrasjoner av $^{239+240}\text{Pu}$ i vann og sediment versus eksperimentell data. Eksperimentell data tilsvarer sediment fra havbunnens overflate (0-2cm)

4.3 Overvåkingsresultater

I 2010 ble det analysert organiske miljøgifter i sedimenter på seks stasjoner og i torsk på to stasjoner. Videre ble det analysert radioaktive stoffer i sjøvann på fem stasjoner, i sedimenter på tre stasjoner og i torsk på to stasjoner (Se **Figur 29** og **Tabell 15**, og Vedlegg C). Rådata er lagret på NIVA og en kort oppsummering av resultatene følger.

Regelmessige undersøkelser av miljøgifter i luft og nedbør på NILUs nye målestasjon på Andøya startet i desember 2009. Resultatene herfra for 2010 vil presenteres i en egen rapport (Aas *et al.*, 2011). I beregning av atmosfærisk tilførsel ved hjelp av empirisk metode, er data for 2008 fra både det nasjonale overvåkingsprogrammet (Aas *et al.*, 2009) og fra det europeiske (EMEP) benyttet. Disse dataene og metodebeskrivelse er presentert i Aas og Breivik (2010).

Gjennomsnittskonsentrasjoner av enkelte miljøfarlige stoffer i sediment og torsk er vist på kart i **Figur 68 - Figur 79** i Vedlegg D. Her vises prioriterte stoff med tilstrekkelig data over deteksjonsgrensen og som kan være representativ for en stoffgruppe (for eksempel sum PCB, sum PAH16, sum PBDE). I tillegg er det lagt vekt på stoffer hvor det også finnes tilførselsdata. Resultatene er presentert med konsentrasjon i sediment og torsk på samme kart. Symbolenes farge og størrelse indikerer nivå og klassifisering i klassifiseringssystemet for kyst. Klassifiseringssystem for bruk på data for biologisk materiale fra havområder foreligger ikke, men Klifs klassifiseringssystem for sediment og vannsøylen er risikobasert og gjelder generelt for marine områder.

Data og kart for alle stoff og stasjoner er vist i Vedlegg C og Vedlegg D. Stasjonene er vist i **Figur 29**.

4.3.1 Miljøgifter i sedimenter

Det er generelt funnet noe høyere nivåer av organiske miljøgifter i sedimenter i Nordsjøen enn det som ble rapportert for Barentshavet i fjor. Nivåene i åpent hav ligger imidlertid relativt lavt, og den sterkeste forurensningen finner man i fjordområdene og nært kysten, som ved stasjon 32. Her var nivåer av enkelte miljøgifter svært høye. Resultatene fra denne stasjonen er derfor vurdert separat fra de andre 5 stasjonene som ligger i åpent hav.

PCB og pesticider

Konsentrasjoner av PCB i sediment varierte fra "Bakgrunn" (Tilstandsklasse I) ved 4 stasjoner til "Moderat" (Tilstandsklasse III) ved stasjon 32 (**Tabell 14**, **Figur 14**). For DDT (her uttrykt som sum av DDT, DDE og DDD) var konsentrasjonene enten på "Bakgrunn" eller "God" (Tilstandsklasse II) alle steder, mens HCB og lindan lå i Tilstandsklasse II ved alle stasjoner bortsett fra HCB ved stasjon 32 som var i Tilstandsklasse V ("Svært dårlig"). Lindan lå også høyest ved stasjon 32. Snittnivåene for de 5 stasjonene i åpent hav samt for stasjon 32 er vist i **Tabell 14**.

Nivåer av transnonaklor (TNC) ligger lavt alle steder og var målt til 0.01 µg/kg t.v. snittverdi for 5 stasjoner i åpent hav og 2.16 µg/kg t.v. på stasjon 32. Det er ikke etablert Klif Tilstandsklasser for TNC i sedimenter.

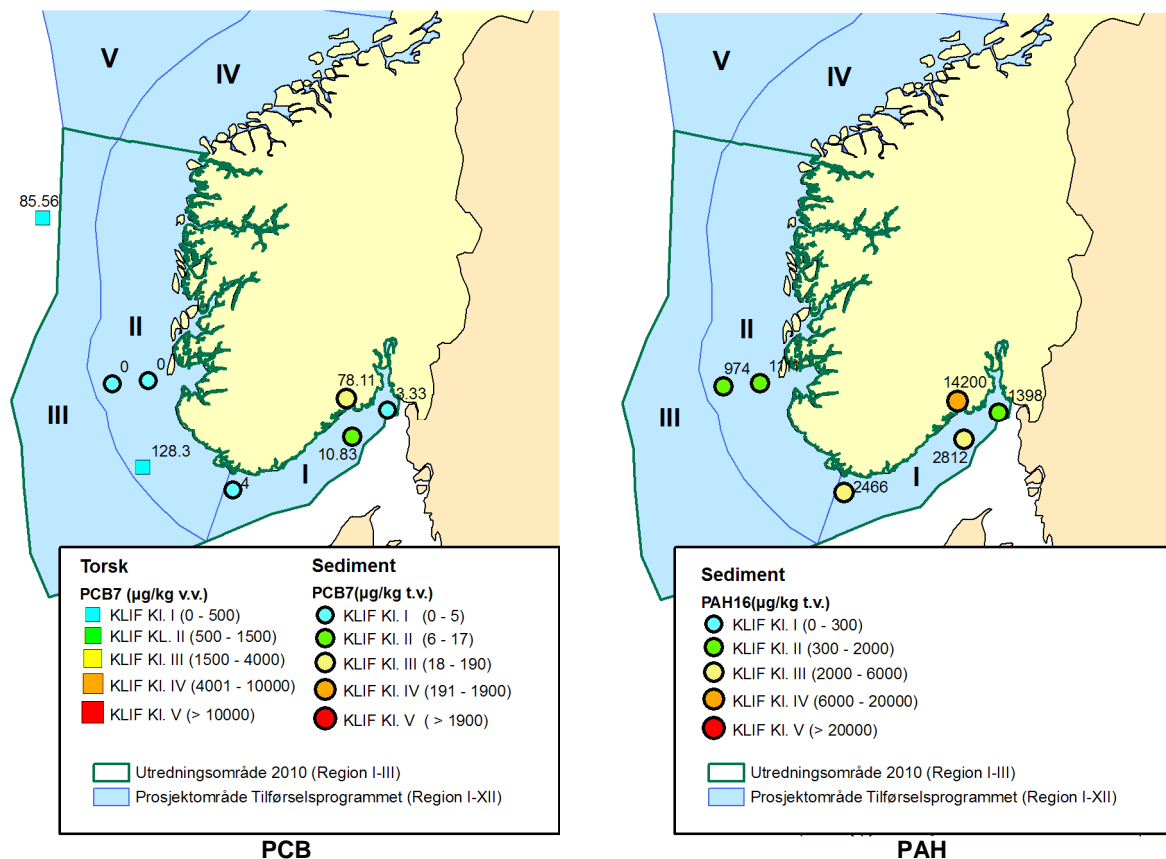
PAH og THC

Gjennomsnittskonsentrasjon av sum 16 PAH varierte fra Tilstandsklasse II ("God") til Tilstandsklasse III ("Moderat") i åpent hav og var i Tilstandsklasse IV ("Dårlig") ved stasjon 32 (**Tabell 14**, **Figur 14**). Benzo[a]pyren var i Tilstandsklasse II ved alle åpenthavsstasjoner, men var i Tilstandsklasse IV ved stasjon 32. Andre enkle PAH-forbindelser lå i Tilstandsklasser I til IV i åpent hav og i Tilstandsklasser II til V ("Svært dårlig") ved stasjon 32. Det var stasjonene 8 og 9 i åpent hav som hadde høyeste nivåer av PAH, inkludert nivåer i Tilstandsklasse IV for benz[a]antracen, krysen, indeno[1,2,3-cd]pyren og benzo[ghi]perylene. Det er ikke etablert tilstandsklasser for THC (oljerelatert hydrokarbon-forurensning) i sediment, men bakgrunnsnivå er typisk <10 mg/kg tørrvekt og en grense på 50 mg/kg tørrvekt brukes som terskelnivå for mulige effekter på marine organismer.

Nivåene ligger under denne grensen på alle stasjoner i åpent hav, men ca. 10 ganger over den på stasjon 32. Snittnivåene av 16 PAH og THC for de 5 stasjonene i åpent hav samt for stasjon 32 er vist i **Tabell 14**.

Tabell 14. Snittnivåer av organiske miljøgifter funnet i sediment på 5 stasjoner i åpent hav og på Stasjon 32 i Nordsjøen fra overvåking i 2010. Klif Tilstandsklasser er vist med farge for de stoffgruppene hvor klassifiseringen er etablert (blå: Tilstandsklasse I, "Bakgrunn"; grønn: Tilstandsklasse II, "God"; gul: Tilstandsklasse III, "Moderat"; oransje: Tilstandsklasse IV, "Dårlig"; rød: Tilstandsklasse V, "Svært dårlig").

Nivåer, µg/kg tørrvekt (unntatt THC)	Snitt 5 åpent hav stasjoner	Stasjon 32
Sum PCB7	4.20	78.1
Sum DDT	0.72	10.7
HCB	0.62	2654
Lindan	0.20	0.77
Sum 16 PAH	1762	13341
THC (mg/kg tørrvekt)	34.3	512
Sum 17 PBDE	18.1	53.0



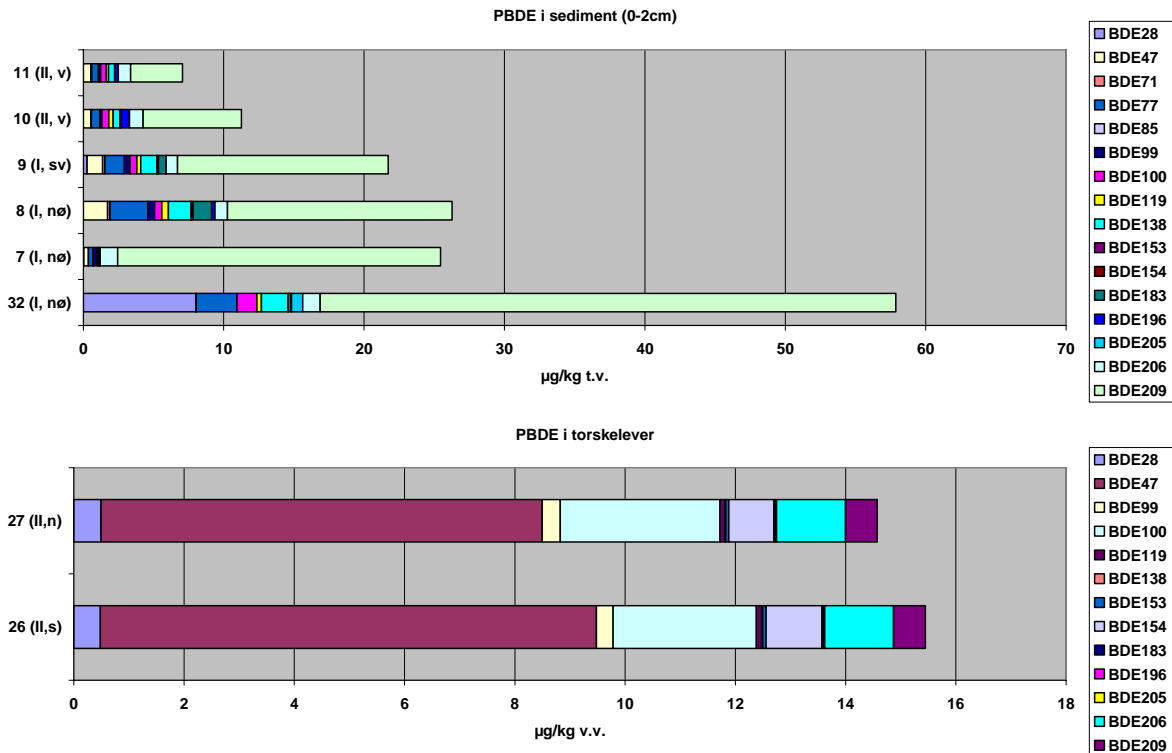
Figur 14. Gjennomsnittskonsentrasjoner av PCB og PAH i overflatesediment (µg/kg tørrvekt) og PCB i torskelerver (µg/kg våtvekt) fra overvåking i 2010. (Se også Vedlegg C for tilsvarende kart for andre miljøgifter).

Tabell 15. Prøvetaking stasjoner 2010 for sediment, biota og sjøvann.

Institutt ansvarlig for innsamling	Tilførselsprogramstasjonskode	Institusjonens stasjonskode	Region, ca. posisjon – nærliggende stedsnavn	Innsamlings dyp (m)	Kornstørrelse % <63µm (sediment)	Total % organisk karbon (sediment)	Innsamlings dato	Breddegrad nord	Lengdegrad øst	Matrise	vev/snitt
IMR	26	535	II, syd (Egersundbanken)	101			13.07.10	57.93	4.90	torsk	lever filet
IMR	27	615	II, nord (Tampen)	142			29.07.10	60.83	1.33	torsk	lever filet
IMR	32	162	I, nordøst – Grenlandsfjordområdet	95	48	2.9	28.04.10	59.10	9.63	sediment	0-2cm
IMR	7		I, nordøst – Skagerrak	460	95	2.2	14.08.10	58.99	10.67	sediment	0-2cm
IMR	8		I, nordøst – Skagerrak	490	95	2.5	11.08.10	58.61	9.86	sediment	0-2cm
IMR	9	503	I, sydvest – Skagerrak	400	97	2.2	06.07.10	57.78	7.10	sediment	0-2cm
IMR	10	498	II, vest	276	92	1.6	05.07.10	59.03	4.71	sediment	0-2cm
IMR	11	555	II, vest	276	97	2.1	18.07.10	58.92	3.84	sediment	0-2cm

PBDE

Polybromertedifenyletere (PBDE) ble vurdert i hovedsak på sum av 17 forbindelser (BDE-28, -47, -60, -71, -77, -85, -99, -100, -119, -138, -153, -154, -183, -196, -205, -206 og -209). For denne summen lå gjennomsnittskonsentrasjonene i sediment mellom 7 og 26 $\mu\text{g}/\text{kg}$ tørrvekt i åpent hav og ved 53 $\mu\text{g}/\text{kg}$ tørrvekt ved stasjon 32 (**Figur 15**). Til sammenligning var de høyeste nivåene av 17 PBDE i Barentshavet i 2009 på 7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ tørrvekt. Den eneste grensen for PBDE gjelder for pentabromdifenyleter hvor øvre grense for "God" tilstand (Tilstandsklasse II) er på 62 $\mu\text{g}/\text{kg}$ t.v., dvs. høyere enn sum BDE funnet i denne undersøkelsen. Dekabrom-forbindelse BDE-209 var dominerende i alle sedimentprøver fra alle stasjoner, mens BDE 47 var den med nest høyeste konsentrasjoner. Snittnivåene av PBDE for de 5 stasjonene i åpent hav samt for stasjon 32 er vist i **Tabell 14**.



Figur 15. Gjennomsnittskonsentrasjoner av de forskjellige PBDE-forbindelser i overflatesediment ($\mu\text{g}/\text{kg}$ tørrvekt) og i torskelever ($\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt) fra overvåking i 2010. Innenfor parenteser er det angitt region og posisjon innen regionen (sediment) eller stedsnavn (torsk).

PFC

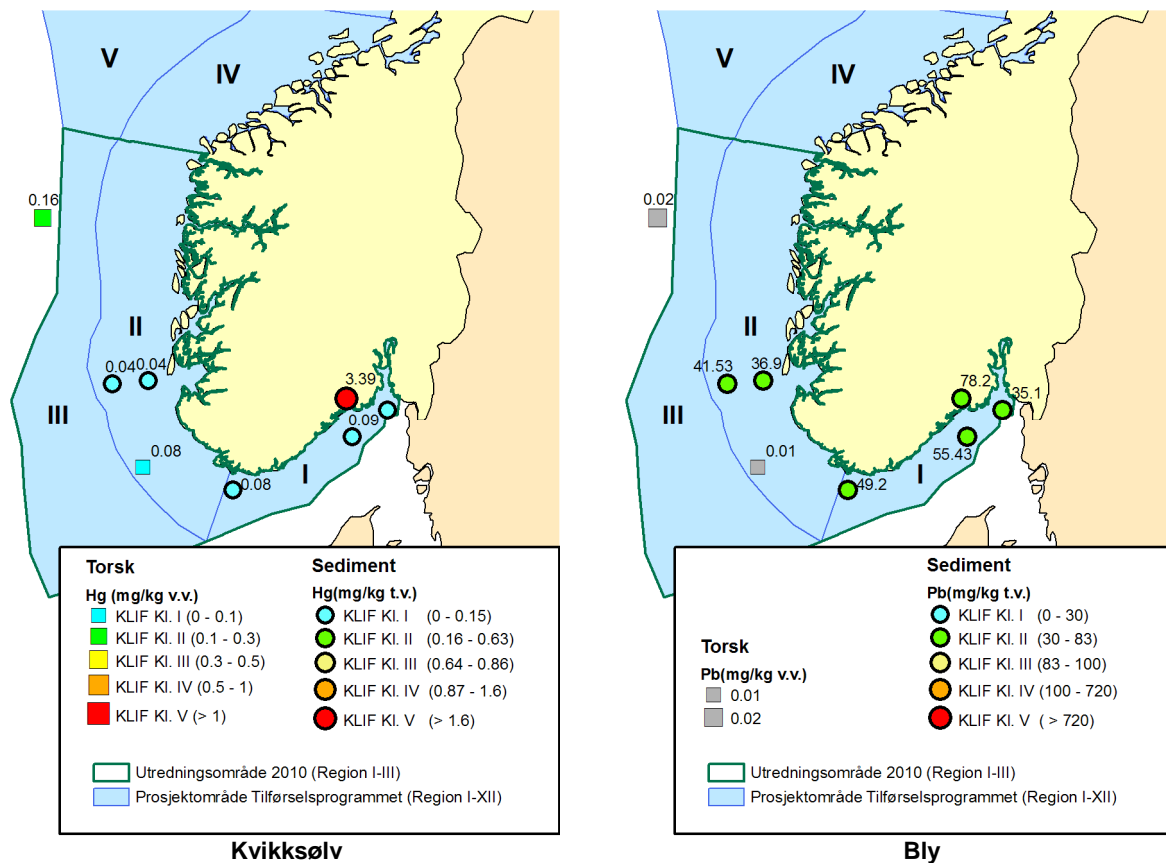
Perfluorerte stoffer (PFC) i sediment ble kun detektert for perfluorsyren PFOS og kun på de to stasjonene 7 og 9 med gjennomsnittlig konsentrasjon på hhv. 0.79 og 1.13 $\mu\text{g}/\text{kg}$ tørrvekt. Dette lå nokså nær deteksjonsgrensen. Deteksjonsgrensene for alle forbindelsene lå mellom 0.5 og 2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ tørrvekt. Bare PFOS i sediment er inkludert i klassifiseringssystemet. Gjennomsnittskonsentrasjon av PFOS i sediment for alle syv stasjoner var "God" (Tilstandsklasse II).

Metaller

For stasjonene i åpent hav var konsentrasjoner av kvikksølv, bly, kadmium og arsen i sediment (hhv. **Tabell 16, Figur 16, Figur 69, Figur 70 og Figur 71** i Vedlegg D) innenfor Tilstandsklasse I eller II ("Bakgrunn" eller "God") i Klifs klassifiseringssystem. Stasjon 32 som var i Tilstandsklasse V ("Svært dårlig") for kvikksølv, men ellers lå verdiene innenfor Tilstandsklasse I eller II.

Tabell 16. Snittnivåer av metaller funnet ved 5 stasjoner i åpent hav og ved Stasjon 32 i Nordsjøen fra overvåking i 2010. Klif Tilstandsklasser er vist med farge for de stoffgruppene hvor klassifiseringen er etablert (blå: Tilstandsklasse I, "bakgrunn"; grønn: Tilstandsklasse II, "God"; gul: Tilstandsklasse III, "Moderat"; oransje: Tilstandsklasse IV, "Dårlig"; rød: Tilstandsklasse V, "Svært dårlig").

Nivåer, mg/kg tørrvekt	Snitt 5 åpent hav stasjoner	Stasjon 32
Kvikksølv	0.071	3.4
Kadmium	0.1	1.43
Bly	43.6	78
Arsen	19.6	7
Kobber	18.6	7
Nikkel	30.8	16
Sink	89.4	149
Sølv	<0.5	<0.5



Figur 16. Gjennomsnittskonsentrasjoner av kvikksølv og bly i overflatesediment (mg/kg tørrvekt) og kvikksølv i torskefilet og bly i torskelever (mg/kg våtvekt) fra overvåking i 2010. Tilstandsklassene gjelder sediment. (Se også Vedlegg C for tilsvarende kart for andre miljøgifter.)

4.3.2 Miljøgifter i torsk

I tilførselsprosjektet blir torsk analysert for miljøgifter. Torsk er utbredt i alle Norges tre nære havområder selv om de finnes som foreskjellige stammer. Torsken i Nordsjøen blir for eksempel ikke så stor som torsk fra den nordøstatlantiske stammen i Barentshavet.

Arten er naturlig å velge da man har relativt lange sammenhengende tidsserier fra bla. NIFES' overvåkning av Nordsjøen (www.nifes.no/sjomatdata), og den er også brukt som indikatororganisme og overvåkningen som ble satt i gang i forbindelse med forvaltningsplanen for Nordsjøen.

PCB

Når det gjelder organiske miljøgifter, så er lever et bedre organ enn filet for å finne status i torskefisk siden det er fettrikt. Man finner PCB i godt målbare nivåer i torskelever fra begge stasjonene (**Figur 14**). Summen av 7 PCB-kongenere som inkluderer PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180 er mye brukt som indikator. På de to stasjonene fra åpent hav i Nordsjøen ble det funnet henholdsvis 131 og 85 µg/kg våtvekt i lever fra hhv. Egersundbanken (st.26) og Tampen (st.27). Dette er (som for kvikksølv) noe høyere enn det som ble funnet i havområdene i Barentshavet. Snittet for de to stasjonene er altså drøyt 110 µg/kg våtvekt, mens man i Barentshavet ved undersøkelsen i fjor (Green *et al.* 2010a) fant ett snitt på rundt 60 µg/kg våtvekt. I forhold til den flerårige undersøkelsen av blant annet PCB i Barentshavet under forvaltningsplanen ser vi dog at verdiene ligger rundt 100 µg/kg våtvekt over en lengre tidsperiode (Sunnanå *et al.* 2010). Øvre grense for Klifs Tilstandsklasse "Lite forurenset" (Tilstandsklasse I) ligger på 500 µg/kg våtvekt (Molvær *et al.* 1997), altså betydelig over de gjennomsnittene i torskelever funnet hittil i Tilførselsprogrammet.

Pesticider

Det ble målt en serie klorerte pesticider i torskelever. Av disse er DDT den mest kjente, og summen av detekterbare DDT var henholdsvis 82 og 71 µg/kg våtvekt. Dette er godt under grensen på 200 µg/kg våtvekt som skiller "Lite" og "Moderat" forurensing i Klifs klassifiseringssystem. For pesticider, inklusive DDT, er det ikke satt *maximum residue level* (MRL) for humant konsum av sjømat. Fem ulike toksafensubstanser ble også målt i programmet og nivåene var godt detekterbare for flere av dem. Kongeneren med høyest konsentrasjon var Toksafen-50 med et snitt på henholdsvis drøyt 9 µg/kg våtvekt og 17 µg/kg våtvekt på de to stasjonene. På grunn av stor spredning innad på stasjonene er det ingen signifikant forskjell mellom dem. HCB-analysene i torskelever viste henholdsvis 8 og 11 µg/kg våtvekt uten signifikante forskjeller mellom stasjonene. Dette er igjen godt under grensen på 20 µg/kg våtvekt som skiller "Lite" og "Moderat" forurensing i Klifs klassifiseringssystem (Molvær *et al.*, 1997). For HCH lå noen av analyseverdiene så vidt over kvantifiseringsgrensen rundt 1 µg/kg våtvekt som er betydelig under 50 µg/kg våtvekt som skiller "Lite" og "Moderat" forurensing i Klifs klassifiseringssystem.

PBDE

Konsentrasjonene i torskelever på de to stasjonene (st.26 og 27) var 14.6 og 15.4 µg/kg våtvekt (**Figur 15**). Dominerende forbindelsene var fortrinnsvis tetrabrom-forbindelsen BDE-47 og pentabrom-forbindelsen, BDE-100. Til sammenligning var de dominerende forbindelsene i sediment fra Barentshavet i hovedtrekk BDE-47, BDE-66 og BDE-77.

Summen av tre former av heksabromosyklododekan (HBCDD, alfa, beta og gamma) i torsk fra Nordsjøen var 2.6 og 3.1 µg/kg våtvekt på hhv. stasjonene 26 og 27. Resultatene var betydelig lavere enn resultatene fra Svalbard, Kvænangen og Andøya hvor summen av disse var hhv. 6.8, 7.0 og 8.7 µg/kg våtvekt.

PFC

PFC i torskelever ble kun detektert, med få unntak, for PFOS i 20 av de 50 fisk undersøkt. Unntaket gjaldt perfluordodekanoiksyren PFDA, perfluortridekanoiksyren PFTriDA og perfluorundekanoiksyren PFUDA i til sammen 3 individer og konsentrasjonene var lave (< 2 ganger

deteksjonsgrense). Gjennomsnittskonsentrasjon av PFOS på st.26 og 27 var hhv. 1.55 og 0.95 µg/kg våtvekt.

Metaller

I filet av torsk er det kvikksølv som er den mest interessante komponenten, og som er den eneste som normalt akkumulerer til forhøyede nivåer, mens de organiske miljøgiftene blir studert i den fettrike leveren.

Data fra de åpne havområder i Nordsjøen viste at det var forholdsvis stor forskjell på torskelever prøvene fra Tampen (st.26) som viste et gjennomsnitt for kvikksølv på 0.16 mg/kg våtvekt, mens snittverdien på Egersundbanken (st.27) var på det 0.077 mg/kg våtvekt (**Figur 16**). Disse verdiene er innenfor Tilstandsklasse for "moderat forurenset" på 0.3 mg/kg våtvekt. NIFES har i en lang periode overvåket kvikksølv i torskefilet fra Barentshavet (se www.nifes.no/sjømatsdata). Det normale fra prøvestasjoner i Barentshavet har vært snittverdier i området fra 0.03 til 0.04 mg/kg våtvekt, så disse målingene fra Nordsjøen er henholdsvis det firdobbelte og dobbelte av nivåene i Barentshavet.

Konsentrasjoner av bly og kadmium i torskelever (hhv. **Figur 69** og **Figur 70** i Vedlegg D) var lave. Klif har ingen klassifisering for de øvrige metallene i torsk, men konsentrasjonene av kadmium var under antatt høy bakgrunnskonsentrasjon. Resultatene for krom i torskelever variert lite (2.92-5.61 mg/kg våtvekt).

4.3.3 Radioaktive stoffer

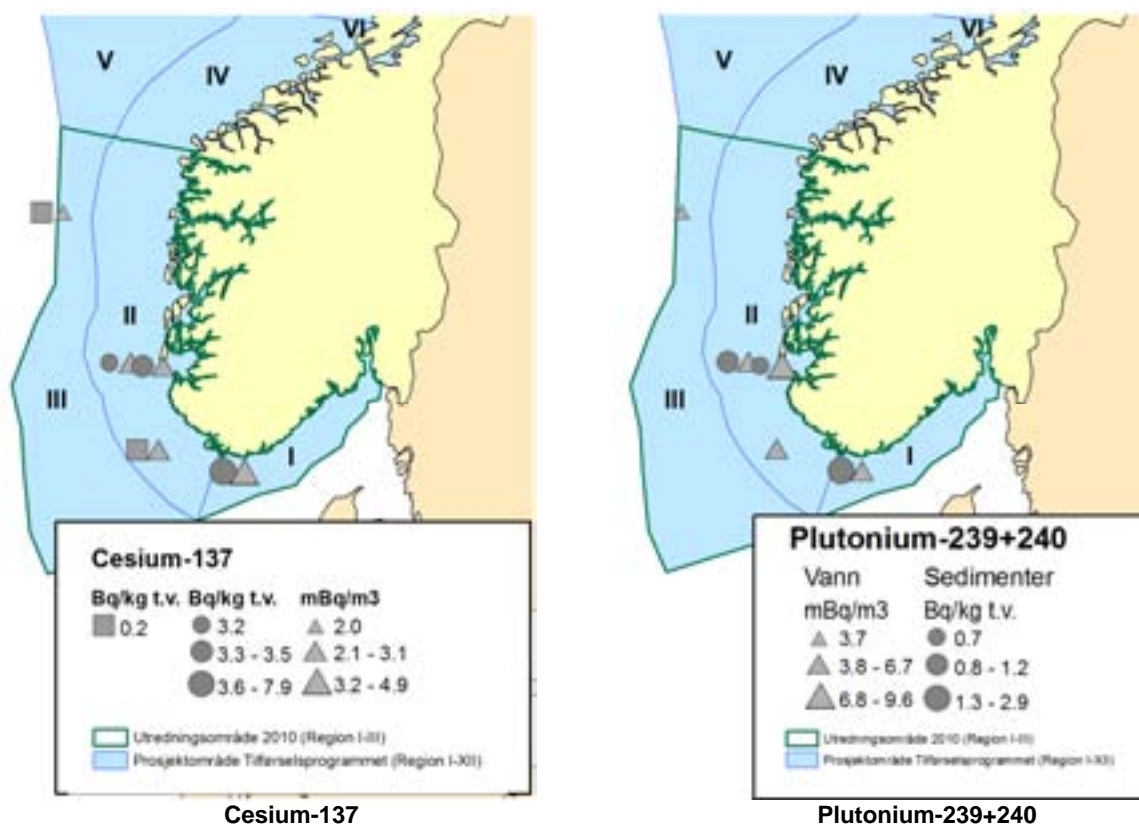
Cesium-137 i sjøvann og sediment

Målte nivåer av cesium-137 i sjøvann i Nordsjøen i 2010 var i intervallet 2.0-4.9 Bq m⁻³. De høyeste konsentrasjonene ble funnet i kyststrømmen på stasjonene 9, 10 og 11 (**Tabell 15, Figur 29**). Tsjernobyl-ulykken førte til radioaktivt nedfall over Østersjøen og områdene rundt. Radioaktiv forurensning renner fremdeles av fra disse landområdene og ut i Østersjøen, og transporteres videre med havstrømmer via Kattegat og Skagerrak til norskekysten. Dette fører til forhøyete konsentrasjoner i den norske kyststrømmen. Østersjøen er i dag faktisk den største kilden til cesium-137 -forurensning langs norskekysten. Nivåene funnet i 2010 er sammenlignbare med nivåene funnet i 2007 (NRPA, 2009), men noe lavere enn nivåene funnet i 2008 (NRPA, 2011). Årvisse variasjoner skyldes i hovedsak variasjoner i utstrømningen av forurenset Østersjøvann. Det har imidlertid vært en generell nedgang i konsentrasjonene av cesium-137 i sjøvann i alle norske havområder (NRPA, 2009).

Konsentrasjonene av cesium-137 i andre havområder er lavere enn i Nordsjøen. For eksempel varierte konsentrasjonene i Barentshavet i 2009 fra 1.5 til 2.3 Bq m⁻³ (gjennomsnitt 1.9 Bq m⁻³) (NRPA, in press). Årsaken til at vi finner høyere konsentrasjoner i Nordsjøen er nærheten til Østersjøen og gjenvinningsanleggene Sellafield og La Hague. Konsentrasjonen av cesium-137 i sedimenter fra stasjon 9, 10 og 11 varierte fra 3.2 til 7.9 Bq kg⁻¹ (tørrvekt). Disse ligner nivåene som ble målt i samme område i 2004 (NRPA, 2006).

Cesium-137 i torsk

Målinger av cesium-137 i to prøver av torsk fra Nordsjøen (Egersundbanken og Tampen-området) viste begge en konsentrasjon på 0.2 Bq kg⁻¹ (**Figur 17**). Dette var som forventet i forhold til tidligere resultater fra målinger i fisk fra Nordsjøen (NRPA, 2009). Det har vært en generell nedgang i cesium-137-nivåene i fisk i alle norske havområder de siste 20 årene (NRPA, 2009). Nivåene av cesium-137 i fisk i Nordsjøen er noe høyere enn i Norskehavet og Barentshavet.



Figur 17. Aktivitetskonsentrasjoner av cesium-137 og plutonium-239+240 i overflatesjøvann (Bq/m^3) og i overflatesediment (Bq/kg tørrvekt) og cesium-137 i torskefilet (Bq/kg våtvekt) fra overvåking i 2010. (Se også Vedlegg C for tilsvarende kart for miljøgifter.)

Technetium-99 i sjøvann

Målte nivåer av technetium-99 i sjøvann i Nordsjøen i 2010 var i intervallet $0.21-0.41 Bq m^{-3}$. De høyeste konsentrasjonene ble funnet på stasjonene 9, 10 og 11 ($0.35-0.41 Bq m^{-3}$) der saliniteten indikerer at disse prøvene er tatt i kyststrømmen. Noe lavere konsentrasjoner ble funnet i prøver tatt på Egersundbanken (stasjon 26) ($0.27 Bq m^{-3}$) og Tampen-området (stasjon 27) ($0.21 Bq m^{-3}$). Dette er som forventet i forhold til transportrutene til havstrømmene fra Irskesjøen til Nordsjøen. På grunn av de reduserte utslippene fra Sellafield finner vi lavere konsentrasjoner i 2010 i forhold til konsentrasjonene vi fant i 2007 (NRPA, 2009) og 2008 (Klungesøyr og Heldal, 2009). Vi forventer at konsentrasjonene skal gå ytterligere ned i årene som kommer. Videre overvåking vil kunne dokumentere dette.

Strontium-90 i sjøvann

Årlig prøvetaking og analyse av strontium-90 sjøvann fra Hillesøy i perioden 2002-2009 viser at nivåene i den norske kyststrømmen er langsomt synkende. (NRPA, 2004; NRPA, 2005a; NRPA, 2006; NRPA, 2007; NRPA, 2008; NRPA, 2009). Resultater fra 2010 viser nivåer av strontium-90 i intervallet 0.8 til $1.5 Bq m^{-3}$. Dette er noe lavere enn hva som ble observert i 2004, men liknende nivåer som ble målt 2007 i samme område (NRPA, 2006 og NRPA, 2009). En forklaring til dette kan være lavere utslipp fra Sellafield og varierende utstrømming av vann fra Østersjøen.

Plutonium-239+240 og americium-241 i sjøvann

Målte nivåer av plutonium-239+240 i sjøvann i 2010 var i intervallet 3.7-9.6 mBq m⁻³, mens nivåene av americium-241 var i intervallet 1.2-6.9 mBq m⁻³. Resultatene likner observasjoner gjort i samme område i 2004 og 2007 (NRPA, 2009 og NRPA, 2006). Siden plutonium-239+240 og americium-241 er partikkelreaktive radionuklider, kan varierende innhold av partikulært materiale i prøvene forklare en del av variasjonen i de observerte konsentrasjonene.

Nivåene av plutonium-239+240 i sedimenter ble på stasjonene 9, 10 og 11 målt til mellom 0.7 og 2.9 Bq kg⁻¹ (tørrvekt), mens nivåene av americium-241 ble målt til mellom 0.4 og 0.8 Bq kg⁻¹ (tørrvekt). Konsentrasjonen av americium-241 kan endres over tid da en del dannes gjennom nedbrytning av Pu-241 i sedimentene.

Radium-226 i sjøvann og sediment

Resultat fra 2010 viser på radiumnivåer i sjøvann i intervallet 0.9-1.5 Bq m⁻³ for radium-226 og 0.3-1.9 Bq m⁻³ for radium-228. Målte nivåer av radium-226 og radium-228 ligger innefor det man kan forvente fra naturlige kilder. Bidrag til radium-226 nivåene fra utslipp av produsert vann kan med tanke på den naturlige bakgrunnen av radium-226 være vanskelig å observere i dette området (NRPA, 2005b). Det er et noe lavere innhold av radium-228 i prøver fra stasjon 26 og 27, hvilket kan bero på et større bidrag av atlantisk vann i disse prøvene. Radium-226 nivåer i sediment (0-2 cm) fra stasjonene 9, 10 og 11 ble målt til mellom 23.1 og 28.4 Bq kg⁻¹ (tørrvekt).

Polonium-210 i sjøvann og torsk

Resultater fra 2010 viser at konsentrasjonen av polonium-210 i sjøvann fra stasjonene i Nordsjøen varierte fra 1.4-4.4 Bq m⁻³. Den høyeste verdien på 4.4 Bq m⁻³ ligger i øvre delen av det intervallet man kan forvente å finne fra naturlige kilder. De øvrige resultatene er sammenlignbare med observasjoner i Nordsjøen i 2004 (NRPA, upubliserte data). Konsentrasjonen av polonium-210 i to prøver av torsk fra Nordsjøen var henholdsvis 0.5 og 0.8 Bq kg⁻¹ (ferskvekt).

5 Vurdering av resultatene

5.1 Beregnede tilførsler

Arealene av regionene er svært forskjellig, fra Region I med ca. 18800 km² til Region XII med ca. 623000 km². Den samlede tilførselen av kvikksølv, bly, kadmium, krom, arsen, PCB, PAH, olje (THC), plutonium-239+240 og strontium-90, normalisert til 1000 km², er vist i **Tabell 17** og **Figur 80 - Figur 89** i Vedlegg F. I hovedsak er det bare for Regionene I, II og III i årets rapport samt XIII, IX, X og XI fra fjorårets rapport at tallene er oppdatert i forhold til Fase II (Molvær *et al.* 2008), bortsett fra for atmosfæriske tilførsler der alle havområdene er oppdatert og representerer 2008. Det bør gjøres oppmerksom på at tallene for havstrømmer inkluderer transporten fra en region til en annen for Regionene I-III etter den nye modellen, og ikke kan sammenlignes direkte med tidligere beregninger (se Molvær *et al.* 2008). Likeledes har beregnet tilførsel fra luft til hav for Region I-III økt betraktelig da metoden er endret til å nå inkludere tørravsetning (fra gass og partikler) og ikke bare utvasking med nedbør som tidligere har vært brukt (cf. Green *et al.* 2010a, Molvær *et al.* 2008).

Utenom plutonium-239+240 og strontium-90 har de fleste stoffene størst tilførsel til Regionene I-III, mens de radioaktive stoffene har overvekt til Regionene IV-IX, (**Tabell 17**). Den noe ulike fordelingen av plutonium-239+240 og strontium-90 skyldes tildels at hovedkilden til førstnevnte er Sellafield-anlegget ved Irskesjøen, mens strontium-90 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 (**Figur 3**).

Mens **Tabell 17** viser belastningen på de enkelte regionene, så viser **Tabell 18** (samt figurer i Vedlegg F) hvilke kilder som dominerer i forvaltningsområdet Nordsjøen. Tilførslene via luften dominerer for de fleste miljøgifter, særlig i Region II og III bortsett fra utslipp fra havbunn av krom (Region II) og arsen (Region II og III), mens utslipp fra skip dominerer for olje i Region II. Tilførsel av olje i Region III er fra havbunn. I Region I er tilførsler fra land dominerende for PCB, olje og enkelte metaller. For ⁹⁰Sr og ²³⁹⁺²⁴⁰Pu er hovedkildene utstrømmende vann fra Kattegat og atmosfærisk nedfall.

Tilførsler fra land har noe mindre påvirkning enn tilførsler fra luft og skip i Region II. Tilførsler fra havstrøm ikke kan sidestilles med de øvrige tilførslene og er dermed ikke tatt i betraktning her (se 4.1.3). Det relative bidraget fra elvene er størst med hensyn til kadmium, krom, arsen, PCB og THC i Region I, mens de er en mindre viktig tilførselskilde for kvikksølv, bly og PAH. Derimot for Region II og III er største bidraget fra luft for disse stoffene bortsett fra THC hvor viktigste bidraget er fra skip. Det bør gjøres oppmerksom på at det er data som ikke er blitt oppdatert siden 2006 (se Molvær *et al.* 2008). Når det gjelder tilførsler fra land er det vanskelig å spore trender på grunn av store år-til-år variasjoner i vannføring. For PCB og lindan er evt. vurderinger av trender usikre fordi en stor del av målingen ligger under deteksjonsgrensen. Deteksjonsgrensene er endret for flere av stoffene siden 1990 (gradvis lavere deteksjonsgrense), og dette medfører også usikkerhet i trendanalysene (nedgangen kan ha analytiske årsaker heller enn faktiske miljøendringer).

Vannvolumene som transporteres med havstrømmene er så store at selv konsentrasjoner på bakgrunnsnivå kan framstå som store tilførsler og dermed gi et misvisende bilde – særlig for metaller. Derfor har vi i årets rapport betraktet netto eksport eller sluk som viktigst. 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. Modellresultatene viser at bunnlaget kan ha lokalt høye konsentrasjoner av forurensende stoffer (se Vedlegg B). Disse forurensede områdene endrer konsentrasjon og forskyver seg med tiden. Dette kan skyldes en kombinasjon av hydrodynamiske effekter (f. eks synoptiske virvler), sesongbaserte biogeokjemiske prosesser og mellomårlege, sesongmessige og sporadiske endringer i tilførselen av forurensende stoffer via elveavrenning og fra atmosfæren.

Tabell 17. Beregnede totale tilførsler pr. region fra alle kilder, regnet pr. 1000 km². For hvert stoff er de 3-4 regionene med størst belastning markert med oransje farge og de etterfølgende 3-4 regioner markert med gul farge. Øvrige regioner er markert med blått. Tallene fra Molvær et al. (2008) er oppdatert mht. Regionene VIII, IX, X og XI (Green et al., 2010a) og I, II, III (denne rapporten), og etter nyelberegninger for alle regioner er for luft (kapittel 7.2.2).

Reg.	Kvikksølv Hg Kg	Bly Pb kg	Kadmium Cd kg	Krom Cr kg	Arsen As Kg	PCB* kg	PAH** kg	THC kg	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu MBq	⁹⁰ Sr GBq
I	559	1059	7921	1153	711	14	955	408	210	24
II	15	1026	263	815	8173	2.7	1502	19062	862	41
III	185	863	4207	565	2171	5.1	3771	39304	219	22
IV	10	522	25	505	256	1.7	735	5704	316	102
V	9.5	463	14	232	203	2.7	1241	3342	328	23
VI	8.2	323	24	133	99	1.7	938	6721	789	134
VII	7.8	769	18	763	131	3.2	1872	2388	496	31
VIII	5.3	308	23	85	56	1.8	1003	1345	799	122
IX	2.8	154	4.9	136	61	1.1	624	358	946	55
X	14	137	8.9	52	33	2.0	1367	721	200	48
XI	2.1	109	7.8	31	21	1.5	995	<1	30	1.3
XII	5.6	209	7.1	166	74	2.0	1325	225	479	28

*) Gjelder CB153 for atmosfære og i hovedsak sum av 7 PCB kongenerer for de øvrige kildene
 **) Gjelder sum av 9 forbindelser for luft og sum av 16 PAH for øvrige kilder

Tabell 18. Dominerende kilder for de beregnede tilførslene for Region I, II og III, hvor tilførselskildene er: "1" for land, "2/4" for luft, "5" petroleumsinstallasjoner, "6" for skip og "7/8" havbunn.

Stoff	I	II	III
Kvikksølv (Hg)	2/4 ¹⁾	2/4	2/4 ¹⁾
Bly (Pb)	2/4	2/4	2/4
Kadmium (Cd)	1 ¹⁾	2/4 ³⁾	2/4 ¹⁾
Krom (Cr)	1	7/8	2/4
Arsen (As)	1	7/8	7/8
PCB	1 ¹⁾	2/4	2/4
PAH	2/4	2/4	2/4
olje (THC)	1	6	5
²³⁹⁺²⁴⁹ Pu	Atm. nedfall	Atm. nedfall	Atm. nedfall
⁹⁰ Sr	Kattegat	Atm. nedfall	Kattegat

1) Havstrøm dominerer mer men kan ikke direkte sammenlignes (se 4.1.3).

Vi ser også en nedgang i konsentrasjon av kvikksølv, kadmium, PCB og HCB fra Region I til Region II og videre til Region III (**Tabell 19**), bortsett fra PAH som har noe høyere konsentrasjon i Region II. Tatt i betraktning hele utredningsområdet kan de modellerte konsentrasjonene av kvikksølv, kadmium, PCB, HCB, HCH og PAH betegnes som bakgrunnsnivåer eller Tilstandsklasse "God" ifølge Klif sitt klassifiseringssystem (Bakke *et al.* 2007).

De sesongmessige variasjonene er tydeligst for den partikulære formen av de forurensende stoffene (**Figur 18**, se også **Figur 43**, **Figur 46**, **Figur 49**, **Figur 52**, og **Figur 55** i Vedlegg B). Sommermånedene kjennetegnes av maksimumsverdier, mens vintermånedene kjennetegnes av minimumsverdier. Variasjonen er mindre tydelig for totalkonsentrasjonen av de ulike stoffene (se figurer og tabeller i Vedlegg B). Mengden av et gitt forurensende stoff i partikulær form kan (avhengig av verdi for nedbrytningskoeffisient) variere fra få prosent (γ HCB, **Figur 52** i Vedlegg B) til mer enn 50-60 % (PCB, **Figur 46** i Vedlegg B) som følge av bioakkumulering. Maksimumsverdier finnes om sommeren i den eufotiske sonen og flere meter ned.

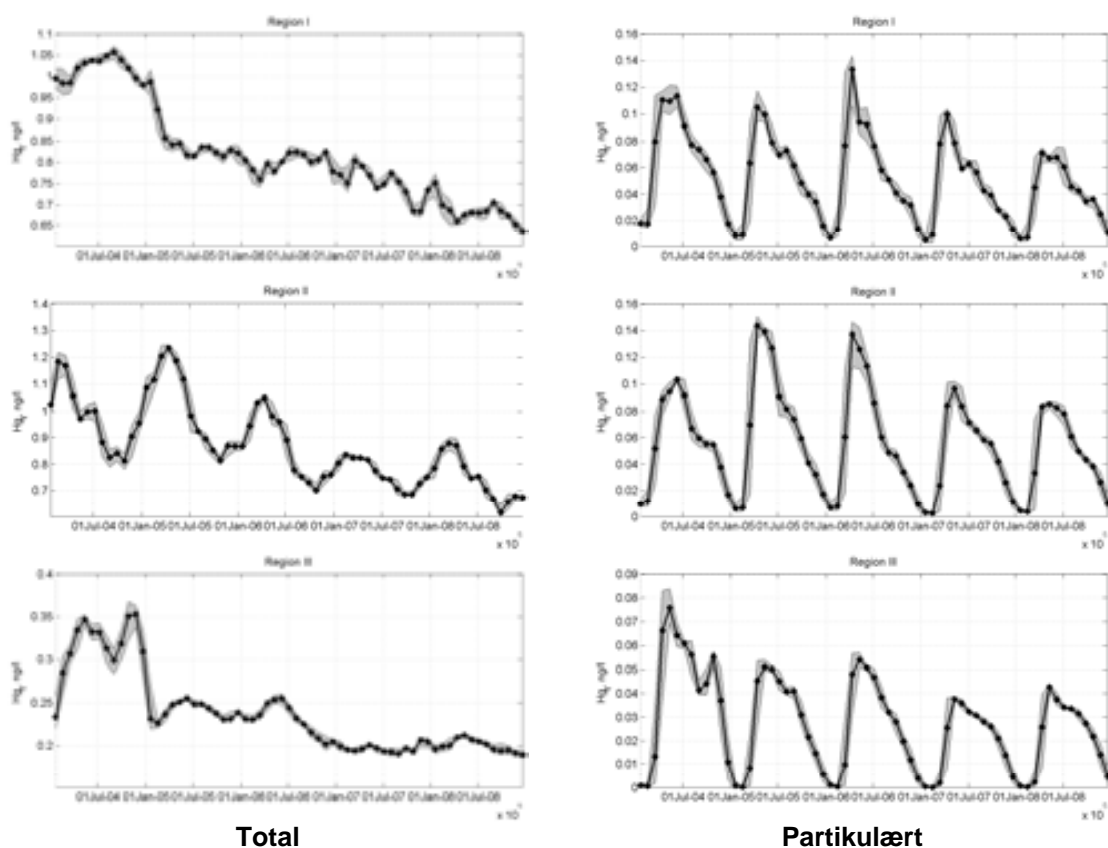
For de regionsmidlele konsentrasjonene kan mellomårlige variasjoner utgjøre opp imot 50-100% av middelverdiene (**Figur 40 - Figur 55** i Vedlegg B). Variasjonene kan knyttes til mellomårlig variasjon i atmosfærefluksen, som ble benyttet der informasjon om mellomårlig variasjon i tilførsler fra elver og offshoreplattformer ikke var tilgjengelig. For kvikksølv (Hg) ser vi en trend av redusert konsentrasjon i perioden 2004-2008 (**Figur 18**). Flere numeriske forsøk bekreftet at denne trenden ikke er et resultat av startbetingelsene. HELCOM-rapporter viser også en tilsvarende trend av reduksjon i kvikksølv-konsentrasjonen i Østersjøen i samme periode. Reduksjon i konsentrasjon av kadmium og PCB ble også observert (se **Figur 43** og **Figur 46** i Vedlegg B).

Tabell 19. Modellert minimum og maksimum årsmiddelkonsentrasjon for total kvikksølv (Hg), kadmium (Cd), PCB, HCB, Lindan (γ HCH) og PAH i Nordsjøen og Tilstandsklasse (Bakke *et al.* 2007, I – Bakgrunn, II - God). Variasjon i årlig snitt 2004-2008 for hver av Regionene I; II, og III.

Stoff	Region I	Tilstands klasse	Region II	Tilstands klasse	Region III	Tilstands klasse
Hg, ng/l	1.07–2.91	II	0.74–1.01	I og II	0.20-0.32	I
Cd, ng/l	26.6-28.5	I	29.5-34.1	I	7.5-8.8	I
PCB, pg/l	39.0–55.0	- ¹⁾	15.6–21.1	- ¹⁾	2.8-5.6	- ¹⁾
HCB, pg/l	342-387	I	246–276	I	71–93	I
γ HCH, pg/l	0.67-0.84	I	6.55-7.09	I	2.64-2.86	I
PAH, pg/l	0.55–0.89	I ²⁾	1.05–1.55	I ²⁾	0.35-0.48	I ²⁾

1) Ingen Tilstandsklasse gitt for PCB men konsentrasjonene er mye mindre enn EEC *Maximum Permissible Level* av PCB for drikkevann, som er 500000 pg/l (IPCS 1992).

2) Det laveste Tilstandsklasse for en PAH-forbindelse er 5 pg/l (benzo(a)pyren)



Figur 18. Tidsvariasjon av beregnede regionsmidlet konsentrasjon av totalt kvikksølv (Hg_t , ng/l, venstre kolonne) og partikulært kvikksølv (Hg_p , ng/l, høyre kolonne) for Region I (øverst), Region II (i midten) og Region III (nederst) i perioden 2004-2008. Figuren lik Figur 40 i Vedlegg B. Se også tilsvarende fremstilling i: Figur 43 (Cd), Figur 46 (PCB), Figur 49 (HCB), Figur 52 (γ HCH), og Figur 55 (PAH) i Vedlegg B.)

Tabell 20 gir en oversikt over hvilke stoffer som rapporteres for de ulike kildene – og til hvilke havområder det er beregnet tilførselsdata. Tabellen viser at det er relativt store forskjeller mellom de ulike kildekategoriene. For kilde 1 (avrenning fra land) rapporteres det eksempelvis bare data for tungmetaller samt PCB, lindan og PAH. Enkelte av de andre stoffene hadde vært mulig å inkludere i programmet ved å plassere ut passive prøvetakere i et utvalg av elvene. Ytre havområder som ikke tangerer kysten (Regionene III, V, VII, IX, XI, XII) vil ikke påvirkes direkte av tilførsler fra land.

Manglende tilførselstall for enkeltstoffer og –kilder kan enten karakteriseres som et kunnskapshull (manglende prøvetaking), eller at noen parametre ikke er relevante for vedkommende kilde (f.eks. THC i nedbør og luft). **Tabell 20** kan således brukes som et utgangspunkt for en optimalisering av overvåkingsprogrammene med tanke på å gi best mulig tilførselsestimer for de ulike kildene. En slik optimalisering er viktig for å kunne nå målsetningen om å modellere konsentrasjoner av miljøfarlige stoffer i tid og rom, som grunnlag for målrettet overvåking og forvaltning av havområdene. En rasjonell optimaliseringsstrategi bør videre fokusere på å redusere usikkerheter for de tilførselsveier som har størst innvirkning på de individuelle miljøgiftbudsjettene for de aktuelle havområdene (**Tabell 18**).

Tabell 20. Oversikt over tilgjengelig data for tilførsler av metaller og organiske miljøgifter til de 12 Regionene fra 8 ulike kilder(ekskludering radionuklider) (fra Vedlegg E).

Stoff	Land (Kilde 1)	Luft (Kildene 2/4)	Havstrømmer (Kilde 3)	Offshore (Kilde 5) ¹⁾	Skip (Kilde 6)	Havbunn (Kildene 7, 8)
Arsen	data	data	data	kun data for II og III kun data for II, III, IV, VI og VII	ukjent	kun data for II og III kun data for II, III og VII
Kadmium	data	data	data		ukjent	kun data for II, III og VII
Krom	data	data	data	kun data for II og III kun data for II-IV og VII	ukjent	kun data for II, III og VII
Kvikksølv	data	data	data	kun data for I-IV, VI og VII	ukjent	kun data for II, III og VII
Bly	data	data	data	kun data for II-IV, VI og VII	ukjent	kun data for II, III og VII
PAH	data	data	data	og VII	ukjent	kun data for II, III og VII
THC	ukjent	ukjent	kun data for I og III ukjent for XI og XII	kun data for II,III, VI og VII	ukjent	ukjent
PCB	data	data		Ukjent	ukjent	kun data III
TBT	ukjent	ukjent	ukjent for IV-XII	Ukjent	data ²⁾	ukjent

- 1) Offshore petroleumsvirksomhet med aktive utvinnings tillatelser er begrenset til Regionene: II, III, IV, VI, VII, og X
 2) Det ble forbudt å påføre frisk TBT i 2003 og all gammel TBT skulle være fjernet i 2008- Mht TBT kan det derfor sette tilførslene fra skip til 0. (Klif, 1305_2011, pers.med. på vegne av Sjøfartsdirektoratet.)

5.2 Modellerte konsentrasjoner

De simulerte konsentrasjonene fra ECOSMO-modellen av kvikksølv, kadmium, PCB, HCB, γ HCH (lindan) og PAH i vannsøylen til Nordsjøen kan klassifiseres som "Bakgrunn" eller "God" etter Klifs klassifiseringssystem (*Tabell 19*). Konsentrasjonen av kvikksølv i Nordsjøen er lav sammenlignet med Barentshavet – hhv. 0.2-2.9 og 8-37.5 ng/l) (se Green *et al.* 2010a). Denne observasjonen stemmer med nyere resultater som rapporterer forhøyede konsentrasjoner mot de høyere breddegrader (f.eks. Andersson *et al.* 2008). Lignende forskjeller fins i mindre grad for kadmium, med hhv. 7.5-34.1 og 30-50 ng/l) (se Green *et al.* 2010a). De simulerte PCB-konsentrasjonene i Nordsjøen lå i intervallet 2.8-55.0 pg/l og noe høyere enn i Barentshavet med intervallet 1.6-2.8 pg/l, og høyere enn de som ble funnet i Atlanterhavet (0.004 pg/l). Konsentrasjonene av PAH var ubetydelig i Nordsjøen.

Modellresultatene fra ECOSMO viser at:

- De modellerte konsentrasjonene tilsvarer Tilstandsklasse I (Bakgrunn) og II (God) for alle parametrene.
- Tilførsler av forurensing med elveavrenning er en vesentlig årsak til horisontale variasjoner i konsentrasjonene. De høyeste konsentrasjonene finnes langs kysten nær industriområder. De høyeste konsentrasjonene kan være flere hundre ganger høyere enn de laveste konsentrasjonene.
- Tilførslene av forurensing via atmosfæren kan forklare 50-100% av de mellomårlege variasjonene av forurensende stoffers konsentrasjon i vannsøylen.
- Det dannes en vertikal sjiktning av forurensende stoffer i vannsøylen, med lavest konsentrasjon i overflaten (sees tydeligst om sommeren) og høyest konsentrasjon i midlere vanddyb og i bunnvann. I bunnvannet kan konsentrasjonene være flere hundre ganger større enn i overflaten.

De viktigste mekanismene som påvirker konsentrasjonen av ulike forurensende stoffer i Region I, II og III er oppsummert i *Tabell 21*. Tilførsler av kvikksølv, PCB, og PAH er visst i *Figur 19*. Tilførsler skjer via luft, elveavrenning, petroleumsinstallasjoner og skipstrafikk og via transport med havstrømmer. Som nevnt over er havstrømmene ikke direkte kilder for regionene. Havstrømmene fordeler stoffene fra de andre kildene rundt omkring (se kapitell 4.1.3.). "Netto-inn" i en region (se *Figur 19*) kan variere mye over tid og betyr ikke nødvendigvis at det er en belastning med mindre transporten inn i området vedvarer og dermed vil kunne øke bakgrunnskonsentrasjonene i området. Reduksjon i konsentrasjon skjer via transport med havstrømmer og mekanismer knyttet til nedbrytning og sedimentering innen regionen. Flukser fra sjø til luft eller fra sediment til sjø ble ikke parameterisert i denne modellversjonen. Dette kan for en del komponenter ha stor betydning. For atmosfærisk tilførsel er det benyttet total tilførsel, men netto tilførsel som inkluderer utslipp fra hav til sjø vil kunne være en betydelig tapsprosess for flere organiske miljøgifter og kvikksølv. For eksempel ser man i enkelte studier og havområder at netto fluks av kvikksølv er negativ, dvs. at atmosfæren også er et sluk og ikke bare en kilde. Storde *et al.* (2007) har beregnet at 89% av all kvikksølv avsatt i havet slippes ut til atmosfæren igjen. Det er derfor viktig å arbeide videre med utvikling av modellen, slik at man kan oppnå mer nøyaktige og realistiske beregninger av netto utveksling mellom luft og hav.

De modellerte overflatefordelingene av stoffer som tilføres via elveavrenning (kvikksølv, kadmium, PCB, HCB, HCH) viser at den sørlige delen av Nordsjøen langs kysten av Danmark og Tyskland i hovedtrekk er den mest forurensede delen av Nordsjøen (se hhv. *Figur 38*, *Figur 41*, *Figur 44*, *Figur 47*, *Figur 50*, og *Figur 53* i Vedlegg B, Tyskland ikke vist). Dette kan forklares ut fra store elveavrenninger og andre kilder fra disse regionene. En lokal forhøyning i konsentrasjonen av disse stoffene er også funnet langs norskekysten i nærheten av Oslofjorden, Brevik i Grenlandsfjorden og Haugesund. I den sentrale delen av Nordsjøen (åpen sjø) er konsentrasjonen av PCB og HCH under 10 pg/l og konsentrasjonen av kvikksølv og kadmium under 10 ng/l. Til sammenligning er konsentrasjoner av PCB og HCH i mer åpent hav noen få picogram per liter og for metallene noen få nanogram per liter.

I modellberegningene er det ingen tydelig mellomårlig trend innen regionsmidlete konsentrasjoner. Dermed er det mulig å beregne nedbrytning og sedimentering som forskjellen mellom de andre kildene og slukene i **Tabell 21** (residual).

- **Tabell 21.** Oversikt over hovedkilder og sluk for tilførsler av metaller og organiske miljøgifter til Region I, II og III fra 6 ulike kilder (unntatt havbunn (kilde 7 og 8) og radionuklider (kilde 9)). Tallene er hentet fra 2005 som gjør noe forskjell fra Vedlegg E. Kilder 2 og 4 er tilsvarende det som er presentert i kapittel 7.2.2. Kolonnene med % angir hvor mange prosent av totale kilder /sluk tilførselen utgjør. For tilførsler og sluk via havtilførsler har vi beregnet nettotransport. "Netto-inn" er differansen mellom "Tilførsler via havstrømmer" og "Utgående med havstrømmer" og er også normalisert i forhold til 1000 km². Merk at "netto-inn" kan variere mye fra år til år avhengig av blant annet havstrømmer og de øvrige tilførslene. Desuten bør det merkes at det som kommer inn via havstrømmer vil kunne transporteres videre og fjernes ikke fra vannmassen og dermed ikke kan betraktes som et sluk.. For de fleste stoffene gir havstrømmene en netto tilførsel av forurensende stoffer. Når det gjelder PCB og PAH er det noe variasjon i hvilke komponenter som er med, dette skyldes tilgjengelige data. Det bør merkes at transport fra hav til luft er ikke tatt i betraktning.

		Kvikksølv Hg		Kadmium Cd		PCB		HCB		γ-HCH		PAH		
		kg/år	%	kg/år	%	kg/år	%	kg/år	%	kg/år	%	kg/år	%	
Region I		Atmosfære (2 og 4)	400	3.6	600	0.4	39	14.9	231	8.7	42	60.9	18000	100.0
		Elver (1)	100	0.9	800	0.5	48	18.4			13	18.8	0	0.0
	Kilde (no.)	Plattformer (5)	-		-		-		-		-		-	
		Skipstrafikk (6)	-		-		-		-		-		0.25	0.0
		Tilførsler via havstrømmer (3)	10512	95.5	157117	99.1	174	66.7	2410	91.3	14	20.3	5.5	0.0
		Utgående med havstrømmer	-465	-4.2	-9289	-5.9	-13	-5.0	-40	-1.5	-3	-4.3	-1	0.0
	Sluk	Nedbrytning og sedimentering	-10547	-95.8	-149228	-94.1	-248	-95.0	-2601	-98.5	-66	-95.7	-18005	-100.0
	Netto inn	Totalbelastning	10047		147828		161		2370		11		4.50	
	Netto inn	Totalbelastning per 1000 km ²	533		7839		8.5		126		0.6		0.2	
	Region II		Atmosfære (2 og 4)	900	5.6	1400	0.4	179	46.9	1048	70.0	190	33.6	82000
		Elver (1)	100	0.6	400	0.1	8	2.1			17	3.0	300	0.4
Kilde (no.)		Plattformer (5)	0.0019	0.0	0.0016	0.0	-		-		-		-	
		Skipstrafikk (6)	-		-		-		-		-		0.65	0.0
		Tilførsler via havstrømmer (3)	15156	93.8	393655	99.5	195	51.0	450	30.0	358		19.0	0.0
		Utgående med havstrømmer	-15102	-93.5	-377560	-103.3	-189	-49.5	0	0.0	-567	-100.4	-19	0.0
Sluk		Nedbrytning og sedimentering	-1054	-6.5	-17895	3.3	-193	-50.5	-1498	-100.0	2	0.4	-82301	-100.0
Netto inn		Totalbelastning	54		16095		6		450		-209		0	
Netto inn		Totalbelastning per 1000 km ²	0.8		233		0.1		7		-3		0	
Region III			Atmosfære (2 og 4)	1100	4.0	13300	1.9	193	36.5	1131	75.0	205	18.5	88000
		Elver (1)	-		-		-		-		-		-	
	Kilde (no.)	Plattformer (5)	0.0019	0.0	0.0016	0.0	-		-		-		-	
		Skipstrafikk (6)	-		-		-		-		-		0.15	0.0
		Tilførsler via havstrømmer (3)	26703	96.0	681205	98.1	336	63.5	378		906	81.5	38	0.0
		Utgående med havstrømmer	-14691	-52.8	-384366	-55.3	-182	-34.4	-410	-27.2	-355	-32.0	-18	0.0
	Sluk	Nedbrytning og sedimentering	-13112	-47.2	-310139	-44.7	-347	-65.6	-1099	-72.8	-756	-68.0	-108	-100.0
	Netto inn	Totalbelastning	12012		296839		154		-32		551		20	
	Netto inn	Totalbelastning per 1000 km ²	169		4183		2.2		-0.5		7.8		0.3	

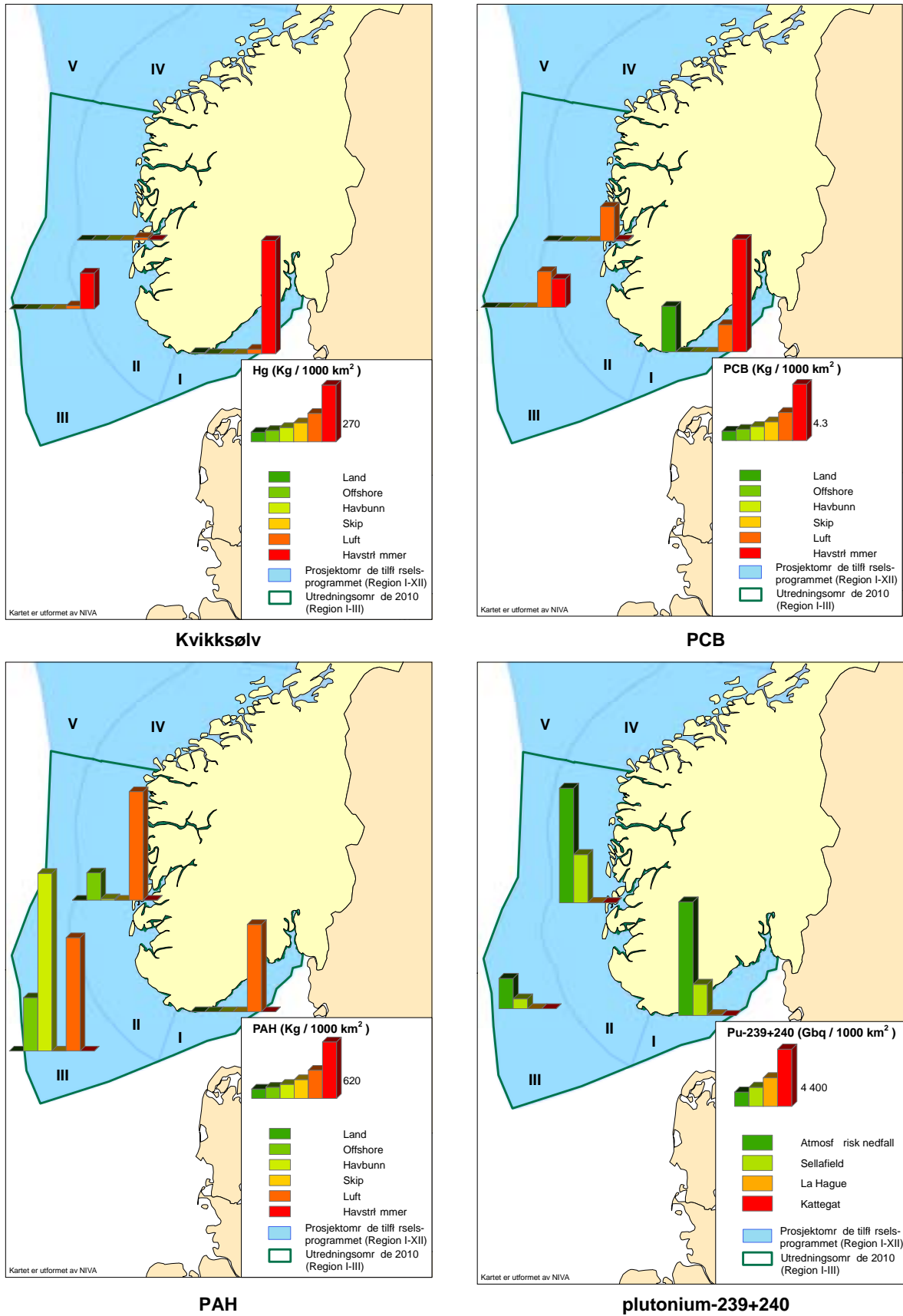
Modellresultatene viser at transport av forurensning med havstrømmer er en dominerende faktor for variasjoner i regionsmidle konsentrasjoner. Den summerte effekten av havstrømmene fra 3D-modellen (forurensning ført inn med havstrømmer minus det som føres ut med havstrømmer) er større enn tidligere simuleringer med andre, mer primitive modeller (Green *et al.*, 2010a, Molvær *et al.*, 2009).

I den dypeste og minst produktive delen av Region II øker betydningen av nedbrytning og sedimentering for PAH og γ -HCH siden disse parametrene særpreges av høye nedbrytningskoeffisienter. For tungmetallene er nedbrytning ikke aktuelt og sedimentering vil spille en minimal rolle (mindre enn 10 %) i dette området. Men i grunnere områder av Region II, vil nedbrytning av organiske miljøgifter og sedimentering ha en større betydning pga. begravning sammen med organisk materiale.

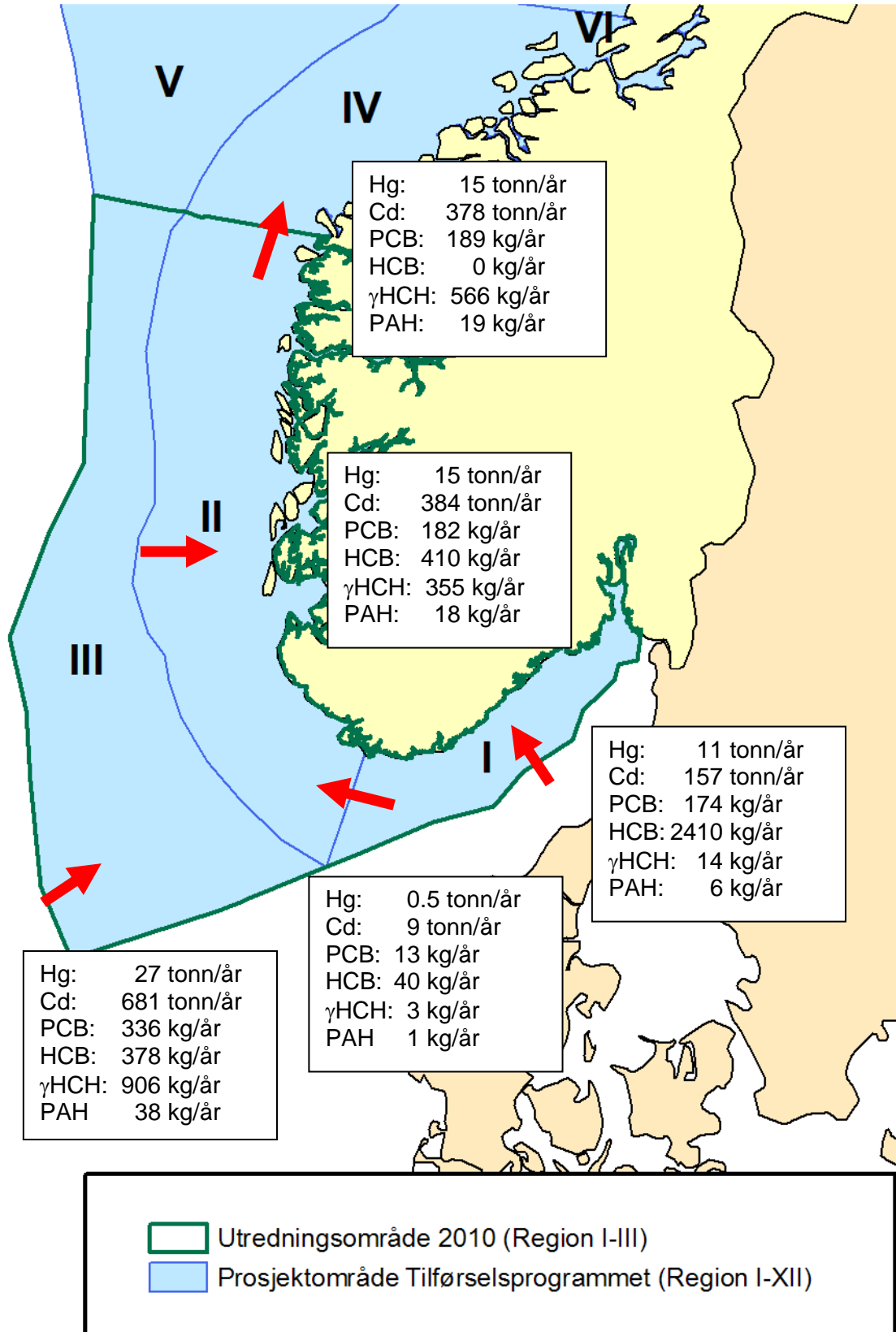
Selv om utslipp fra petroleumsinstallasjoner og elveavrenning kan ha stor betydning lokalt (særlig i grunne områder nær elveutløp), er betydningen nærmest neglisjerbar med tanke på regionsmidle konsentrasjoner.

Modellberegningene av konsentrasjon, flukser, variasjoner over tid er basert på antakelser i parameteriseringen av de ulike styrende prosessene avhengig av tilgjengelig informasjon og data for de ulike forurensende stoffene. Som nevnt innledningsvis var mangelfulle datasett en stor utfordring og til dels begrensning i dette arbeidet. For noen av stoffene er informasjonen bedre enn for andre. Mest informasjon er tilgjengelig for kvikksølv og kadmium (her finnes også vertikalfordeling i vannmassen), mindre informasjon for PCB og HCB og minst informasjon for PAH og HCH, hvor det ikke finnes data om typiske konsentrasjoner i regionene som inngår i dette studiet. Det er viktig at man har dette i minnet når modellresultatene presenteres og analyseres.

En annen bemerkning er at den nordre grensen av Region II og Region III befinner seg nær en åpen randsoner i modellområdet. Resultatene her vil til en viss grad være påvirket av randbetingelsene (grenseflatebetingelsene) som er benyttet. Som nevnt tidligere er det store mangler i informasjonen om de ulike stoffenes konsentrasjoner og vertikalfordeling langs randsonene. Det vil derfor være en større usikkerhet knyttet til transportberegningen nordover (fluksene) fra Region II og III. Dette vil bli betydelig bedret i neste modelleringsfase der hele Norskehavet er med i modellområdet.



Figur 19. Tilførsel av kvikksølv, polyklorete bifenyler (PCB), polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH – sum av 16 forbindelser, plutonium-239+240 i regnet pr. 1000 km² havoverflate pr. år. (Utdrag fra figurer i Vedlegg F.). Merk at tilførsler fra havstrøm ikke kan sidestilles med de øvrige data ettersom det representerer en omfordeling av de samlede tilførsler fra de øvrige kilder.



Figur 20. Netto transport av forurensende stoffer mellom Region I, II og III og omkringliggende områder beregnet med ECOSMO-modellen. De røde pilene angir retning på netto transport langs hele grensen. Summerer man opp fluksene i én region og dele på areal, får man de samme verdiene som i **Tabell 21** innenfor avrundingspresisjon.

Sammenligning av modellresultater fra ECOSMO/OxyDep (NIVA) og NORWECOM (IMR)

Det foreligger resultater fra to tredimensjonale havmodeller. IMR har benyttet modellen NORWECOM og NIVA har benyttet modellen ECOSMO/OxyDep. De to modellene har ulike oppsett, grenseflatebetingelser og startbetingelser, og har også ulike parameteriseringer for de forurensende stoffene. I tillegg kan det nevnes at NORWECOM er kjørt for perioden 1995-96 der sirkulasjonen for de to årene er svært forskjellig, mens ECOSMO/OxyDep er kjørt for perioden 2004-2008.

De viktigste forskjellene i modelloppsett for beregning av de forurensende stoffene er oppsummert i **Tabell 22**.

Tabell 22. Oversikt over modelloppsett for ECOSMO/OxyDep og NORWECOM.

	ECOSMO/OxyDep	NORWECOM
Simuleringsperiode	2004-2008	1995-1996
Atmosfærefluks	Årlig variasjon (EMEP data for 2004-2008)	Middel av EMEP data for 2007-2009
Elveavrenning	Månedlig variasjon for norske elver og årlig middelværdi for utenlandske elver. Mellomårlig variasjon der dette er tilgjengelig (fra OSPAR).	Mellomårlig variasjon. Månedlig variasjon for norske elver og årlig middelværdi for utenlandske elver er for årene 2005-2006.
Offshore installasjoner	Årsmidlede verdier.	Årsmidlede verdier for 2005 og 2006.
Biogeokjemisk modul	OxyDep (biota og detritus representerer partikulært organisk materiale og ulike komponenter av oppløst organisk materiale)	NORWECOM (flere planktongrupper og detritus representerer organisk materiale) og partisjonering
Partisjonering	Ulike partisjonerings-koeffisienter for biota, detritus og oppløst organisk materiale for hver parameter	Likevektskonstanter (K_{ow} eller K_D) for fordelingen mellom løst materiale eller biologisk bundet
Nedbryting	Nedbryting av POP	Nei
Uttevksling med havbunn	Begraving. Ingen partisjonering med sedimentene	Begraving av partikulært materiale. Ingen likevekts- estimater i sedimentet.
Åpne grenseflater	Konstante konsentrasjoner for de ulike forurensende stoffene.	Konstante konsentrasjoner for de ulike forurensende stoffene.

På bakgrunn av forskjellene i modelloppsett (**Tabell 22**.) forventer vi forskjell i resultatene. Dette kan lett føre til forvirring, men det vil også gi verdifull og utdypende informasjon om usikkerheten, samt modellenes styrker og svakheter.

Begge modellene gir høyere konsentrasjoner av kvikksølv, kadmium og PCB i den søndre delen av Nordsjøen, der de store kontinentale elvene inneholder betydelige mengder forurensing, enn lengre nord der det er mer åpent hav. Forskjellene i konsentrasjon er synlig både i overflaten og ved bunn. Den horisontale variasjonen viser betydningen av utslipp langs kysten sør i Nordsjøen og bidrag fra Østersjøen.

I grove trekk gir de to modellene lignende strukturer, men de gir signifikante forskjeller i mellomårlige og sesongmessige variasjoner. Forskjellene er størst for kvikksølv, og modellresultatene antyder at dette kan være knyttet til kilder fra Østersjøen. ECOSMO/OxyDep betrakter Østersjøen som en hovedkilde og oppløser sesongvariasjon og variasjoner i den estuarine sirkulasjonen i Østersjøen og Skagerrak-Kattegat-regionen, som er en av de viktigste drivkreftene til

den karakteristiske syklonske sirkulasjonen og variabiliteten til denne i Skagerrak. Konsentrasjonen av forurensning fra Østersjøen ser ut til å være lavere i NORWECOM-modellen og de sesongmessige og mellomårlege variasjonene i Region I-III er også veldig små i NORWECOM i motsetning til ECOSMO/OxyDep. En konsekvens av dette er at de modellerte konsentrasjonene av forurensende stoffer varierer med opp mot faktor 2 eller mer mellom de to modellene (selv i regionsgjennomsnitt). Lokalt kan forskjellene være enda større og er i tillegg påvirket av ulike numeriske diffusiviteter.

Generelt sett gir NORWECOM større diffusjon og belastningen fra kystområder strekker seg lengre ut fra kysten. ECOSMO/OxyDep gir lavere blanding ut i åpent hav og skarpere fronter i forurensningen ut fra kystområdene. Dette er trolig et resultat av ulik numerisk diffusjon og ulik turbulensparameterisering i de to modellene.

ECOSMO/OxyDep gir en konsentrasjonsøkning fra overflate til bunn, og en sesongvariasjon i de øvre vannlagene. NORWECOM gir mer uniforme konsentrasjonsfordelinger. Begge modellene fremhever betydningen av den "biologiske pumpa" som resulterer i partisjonering av forurensende stoffer med sesongavhengige organiske partikler som synker og dermed transporterer stoffene nedover i vannsøylen, men effekten er mest synlig i ECOSMO/OxyDep. For begge modellene er prosessen mest tydelig for forurensende stoffer med høye partisjoneringskoeffisienter for partikulært materiale (for eksempel er prosessen viktigere for kvikksølv enn for kadmium, se *Figur 64*, *Figur 65*, *Figur 66* og *Figur 67* i Vedlegg B).

De mellomårlege variasjonene av midlere konsentrasjoner kan knyttes til klimatiske variasjoner i Nord-Atlanterhavet (NORWECOMs simulering av kadmium) og til menneskeskapte utslipp (ECOSMO/OxyDeps simulering for kvikksølv).

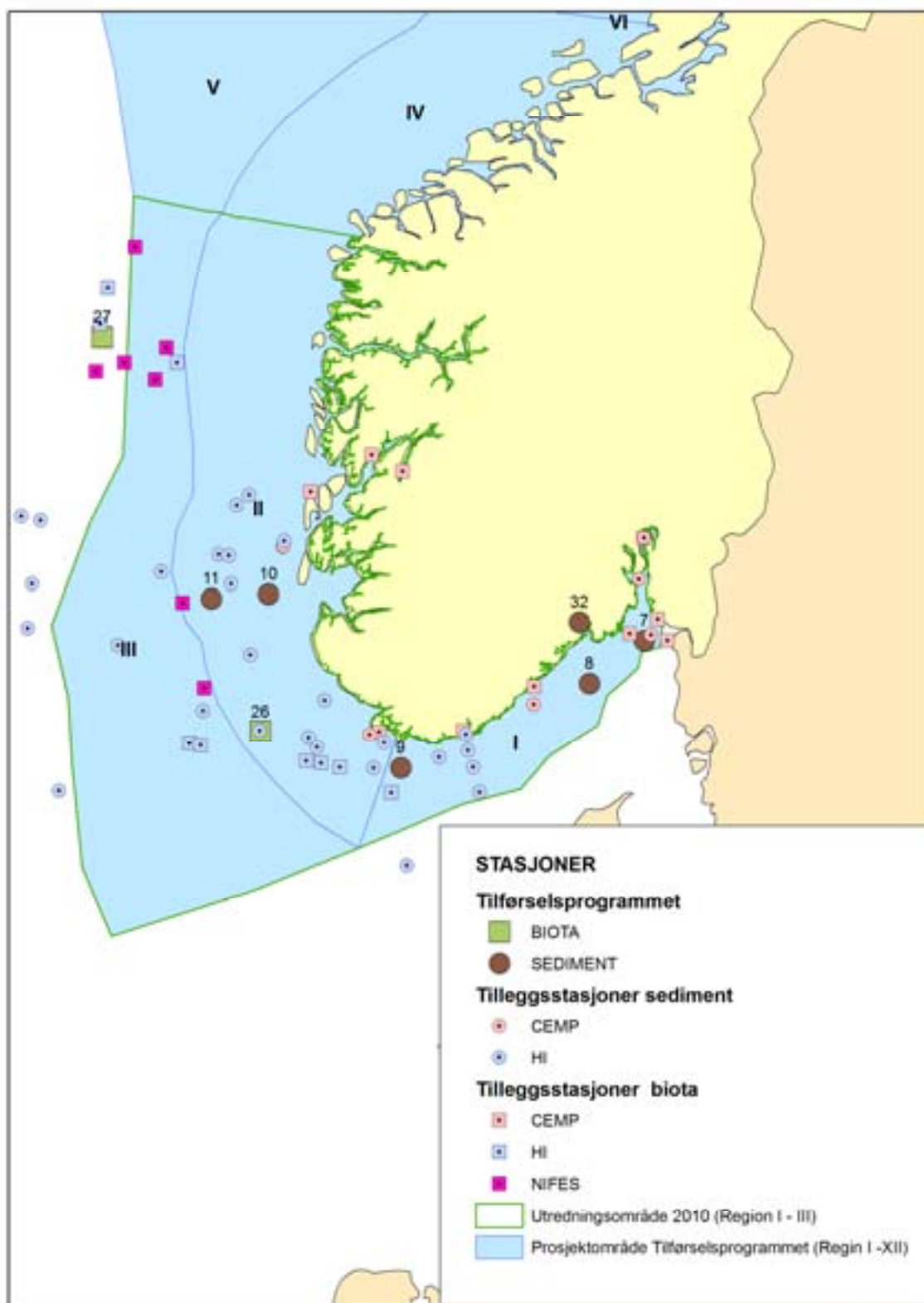
Absolutte konsentrasjoner fra de to modellene er i samsvar med hverandre, og tilfaller tilstandsklasse I og II for alle de modellerte stoffene. Likevel kan konsentrasjonene overstige disse konsentrasjonene lokalt. I grove trekk ser vi at variasjonen i konsentrasjon for de ulike stoffene varierer mer i ECOSMO/OxyDep-modellen enn i NORWECOM-modellen.

- Kadmium-konsentrasjonene fra NORWECOM varierer fra 20-60 ng/l mens ECOSMO/Oxydep varierer fra 10-70 ng/l. Kadmium-konsentrasjonen er lavest i åpent hav (10-30 ng/l i Region III) og høyest i kystnære strøk (40-50 ng/l i Region I).
- Kvikksølv-konsentrasjonen fra NORWECOM varierer fra 0.4 -1 ng/l, mens ECOSMO/Oxydep varierer fra 0.2-5 ng/l.. Også her gir lavest konsentrasjon i åpent hav (Region III): 0.2-0.5ng/l i ECOSMO/OxyDep og 0.4-0.5 ng/l i NORWECOM og høyest konsentrasjon i kystnære strøk (Region I): 0.6-1.1 ng/l i ECOSMO/OxyDep og 0.5-0.7 ng/l i NORWECOM. Resultater fra ECOSMO/OxyDep viser en økning i kvikksølv fra Østersjøen i bunnlaget nær grensen mellom Kattegat og Skagerrak i region I. Det ser også ut til at partikulært Hg fanges i topografisk styrte sirkulasjonsmønstre (virvler) som trolig skyldes konvergerende flukser i de dypere lagene mot sentrum av den syklonske sirkulasjonen.

Forskjellene i de modellerte konsentrasjonene kan forklares ut ifra ulike initialbetingelser, grenseflatebetingelser ECOSMO/OxyDep har for eksempel høye kvikksølv-konsentrasjoner i Østersjøen), forskjeller i hvilke forurensningskilder som er tatt med, tidsrom for beregningene, ulik modellert havsirkulasjon (ECOSMO tar med Østersjøen og beskriver derfor utveksling mellom Østersjøen og Nordsjøen/Skagerrak mer differensiert) og ulike parameteriseringer av organisk.

5.3 Overvåking av tilstand

IMR, NIFES og NIVA har i de senere år utført regelmessig overvåkning av tungmetaller, klororganiske miljøgifter og hydrokarboner i sedimenter fra Nordsjøen området (*Figur 21*). I alt omfatter dette 64 sedimentstasjoner i perioden 2003-2010 og 26 torskestasjoner i perioden 2005-2010. Resultatene for kvikksølv, bly, PCB, HCB, sum-DDT, PAH og benzo[a]pyren er visst i hhv. *Figur 22* og *Figur 23*. Det viser i hovedtrekk gode overensstemmelser mellom disse undersøkelser og undersøkelse fra Tilførselsprogrammet, dvs. at klassifisering ikke avviker mer enn en klasse.



Figur 21. Overvåkingsstasjoner i Nordsjøen fra Tilførselsprogrammet 2010 og utvalg fra øvrige overvåking av IMR (2005, 2008, 2010), NIFES (2010) og NIVA (CEMP 2003-2008).

5.3.1 Miljøgifter i sedimenter

I Tilførselsprogrammet finner vi de høyeste nivåene av både sum 16 PAH og THC i området i Region I i Skagerrakområdet. Stasjon 32 ved Grenlandsfjorden viser det høyeste nivået av sum 16 PAH, over 14200 µg/kg tørrvekt, og bekrefter resultatene fra Bakke *et al.* (2009) for nærliggende lokaliteter og sin nære beliggenhet til punktkilder. De laveste nivåene finner man i Region II. Noe variasjon i nivåene her forklares til dels av variasjoner i kornstørrelsen i sedimentene. De mest finkornete sedimentene inneholder de største mengdene av organisk materiale, og dermed også de høyeste konsentrasjonene av hydrokarboner.

Det er ikke utført regelmessig overvåkning av klorerte miljøgifter (PCB og pesticider) i sedimenter fra Nordsjøen. Det er heller ikke analysert bromerte flammehemmere (PBDE) i sedimenter fra dette området tidligere. Det mangler derfor datagrunnlag for å sammenligne dataene fra Tilførselsprogrammet med andre resultater fra samme lokaliteter. Det er imidlertid planlagt å sette i gang overvåkning av disse forbindelsene i sedimenter. For PCB og pesticider undersøkt i CEMP-programmet var mediankonsentrasjonene på bakgrunnsnivå eller i Tilstandsklasse I (Green *et al.* 2010b). De lave nivåene PAH og PCB i sediment stemmer ellers med resultatene fra OSPARs undersøkelse i Nordsjøen (OSPAR region II, *Figur 25*).

Overvåkning av metaller i sedimenter fra Nordsjøen er ikke så omfattende som det er for PAH og PCB. Men unntak for kvikksølv og bly på stasjon 32 i Grenlandsfjordene er det kun funnet lave nivåer av kvikksølv, kadmium, bly, nikkel og arsen (Klif Tilstandsklasse I – ”ubetydelig forurenset” og/eller II ”moderat forurenset”). Mer detaljerte data er tilgjengelig hos Green *et al.* (2010b). For PAH og metaller undersøkt i CEMP-programmet var mediankonsentrasjonene på bakgrunnsnivå eller i Tilstandsklasse I (Green *et al.* 2010b). De lave nivåene av kadmium og kvikksølv i sediment stemmer ellers med resultatene fra OSPAR-undersøkelsen i den nordlige Nordsjøen (OSPAR region II, *Figur 24*).

Tidligere overvåkningsresultater stemmer bra med resultatene fra Tilførselsprogrammet, men ellers lave nivåer av tungmetaller og med noe økning mot nord. Årsaken til de relativt høye arsennivåene er forløpig ukjent.

5.3.2 Miljøgifter i torsk

For undersøkelser av miljøgifter i biota, ble torsk brukt som prøveart. Torsk er naturlig å velge da man har lengst sammenhengende overvåkning i Nordsjøen av denne arten i forbindelse med andre overvåkingsprogrammer i området, for eksempel undersøkelse av fisk knyttet til mattrygghet eller bidrag til internasjonal overvåking som (CEMP). Torsk er også brukt som indikatororganisme for overvåkingen som ble satt i gang i forbindelse med forvaltningsplanen for Nordsjøen. Det som vil være en viktig utvikling videre er at det her blir valgt faste stasjoner, mens mye av det tidligere arbeid er gjort ut fra å fange torsk der den til enhver tid er og der blir fisket kommersielt.

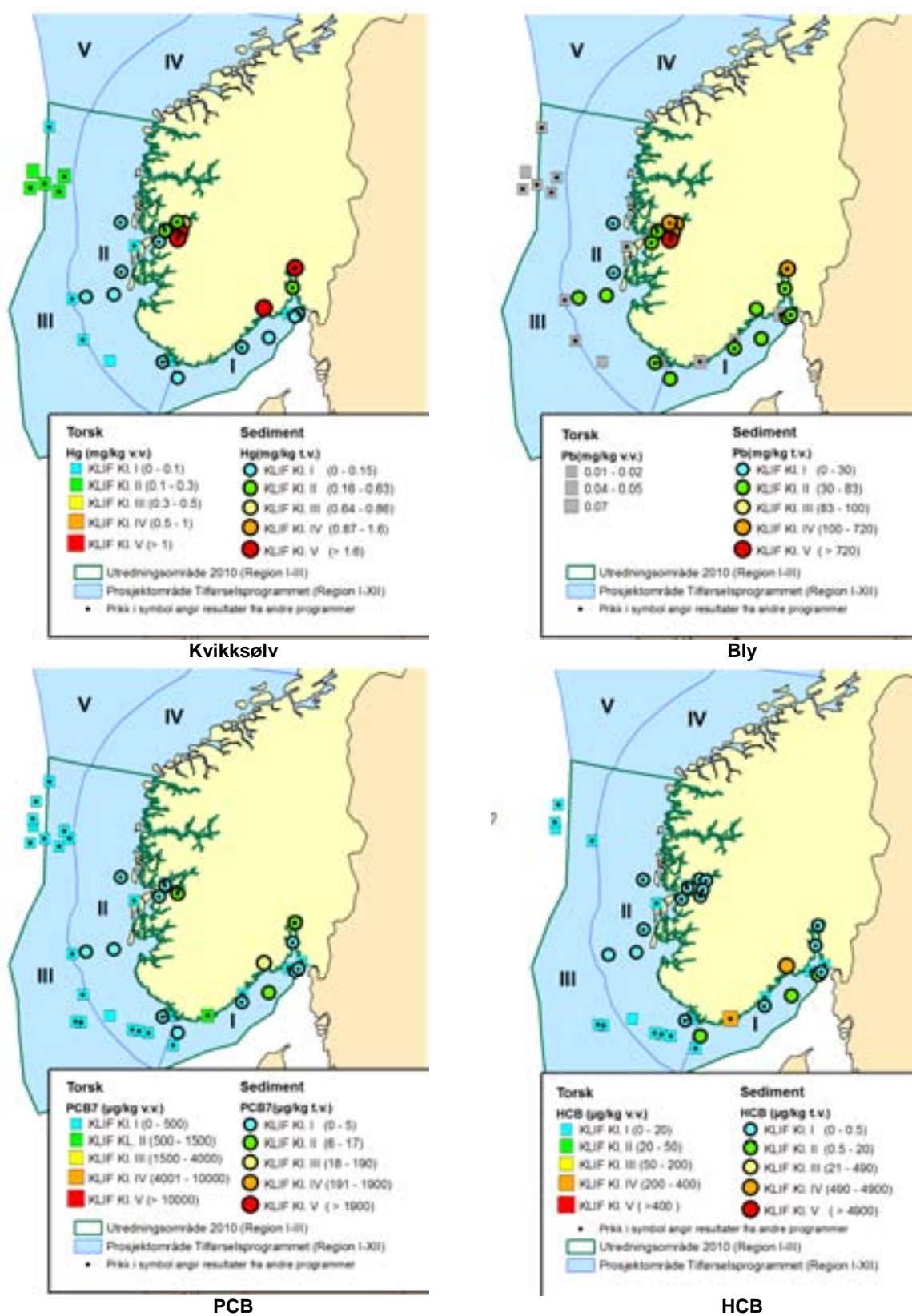
I filet av torsk er det kvikksølv som er den mest interessante komponent som den eneste som normalt akkumulerer til forhøyede nivåer, mens de organiske miljøgiftene blir studert i den fettrike leveren. Data fra denne overvåkingen viser at kvikksølvverdiene i filet for det første er langt høyere på disse stasjonene i Nordsjøen enn i Barentshavet. Verdiene på de to stasjonene som inngikk viste et snitt på 0.077 mg/kg våtvekt på Eigersundbanken, mens konsentrasjonen var 0.161 mg/kg på Tampen. I forbindelse med en omfattende basisundersøkelse på torsk har NIFES også ytterligere foreløpige resultater. I dette materialet viste fire av ni stasjoner foreløpig at gjennomsnittet av kvikksølv var over 0.1 mg/kg våtvekt. Slik sett var de to stasjonene relativt typiske. I forhold til Klif sin miljøklassifisering er da stasjonen på Eigersundbanken klassifisert som ”Lite” eller ”Ubetydelig” forurenset av kvikksølv, mens stasjonen på Tampen er klassifisert som ”Moderat” forurenset. Det bør merkes at klassifiseringen av organismer i utgangspunktet er beregnet for bruk i kystnære områder, og ikke nødvendigvis gjelder for hele de norske havområdene. De er videre ikke justert for størrelse på fisk som normalt har innvirkning på kvikksølvkonsentrasjonene i filet. Resultatene fra

Tilførselsprogrammet er i overensstemmelse med CEMP-undersøkelser av torskefilet fra Ytre Oslofjord, Lista, og området Bømlø-Sotra som viste at konsentrasjonen av kvikksølv lå i Tilstandsklasse I (Green *et al.* 2010b). Det ble ikke registrert noen signifikant trend for torsk på disse stasjonene.

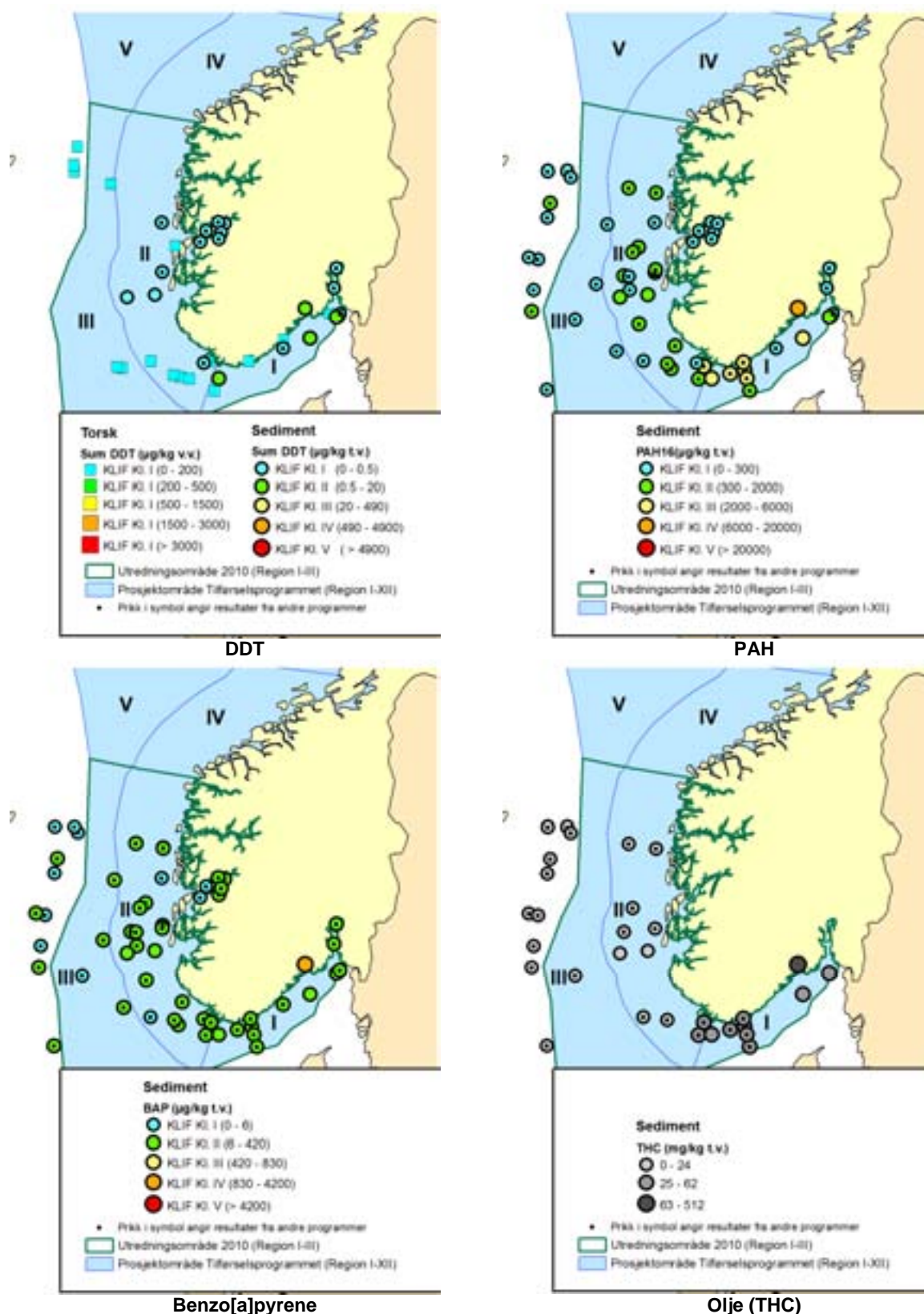
Når det gjelder metaller i lever så er det funnet generelt lave nivåer i denne undersøkelsen. Gjennomsnittskonsentrasjoner av kadmium var 0.08 og 0.09 mg/kg våtvekt. Nivåer i området 0.05 til 0.35 mg/kg våtvekt er typiske verdier og på linje med det som har blitt rapportert i forbindelse med overvåkingen av Nordsjøen. Resultatene fra Tilførselsprogrammet er i overensstemmelse med CEMP-undersøkelser av torskelerver fra ytre Oslofjord, Lista, og området Bømlø-Sotra som viste at konsentrasjonen av metaller lå på bakgrunnsnivå (Green *et al.* 2010b). Det ble registrert signifikant nedadgående trend for kadmium i torsk fra ytre Oslofjord.

For organiske miljøgifter i lever, er PCB fremdeles ett av de viktigste problemstoffene. Man finner PCB i godt målbare nivåer i torskelerver på begge stasjoner. Summen av 7 PCB-kongenere som omfatter PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180 er mye brukt som indikator. Også her har man nå foreløpig materiale fra flere stasjoner i forbindelse med basisundersøkelsen på torsk. Materialet viser en interessant fordeling der de to stasjonene i dette programmet viser relativt lave og ganske like verdier rundt 100 µg/kg ved denne prøvetakning. De ni øvrige stasjoner som det refereres til har verdier fra dette nivået og opp til et gjennomsnitt på mellom 400 og 500 µg/kg våtvekt men det er behov for et større generelt kunnskapstilfang, spesielt i forbindelse med mulige forklaringsfaktorer for variasjon slik som størrelse, sesong og kjønn. Denne oppbyggingen av kunnskap foregår gjennom det nevnte basisstudium for torsk ved NIFES slik at en i løpet av 2012 vil kunne ha bedre sammenligningsgrunnlag for normalverdier og spredning. Denne har dog ikke med pesticidene og de fluorerte forbindelsene som analyseres i programmet. Resultatene fra Tilførselsprogrammet er i overensstemmelse med CEMP-undersøkelser av torskelerver fra ytre Oslofjord, Lista og Bømlø-Sotra som viste at konsentrasjonen av PCB lå i Tilstandsklasse I. Det ble registrert en signifikant nedadgående trend for PCB i torsk fra ytre Oslofjorden. De lave nivåene og noe indikasjon om at trenden er nedadgående stemmer ellers med resultatene fra OSPAR undersøkelse i Nordsjøen (OSPAR region II, *Figur 25*).

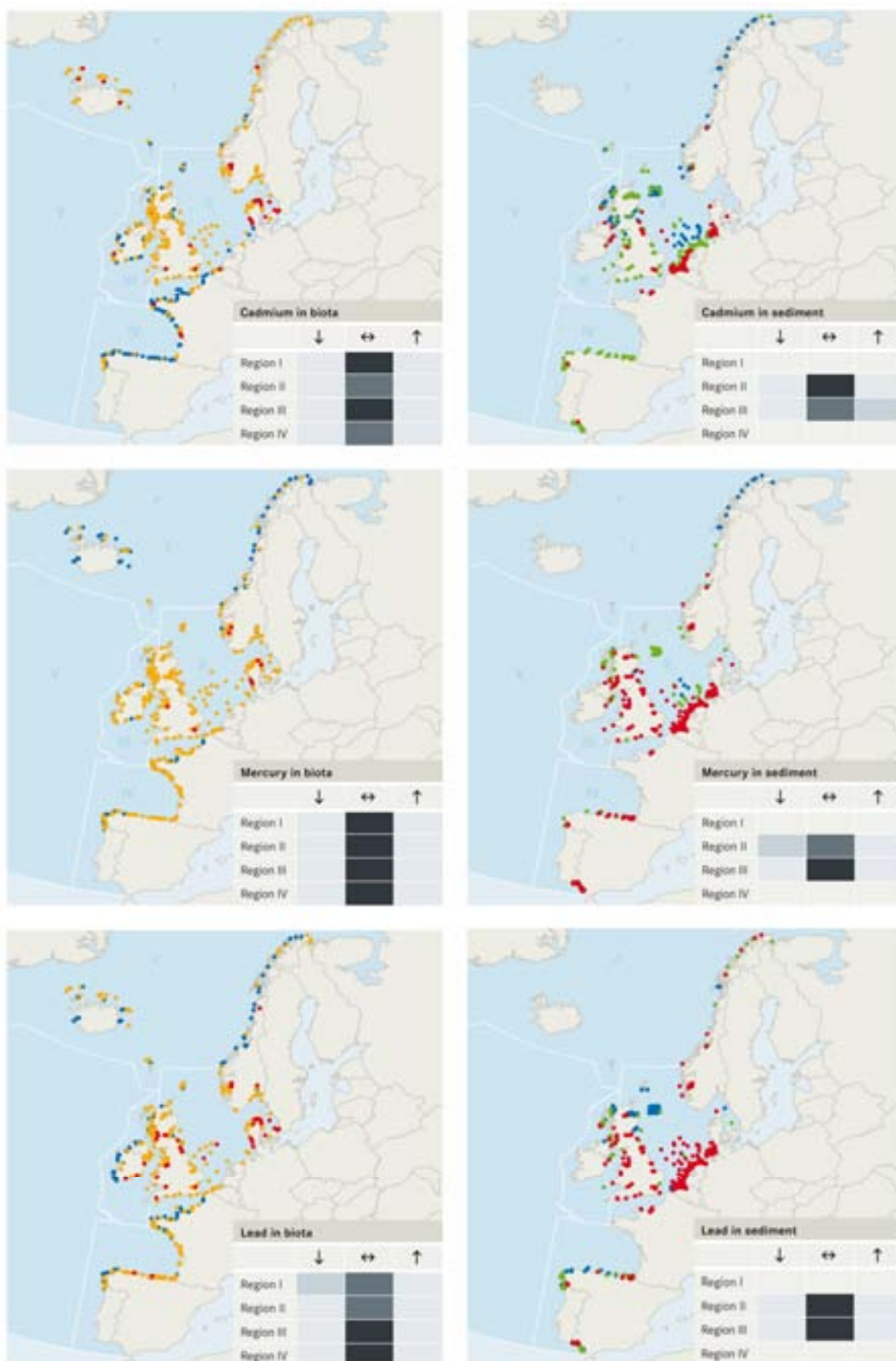
For de fluorerte forbindelsene ser vi videre at det er lite konkrete verdier for de ulike stoffene og at det kun er PFOS som faktisk lar seg detektere. Det er også relativt lave verdier og nokså stor variasjon i materialet når det gjelder pesticider.



Figur 22. Konsentrasjoner av kvikksølv og bly i mg/kg tørrvekt og PCB og HCB i µg/kg tørrvekt i overflatesedimenter og i kvikksølv i mg/kg våtvekt i torskfilet og bly i mg/kg våtvekt og PCB og HCB i µg/kg våtvekt i torskelever fra Nordsjøen. Data for sediment fra andre programmer er fra IMR overvåkingsprogram 2005 og 2008, og data for torsk er fra andre programmer er fra NIFES overvåkingsprogram 2010 og NIVA i forbindelse med CEMP (2003-2008).



Figur 23. Konsentrasjoner av DDT, PAH og benzo[a]pyrene i µg/kg tørrvekt og total hydrokarbon (THC) i mg/kg tørrvekt i overflatesedimenter og DDT i torskelever (µg/kg våtvekt) fra Nordsjøen. Sediment data fra andre programmer er fra IMR overvåkingsprogram 2005 og 2008, og torskedata fra andre programmer er fra NIFES overvåkingsprogram 2010 og NIVA i forbindelse med CEMP (2003-2008).



Figur 24. Klassifikasjoner av kadmium, kvikksølv og bly i overflatesedimenter og biologiske materiale i OSPAR regionen i perioden 2003-2007. Se ellers figurforklaring i **Figur 25.** (kilde: copyright OSPAR, OSPAR 2010a).

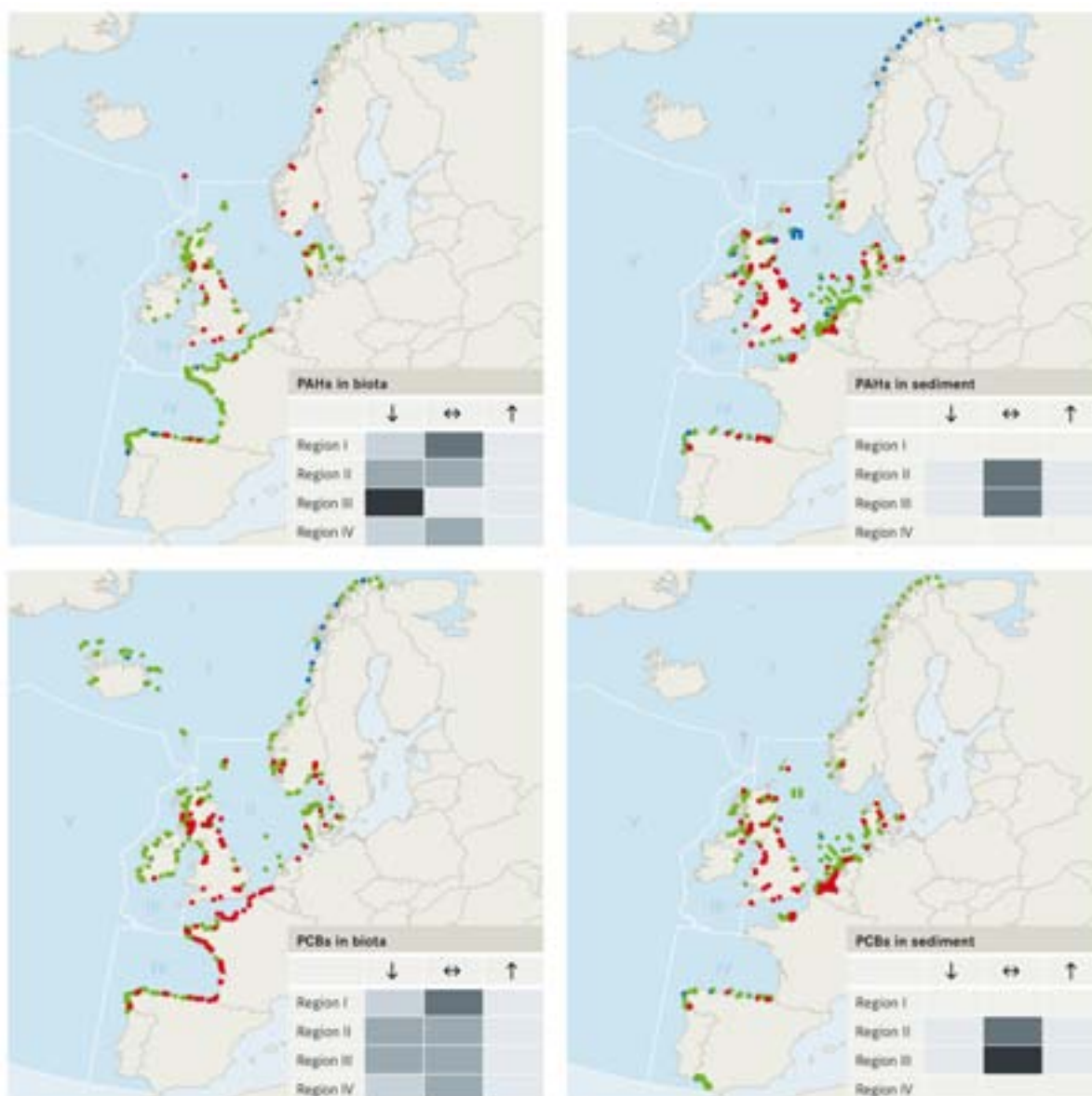


FIGURE 5.2 Geographical distribution of status and temporal trends in contamination from cadmium, mercury, lead, PAHs and PCBs in biota (fish and shellfish) and sediments based on the OSPAR Coordinated Environmental Monitoring Programme. Status is indicated for the last year of monitoring in the period 2003-2007. Higher concentrations of heavy metals in biota around Iceland are due to natural factors. Geographic coverage of the assessment is limited, especially for sediments, as a result of lack of data reporting or the design of national monitoring programmes accounting for local conditions. No OSPAR monitoring data have been reported for Region V. Data coverage and assessment methodologies are explained in detail in the assessment reports 'Trends and Concentrations in Marine Sediments and Biota'.

Spatial data are classified according to assessment criteria developed by OSPAR and ICES as follows:

- Status is unacceptable: concentrations are at levels such that there is an unacceptable risk of chronic effects occurring in marine species, including the most sensitive species (PAHs and PCBs in biota; PAHs, PCBs, and metals in sediment), or are greater than EU dietary limits for fish or shellfish but the extent of risks of pollution effects is uncertain (metals in biota).
- Status is uncertain: concentrations of metals in biota are lower than EU dietary limits for fish and shellfish and above background but the extent of risks of pollution effects is uncertain.
- Status is acceptable: concentrations of contaminants are at levels where it can be assumed that little or no risks are posed to the environment and its living resources at the population or community level.
- Status is acceptable: concentrations are near background for naturally occurring substances (cadmium, mercury, lead, PAHs) or close to zero for man-made substances (PCBs), i.e. the ultimate aim of the OSPAR Strategy for Hazardous Substances has been achieved.

Results of trend analysis of time series with data for five years or more in the period 1998-2007 are shown in the tables in each map. These present the percentage of 'downward trends' (↓), 'no trends' (↔) and 'upward trends' (↑) in assessed time series. 'No trends' means that trend analysis did not detect a statistically significant trend over time. 'No trend data' means that available time series were not sufficient for trend analysis.

- No trend data
- 0-20%
- 20-40%
- 40-60%
- 60-80%
- 80-100%

Figur 25. Klassifikasjoner av PAH og PCB i overflatesedimenter og biologiske materiale i OSPAR regionen i perioden 2003-2007 (kilde: copyright OSPAR, OSPAR 2010a).

5.3.3 Radioaktive stoffer

Overvåking av radioaktivitet i norske havområder har pågått siden tidlig 1980-tall, og i 1999 startet det nasjonale overvåkingsprogrammet RAME (*Radioactivity in the Marine Environment*) som ledes og koordineres av Statens strålevern, der bl.a. Havforskningsinstituttet og Institutt for Energiteknikk deltar. Resultater fra dette program har bidratt til økt kunnskap om nivåer og trender av radioaktiv forurensning i norske havområder.

Sjøvann

Resultater fra undersøkelser i Nordsjøen viser at man finner relativt lave nivåer av menneskeskapte radioaktive stoffer i dette området. Nivåer av technetium-99 er nedadgående på grunn av kraftig reduserte utslipp fra Sellafield i 2003/2004. Det har vart en generell nedgang av cesium-137 og strontium-90 i sjøvann de senere årene, men i området nært Skagerrak kan nivåene av cesium-137 variere relativt kraftig på grunn av variasjoner i utstrømning fra Østersjøen.

Av de naturlige radionuklidene radium-226, radium-228 og polonium-210 ligger resultatene fra 2010 generelt sett innen det intervallet man kan forvente seg fra naturlige kilder. Forventet bidrag fra utslipp av produsert vann kan dog være vanskelige å observere i dette området, siden de naturlige nivåene av radium-226 og radium-228 sammenlignet med det forventede bidraget fra produsert vann er relativt høyt.

Sediment

Resultater fra overvåking av sedimenter viser at cesium-137 ved alle prøvetakingsstasjonene var under 10 Bq kg^{-1} (tørrvekt). Nivåene tilsvarer de som ble målt 2004 i samme område. Nivåene av plutonium-239+240 og americium-241 i sediment ved alle 3 stasjoner var under henholdsvis 3 Bq kg^{-1} (tørrvekt) og 1 Bq kg^{-1} (tørrvekt). Man kan ikke utelukke at det finnes høyere nivåer lenger nede i sedimentene som reflekterer de større utslippene av plutonium fra Sellafield på 1970-tallet. Americium-241 konsentrasjonen i sedimentene øker over tid, da det bygges opp gjennom nedbrytning av Pu-241. Radium-226 ved stasjonene varierte mellom 23.1 og 28.4 Bq kg^{-1} (tørrvekt). Samme nivåer ble observert av Beks (2000) i nærheten av disse stasjonene.

Torskefilet

Målinger av cesium-137 i to prøver av torsk fra Nordsjøen (Egersundbanken og Tampen-området) viste begge en konsentrasjon på 0.2 Bq kg^{-1} (ferskvekt). Dette var som forventet i forhold til tidligere resultater fra målinger i fisk fra Nordsjøen (NRPA, 2009). Nivåene av polonium-210 i torsk var på $0.5 \text{ } 0.8 \text{ Bq kg}^{-1}$ (ferskvekt), og dette er som forventet for radionuklider.

6 Sammenfattende vurdering og anbefalinger

6.1 Sammenfatning av resultater

Tilførselsprogrammet har tre hovedkomponenter:

1. Modellberegninger av tilførsler av miljøgifter på prioritetslisten, olje og radioaktive stoffer fra alle kilder til norske havområder.
2. Modellberegninger av transport og konsentrasjoner av stoffene til havområdene ved bruk av matematiske modeller.
3. Overvåking av miljøgifter på prioritetslisten, olje og radioaktive stoffer i biota, sedimenter og vann.

De tre komponentene er nært knyttet sammen ved at modelleringen av transport og konsentrasjoner i havområdene (punkt 2) er avhengig av at tilførslestimatene fra de ulike kildene (punkt 1) er oppdaterte og av god kvalitet. Sistnevnte innebærer også at dataene har best mulig oppløsning i tid og rom. Overvåkingen av miljøfarlige stoffer i biota, sediment og vann (punkt 3) har flere funksjoner: a) Dokumentere nivåer (respons) i ulike deler av økosystemet, b) generere inputdata til modellarbeidet og c) kontrollere/kvalitetssikre modellberegningene. Resultatene som framkommer i denne rapporten for Nordsjøen viser at det fortsatt er et stort forbedringspotensial innenfor og på tvers av de tre hovedkomponentene i Tilførselsprogrammet.

Beregning av tilførsler

For mange av stoffene på den norske prioritetslista mangler data som kan gi grunnlag for pålitelige beregninger. De sikreste opplysningene finnes for tilførsler av olje, PAH, PCB, kadmium, krom, kvikksølv, bly, tributyltinn, cesium-137, technetium-99, plutonium-239+240 og strontium-90. Dette er dels utslipp direkte til regionene og dels tilførsler med havstrømmer inn i regionene. *Tabell 21* sammenfatter resultatene, men det understrekes at siden 2008 er tilførselstallene bare oppdatert for regionene i Nordsjøen (I-III) og deler av området Barentshavet og Lofoten (VIII-XI). Når det gjelder radioaktive stoffer er det fokusert på tilførsler av strontium-90 og plutonium-239+240.

I Nordsjøen utgjør nedfall fra luft største kilde for tilførsel av kvikksølv, bly, kadmium, PCB og PAH i Region II og III, og arsen i Region III. I Region II er hovedkilde for arsen og krom havbunnen. For Region I dominerer tilførsler fra land for kadmium, krom, arsen og PCB samt olje (THC), mens atmosfæren fortsatt er største kilde for kvikksølv, bly og PAH. Bidraget av olje er størst fra skip i Nordsjøen (bortsett fra nevnte unntak). Plutonium-239+240 kommer mest fra atmosfærisk nedfall i alle de tre regionene, mens største kilde for Strontium-90 i Region I og III er Kattegat.

Modellering av transport og konsentrasjoner

To modeller ble benyttet: ECOSMO/OxyDep og NORWECOM. Hovedvekten ble lagt på det første. Modellene ble brukt til å simulere konsentrasjoner av miljøgifter i ulike deler av Nordsjøen og med fokus på tre regioner. Når modellen videreutvikles og settes opp for alle regionene vil den føre til sikrere resultat. Modellen ble kjørt med et antall forutsetninger om initial- og grenseflatebetingelser. For NORWECOM ble modellen kjørt for ett år med svak sirkulasjon og ett år med intens sirkulasjon (ulike NOA-indeks). Forutsetningene gjaldt bl.a. nedbrytning, sedimentasjon, tilførsler fra ulike kilder og hvordan konsentrasjoner er fordelt på grenseflatene. Resultatene illustrerte hvordan ulik sirkulasjon påvirker spredningsmønster og konsentrasjoner. Spredningsmønsteret i bunnvannet samsvarte noenlunde med konsentrasjonene som ble målt i overflatesediment for kvikksølv og PCB, og i mindre grad også for HCB. Sammenligning ble også gjort for PAH og Lindan, men her var det ikke god overensstemmelse. Hovedkonklusjoner er:

- Forurensning fra kilder utenfor norske farvann er ofte hovedkilden av farlige stoffer. De modellerte horisontale variasjonene framhever betydningen av tilførsler fra kysten i søndre del av Nordsjøen (alle forurensende stoffer) og fra Østersjøen (for eksempel kvikksølv).

- Sesongvariasjonen av de ulike forurensende stoffene bestemmes av sesongvariasjonen av produksjon og nedbrytning av organisk materiale, elveavrenning og intensiteten til sirkulasjonen. De to modellene viser at hyppigheten av prøvetaking og hvor prøvene tas knyttet til in-situ overvåking av forurensende stoffer er avgjørende for sesongvariasjonen.
- Mellomårlege variasjoner i konsentrasjonen av forurensende stoffer er i hovedsak avhengig av endringer i atmosfæreflukser. Dette påvirker de midle konsentrasjonene av forurensende stoffer (for eksempel kvikksølv i 2005 og 2006). Intensiteten av sirkulasjon (havstrømmer) og elveavrenning kan knyttes til klimasvingninger (NAO-indeksen) som påvirker de sesongmessige variasjonene.
- Variasjon av den totale forurensningen i vannsøylen kan kobles til den ”vertikale pumpa”. Vi ser ofte minimumskonsentrasjoner i overflaten (tydeligst om sommeren) og maksimumskonsentrasjoner i den midlere delen av vannsøylen eller nær bunn. Dette kan forklares ut fra plankton og detritus som sinker ned og dermed fjerner materiale fra den eufotiske sonen. Hvor stor denne effekten er avhenger av sammensetningen mellom de forurensende stoffene og det organiske materialet (partisjoningskoeffisienten K_{ow}). Det er behov for å samle inn vertikallprofiler av de ulike forurensende stoffene for å videre studere betydningen av denne prosessen.
- De tredimensjonale havmodellene viser en betydelig horisontal variasjon i fordelingen av de forurensende stoffene. Maksimumsnivåene finner vi langs kysten, og er i stor grad et resultat av industri (konsentrasjonen kan være opptil flere hundre ganger større langs kysten enn i åpent hav). Modellene viser også at det er ulike skalaer for tidsvariasjon (mellomårlig, sesongmessig og synoptisk skala). De gir også nødvendig informasjon om kompleksiteten og fordeling av forurensende stoffer i Nordsjøen sammenlignet med enklere modellertilnærminger (for eksempel boksmodeller).

Overvåking av miljøfarlige stoffer i sediment og marine organismer

Miljøfarlige stoffer ble undersøkt på 6 sedimentstasjoner og 2 torskestasjoner i Nordsjøen.

Undersøkelsen viste at konsentrasjonene av kvikksølv, bly, kadmium, kobber, nikkel, sink, PCB, DDT, HCB og lindan tilsvarte tilstandsklassene ”Lite” eller i noe få tilfeller ”Moderat” forurenset i henhold til Klifs klassifiseringssystem. Hovedunntaket gjaldt den ene kystnære stasjonen ved Grenlandsfjordområdet hvor kvikksølv og HCB i sediment var i Tilstandsklasse V ”Svært dårlig”, PAH-konsentrasjonen var ”Dårlig” og PCB var ”Moderat”. For polybromerte difenyletere (PBDE) er det kun etablert grenseverdier for pentabromdifenyleter, hvor øvre grense for ”God” tilstand (klasse II) er 62 µg/kg t.v. Dette er betydelig over de nivåene for sum BDE som er funnet i denne undersøkelsen. For perfluorerte stoffer (PFC) i sediment er det kun etablert grenseverdier for PFOS. Nivåene av PFOS på de seks undersøkte sedimentstasjonene tilsvarte tilstandsklasse ”God”. Når det gjelder radioaktive stoffer er konsentrasjonen av disse i Nordsjøen generelt lave.

6.2 Forslag til videre arbeid

Programmet er langsiktig og ambisiøst. Det gjenstår fortsatt betydelige kunnskapsmangler forbundet med tilførsler og nivåer av miljøgifter og radioaktive stoffer. Kunnskapsmanglene bidrar i stor grad til usikkerhet og begrensninger i resultatene fra programmet. Dette er i neste omgang et problem både for tilstandsvurdering og utarbeidelse av eventuelle tiltaksprogram for de ulike havområdene.

De største kunnskapsmanglene som ble identifisert i Fase I av Tilførselsprosjektet (Molvær *et al.* 2007) var knyttet til utslipp fra skipsfart og båttrafikk, samt langtransporterte tilførsler. Utslipp fra skipsfart fikk man vesentlig bedre oversikt over i løpet av Fase II (Molvær *et al.* 2008), men modellprosjektene som beregner langtransporterte tilførsler som nedfall fra luft og transport med havstrømmer er langt fra fullført. I det første året av Tilførselsprogrammet med Barentshavet og Lofotenområdet i fokus var det påpekt at modellene bør oppdateres til å inkludere frigjøring av miljøgifter og radionuklider fra sekundære kilder som isbreer og havis, relatert til eventuelle klimaendringer (Green *et al.* 2010a). I det andre året med programmet (undersøkelse av Nordsjøen) ble det enda tydeligere at utvikling av modellene og kjøring må inkludere mer detaljert data om tilførsel til alle regioner, i både tid og rom, og transport til det aktuelt forvaltningsområdet. I tillegg

må modellen bedre simulere den betydningen som sedimentasjon og biologisk opptak har for konsentrasjonene i vann og i sedimenter.

Beregning av tilførsler

I hovedsak er det behov for å få bedre og mer komplett tilførselstall for enkeltstoffer og -kilder som kan brukes som et utgangspunkt for en optimalisering av overvåkingsprogrammene for en mer målrettet overvåking og forvaltning av havområdene med mindre usikkerheter. Dette betyr også å tilegne seg bedre informasjon om utslippkilder utenfor regionene (offshoreaktivitet utenfor Norges grenser, elveavrenning m.m.).

Tilførsler fra land og offshoreinstallasjoner:

RID-programmet og opplysninger fra Klif gir et relativt godt grunnlag for beregninger av tilførsel av forurensende stoffer fra land og offshoreinstallasjoner. Retensjon/ tilbakeholdelsen av forurensende utslipp innenfor grunnlinjen kan være stor, og med betydning både for tilstanden i fjordene og for beregningene av transporter i kystvann-hav. Den bør kvantifiseres bedre ved bruk av utslippstall, data for konsentrasjon/mengder i sedimenter og vann kombinert med modeller.

Mange av stoffene det fokuseres på i Tilførselsprogrammet måles ikke i RID-elvene. Det foreslås derfor å sette ut passive prøvetakere i noen av RID-elvene, etter samme prosedyre som ved Andøya, Jan Mayen og Bjørnøya.

Utlekking av olje fra havbunnen:

Det kan være en betydelig tilførsel av olje fra naturlige havbunnsutlekking på norsk sokkel, og den faktiske mengden av olje som tilføres norske havområder kan være opptil det dobbelte av tidligere estimater. Av den grunn bør det gjennomføres beregninger med bruk av ajourførte data og utlekkingskoeffisienter.

Utslipp fra skip:

Det er sannsynlig at de senere års utvikling av skipstrafikken 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, bioslam, oljeholdig slam, aske, slagvann, spillvann, toalettavløp og ulike typer gråvann bør gjennomgås og evt. korrigeres. Ved å innhente nye opplysninger som foreslått over vil ajourførte og riktigere tall for de totale årlige forurensningsutslipp fra skip til sjø kunne framskaffes ikke bare for Nordsjøen, men også Norskehavet og Barentshavet.

Nedfall fra luft:

Det gjenstår betydelige kunnskapsmangler vedrørende utslippkilder til luft, atmosfærisk transport og avsetning av miljøfarlige stoffer til de aktuelle havområdene. Det anbefales derfor at innsatsen fremover fokuserer på de komponenter og havområder der man allerede nå har en sterk indikasjon om at avsetning fra luft til hav utgjør et signifikant bidrag til miljøgiftbelastningen for å redusere usikkerheten i det totale miljøgiftregnskapet man forsøker å etablere for disse havområdene. Bedre kunnskap om utslipp og tilførselsveier har også åpenbar relevans og verdi for evaluering av mulige fremtidige kontrolltiltak, nasjonalt og/eller internasjonalt for de komponenter hvis tilstedeværelse i hovedsak domineres av atmosfæriske tilførsler.

Det trengs mer kunnskap om utveksling luft/hav og aller helst gjennom empiriske studier for å evaluere/validere modellberegningen for havområdene. Utvikling av modeller bør også ta sikte på å framskaffe ytterligere opplysninger om:

- Størrelsen av bidraget fra enkeltkilder knyttet til de ulike regionene.
- Hvordan bidraget fordeler seg innad i regionene: grunnlag for å fastsette overvåkingsstasjoner.
- Hvordan bidraget fordeler seg over året.

Nødvendigheten av samlokaliserte og koordinerte målinger i luft og hav ved bruk av aktiv prøvetakningsmetodikk bør vurderes på nytt, særlig dersom atmosfæriske tilførsler av organiske

miljøgifter til havområdene skulle vise seg å dominere i forhold til andre tilførsler. Hvis slike undersøkelser vil bli foretatt, anbefales det på det sterkeste å foreta kjemiske analyser på samme laboratorium for å oppnå så sammenlignbare resultater som overhodet mulig.

Transport og konsentrasjoner av radioaktive stoffer:

Det er mulig å forbedre resultatene ved:

- Verifikasjon og validering av modellparametre gjennom prøvetaking av vann og sediment.
- Forbedre resultatene av kalkulasjonene og forminske usikkerheten ved å optimalisere interaksjonene mellom vann og vann og mellom vann og sediment og forbedre initiale data for aktuelle havområder, basert på resultater av målinger (bl.a. porøsitet av sediment og innhold av suspenderte partikler i vannkolonne).
- Bedre samordning mellom Statens strålevern sin modell og ECOSMO-modellen som beskrives nedenfor.

Modell for beregning av transport med havstrømmer og konsentrasjoner i vann og i sediment for ikke-radioaktive stoffer

Dette er verktøyet som skal sammenfatte tilførsel fra alle kilder og levere informasjon til myndigheter om hvilke kilder som dominerer i forhold til stofftransport og konsentrasjoner i ulike regioner. Som beskrevet ovenfor mangler ennå data og moduler (bl.a. sedimentasjon og biologisk opptak) og validering av modellens resultater. I dette planlegges større grad av samkjøring av de marine modellene som dekker havområdene (Statens strålevern sin modell og ECOSMO-modell utført av NIVA, samt NORWECOM utført av IMR).

Det gjenstår et betydelig arbeid før modellen gir de ønskede resultatene. Særlig nevnes:

- Beskrive sedimentasjonen, biologisk opptak 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.
- Validering av modellen (både av strømmodellen og av vannkvalitetsmodulen) ved hjelp av 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.
- Beregne konsentrasjoner innad i regionene, som grunnlag for valg av stasjoner for prøvetaking/overvåking av vann, biota og sedimentkonsentrasjon.
- Framskaffe bedre data for bakgrunnskonsentrasjon for flere stoffer, dvs. konsentrasjon i vannet som strømmer inn i regionene utenfra. Kunnskapshullet er størst for klororganiske forbindelser og ”nye miljøgifter”. Om mulig; innrette overvåkingsprogrammet mot å bedre datagrunnlaget.
- Framskaffe bedre data for miljøgiftkonsentrasjoner i havis og for avsetningen fra luft (inkludert kunnskapsmangler vedrørende mekanismer og prosesser).
- Utvikle modellen i større grad enn det nå er blitt gjort for Nordsjøen til å tallfeste både den samlede tilførselen til den enkelte region og betydningen av tilførsler via luft og havstrømmer – og spesifikke kilder i spesifikke regioner. For eksempel kan transport av stoff som slippes til Region I vise seg å være av betydning for Regionene II, III og IV og V. I løpet av de kommende år må modellen gi input til slike helhetlige vurderinger, som er særlig viktige for forvaltningsplanområdene Norskehavet og Barentshavet.
- Modellere toveis utveksling av forurensende stoffer mellom atmosfære og sjø basert på flyktighetstilnærming (*fugacity approach*), samt foreta en evaluering av tilnærmingen, i første omgang basert på målinger fra samlokaliserte passive prøvetakere i luft og vann.
- Modellere tilsvarende toveis utveksling mellom sjø og sjøbunn basert på flyktighetstilnærming og andre faktorer som oksiske forhold, samt validere de eksisterende datasettene.
- Modellere begravning av forurensende stoffer i sediment og utveksling mellom sjø og sjøbunn via flyktighetstilnærming hver for seg.
- Modellere betydningen av utslippene fra luft og elveavrenning hver for seg for å studere hvordan de ulike kildene påvirker transport av forurensende stoffer med havstrømmer.

- Inkludere oppløste organiske stoffer i ECOSMO sin økosystemmodul og dermed forbedre modellering av biologisk opptak av miljøgifter.
- Forbedre prosessbeskrivelse av sedimentasjon (synkehastighet for detritus) og resuspensjon. Bedre tidsoppløsning av hydrodynamiske data for å gjøre mulig modellering av tidevannsblanding og bunnfriksjon som er viktig for resuspensjon.
- Forbedre behandlingen av tilførsler til Østersjøen, og Østersjøen sin rolle som mellomlager og kilde for norske farvann.
-

I forhold til kombinerte effekter er det behov for kunnskap om en lang rekke biologiske endepunkter og kombinasjoner av blant annet strålingstyper og miljøgifter. Det er her behov for forskningsprosjekter som kan støtte oppunder den eksisterende overvåkingen, men eksperimentelle studier er antagelig nødvendig for å fylle kunnskapshullet.

Overvåking av vann, sediment og marine organismer

Overvåking er verktøyet som skal varsle myndigheter om uønskede tilstander, utvikling og effekter av miljøfarlige stoffer i havet. Resultater fra overvåking kan bidra til implementering av tiltak og vurdering om tiltak lykkes med tanke på havområdet betydning for Norge. Det foretas en vurdering av en eventuell økt risiko forbundet med aktiviteten i Nordsjøen og klimaendringer, samt spredning av miljøskadelige kjemikalier og radioaktive stoffer.

Overvåking må kunne omfatte både kortsiktige og langsiktige målsetninger, samt ha en fleksibilitet til å takle nye utfordringer. Koordinering av nasjonale programmer, som MAREANO, RAME og CEMP, bidrag til internasjonale avtaler som EUs vanddirektiv, Stockholm konvensjonen, EMEP, AMAP og OSPAR må være en forutsetning. Overvåking ligger også sentralt i forbedring av modeller. Data fra feltene danner et grunnlag for modellens beregninger. Av betydelig forbedringsbehov kan vi spesielt nevne:

- Framskaffe bedre data for bakgrunnskonsentrasjon og klassifiseringskriterier for flere stoffer, dvs. konsentrasjon i sediment og enkelte arter, særlig med hensyn til klororganiske forbindelser og ”nye miljøgifter”.
- Etablering av faste stasjoner: I dag samles det inn prøver hvert 3. år i den norske delen av Nordsjøen, i regi av Tilførselsprogrammet. På utvalgte stasjoner hvor det samles inn fisk bør frekvensen vurderes økt slik at prøver blir samlet inn hvert år. Hyppigere målinger vil øke utsagnskraften på tidstrender og eventuelle tiltak kan dermed verksettes tidligere. Resultatene må sees i nær tilknytning til den mer omfattende overvåkingen som ellers gjennomføres av institusjonene som deltar i Tilførselsprogrammet.
- Flere stoffer bør overvåkes. I tillegg til den norske listen av prioriterte stoffer, bør man også følge med på andre stoffer som er identifisert av OSPAR og EU.
- Det er i dag stor mangel på kunnskap om hvordan totalbelastningen av stoffer som for eksempel tungmetaller, radioaktive stoffer, organiske miljøgifter og oljekomponenter påvirker økosystemer. I tillegg vil samvirke med andre stressfaktorer som for eksempel klimaendringer, næringsmangel og sykdom/parasitter ytterligere kunne påvirke effektene på ulike økosystemer.
- Modellberegning kan være veiledende for plassering av overvåkingsstasjonene samt tolkning av resultatene fra disse. Bedre undersøkelse av miljøfarlige stoffer i sjøvann langs regiongrensene kan føre til bedre estimater både for transport mellom regionene og spredning innen regionene.

7 Materiale og metoder

7.1 Kjemiske og radioaktive variable

Et utvalg av metaller, klororganiske forbindelser, polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), olje, polybromerte difenyletere (PBDE), perfluorerte forbindelser (PFC) og radioaktive stoffer ble undersøkt i Nordsjøen i 20q0. En oversikt over stoffer og kilde/prøvetakingsmedium er vist i **Tabell 23** og Vedlegg A, og flere detaljer er vist i (Green *et al.* 2010a). Konsentrasjoner i sjøvann er målt både ved analyse av vannprøver for radionuklider.

Tabell 23. Oversikt over stoffer og stoffgrupper undersøkt i Nordsjøen 2010. (Se Vedlegg A, og mer detaljert beskrivelse finns i Green *et al.*, 2010a).

Beskrivelse	Tilførsels-Modellberingninger (8 kilder)	Sjøvann	Sedimenter (0-2 cm)	Torskelever / filet
Kvikksølv	X		X	X (filet)
Bly, kadmium, krom, arsen og andre metaller	X		X	X (lever)
PCB, DDT, HCB, lindan og andre POP¹⁾	X		X	X (lever)
Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)²⁾	X		X	
olje (THC)³⁾	X		X	
Polybromerte difenyletere (PBDE)⁴⁾			X	X (lever)
Perfluorerte stoffer (PFC)⁵⁾			X	X (lever)
Radionuklider⁶⁾	X	X	X	X (filet)

1) Persistente organiske miljøgifter. Inkluderer PCB kongenerene: CB-28,-82,-101,-108,-118,-138,-183,-186,-180, 209, 8-CB, OCS, DDT og enkelte metabolitter, HCB, lindan og enkelte andre isomerer av HCH.

2) Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Inkluderer (med NPDer): ACNE, ACNLE, ANT, BAP, BBJF, BEP, BGHIP, BKF, BAA, CHR, DBA3A, DBT, DBTC1, DBTC2, DBTC3, FLE, FLU, ICDP, NAP, NAPC1, NAPC2, NAPC3, PA, PAC1, PAC2, PAC3, PER, PYR.

3) Total hydrokarboner (THC)

4) Polybromerte difenyletere (PBDE). Inkluderer bromerte flammehemmere, bl.a. HBCDD og BDE kongenerene: -28, -47, -71, -77, -85, -99, -100, -119, -153, -154, -183, -196, -205, -206, -209-

5) Perfluorerte forbindelser (PFC). Inkluderer bl.a.: PFNA, PFOA, PFHpA, PFHxA, PFOS, PFBS, PFOSA.

6) Radionuklider i sjøvann inkluderer cesium-137, strontium-90, polonium-210, plutonium-239+240, americium-241, technetium-99, radium-226 og radium-228. Radionuklider i torsk inkluderer cesium-137 og polonium-210. Radionuklider i sedimenter inkluderer alle gamma-emittere.

7.2 Kilder, tilførsler og modellberegninger

Det er definert 9 kilder eller tilførselsveier for forurenset stoff til Skagerrak og Nordsjøen (Region I, II og III). Data hentet inn i 2010 er kombinerte data fra måleprogram og offentlig statistikk med resultater fra bruk av modeller, som beskrevet i **Tabell 2**.

Programmet benytter seg av flere modeller og å få dem til å "samarbeid" for å levere resultater av tilstrekkelig kvalitet og riktig format er en av de krevende oppgavene i prosjektet. I det etterfølgende beskrives i detalj metodikk og data for de enkelte kildene som ble benyttet for modellberegning av tilførsler til regionene.

For svært mange av stoffene på den norske prioritetslista mangler ennå data som kan gi grunnlag for å beregne tilførsler, spredning og konsentrasjoner (Molvær *et al.* 2007, 2008). 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 radionuklidene cesium-137 (^{137}Cs), technetium-99 (^{99}Tc), plutonium-239+240 ($^{239+240}\text{Pu}$) og strontium-90 (^{90}Sr).

Grunnlagsdata er hentet inn for perioden 2004-2009. ECOSMO-modellen er kjørt for perioden 2004-2008.

7.2.1 Avrenning fra land/elver i Norge

Datagrunnlaget er hentet fra RID-Elvetilførselsprogrammet, som ledes av NIVA på oppdrag fra Klif (Skarbøvik *et al.* 2010). Data for de utenlandske elvene som drenerer mot Skagerrak og Norsjøen er hentet fra OSPAR-databasen.

Tilførselsberegningene i RID er basert på:

- Målte konsentrasjoner i elver
- Punktutslipp fra landbasert industri, inkludert raffinerier
- Punktutslipp fra kommunale avløpsrenseanlegg
- Punktutslipp fra akvakultur

Oversikt over stoffer som måles i elver og rapporteres for punktkildene er angitt i **Tabell 24** og hovedindustri og elver er visst i **Figur 6**. Data for industriutslipp er innhentet fra Klifs database "Forurensning", som inneholder årlige rapporterte utslippstall fra store og mellomstore bedrifter. Tall for utslipp fra renseanlegg er innhentet fra Statistisk sentralbyrås (SSB) database KOSTRA (KOMmune STAT og Rapportering). For tilførsler fra akvakulturnæringen er kobber (Cu) det eneste av de prioriterte miljøgiftene som er relevant (database holdes av Fiskeridirektoratet). Tilførsler fra kilder som ikke fanges opp av RID-stasjonene blir regnet ut som direkte tilførsler og lagt som tillegg til elvetilførslene. Dette gjelder utslipp fra industri og fiskeoppdrett. For kloakkrenseanlegg rapporteres det hovedsakelig næringssalter og i mindre grad tungmetaller/miljøgifter.

Tabell 24. Oversikt over stoffer som måles i elver og rapporteres for punktkildene. Kilderegistrene "Forurensning" og "KOSTRA" administreres av hhv. Klif og SSB.

Stoff	Dataregister for punktkilder	Data fra elver
Arsen (As)	"Forurensning" og "KOSTRA"	X
Bly (Pb)	"Forurensning" og "KOSTRA"	X
Kadmium (Cd)	"Forurensning" og "KOSTRA"	X
Kobber (Cu)	"Forurensning" og "KOSTRA"	X
Krom (Cr)	"Forurensning" og "KOSTRA"	X
Kvikksølv (Hg)	"Forurensning" og "KOSTRA"	X
Olje(THC)	"Forurensning"	
Polyklorete bifenyler (PCB) ¹⁾	"Forurensning" og "KOSTRA"	X
1,2-dikloreten (EDC)	"Forurensning" og "KOSTRA"	
Dioksiner (PCDD, PCDF) ²⁾	"Forurensning" og "KOSTRA"	
Heksaklorbenzen (HCB)	"Forurensning" og "KOSTRA"	
Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) ³⁾	"Forurensning" og "KOSTRA"	

1) Sum av syv PCB-kongenerer, PCB₇ (PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180)

2) Ikke undersøkt under overvåkingsprogrammet for dette prosjektet

3) Sum av 18 PAHer dvs i henhold til NS 9815: fenantren, antracen, pyren, fluoranten, benzo(a)fluoren, benzo(b)fluoren, krysen/trifenylen, benzo(a)antracen, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(e)pyren (µg/l), benzo(a)pyren, dibenzo(a,h)antracen, ideno(1,2,3-c,d)pyren, benzo(g,h,i)perylene, benzo(a,e)pyren, dibenzo(a,h)pyren og dibenzo(a,i)pyren.

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 få. 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. Utslippetsdataene må derfor betraktes som utslippsnivåer og ikke eksakt angivelse av mengder. Utslipp til vann fra diffuse kilder og fra industrikilder som er så små at de ikke er pålagt utslippsrapportering til Klif, er ikke inkludert i beregningene, men manglende data for disse utslippene antas ikke å endre utslippsbildet vesentlig.

Tilførsler av tungmetaller fra ikke-overvåkede norske områder (om lag 40 % av totalarealet) er ikke tatt med i beregningene fordi det hittil ikke er gjennomført noen systematisk studie på bakgrunns-konsentrasjoner av tungmetaller innenfor RID-programmet. Tilbakeholdelsen (retensjon) av stoffer i fjorder og kystfarvann kan være stor, og med mangel på gode modellverktøy representerer dette en betydelig usikkerhetsfaktor ved beregning av stofftransport fra land til hav.

Tilbakeholdelsen (retensjon) av stoffer i fjorder og kystfarvann kan være stor, og med mangel på gode modellverktøy representerer dette en betydelig usikkerhetsfaktor ved modellberegning av stofftransport fra land til hav.

Retensjonskoeffisientene er estimert av Jarle Molvær. Disse er estimert på bakgrunn av 2008-rapporten (Molvær *et al.*, 2008) og de vurderingene som ble gjort i etterkant. I tillegg er de bygget på doktorgradsarbeidet til Aud Helland (Helland, 2003)

Tabell 25. Retensjonsprosent [%].

	Skagerrak		Nordsjøen	
	Elvetilførsel	Direkte tilførsel	Elvetilførsel	Direkte tilførsel
Arsen (As)	40	40	40	40
Kadmium (Cd)	40	40	40	40
Krom (Cr)	40	40	40	40
Kobber (Cu)	15	20	15	20
Kvikksølv (Hg)	40	40	50	40
Nikkel (Ni)	40	40	40	40
Bly (Pb)	80	80	80	80
Sink (Zn)	25	50	25	50
sum PCB	50	50	50	50
HCB	70	60		
HCHG	40	40	40	40

PAH	50	50	70	50
------------	----	----	----	----

7.2.2 Tilførsler via luftstrømmer og avsetning på havoverflaten

I dette kapittelet har det blitt fokusert på atmosfæriske tilførsler av miljøgifter, herunder både organiske (POPer) og uorganiske (tungmetaller) forbindelser.

For å kunne beregne bidraget av atmosfæriske tilførsler til de aktuelle havområder kan man benytte seg av modeller og/eller observasjoner, evt. en kombinasjon av disse. I dette prosjektet har vi hovedsakelig benyttet oss av tre tilnæringsmåter for å beskrive og kvantifisere atmosfærisk tilførsel til de aktuelle havområdene:

- 1) Empirisk metode som består av å bruke observasjonsdata fra relevante overvåkingsstasjoner kombinert med forenklet modell for avsetning og spredning.
- 2) EMEP-modellen. Atmosfærisk kjemisk transportmodell som utvikles og drives av EMEP MSC/East (<http://www.msceast.org/>).
- 3) FLEXPART spredningsmodell for å beregne potensielle kilderegioner for forurensninger. (<http://transport.nilu.no/flexpart>).

For detaljer angående de ulike metodene så henvises til fjorårets rapport (Green *et al.*, 2010a) med tilhørende referanser. Nedenfor er en kort beskrivelse av den empiriske tilnæringsmetoden og hvilke grunnlagsdata som er inkludert for å beregne totalavsetning for organiske og metalliske miljøgifter i 2008 for alle havområdene tilknyttet tilførselsprosjektet, samt tekniske spesifikasjoner for modellberegningene av spredning med FLEXPART som er spesifikke for årets rapport.

Avsetning av organiske miljøgifter

Ulikt de fleste andre klassiske luftforurensninger så har flere organiske miljøgifter et utstrakt potensial for reversibel atmosfærisk avsetning. Det er velkjent at forsøk med å kvantifisere utvekslingen av miljøgifter mellom luft og hav byr på utfordringer.

Ettersom det mangler relevante målinger av avsetning fra luft til hav, har en enkel metode blitt utviklet der målte konsentrasjoner i luft fra eksisterende overvåkingsstasjoner (Birkenes, Zeppelin) benyttes i kombinasjon med observerte meteorologiske data til å beregne de aktuelle tilførslene. Metoden tilstreber å benytte seg i størst mulig grad av relevante observasjoner og forsøker å minimere behovet for kritiske antagelser med mangelfull empirisk basis. **Tabell 26** oppsummerer de meteorologiske målinger og observerte luftkonsentrasjoner som danner basis for modellberegningene for 2008. Som det antydes i **Tabell 26** er det altså antatt at de meteorologiske data som er innsamlet av met.no for 2008 fra 12 ulike stasjoner er antatt representative for de aktuelle havområdene som helhet (Region I-XII). Tilsvarende er observerte luftkonsentrasjoner fra Birkenes og Zeppelin for 2008 (Aas *et al.*, 2009) allokeret til de ulike havområdene som spesifisert i **Tabell 26**.

Resultatene fra empirisk metode er sammenlignet med modellberegninger gjort med EMEP-modellen (EMEP, 2010a) for å evaluere usikkerheten i tilførselsestimatene, se kapittel 7.2.3.

Tabell 26. Meteorologiske data (kilde: met.no) og observerte luftkonsentrasjoner (Aas et al., 2009) for 2008 som er benyttet som inngangsdata for modellberegninger av tilførsler for 2008 ved bruk av empirisk metode.

Region	Met. stasjon	Stasjonskode	Vindhastighet (m/s)	Nedbør (mm/år)	Temperatur (°C)	Luftkonsentrasjon ²
I	Torungen fyr	36200	6.7	1146	8.9	Birkenes
II	Utsira fyr	47300	8	1295	9	
III	Ekofisk	76920	8.3	1295 ¹	9.8	
IV	Vigra	60990	5.3	1559	8.3	
V	Gullfaks C	76923	8.3	1559 ¹	8.9	
VI	Vega-Vallsjø	76450	5.7	1198	6.6	Gjennomsnitt av Zeppelin og Birkenes
VII	Mike	76900	9.9	1198 ¹	6.9	
VIII	Andøya	87110	6.1	801	4.5	
IX	Ny-Ålesund	99910	4.1	494	-4.4	
X	Bjørnøya	99710	7.1	330	0	Zeppelin
XI	Hopen	99720	5.5	288	-3.7	
XII	Jan Mayen	99950	6.9	610	0.7	

1. Ettersom nedbørsmålinger ikke er rapportert for disse stasjonene (III, V, VII) er nedbørsmengden antatt lik kyststasjonene (II, IV og VI).
2. Da DDT og klordaner ikke måles på Birkenes er konsentrasjonen i luft antatt lik Zeppelin for samtlige 12 regioner.

Modellberegning for tungmetaller

Metoden for modellberegning av tilførsler av tungmetaller ved å bruke empirisk tilnærming har blitt utvidet og noe forandret i forhold til fjorårets modellberegninger for Barentshavet (Green *et al.*, 2010a) bortsett fra for kvikksølv. Avsetning til havoverflaten er beregnet med å ta utgangspunkt i målte luft- og nedbørkonsentrasjoner i hele regionen, dvs. målinger utført i Island, Storbritannia, Belgia, Nederland, Tyskland, Danmark, Sverige, Finland og Norge, og rapportert til EMEP (*Environmental Monitoring and Evaluation Program*) under langtransportkonvensjonen (LTRAP). Volumveide årsmiddelkonsentrasjoner fra totalt trettien stasjoner for 2008 (Aas og Breivik, 2010) har blitt brukt, men stasjoner med tydelig lokal påvirkning eller kontamineringer har ikke blitt inkludert. Nedbør- og luftkonsentrasjoner ble statistisk interpolert ved å bruke en såkalt lineær krigingsteknikk (Matheron, 1963; Berg *et al.*, 2003), for å beregne konsentrasjonsfelt for de ulike tungmetallene i 50x50 km oppløsning.

For å beregne den totale tilførselen til de ulike havområdene er det valgt en representativ 50x50km rute fra konsentrasjonskartene etter krigingen (en form for geografisk interpolasjon av konsentrasjoner), dvs. en rute midt i havområdet. Våtavsetningen ble estimert ved å bruke samme nedbørsmengde som for organiske miljøgifter, **Tabell 26**. For å beregne tørravsetning må man estimere en tørravsetningshastighet som multipliseres med luftkonsentrasjonene. Tungmetaller bundet til partikler har en avsetningshastighet som er relatert til størrelsen på partiklene. Det er få målinger av størrelsesfordeling på tungmetaller i partikler, og det kompliseres videre ved at partikkelstørrelsen vokser ved at de tar opp sjøsalt over hav. Det kan være stor variasjon mellom metallene, noen som befinner seg hovedsakelig i finfraksjon mens andre i grovfraksjon, for eksempel er kadmium og bly ofte bundet til mindre partikler enn for eksempel sink, kobber, mangan og nikkel (Allen *et al.*, 2001). Det er det ikke tatt hensyn til her. Allen *et al.* (2001), viser at en stor del av tungmetallene i rurale områder i Skottland er bundet til 1 µm store partikler eller mindre. Det er derfor antatt at partiklene som inneholder tungmetaller er ca. 1 µm store, dvs. en tørravsetningshastighet på 0.1 cm/s i følge Petroff1 og Zhang (2010). Det er stor usikkerhet i dette estimatet. Det legges merke til at for modellberegningene for Barentshavet i fjor (Green *et al.*, 2010a) ble det brukt en tørravsetningshastighet på 1 cm/s. Det er valgt en mer konservativ (lavere) estimat på

tørravsetningen i år da det sannsynligvis er mer nær sannheten. Dette har stor påvirkning på totalavsetningen, noe som er videre diskutert i resultatkapittelet 4.1.2.

For kvikksølv finnes det ikke noen nedbørmålinger i Nord-Skandinavia. I tillegg er det kun elementært kvikksølv som måles i gassfase og man vet at avsetningshastigheten for denne er lav. Det er derimot ikke tilfelle for partikulært kvikksølv, men dette måles kun i kampanjer. Her er det derfor vanskelig å bruke måledata for å beregne tilførselen. Ser man på resultater fra EMEP-modellen så gir den sammenfallende nivå på total gassfase kvikksølv og nedbørkonsentrasjon, det er derfor valgt å bruke modelldata (EMEP, 2010b) for å beregne tilførsel av kvikksølv. Videre er EMEP modell brukt for kadmiem og bly for input til havmodellen, og en sammenligning av de ulike metodene presenteres i resultatkapittelet.

Modellberegning av kilderegioner for langtransportert forurensning

Modellberegninger kan gi oversikt over potensielle kilderegioner for forurensninger som påvirker havområdene. For utredningen av kildeområder som bidrar til havområdene I-III i 2008, har vi brukt simuleringer som er gjort med den atmosfæriske spredningsmodellen FLEXPART (Stohl *et al.* 1998; Stohl og Thomson 1999; til Eckhardt *et al.* 2009, <http://transport.nilu.no/flexpart>). Nærmere beskrivelse er også presentert i fjorårets rapport (Green *et al.*, 2010a).

Simuleringer ble utført og analysert for stasjonene etter definerte punkter som er vist i **Tabell 27**. Det er stasjoner hvor det er overvåking i dag (Birkenes) og tre stasjoner som er tilsvarende modellberegningene gjort med empirisk metode samt noen ekstra stasjoner for havområdene II og III.

Tabell 27. Koordinater for punktene brukt for simuleringen.

Region	Stasjon/Lokalitet	Koordinater
II	REG2	3.00 E 59.00 N
II	REG2	4.00 E 61.00 N
II	REG2	6.00 E 57.50 N
IIII	REG3	2.00 E 61.00 N
I	Torungen	8.80 E 58.40 N
II	Utsira	4.90 E 59.30 N
III	Ekofisk	3.20 E 56.50 N
I	Birkenes	8.25 E 58.38 N

For tungmetaller er kildeområdene beregnet med EMEP-modellen (EMEP,2010b)

Usikkerheter i tilførselsestimatene til Skagerrak og Nordsjøen (Region I, II, III) for utvalgte miljøgifter

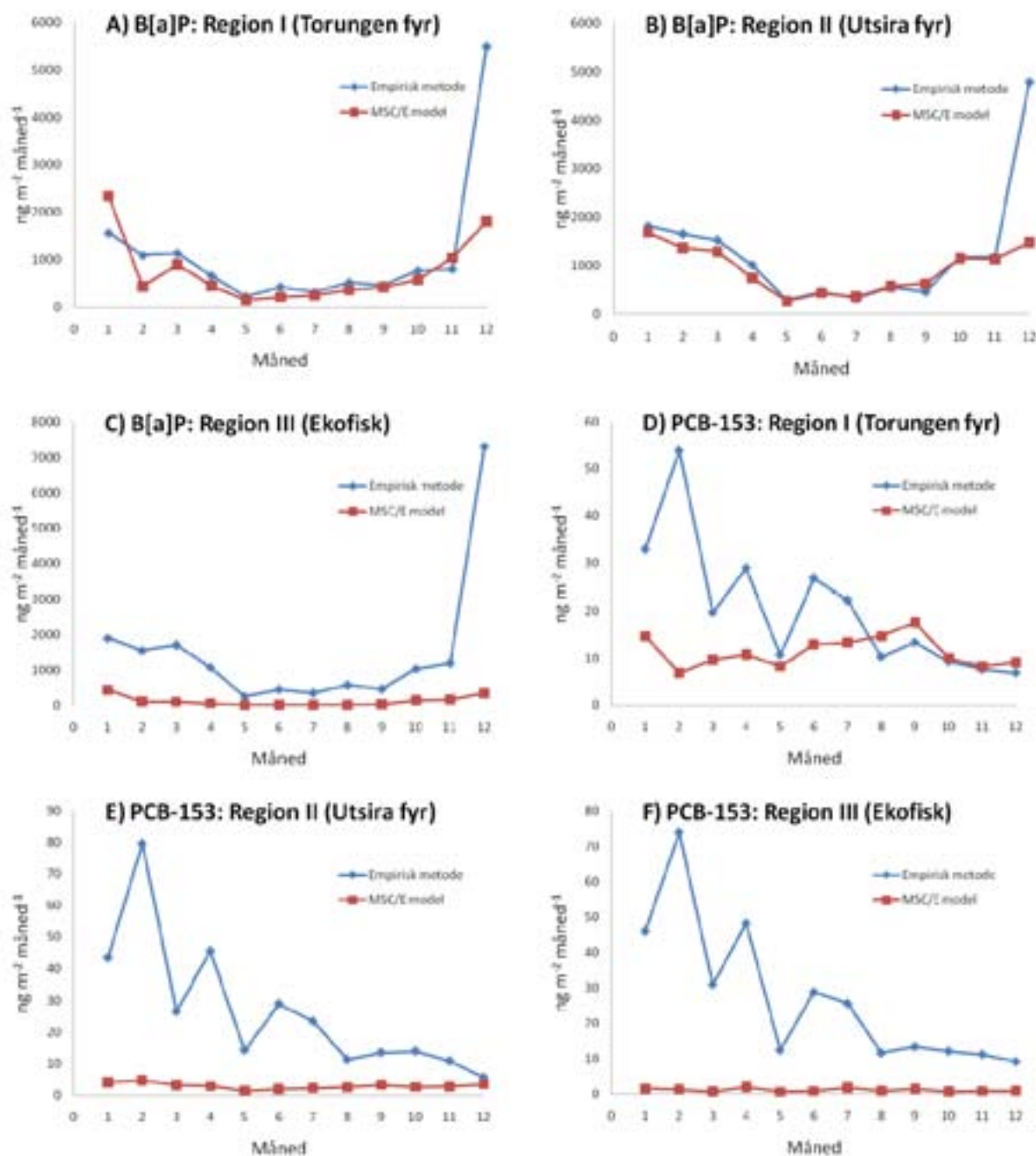
Ethvert forsøk på å kvantifisere tilførsler av organiske miljøgifter fra luft til hav vil være forbundet med til dels betydelige usikkerheter, og da særlig om konsentrasjoner i både luft og hav er lave og nær både likevekt og deteksjonsgrenser (f.eks. Bruhn *et al.*, 2003). Som diskutert i fjorårets rapport (Green, *et al.*, 2010) eksisterer det svært lite måledata på utveksling mellom luft og hav for de aktuelle havområdene, men måleprogrammer har tidligere blitt utført på forskningstokt på skip. En direkte sammenlikning av resultater for 2007 i fjorårets rapport viste at resultatene basert på empirisk metode for fire utvalgte PCB-forbindelser var innenfor området for beregnede flukser. Disse flukser var basert på parallelle målinger av konsentrasjoner i luft og hav foretatt under et forskningstokt mot Arktis fra 2004 (Gioia *et al.*, 2008). I denne rapporten er fokus på Region I-III og i år har vi derfor valgt å sammenlikne modellberegninger basert på empirisk metode mot rene modellberegninger av total avsetning fra EMEP MSC/East modellen. Sistnevnte modell er videre benyttet som inngangsdata for PCB-153 og benzo[a]pyrene (B[a]P) til havmodellen ECOSMO (Vedlegg B), og en sammenlikning av de to ulike tilførselsestimatene som er benyttet i denne rapporten er derfor

relevant. Før vi går inn på en nærmere diskusjon er det viktig å være klar over at man her sammenlikner resultater basert på to forskjellige komplementære modeller som har blitt utviklet for ulike formål.

Empirisk metode baserer seg på observerte luftkonsentrasjoner fra Birkenes og Zeppelin, observerte meteorologiske data samt relativt enkle matematiske beskrivelser av individuelle avsetningsprosesser ut fra en mekanistisk forståelse av disse. Disse likningene inngår typisk også i flere eksisterende multimediamodeller og er indirekte evaluert i den forstand at disse multimediamodellene har vært gjenstand for kritisk evaluering mot observasjoner for flere organiske miljøgifter, så som HCH, PCB og dioksiner (f.eks. Armitage *et al.*, 2009; Breivik and Wania, 2002; Wiberg *et al.*, 2009). De forenklingene som ligger til grunn for svært mange multimediamodeller – og empirisk metode - er gjort med overlegg. Dette er basert på antagelsen om at kvaliteten i modellberegningene ikke primært er begrenset av grad av oppløsning i tid og rom, men mer skyldes fundamentale usikkerheter i den grunnleggende forståelse av relevante prosessbeskrivelser, så som utvekslingsprosesser mellom luft og hav. Dernest at relevante empiriske data er mangelfulle, både i forhold til parameteriserings- og evalueringsformål. For de empiriske beregninger som er inkludert i det videre, er månedsverdier benyttet for både luftkonsentrasjoner og meteorologi.

EMEP MSC/East modellen er langt mer komplisert enn de fleste multimediamodeller da den forsøker å gi en detaljert beskrivelse av variabilitet av transport og avsetning av miljøgifter i tid og rom. Mer spesifikt baseres den blant annet på detaljerte meteorologiske modeller og observasjoner og gir modellberegninger med en oppløsning på 50 kilometer ganger 50 kilometer. Modellen er videre et operasjonelt verktøy under langtransportkonvensjonen til å beregne såkalte skyldmatriser, og er under kontinuerlig utvikling (f.eks. EMEP, 2010a; Hollander *et al.*, 2008; Malanichev *et al.*, 2004). EMEP MSC/East modellen er i motsetning til de alle fleste multimediamodeller egnet til å evaluere individuelle langtransportepisoder og gir dermed mulighet for direkte sammenlikning mot observerte luftkonsentrasjoner og avsetningsmålinger. Mange av de fundamentale likningene og prosessforståelsen som ligger til grunn for individuelle avsetningsprosesser kan imidlertid ha mange likheter med multimediamodellene, bortsett fra at sistnevnte modeller typisk opererer med begrenset oppløsning i tid og rom.

I **Figur 26** har vi sammenlignet tilførselsestimer på månedsbasis for 2008, basert på resultater ut fra empirisk metode og total avsetning fra EMEP MSC/East modellen (EMEP, 2010a) for de tre regionene som er i fokus i årets rapport (Region I-III). Ettersom EMEP-modellen har en oppløsning på 50 km x 50 km, har vi valgt ut resultater for de gridceller som inkluderer koordinatene til de aktuelle meteorologiske stasjonene.



Figur 26. Sammenligning av beregnede månedlige tilførsler fra luft til hav for PCB-153 og B[a]P ved hjelp av empirisk metode versus total avsetning fra EMEP MSC/East modellen for Region I-III. Resultater fra EMEP-modellen er ekstrahert for den aktuelle gridcellen i modellen (50km*50km) hvor den aktuelle meteorologiske stasjon er lokalisert (EMEP 2010a).

Resultatene for den ene PAH-forbindelsen som er inkludert i sammenlikningen (B[a]P) er presentert i **Figur 26** A, B, og C for henholdsvis Region I, II og III. For Region I og II er det relativt godt samsvar mellom resultatene. På årsbasis er avsetningen beregnet ved hjelp av empirisk metode om lag 40-50% større enn modellberegningene gjort ved hjelp av EMEP-modellen. Imidlertid er forskjellen i resultater langt større for Region III, der forskjellen på årsbasis utgjør en faktor 12. Det er vanskelig å gi en entydig forklaring på hvorfor det er avvik mellom resultatene, uten inngående kjennskap til de antagelser og ligninger som ligger til grunn for EMEP-modellen. Likevel gir den relativt gode overensstemmelsen for Region I og II (kystnære stasjoner) og det større avviket observert for Region III en indikasjon om at det kan være forårsaket av forenklinger som ligger til grunn for empirisk

metode; som det fremgår i kapittel 7.2.2 er luftkonsentrasjonene over disse tre regionene antatt like. Region III, ulikt de andre to regionene, er imidlertid lokalisert langt fra land. Da det også er kjent at en betydelig andel av B[a]P i atmosfæren vil finnes i partikulær form, innebærer dette at langtransportpotensialet vil være bestemt av partiklene B[a]P er bundet til. Med andre ord at luftkonsentrasjonene av B[a]P trolig kan forventes å avta med økende avstand fra kildeområder, grunnet økende avsetning. Dette er en prosess som det tas hensyn til i EMEP-modellen, men som det ikke er forsøkt å korrigere for i empirisk metode. B[a]P er imidlertid den komponenten av samtlige miljøgifter listet i tabellene over som har størst affinitet til atmosfæriske partikler. Dette innebærer at denne effekten vil forventes å være størst for akkurat denne forbindelsen blant de komponenter som er inkludert i **Tabell 6**, **Tabell 7** og **Tabell 8**. Det er imidlertid oppmuntrende å se at begge metoder fanger opp en forventet sesongvariasjon i avsetningsnivåer med høyere nivåer om vinteren og lavere nivåer om sommeren (Prevedouros *et al.*, 2004). Høyere avsetning om vinteren kan blant annet forventes grunnet sesongvariasjoner i utslipp av PAH fra vedfyring etc. For desember er det imidlertid et betydelig avvik i resultatene. Dette skyldes trolig at månedsmidlet luftkonsentrasjon av B[a]P på Birkenes var svært høy for akkurat denne måneden (og dermed de antatte luftkonsentrasjoner og tilførsler fra luft til hav over de aktuelle havregioner). Dette skyldes igjen sannsynligvis at en eller flere av det fåtall prøver som ble tatt på Birkenes denne måneden var påvirket av forhøyede nivåer. Ettersom døgnpøver på Birkenes innsamles kun en gang i uken, er dekningsgraden kun 14 %. Empirisk metode vil derfor være sensitiv til slike variasjoner i tid, særlig når man sammenlikner resultater med relativt kort tidsoppløsning for komponenter hvis utslipp og luftkonsentrasjoner utviser betydelig variabilitet i tid. Det kan dermed argumenteres at prøvetakningsstrategien på Birkenes ikke nødvendigvis gir et godt estimat på det typiske belastningsnivået for kortere perioder, så som en måned, for denne type forbindelser.

For PCB-153 (**Figur 26 D,E,F**) er det imidlertid betydelige avvik mellom resultatene for alle regionene basert på de to metodene der resultater basert på empirisk metode alltid er langt høyere enn tilsvarende resultater basert på EMEP-modellen. For 2008 sett under ett, varierer avviket fra en faktor 2 for Region I opp mot en faktor 22 for Region II. Igjen er det vanskelig å gi noen entydig forklaring på disse avvikene, men den mekanistiske og enkle tilnærming som ligger til grunn for empirisk metode gjør det mulig å evaluere den relative og absolutte betydning av individuelle avsetningsprosesser. For PCB-153 tilsier modellberegningen utført med empirisk metode at diffusjon fra luft til hav dominerer den totale avsetningen fra luft til hav. Dette innebærer at tilførselen fra luft til hav som beregnet ved hjelp av empirisk metode i all hovedsak er kontrollert av hvordan diffusiv utveksling fra luft til hav er beskrevet. Følgelig er en nøyaktig kvantifisering av akkurat denne prosessen essensiell dersom man skal kunne beregne avsetning fra luft til hav for PCB-153 (og de fleste forbindelser i **Tabell 6**, **Tabell 7** og **Tabell 8**). Det er derfor ikke usannsynlig at forskjellene i resultater basert på de to ulike metodene kan forklares ut fra forskjeller i hvordan akkurat denne tilførselsprosessen er beregnet, ettersom avviket for B[a]P, hvis partikulære avsetningsprosesser vil være langt mer bestemmende for totalavsetningen, typisk er mindre. Likevel observeres størst avvik igjen for Region III, noe som skyldes at PCB-153 utsettes for tapsprosesser (nedbrytning, avsetning) med økende avstand fra kildeområder som empirisk metode ikke tar hensyn til. Man ser også at avviket mellom de to estimatene er størst enkelte måneder i første halvår, noe som primært skyldes at månedsverdiene for målte luftkonsentrasjoner var høye. Som nevnt ovenfor er empirisk metode sensitiv i forhold til de månedsverdier som inngår i modellberegninger, og det kan være at luftmålingene disse månedene var sterkt påvirket av transportepisoder og ikke gir et nøyaktig estimat på den reelle månedsbelastningen.

7.2.3 Tilførsel via havstrømmer - havmodeller

Matematiske modeller er helt nødvendige redskap for å oppnå en tilstrekkelig presis kvantifisering av forurensende stoffer innen hver region, så vel som inn og ut av disse regionene. Som påpekt ovenfor er det mange modeller som må "samarbeide" og levere data til hverandre. Innen prosjektet er det derfor etablert en modellgruppe med representanter fra 5 institusjoner: NIVA, IMR, NILU, NRPA og NIFES. Gruppen skal blant annet sikre at:

- institusjonene har en felles strategi mht. bruk av modeller innen prosjektet,
- prosjektet utnytter institusjonenes samlede modellkompetanse,
- modellene leverer hensiktsmessige data til hverandre (for eksempel leveransen fra RID og EMEP til havmodellen).

I 2010 ble det brukt to havmodeller: ECOSMO og NORWECOM.

ECOSMO-modellen

Modelleringsarbeidet i 2010 har hatt hovedfokus på å studere tilførsler og spredning/nedbryting av kvikksølv (Hg), kadmium (Cd), PCB, HCB, γ HCH, PAH i Nordsjøen. Parametrene er valgt ut i tråd med Klif sin prioritetsliste over skadelig avfall. Modelleringen baserer seg på en modell der hydrofysikk (HAMSOM/ECOSMO), biogeokjemi (OxyDep) og forurensning (PolPar) er koblet sammen (Vedlegg B).

OxyDep var i stand til å reprodusere sesongmessige variasjoner i konsentrasjonen av partikulært organisk materiale (POM), oppløst organisk materiale (DOM) og levende organismer (sett på som én modelleringskomponent) tilsvarende observerte data (Vedlegg B). PolPar ble benyttet til å parameterisere nedbrytning av forurensende stoffer og overganger mellom oppløste og partikulære faser i forbindelse med produksjon og nedbrytning av organisk materiale.

Ulike forurensningskilder transporteres gjennom adveksjon og diffusjon rundt i modellområdet samtidig som de kan absorberes eller frigjøres av partikulært og oppløst organisk materiale og gjennom nedbryting. Av grenseflater i modellen inngår ytre marine grenser, grensen mellom luft og hav, sjøbunnen og kystlinja mot land (Vedlegg B).

Ytre påvirkning i modellen har vært tilførsler fra atmosfæren (alle parametre), elveavrenning (kadmium, kvikksølv, γ HCH og PCB), utslipp fra offshoreplattformer (kadmium og kvikksølv), utslipp fra skipstrafikk (kun PAH) samt sedimentering til bunn (alle parametre, se Vedlegg B). Resultatene fra modellberegningene gir karakteristiske konsentrasjoner av hovedmekanismer for variabilitet i rom og tid for både partikulær form og oppløst form av de ulike parametrene (se Vedlegg B for hovedresultatene fra modellen).

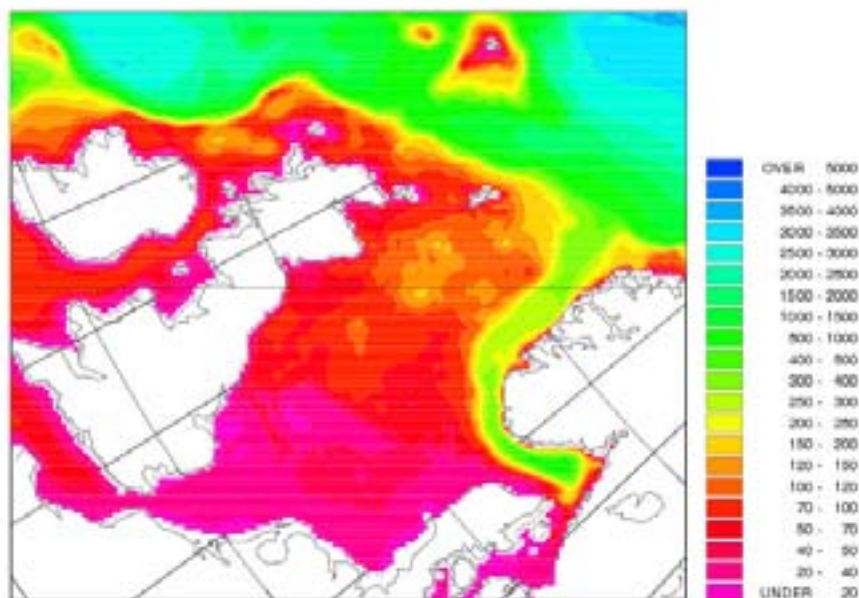
Tallene for utlekking fra havbunnen som ble rapportert i (Molvær *et al.*, 2007) er ikke inkludert i havmodellen. Dette er fordi estimatene er grove og partielle samt at modellen ikke omfatter beskrivelser av prosesser i sjøbunnen. Dersom disse dataene skulle blitt benyttet burde man utvidet havmodellen til også å håndtere disse prosessene. Mangel på slike prosesser utgjør en kilde til usikkerhet i resultatet fra havmodellen.

Nødvendig informasjon/data til parameterisering av de forurensende stoffene langs de tredimensjonale grenseflatene, ved starttidspunktet for modellen og for hvordan de varierer i tid var svært begrenset. Data for de ulike stoffene hadde ulik oppløsning i både tid og rom, fra månedlige til årlige verdier og for eksakte utslippsposisjoner til større utslippsområder. Det viste seg å være umulig å finne tilstrekkelig data for TBT. TBT ble derfor utelatt i modellarbeidet. I stedet ble det gjort vurderinger av γ HCH. Andre utfordringer har vært mangel på data for de forurensende stoffene langs de ytre marine grensene av Nordsjøen (både i rom og tid). For PCB, PAH og HCB finnes det heller ikke informasjon om vertikalfordeling i vannmassene.

NORWECOM-modellen

For å undersøke utbredelse i to ekstremår har man benyttet modellen NORWECOM (Skogen *et al.*, 1995; Skogen & Søiland, 1998 – oppdatert). NORWECOM er en koblet biologisk, kjemisk og fysisk havmodell utviklet for å studere primærproduksjon, omsetning av nærings salt og spredning av partikler og felt slik som for eksempel fiskelarver og forurensning. Modellen har blitt validert gjennom sammenligning med data i Nordsjøen og Skagerrak i en rekke arbeider (se for eksempel Søiland og Skogen (2000), Skogen *et al.* (2004), Hjøllø *et al.*, (2009), Skogen & Mathisen (2009)) der en mer detaljert modellbeskrivelse også finnes. Som en del av Tilførselsprogrammet har NORWECOM blitt utvidet med en egen forurensningsmodul (Søiland, IMR, pers.comm). I denne modulen tas det hensyn til at disse stoffene bindes til partikulært materiale. De organiske miljøgiftene er hydrofobe og bindes til levende og døde organiske partikler i sjøvann. I NORWECOM modelleres planteplankton, og miljøgiftene binder seg til de organiske partiklene i modellen. Fraksjoneringen mellom løst og bundet materiale berignes ved hjelp av oktanol-vann koeffisienten (K_{ow}) for den spesifikke komponenten. Den fraksjonen av miljøgiftene som er bundet til partikulært materiale har en annen fysisk transport enn den løste fraksjonen da partikler synker. Tungmetaller bindes også til partikulært materiale, men for å beregne fraksjoneringen av disse stoffene benyttes en annen likevektskoeffisient (K_D).

I denne studien er modellen benyttet med en horisontal oppløsning på 10 kilometer over et område som vist i **Figur 27**. I vertikalen er det benyttet 20 I vertikalen benytter modellen 20 såkalte sigmaflater. Sigmaflater følger topografien slik at det alltid vil være like mange lag uavhengig av bunndypet (i motsetning til z-nivåer) og angir relativ (i motsetning til absolutt) tykkelse av lagene i modellen. Dersom første sigmaflate for eksempel er på 0.01, vil øverste lag være 10 cm tykt dersom bunndypet er 10m og 1 meter tykt dersom bunndypet er 100 meter. Som atmosfæriske drivkrefter (vind, trykk, lys og varmeflukser) er det benyttet reanalyserte felt (ERA40) fra ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*).



Figur 27. NORWECOM-modellområde med bunntopografi.

Årene 1995 og 1996 er valgt ut fra at NAO indeksen (North Atlantic Oscillation, <http://www.cru.uea.ac.uk/~timo/datapages/naoi.htm>) har den største observerte endring mellom to påfølgende år disse to årene, fra +4 i 1995 (en av de høyeste verdiene) til nesten -4 i 1996, som er den laveste verdien siden slutten av 60-tallet. NAO indeksen er egentlig anomalien i lufttrykket mellom Island og Azorene, og gir et mål på vind og trykk systemet over Nord-Atlanteren. Dersom indeksen er høy, er lavtrykket over Island sterkere enn vanlig noe som gir vestavind og mildvær over nord Europa, i motsetning til en lav NAO som kjennetegnes ved østavind og kjølig vær. Vinden er igjen

viktig for havsirkulasjonen, og høy NAO vil gi høy innstrømning av Atlantisk vann til Nordsjøen, og generelt høyere gjennomstrømning enn ved lav NAO der transporten fra sørlige Nordsjøen til norske områder vil være redusert.

Tabell 28. Bakgrunnsverdier ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) benyttet i NORWECOM modellen.

	Nordsjøen	Østersjøen	Engelske kanal
Kadmium (Cd)	15	30	25
Kvikksølv (Hg)	0.5	0.5	0.5
Bly (Pb)	33	33	33
PCB-153	0.002	0.003	0.003

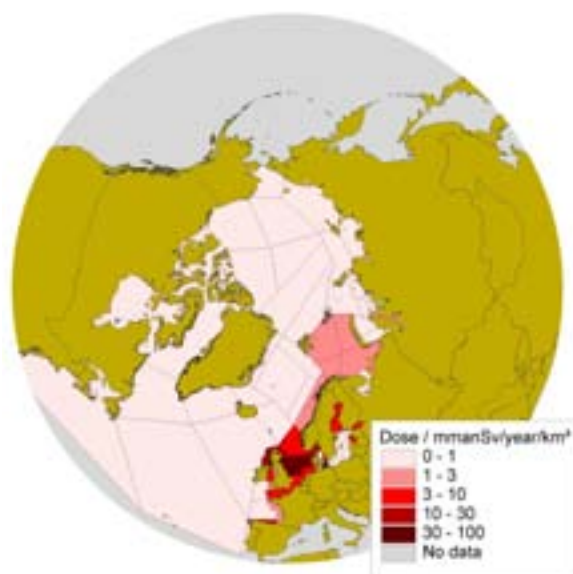
Tabell 28 viser at bakgrunnsverdiene er også benyttet på de respektive åpne grenseflatene. For å absorbere inkonsistenser mellom modellen og startfeltet er det valgt en oppspinningstid på fire år. Det vil si at modellen starter 1. januar 1995 og at 1995 blir simulert fortløpende fire ganger. I den femte repetisjonen av 1995 fortsetter modellen ved også å simulere 1996, og det er resultatene fra denne siste repetisjonen som blir benyttet i analysene som er gjort. Det har ikke vært tilgjengelig tilførselsdata for 1995 og 1996, isteden har det blitt benyttet utslippsdata for 2005 og 2006, bortsett fra for de atmosfæriske tilførslene der et middel av 2007-2009 dataene er benyttet. Måned- eller årsmiddele tilførsler er blitt benyttet, avhengig av hva som har vært tilgjengelig.

Modellering av radionuklider

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. Boksinndelingen 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 sediment, benyttes modellen til å vurdere spredning til boksene over gitte tidsperioder.

Ved modellberegningene antas det videre at radionuklider i vannsøylen finnes i løs 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. En nærmere beskrivelse av modellen er gitt i Iosjpe *et al.* (2002); Iosjpe (2006).

Modell kan blant annet brukes for å vurdere miljøfølsomhet for forskjellige havregioner. **Figur 28** viser følsomhet for havregioner, basert på EMRAS II metode (EMRAS, 2010; Iosjpe and Liland, 2010) samt resultater fra (Iosjpe *et al.*, 2003).



Figur 28. Følsomhet av havregioner basert på uniform nedfall av cesium-137.

7.2.4 Petroleumsvirksomhet på norsk sokkel

Opplysninger om utslipp av olje og metaller fra offshoreinstallasjoner rapporteres hvert år og samles i Environment Web (EW), en felles database for Oljeindustriens landsforening (OLF), Klif og Oljedirektoratet. Overvåkingsdata fra områdene omkring oljeinstallasjonene samles i miljøovervåkingsdatabasen MOD, som eies av operatørene og administreres av Veritas (DNV).

Tilførsler fra petroleumsvirksomhet er hentet inn for perioden 2004-2009.

Overvåking relatert til petroleumsaktivitet

Et viktig virkemiddel for overvåking av utvikling av risiko i petroleumsvirksomhet er Petroleumstilsynets prosjekt "Risikonivå i petroleumsvirksomheten" (RNNP), som årlig gir en oversikt over utviklingen av en rekke sikkerhetsindikatorer. Sammenstilt med resultater fra granskninger og tilsyn av selskapenes risikostyring tilrettelegger RNNP for tidlig identifikasjon av negative trender i petroleumsnæringen og følgende prioritering av ulykkesforebyggende innsats fra myndighetene og aktørene.

Regionale undersøkelser ble innført. Sedimentundersøkelsene gjennomføres i hver region hvert tredje år. Fire av regionene ligger i området for forvaltningsplanen for Nordsjøen; I, II, III og IV. Feltstasjonene plasseres med geometrisk økende avstand fra utslippspunktet, 250 m, 500 m, 1000 m, 2000 m osv. I tillegg kommer de regionale- og referansestasjonene.

To indikatorer brukes for å estimere omfanget av areal som er påvirket av petroleumsaktiviteten rundt installasjonene:

- Hydrokarboner: indikerer forurensning av oljebaserte borevæsker
- Forstyrret bunnfaunasammensetning: indikerer generell påvirkning av sedimentlevende samfunn

I tillegg indikerer barium, som ikke er påvist skadelig, spredning av borevæsker og borekaks ettersom bariumsulfat (baritt) normalt benyttes til å øke tettheten på borevæsken.

Følgende parametere undersøkes:

- TOM
- Kornstørrelse
- THC
- De aromatiske hydrokarbonene naftalen, fenantren/antrasen, dibenzotiofen og deres C1-C3 alkylhomologer (NDT)
- PAH
- Hovedbestanddel i baseoljer
- Tungmetaller (barium, kvikksølv, kadmium, krom, bly og sink)
- ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{210}Pb og ^{228}Th (samarbeid mellom Klif, OLF og Strålevernet)
- Biologisk karakterisering

I de senere årene har det vært økende fokus på utslipp av produsert vann, og dette har også medført økt innsats på miljøovervåking av produsert vannutslipp og hvilke effekter dette kan ha på organismene i vannsøylen. For flere felt vil utslipp av produsert vann øke ettersom reservoaret tømmes for utvinnbar olje. I 2006 ble det satt strengere krav til oljeinnhold i utslipp av produsert vann. Vannsøyleovervåkingen har en kortere historie, og metodikken er fortsatt under utvikling, men det er nærmer seg etablering av mer standardiserte analyser og program. Den første vannsøyleovervåkingen startet i 1993. Effektmålinger er følsomme for lave konsentrasjoner av forurensningskomponenter, og vil kunne avdekke påvirkninger på en organisme på et tidlig tidspunkt. Slike undersøkelser kan dermed gi et varsel om effekter, lenge før konsentrasjonene og skadene blir dødelige. Tilstandsovervåkingen undersøker innholdet av miljøgifter i naturlig villlevende fisk og i noen grad effektene av enkelte hydrokarboner.

7.2.5 Skipstrafikk i norske farvann

Kilden inkluderer internasjonal skipsfart, kysttrafikk og fiskebåter. Utslipp til luft og til sjø fra skipstrafikk i norske farvann ble beregnet innen et eget prosjekt som NIVA og Det Norske Veritas (DNV) gjennomførte for Klif (Mjelde og Hustad 2008).

Disse modellberegningene er ikke oppdatert da dette ikke inngikk i prosjektet. Det vil si at data har ikke blitt oppdatert siden 2006 (se Molvær *et al.* 2008).

7.2.6 Utlekking fra havbunn

Dataene som tidligere (Molvær *et al.* 2007; 2008) er benyttet i modellberegningene av fluks av metaller, PCB og PAH fra sedimenter er hentet fra EW- og MOD-databasene som er kort omtalt i kapitell 7.2.4).

NIVA har ikke mottatt oppdaterte data for denne kilden fra Klif.

7.3 Overvåkingsmetoder

7.3.1 Luft og nedbør

Det er brukt overvåkingsdata fra EMEP, AMAP og CAMP som grunnlagsdata for modellberegningen av tilførsel ved empirisk metode. De norske målingene på Birkenes og Zeppelin er beskrevet i Klifs årlig overvåkingsrapport (Aas *et al.*, 2009), mens de andre europeiske målingene er beskrevet i EMEPs datarapport (Aas og Breivik, 2010). Videre er det gjennom tilførselsprogrammet etablert en luftovervåkingsstasjon på Andøya. Resultater og metoder vil bli presentert i egen rapport (Aas *et al.*, 2011). Metodene som er blitt etablert på observatoriet på Andøya er også beskrevet i fjorårets rapport i tilførselsprogrammet (Green *et al.* 2010a).

7.3.2 Sjøvann, sedimenter og torske

Prøveinnsamling

Prøvetaking av sjøvann

IMR stod for all prøvetaking av sjøvann. Prøvene ble samlet inn direkte fra sjøvannsinntaket fra F/F "Johan Hjort" fra 5 stasjoner (**Figur 29**).

Omtrent 100 L sjøvann ble samlet inn for analyse av technetium-99. Vekten ble nøyaktig bestemt ved hjelp av fiskevekt om bord, og deretter regnet om til volum. Prøvene fra stasjonene 9, 10, 11 og 26 ble oppkonsentrert om bord på Amberlite IRA-400 anionkolonner i henhold til "IMR-metode for technetium-99" (Green *et al.* 2010a). Prøven fra stasjon 27 ble fylt i 25 L plastkanner og transportert til IMR for oppkonsentrering og videre analyse.

Mellom 364 og 519 L sjøvann ble samlet inn for analyse av cesium-137 fra stasjonene 9, 10, 11 og 26. Nøyaktig volum ble bestemt ved hjelp av flow meter. Prøvene ble oppkonsentrert om bord ved at de passerte filtre impregnert med $(\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6])$ i henhold til "NRPA/IMR-metode for cesium-137" (Green *et al.* 2010a). Filtrene ble deretter transportert til IMR for videre opparbeiding og analyse. 200 L sjøvann ble samlet inn for analyse av cesium-137-prøven fra stasjon 27. Prøven ble oppkonsentrert om bord ved at de passerte filtre impregnert med $(\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6])$ i henhold til "IAEA-metode for cesium-137" (Green *et al.* 2010a). Filteret ble deretter transportert til IAEA for videre opparbeiding og analyse.

Til analyse av plutonium-239,240 og americium-241 ble det samlet inn omtrent 200 L sjøvann fra hver av de 5 stasjonene. Videre ble det samlet inn omtrent 50 L fra hver av de 5 stasjonene til analyse av strontium-90. Til slutt ble det samlet inn ca. 25 L fra hver av de 5 stasjonene til analyse av polonium-210, radium-226 og radium-228. Alle disse prøvene ble fylt i 25 L plastkanner om bord, surgjort til pH=1 med HCl og transportert til NRPA for videre analyse.

Prøvetaking av sedimenter

IMR sto for all prøvetaking av sedimenter. Det ble samlet inn sedimentprøver fra 6 stasjoner (Tabell over stasjonene og innsamlet materiale på hver stasjon; Figur som viser stasjonene). Sedimentprøvene ble innsamlet fra F/F "Johan Hjort" og F/F "G. M. Dannevig" ved bruk av en "Smøgen" boxcorer. Tre prøver fra havbunnens overflate (0-2cm) ble tatt fra hvert grabbkast (en til spormetall-analyse, en til analyser av organiske miljøgifter og en til analyser av radioaktivitet). Prøvene ble pakket i henholdsvis plast og godt merket med tusj (prøver til spormetall-analyser) og aluminiumsfolie og godt merket med blyant (prøver til analyser av organiske miljøgifter) og aluminiumsskåler og godt merket med tusj (prøver til analyser av radioaktivitet). Prøvene ble frosset ned umiddelbart, og transportert til IMR, NRPA og NIVA for videre prøveoppbehandling og analyse. Prøvene til organiske miljøgifter ble inndelt i tre replikater før opparbeiding og analyse.

Prøvetaking av torsk

IMR sto for innsamling av torskefilet og torskelever fra sørlige del av Nordsjøen (Egersund-banken) (stasjon 26) og nordlige del av Nordsjøen (Tampen-området) (stasjon 27). Filet og lever fra 25 individer av atlantisk torsk (*Gadus morhua*) ble tatt fra trålen om bord på F/F "Johan Hjørt". Filet til analyse av kvikksølvinnhold ble pakket enkeltvis, mens filet til analyse av radioaktivitet ble pakket som samleprøver av de 25 individene. Prøvene ble frosset ned umiddelbart og transportert til NIFES for videre analyse. Hovedvevet, lever og filet ble analysert for utvalgte miljøgifter. Fiskefilet ble analysert for kvikksølv-innhold, cesium-137 og polonium-210. I tillegg ble alder, kjønn og visuell patologisk tilstand bestemt for hvert individ. Andre målinger inkluderte: fiskevekt og -lengde, levervekt, gonadevekt, fettinnhold i lever (% totalt ekstrahert fett), og filet tørrvektspersent.

Vedlegg B inneholder en nærmere beskrivelse av kjemiske analyser og undersøkelse av radioaktive stoffer.

Kjemiske analyser av organiske miljøgifter, metaller og radionuklider

En kort beskrivelse av analysemetoder for organiske miljøgifter, metaller og radioaktive stoffer følger nedenfor. Det finnes norske standardmetoder for deler av analysen men ikke for hele analysen. Institusjonene har akkrediterte metoder for mange av parametrene. Analyse av samme stoff på de forskjellige institusjonene er sammenlignbare (f.eks. undersøkelse av miljøgifter i torsk som ble gjort av NIFES og NIVA).

Metaller i sediment (NIVA metode)

Metaller i sediment fra seks stasjoner har blitt analysert på NIVA. Sediment ble ekstrahert ved å benytte salpetersyre. Biotaprøver ble ekstrahert ved å bruke nitrilsyre nitric acid. Konsentrasjonene ble undersøkt ved å bruke Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS), bortsett fra krom som har blitt analysert ved GAAS eller ICP-Atomic Emission Spectroscopy (ICP-AES). Kvikksølv (total) har blitt analysert ved Cold-Vapour AAS (CVAAS).

PFC i sediment (NIVA metode)

Perfluorerte forbindelser (PFC) i sediment fra alle stasjoner er bestemt ved å benytte væske-kromatografi koblet til tandem MS (LC/MS/MS) operert i elektro-spray-ionisering (electro-spray-ionisation, ESI) modus ved å benytte multippel reaksjonsovervåking.

Metaller, torskefilet (NIFES metode)

Prøvene av torskefilet fra hver enkeltfisk ble homogenisert og frysetørket, og deretter homogenisert igjen til et fint pulver etter akkreditert metode (Metode 377) ved vårt prøvemottak. Prøvene ble veid før og etter tørking, og tørrstoffinnholdet (%) regnet ut. Det ble veid inn to paralleller fra hver fisk til analyse for metall. Før sluttbestemmelse ble prøvene dekomponert i ekstra ren salpetersyre og hydrogenperoksid og varmet opp i mikrobølgeovn (Milestone-MLS-1200 microwave oven). Alle målinger vart utført med bruk av Agilent 7500c Induktiv koplet plasmamassespektrometer (ICPMS) med HP-datamaskin. Metoden er akkreditert og har metodenummer 197.

Leverprøvene ble homogenisert og prøvemateriale fordelt til ulike analyser.

Fett, lever

Fett ble analysert gravimetrisk etter etylacetatmetoden (Akkreditert metode nr. 91)

Metaller, lever

Leverprøvene ble oppsluttet direkte uten frysetørking og oppsluttet og analysert etter metode 197 som beskrevet over.

Perfluorerte forbindelser (PFC) i torskelever (NIFES metode)

Homogenisert prøve tilsettes internstandard (PCB 53) og blandes med hydromatriks før den ekstraheres med heksan på ASE 300 (Accelerated Solvent Extractor). Fettet brytes ned online ved at

ASE-cellen pakkes med svovelsyreimpregnert silicagel. Ekstraktet syrebehandles videre med konsentrert svovelsyre for å bryte ned rester av fett. Prøven analyseres på GC/MS i SIM mode og kvantifiseringen av de ulike analyttene baseres på internstandard og en ettpunkts kalibreringskurve, lineær gjennom origo.

Metoden kvantifiserer PCB₇ (PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180), PCB 105 og PCB 156.

Perfluoreerte forbindelser (PFC) i torskelerver (NIFES metode 349)

For flourerte forbindelser ble innveid prøve tilsatt intern standard og ekstrahert med metanol i ultralydbad. Etter sentrifugering ble prøven filtrert og vann tilsatt før opprensing med ASPEC. Ekstraktet fra ASPEC ble renset videre ved filtrering gjennom 3K ultrafilter. Prøvene ble til slutt analysert på LC-MS/MS og kvantifisert ved hjelp av intern standard. Metoden er nylig akkreditert, metode nr. 349.

Bromerte flammehemmere (PBDE), GC/MS (NIFES metode nr. 238)

Homogenisert prøve tilsettes internstandard (PBDE-139) og blandes med hydromatriks før den ekstraheres med diklormetan: heksan på ASE 300 (Accelerated Solvent Extractor). Fettet brytes ned online ved at ASE-cellen pakkes med svovelsyreimpregnert silicagel. Ekstraktet syrebehandles videre med konsentrert svovelsyre for å bryte ned rester av fett. Prøven analyseres på GC/MS, NCI og kvantifiseringen av de ulike analyttene baseres på internstandard og en fem punkts kalibreringskurve. Metoden kvantifiserer PBDE₇ (PBDE-28, PBDE-47, PBDE-66, PBDE-99, PBDE-99, PBDE-100, PBDE-119, PBDE-153, PBDE-154), PBDE-138, PBDE- 183 og total HBCD.

NIFES sin standardmetode inneholder ikke de fire tunge PBDE-kongenerne 196, 205, 206 og 209. For analyse av disse ble Havforskningsinstituttet ved Stepan Boitsov benyttet som underleverandør.

Pesticider, torskelerver (NIFES metode 380)

Homogeniserte prøver ble tilsatt intern standard og ekstrahert med heksan på ASE® 300 (Accelerated solvent Extractor). Ekstraktet ble delt i to fraksjoner til ulik opprensing og sluttbestemmelse. Den første fraksjonen ble renset for fett ved behandling med konsentrert svovelsyre. Det rensete ekstraktet ble så oppkonsentrert og analysert på GCMS med elektronisering. DDT og metabolitter, samt HCB ble bestemt med denne metoden.

Den andre prøvefraksjonen ble opprenset på ASPEC på tre SPE-kolonner; ChemElut, QuEChERS og C18. Det rensete ekstraktet ble så oppkonsentrert og analysert på GCMS med negativ kjemisk ionisering. De resterende klorerte pesticidene ble bestemt med denne metoden.

Organiske miljøgifter i sediment (IMR metode)

Opparbeiding av sedimentprøvene for analyse av PAH, THC, PCB/pestisider og BFH består av ekstraksjon på ASE (Accelerated Solvent Extractor), med direkte opprensing i ASE-cellen (i tilfelle PCB og BFH) eller videre opprensing på Si kolonne (PAH og THC), og videre analyse på GC-MS (EI) for PAH, GC-MS (NCI) for BFH, GC-FID for THC og GC-ECD for PCB og pestisider.

Technetium-99 i sjøvann (IMR metode)

Technetium-99 i sjøvann: 50-100 L sjøvann samles inn. technetium-99 bestemmes ved hjelp av radiokjemisk opparbeiding og beta-telling på en RISØ GM-25-5 beta-teller. KReO₄ benyttes som sporstoff. Den radiokjemiske opparbeidingen består i hovedtrekk av en preliminær ekstraksjon av Re/⁹⁹Tc på Amberlite IRA-400 anionkolonne, jernhydroksidfelling, videre ekstraksjon på Bio-Rad AG 1x8 (100-200 chloride) anionkolonne, sulfidfelling og til slutt felling av tetrafenylarsonium-saltene til Re/⁹⁹Tc. Disse monteres på passende "discer" og beta-telles. Utbyttet bestemmes gravimetrisk.

Cesium-137 i sjøvann og fisk (IMR metode)

Cesium-137 (¹³⁷Cs) i sjøvann kan bestemmes på to måter. På tokt: Et bestemt volum (200-400 L) sjøvann fra sjøvannsinntaket om bord passerer filtre impregnert med en Cs-absorbent (Cu₂[Fe(CN)₆]). Filteret tørkes, foraskes og overføres til polyetylen tellebokser av passende geometri. På laboratoriet:

Et kjent volum (50-100 L) sjøvann fylles i store kar og cesium-137 felles med ammonium-dodecamolybdo-fosfat (AMP). Bunnfallet overføres til polyetylen tellebokser av passende geometri og løses i 6M NaOH. ^{134}Cs brukes som indre standard. Konsentrasjonen av cesium-137 i telleboksene bestemmes vha. gamma-sprektroskopi på elektrisk kjølte HPGe-detektorer med relative effektiviteter mellom 30% og 60%. Havforskningsinstituttet har et lavbakgrunns-tellerom med olivinstein i veggene.

Cesium-137 i fisk: 50 - 200 g filet fra 25 fisk blandes og homogeniseres. Prøven frysetørkes og homogeniseres på nytt. En kjent mengde av den tørre prøven overføres til polyetylen tellebokser av passende geometri. Konsentrasjonen av cesium-137 bestemmes vha gamma-sprektroskopi på elektrisk kjølte HPGe-detektorer med relative effektiviteter mellom 30% og 60%. Havforskningsinstituttet har et lavbakgrunns-tellerom med olivinstein i veggene.

Cesium-137 og andre gamma emittere i sedimenter og sjøvann (NRPA metode)

Cesium-137 i sjøvann kan bestemmes på to måter; enten via AMP, eller ved hjelp av cesiumabsorberende filter som beskrevet under cesium-137 (IMR-metode). Havvannsprøver i størrelsesorden på ca. 500 liter blir først kjørt gjennom et cesiumabsorberende filteroppsett (beskrevet over) med et forfilter og 2 cesiumabsorberende filter. Filtrene blir senere tørket ved 105°C, for så å foraskes ved 450°C, før de homogeniseres og puttes i prøvebokser.

Sedimentprøver blir delt inn i ulike sjikt og frysetørket, før prøvene blir homogenisert og plassert i ulike prøvebokser. Prøver av fisk og biota blir enten frysetørket eller tørket før de homogeniseres og plasseres i ulike prøvebokser. Prøvene setter deretter til måling på høy oppløselig gamma detektor (HPGe) i en periode på ca. 2 dager, og foregår i et spesialbygget lavbakgrunns laboratorium. Detektorene har en relativ effektivitet på 23% til 45%, og oppløsningen på detektorene ved 1332 keV er mindre enn 1,9 keV. Detektorene dekker et energiintervall i området 45-2000 keV, og også andre gamma-emittere som ligger innenfor oppgitt energiintervall detekteres.

Strontium-90 i sjøvann (IFE metode)

For å detektere aktivitetskonsentrasjonene av strontium-90 i sjøvann, må man i Barentshavet i dag samle inn 50 liter per prøve, for å være sikker på å komme over deteksjonsgrensen. Deteksjonsgrensene for metoden kan variere avhengig av kjemisk utbytte, telleeffektivitet og volum/masse av prøven.

Etter forbehandling av prøvemateriale tilsettes strontium-85-tracer prøven, og ved å beregne aktiviteten (tilveksten av aktivitet) til datterproduktet Y-90, får man beregnet innholdet av strontium-90. Metoden er en standardisert metode hvor man benytter rykende salpetersyre og EDTA (Varskog *et al.*, 1997). Prøven blir etterpå målt/detektert ved hjelp av en antikoincidens, skjermet GM-teller.

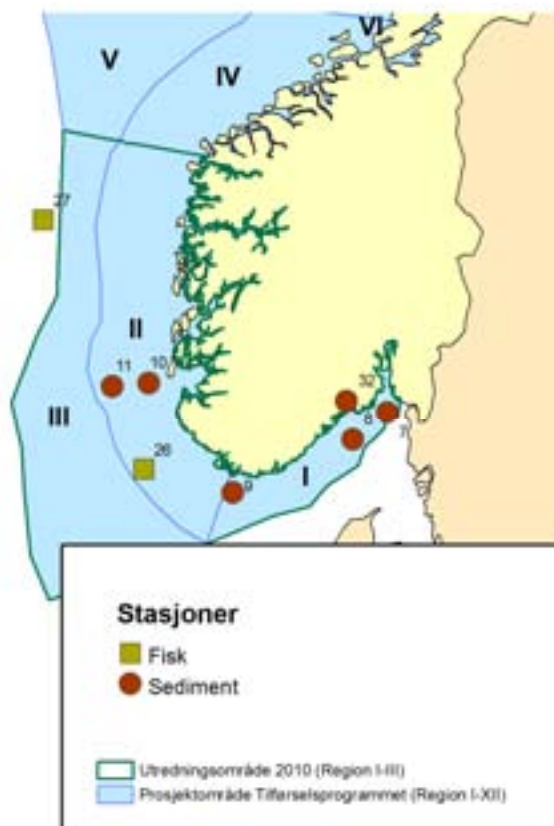
Plutonium (plutonium-239+240) i sedimenter og sjøvann (NRPA metode):

Prøver av plutonium er en kostbar og ressurskrevende metode, og for å detektere aktivitetskonsentrasjonene av plutonium-239+240 i sjøvann samler man inn ca. 200 liter sjøvann. Etter forbehandling av prøvemateriale som sedimenter og sjøvann, tilsettes ^{242}Pu -tracer prøven. Deteksjonsgrensene for metoden varierer avhengig av kjemisk utbytte, telle effektivitet og volum/masse av prøven. Prøven tilsettes kjemikalier for å få en utfelling og mindre prøvevolum beskrevet av Chen *et. al.* (1991). Plutonium i sediment og biota blir først forrasket ved 450°C, før de homogeniseres og behandles videre med kongevann, før man utfører en tilsvarende utfelling av bunnfall, som for sjøvann.

Separasjon av plutonium utføres deretter med hjelp av ekstraksjon med løsemidler og 10 % TIOA/Xylene fulgt av ionebytte med AG1-X4 kolonner og teknikker som utfelling av bunnfall og inndamping før plutoniumsfraksjonen blir elektrolytisk deponert over på en skive av rustfritt stål, og måles en til to uker ved hjelp av alfaspktrometri. Det kjemiske utbyttet beregnes ved hjelp av prøvens innhold av tilsatt ^{242}Pu -tracer.

Modellberegning av gjennomsnitt og summering mht. deteksjonsgrense

Etter EUs vanndirektivs retningslinjer (2009/90/EC) skal verdier angitt som under deteksjonsgrense betraktes som halvparten av denne grensen i gjennomsnittsberegninger og som null der inngår i en sum av variabler, som for eksempel for sum av de syv PCB kongenerene (PCB7), sum av de 16 PAH forbindelsene (PAH16), sum av de PBDE og sum av DDT (dvs. sum av DDT, DDE og DDD (TDE)).



Figur 29. Kart over innsamlingssted for sjøvann, sediment og torsk (se også **Figur 1**).

8 Referanser

- 2000/60/EC. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. [Water Framework Directive]. http://www.europa.eu.int/comm/environment/water/water-framework/index_en.html
- 2008/105/EC. Directive 2008/105/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on environmental quality standards in the field of water policy, amending and subsequently repealing Council Directives 82/176/EEC, 83/813/EEC, 84/186/EEC, 84/491/EEC, 86/491/EEC, 86/280/EEC and amending Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council. <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32008L0108:EN:NOT>
- 2008/86/EC. Directive 2008/86/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 establishing a framework for Community action in the field of marine environmental policy. [Marine Strategy Framework Directive]. <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32008L0086:EN:NOT>
- 2009/90/EC. Directive 2009/90/EC of the European Parliament and of the Council of 31 July 2009 laying down, pursuant to Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council, technical specifications for chemical analysis and monitoring of water status.
- Aas, W. and Breivik, K. (2010). Heavy metals and POP measurements 2008. Norwegian Institute for Air Research, Kjeller, EMEP/CCC-Report 4/2010.
- Aas, W. Blindheim, S. Manø, S (2011). Tilførselsprogrammet 2010, Atmosfærisk tilførsel – overvåking på Andøya. Norsk Institutt for luftforskning, Kjeller OR 30/2011. Klif rapport nr 1098/2011, TA-2811/2011.
- Aas, W., Solberg, S. Manø, S. og Yttri, K.E (2009). Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel, 2008, Norsk institutt for luftforskning, Kjeller, OR 22/2009 (Klif rapport nr 1051/2009).
- Allen, G. E. Nemitz, J. P. Shi, R. M. Harrison, J. C. Greenwood (2001) Size distributions of trace metals in atmospheric aerosols in the United Kingdom, *Atmos. Environ.*, 35, 4581-4591, DOI: 10.1016/S1352-2310(01)00190-X.
- Allison J.D., Allison T.L., Partition Coefficients for Metals in Surface Water, Soil, and Waste. U.S. Environmental Protection Agency Office of Research and Development Washington, DC 20460. EPA/600/R-05/074 July 2005.
- Anon (1992). Report of the ASMO workshop on modeling transport and fate of contaminants 4-7 November 1997, The Hague, The Netherlands.
- Armitage, J.M.; McLachlan, M.S.; Wiberg, K.; Jonsson, P. A model assessment of dibenzo-p-dioxin and dibenzofuran sources and fate in the Baltic Sea. *Sci Total Environ.* 407:3784-3792; 2009
- Bakke T., Breedveld, G., Källqvist, T., Oen, A., Eek, E., Ruus, A., Kibsgaard, A., Helland, A., Hylland, K., 2007c. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann. Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. SFT TA 2229/2007. Statens Forurensningstilsyn, Oslo. 12s.
- Bakke, T., Ruus, A., Bjerkeng, B. og Knutsen, J.A. 2009. Overvåking av miljøgifter i fisk og skalldyr fra Grenlandsfjordene 2007. NIVA rapport nr. 5707-2008. SFT rapport 1038/2008. 80 s.
- Beks J.P. (2000). Storage and distribution of plutonium, 241Am, 137Cs and 210Pbxs in North Sea sediments. *Continental Shelf Research*, Vol. 20, pp 1941-1964.
- Berg, T; Hjellbrekke, A; Ruhling, A; Steinnes, E., 2003. Maps of the absolute deposition of heavy metals for the Nordic countries based on moss surveys. *Journal De Physique IV*, 107: 155-158, DOI: 10.1051/jp4:20030266
- Breivik, K.; Wania, F. Evaluating a model of the historical behavior of two hexachlorocyclohexanes in the Baltic sea environment. *Environ Sci Technol.* 36:1014-1023; 2002
- Bruhn, R.; Lakaschus, S.; McLachlan, M.S. Air/sea gas exchange of PCBs in the southern Baltic Sea. *Atmos Environ.* 37:3445-3454; 2003
- Burkhard, L. P., 2000.. "Estimating dissolved organic carbon partition coefficients for nonionic organic chemicals." *Environmental Science & Technology* 34(22): 4663-4668
- Christiansen Christian, Thomas Leipe, Gesine Witt, Peter L. Christoffersen & Lars C. Lund-Hansen. 2009. Selected elements, PCBs, and PAHs in sediments of the North Sea – Baltic Sea transition zone: Sources and transport as derived from the distribution pattern. *Geografisk Tidsskrift – Danish Journal of Geography* 109(1):81-94,

- Concise International Chemical Assessment Document 55 POLYCHLORINATED BIPHENYLS: HUMAN HEALTH ASPECTS First draft prepared by Dr Obaid M. Faroon, Mr L. Samuel Keith, Ms Cassandra Smith-Simon, and Dr Christopher T. De Rosa, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Atlanta, Georgia, USA, Published under the joint sponsorship of the United Nations Environment Programme, the International Labour Organization, and the World Health Organization, and produced within the framework of the Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals. World Health Organization. Geneva, 2003.
(<http://www.inchem.org/documents/cicads/cicads/cicad55.htm#6.1>)
- Cycling of PCBs and HCB in the Surface Ocean-Lower Atmosphere of the Open Pacific Lin Zhang and Rainer Lohmann
- Dachs, J., S. J. Eisenreich, et al. (2000). "Influence of eutrophication on air-water exchange, vertical fluxes, and phytoplankton concentrations of persistent organic pollutants." *Environmental Science & Technology* 34(6): 1095-1102
- Danis, B., 2004. Contaminant levels in sediments and in the sea star *Asterias rubens* from the Belgian coast and Scheldt estuary Bioaccumulation and Effects of Polychlorinated Biphenyls (PCBs) in the Sea Star *Asterias rubens* L. Bruno Danis March 2004 Thesis submitted in fulfilment of the degree of : Doctor in Sciences
- Delbeke K., Joiris C. 1988. Accumulation mechanism and geographical distribution of PCBs in the North Sea. *Oceanis*, 14, 4, 399-410.
- Eckhardt, S., Breivik, K., Li, Y. F., Manø, S., and Stohl, A.: Source regions of some persistent organic pollutants measured in the atmosphere at Birkenes, Norway, *Atmos. Chem. Phys.*, 9, 6597-6610, doi:10.5194/acp-9-6597-2009, 2009.
- EMEP 2009. "Heavy Metals: Transboundary Pollution of the Environment". Meteorological Synthesizing Centre - East (EMEP/MSCE). Moscow, Russia Status Report 2/09: URL: http://www.msceast.org/reps/2_2009.zip
- EMEP 2010a. Persistent organic pollutants in the environment. Moscow/Kjeller, Meteorological Synthesizing Centre - East - MSC-E/Chemical Coordinating Centre - CCC (EMEP Status Report 3/2010).
- EMEP 2010b. Heavy metals: transboundary pollution of the environment. Moscow/Kjeller, Meteorological Synthesizing Centre - East - MSC-E/Chemical Coordinating Centre - CCC (EMEP Status Report 2/2010).
- EMRAS II, 2010. EMRAS II, Working group 8. Environmental sensitivity: Documents. <http://www-ns.iaea.org/projects/emras/emras2/working-groups/working-group-eight.asp?s=8>
- Føyn L., Hagebø M. 1998. Nutrients and hydrography in the North Sea autumn 1998. Report from a cruise with R/V "Johan Hjort" 19 October - 26 November 1998. Institute of Marine Research, Bergen, Norway (<http://www.imr.no/Dokumenter/QNDLMNGPKKUHTQ.pdf>)
- Gill, G.A., Fitzgerald, W.F., 1988. Vertical mercury distributions in the oceans. *Geochim. Cosmochim. Acta* 52 (6), 1719 – 172.
- Gioia, R.; Lohmann, R.; Dachs, J.; Temme, C.; Lakaschus, S.; Schulz-Bull, D., *et al.* Polychlorinated biphenyls in air and water of the North Atlantic and Arctic Ocean. *J Geophys Res-Atmos.* 113; 2008.
- Green N.W., Molvær, J., Kaste, Ø., Schrum, C., Yakushev, K., Sørensen, K., Allan, I., Høgåsen, T., Christiansen, A.B., Heldal, H.E., Klungsoyr, J., Boitsov, S., Børsheim, K.Y., Måge, A., Julshamn, K., Aas, W., Braathen, O.A., Breivik, K., Eckhardt, S., Rudjord, A.L., Iosjpe, M., Brungot, A.L., 2010a. Tilførselsprogrammet 2009. Overvåking av tilførsler og miljøtilstand I Barentshavet og Lofotenområdet. Klima og forurensningsdirektoratet (Klif) Rapport TA 2660/2010. Norsk institutt for vannforskning (NIVA) rapport nr. 5980-2010. 243 sider. ISBN 978-82-577-5715-1.
- Green, N.W., Schøyen, M., Øxnevad, S., Ruus, A., Høgåsen, T., Beylich, B., Håvardstun, J., A., Rogne, Å.G., Tveiten, L., 2010b. Hazardous substances in fjords and coastal waters – 2009. Levels, trends and effects. Long-term monitoring of environmental quality in Norwegian coastal waters. Climate and Pollution Agency, Monitoring report no. 1079/2010 TA no. 2716/2010. Norwegian Institute for Water Research report number 6048-2010, 287 pp. ISBN number 978- 82-577-5783-0.
- Gregoire, M., Beckers, J.-M., Nihoul, J.C.J., Stanev, E., 1997. Coupled hydrodynamic ecosystem model of the Black Sea at basin scale. In: Ozsoy, E., Mikaelyan, A. (Eds.), *Sensitivity to Change: Black Sea, Baltic Sea and North Sea*. Kluwer, Netherlands, pp. 487-499.
- Gupta A., C.P. Kaushik, A. Kaushi. 2000. Degradation of hexachlorocyclohexane (HCH; a, b, g and d) by *Bacillus circulans* and *Bacillus brevis* isolated from soil contaminated with HCH. *Soil Biology & Biochemistry* 32, 1803-1805.
- Gustafsson O, T, P. Andersson, J. Axelman, T.D. Bucheli, P. Kfmp, M.S. McLachlan, A. Sobek, J.-O. Thfrngren. Observations of the PCB distribution within and in-between ice, snow, ice-rafted debris, ice-interstitial water, and seawater in the Barents Sea marginal ice zone and the North Pole area *Science of the Total Environment* 342 (2005) 261–279

- HELCOM 1990: Second periodic assessment of the state of the Marine Environment of the Baltic Sea Area 1984-1988 . Balt. Sea Environ. Proc. No. 3.5B.
- HELCOM 2002: Environment of the Baltic Sea Area 1994-1998 . Balt. Sea Environ. Proc. No. 82B. 216 pp.
- HELCOM 2003: The Baltic marine environment. 1990-2002 Helsinki Commission. Balt. Sea Environ. Proc. No. 87.
- HELCOM 2006, Zalewska T, Lipska J. 137Cs and 90Sr distribution in the Southern Baltic environment in 2004 and 2008, HELCOM MORS-PRO 11/2006, Document 3/2.
- HELCOM 2010: Hazardous Substances in the Baltic Sea – An integrated thematic assessment of hazardous substances in the Baltic Sea. Executive Summary. Balt. Sea Environ. Proc. No. 120A.
- Helland, 2003. Transport and sedimentation of metals and organic matter in the Glomma estuary, south east Norway, NLH
- Hjøllø, S.S., Skogen, M.D. & Svendsen, E. (2009). Exploring currents and heat within the North Sea using a numerical model. *J.Mar.Systems*, 78:180-192, doi:10.1016/j.jmarsys.2009.06.001
- Hollander, A.; Scheringer, M.; Shatalov, V.; Mantseva, E.; Sweetman, A.; Roemer, M., *et al.* Estimating overall persistence and long-range transport potential of persistent organic pollutants: a comparison of seven multimedia mass balance models and atmospheric transport models. *J Environ Monit.* 10:1139-1147; 2008
- Ilyina T. The fate of Persistent Organic Pollutants in the North Sea. Multiple year model simulations for ... Springer Berlin Heidelberg New York 2007
 ((http://books.google.no/books?id=iVeTqkD7xT4C&pg=PA83&lpg=PA83&dq=PCB+in+North+Sea&source=bl&ots=Yqf1MHpWiG&sig=UUSGtNqm_XwaMM1Q_LprNfcIBeU&hl=no&ei=da2PTLTMJdKtOKaNhaUN&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=2&ved=0CB0Q6AEwAQ#v=onepage&q&f=false)
- Iosjpe M. and A. Liland, 2010. Evaluation of environmental sensitivity of the marine regions, Environmental Radioactivity – New Frontiers and Developments, Rome, 25-27 October, Book of abstracts, p. 59-60,
- Iosjpe M., Perianez R, Aldridge J. & Børetzen 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 modeling: Modified approach for compartmental models, In: Povinec P.P., Sanchez-Cabeza J.A., eds. Radionuclides in the environment: International conference on isotopes in environmental studies, Monaco 2004. Radioactivity in the Environment, vol.8. Amsterdam: Elsevier, 2006: 463 476.
- Iosjpe, M., J. Brown & P. Strand, 2002. Modified approach for box modeling of radiological consequences from releases into marine environment, *J. Environ. Radioact.*, 2002, 60, 91-103.
- Janssen, F. (2002): Statistische Analyse mehrjaehriger Variabilitaet der hydrographie in nord- und Ostsee. PhD thesis, University of Hamburg, Faculty of Geosciences (in German), ediss.sub.uni-hamburg.de/volltexte/2002/907/pdf/dissertation.pdf.
- Janssen, F., Schrum, C., Huebner, U. and Backhaus, J. (2001): Validation of a decadal simulation with a regional ocean model for North Sea and Baltic Sea. *Climate Research*, 18, 55-62.
- Klungsoeyr, J., Heldal, H.E., 2009. Forurensning Nordsjøen. I: Gjøsæter, H., Dommasnes, A., Falkenhaug, T., Hauge, M., Johannesen, E., Olsen, E. og Skagseth, Ø. (red.) 2009. Havets ressurser og miljø 2009. Fisken og havet, særnr. 1–2009.
- Laane, R.W.P.M (ed) (1992). Background concentrations of natural compounds in rivers, sea water, atmosphere and mussels. Report DGW-92.033, RIKZ, The Netherlands
- Macdonald, R. W., T. Harner and J. Fyfe (2005). "Recent climate change in the Arctic and its impact on contaminant pathways and interpretation of temporal trend data." *Science Of The Total Environment* 342(1-3): 5-86.
- Mackay, D., W. Y. Shiu, et al. (1991). Illustrated handbook of physical-chemical properties and environmental fate for organic chemicals. Boca Raton, Lewis Publisher
- Malanichev, A.; Mantseva, E.; Shatalov, V.; Strukov, B.; Vulykh, N. Numerical evaluation of the PCBs transport over the Northern Hemisphere. *Environ Pollut.* 128:279-289; 2004
- Manodori, L., A. Gambaro , R. Piazza, S. Ferrari, A.M. Stortini, I. Moret and G. Capodaglio PCBs and PAHs in sea-surface microlayer and sub-surface water samples of the Venice Lagoon (Italy)
 (http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V6N-4H877W1-3&_user=10&_coverDate=02%2F28%2F2006&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_origin=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_searchStrId=1461064759&_rerunOrigin=google&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=7ded42d5c30a06721c4dfa996414fa56&searchtype=a)
- Matheron, G. 1963. Principles of geostatistics. *Econ. Geol.*, 58, 1246-1266.

- 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. 8347-2007. 64 sider.
- Molvær, J., Barret, K., Barkved, L., Iosjpe, M., Jantsch, T., Kaste, Ø., Saloranta, T., Selvik, J., Skaare, B., Wehde, H. 2008. Tilførsler av olje og miljøfarlige kjemikalier til norske havområder, Fase II. [Discharges of oil and environmentally dangerous chemicals to Norwegian marine areas, phase II – in Norwegian]. SFT-rapport TA 2364/2008, NIVA-lnr 5624, 125 s.
- Molvær, J., Barret, K., Barkved, L., Iosjpe, M., Jantsch, T.G., Kaste, Ø., Saloranta, T., Selvik, J.R., Skaare, B.B., Wehde, H., 2008. Tilførsler av olje og kjemikalier til norske havområder, fase II. TA-2364/2008. NIVA Rapport. TA-2364/2008. ISBN 978-82-577-5359-7. P. 127.
- NRPA, 2003. NRPA. Radioactivity in the marine environment 2000 and 2001. Results from the Norwegian National Monitoring Programme (RAME). StrålevernRapport 2003:08. Østerås: Norwegian Radiation Protection Authority, 2003.
- NRPA, 2004. NRPA. Radioactivity in the marine environment 2002. Results from the Norwegian National Monitoring Programme (RAME). StrålevernRapport 2004:10. Østerås: Norwegian Radiation Protection Authority, 2004.
- NRPA, 2005a. NRPA. Radioactivity in the marine environment 2003. Results from the Norwegian National Monitoring Programme (RAME). StrålevernRapport 2005:20. Østerås: Norwegian Radiation Protection Authority, 2005.
- NRPA, 2005b. NRPA. Natural Radioactivity in produced water from the Norwegian oil and gas industry in 2003. StrålevernRapport 2005:2. Østerås: Norwegian Radiation Protection Authority, 2005.
- NRPA, 2006. NRPA. Radioactivity in the marine environment 2004. Results from the Norwegian National Monitoring Programme (RAME). StrålevernRapport 2006:14. Østerås: Norwegian Radiation Protection Authority, 2006.
- NRPA, 2007. NRPA. Radioactivity in the marine environment 2005. Results from the Norwegian National Monitoring Programme (RAME). StrålevernRapport 2007:10. Østerås: Norwegian Radiation Protection Authority, 2007.
- NRPA, 2008. NRPA. Radioactivity in the marine environment 2006. Results from the Norwegian National Monitoring Programme (RAME). StrålevernRapport 2008:14. Østerås: Norwegian Radiation Protection Authority, 2008.
- NRPA, 2009. NRPA. Radioactivity in the marine environment 2007. Results from the Norwegian National Monitoring Programme (RAME). StrålevernRapport 2009:15. Østerås: Norwegian Radiation Protection Authority, 2008.
- NRPA, 2011. NRPA. Radioactivity in the marine environment 2008 and 2009. Results from the Norwegian National Monitoring Programme (RAME). StrålevernRapport 2011:4. Østerås: Norwegian Radiation Protection Authority, 2011.
- Oguz, T., Ducklow, H., Shushkina, E.A., Malonotte-Rizzoli, P., Tugrul, S., Lebedeva, L.P., 1998. Simulation of upper layer biochemical structure in the Black Sea. In: Ivanov, L., Oguz, T. (Eds.), NATO TU-Black Sea Project. Ecosystem Modeling as a Tool for the Black Sea, Symp. on Sci. Res., Kluwer Academic Publishers, Norwell, 2., pp. 257-299.
- Økland, T.E., Wilhelmssen, E., Bergfald, B. 2005. A study of the priority substances of the Water Framework Directive. SFT-rapport TA-2140. 106 s.
- Orr, J. C., V. J. Fabry, O. Aumont et al., 2005. Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impact on calcifying organisms. *Nature* 437, 681-686, 2005.
- OSPAR Agreement 2005-6. Agreement on Background Concentrations for Contaminants in Seawater, Biota and Sediment.
- OSPAR, 2010a. OSPAR, 2010. Quality Status Report 2010. OSPAR Commission. London. 176 pp (publication 497/2010). The OSPAR Commission encourages the hyperlinking to the QSR 2010 website: <http://qsr2010.ospar.org>
- OSPAR, 2010b. OSPAR Commission. Liquid discharges from nuclear installations in 2008. Radioactive substances series, Publication number 515/2010. London: OSPAR, 2010.
- Petroffl, A. and Zhang, L. (2010). Development and validation of a size-resolved particle dry deposition scheme for application in aerosol transport models. *Geosci. Model Dev.*, 3, 753-769, doi:10.5194/gmd-3-753-2010
- Prevedouros, K.; Brorstrom-Lunden, E.; Halsall, C.J.; Jones, K.C.; Lee, R.G.M.; Sweetman, A.J. Seasonal and long-term trends in atmospheric PAH concentrations: Evidence and implications. *Environ Pollut.* 128:17-27; 2004.

- Ruus, A; Green, NW; Maage, A; Amundsen, CE; Schoyen, M; Skei, J. 2010. Post World War II orcharding creates present day DDT-problems in The Sorfjord (Western Norway) - A case study. *Marine Pollution Bulletin*, 60: 1856-1861.
- Savchuk, O. P.; Wulff, F., 2009. Long-term modelling of large-scale nutrient cycles in the entire Baltic Sea. *Hydrobiologia* 629, 209–224.
- Savchuk, O. P.; Wulff, F., 2009. Long-term modelling of large-scale nutrient cycles in the entire Baltic Sea. *Hydrobiologia* 629, 209–224.
- Scheringer, M. (1997). "Characterization of the environmental distribution behavior of organic chemicals by means of persistence and spatial range." *Environmental Science & Technology* 31(10): 2891-2897.
- Schrum, C., Alekseeva, I., St John, M., 2006. Development of a coupled physical-biological ecosystem model ECOSMO Part I: Modell description and validation for the North Sea, *J Mar Sys* 61, 79-99, doi:10.1016/j.jmarsys, 2006, 01,008.
- Schrum, C., Backhaus, J. O., 1999. Sensitivity of atmosphere-ocean heat exchange and heat content in the North Sea and the Baltic Sea. *Tellus* 51 (4), 526–549.
- Schrum, C., Siegismund, F, St. John, M (2003): Decadal Variations in the stratification and circulation patterns of the North Sea. Are the 90's unusual? ICES Symposium of Hydrobiological Variability in the ICES area 1990-1999, ICES Journal of Marine Science, Symposia series, Vol. 219, 121-131.
- Schulz-Bull D. E., Petrick G., Bruhn R. and Duinker J. C. Chlorobiphenyls (PCB) and PAHs in water masses of the northern North Atlantic Marine Chemistry Volume 61, Issues 1-2, June 1998, Pages 101-114.
- Shchepetkin, A. F. and J. C. McWilliams, 2005: The Regional Ocean Modeling System (ROMS): A splitexplicit, free-surface, topography-following-coordinate oceanic model. *Ocean Modeling* 9/4, pp. 347-404.
- Shen L, Wania F, Lei YD, et al.(2004) Hexachlorocyclohexanes in the north American atmosphere. *Environ. Sci. Technol.* 38, 965-975
- Sinkkonen, S. and J. Paasivirta (2000). "Degradation half-life times of PCDDs, PCDFs and PCBs for environmental fate modeling." *Chemosphere* 40: 943-949.
- Skarbøvik, E., Stålnacke, P., Kaste, Ø., Selvik, J., Tjomsland, T., Høgåsen, T., Aakerøy, P.A., Beldring, S. 2010. Riverine inputs and direct discharges to Norwegian coastal waters - 2009. Klif report TA-2726, NIVA Inr 6053, 75 pp + Appendices and Addendum.
- Skarbøvik, E., Stålnacke, P.G., Kaste, Ø., Selvik, J., Tjomsland, T., Høgåsen, T., Pengerud, A., Aakerøy, P.A., Haaland, S., Beldring, S. 2009. Riverine inputs and direct discharges to Norwegian coastal waters - 2008. OSPAR Commission. SFT-report TA 2869/2009, NIVA-sno 8869, 78 pp. + Annexes.
- Skogen, M., Sjøiland, H., 1998. A user's guide to NORWECOM v2.0. The NORwegian ECOlogical Model system. Tech. Rep. Fisker og Havet 18/98, Institute of Marine Research, Pb.1870, N-5024 Bergen, 42pp.
- Skogen, M., Sjøiland, H., Svendsen, E., 2004. Effects of changing nutrient loads to the North Sea. *Journal of Marine Systems* 46 (1-4), 23.38.
- Skogen, M., Svendsen, E., Berntsen, J., Aksnes, D., Ulvestad, K., 1995. Modelling the primary production in the North Sea using a coupled 3 dimensional Physical Chemical Biological Ocean model. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 41, 545.565.
- Skogen, M., Svendsen, E., Ostrowski, M., 1997. Quantifying volume transports during SKAGEX with the Norwegian Ecological Model system. *Cont. Shelf Res.* 17 (15), 1817.1837.
- Skogen, M.D. and Mathisen, L.R. (2009). Long term effects of reduced nutrient inputs to the North Sea. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 82:433-442, doi: 10.1016/j.ecss.2009.02.006.
- Smith, K. E. C. and M. S. McLachlan (2006). "Concentrations and partitioning of polychlorinated biphenyls in the surface waters of the southern Baltic Sea - Seasonal effects." *Environmental Toxicology And Chemistry* 25(10): 2569-2575.
- Soerensen, AL., Sunderland, EM.,Holmes, CD., Jacob, DJ., Yantosca, RM., Skov, H., Christensen, JH., Strode, SA., Mason, RP (2010). An Improved Global Model for Air-Sea Exchange of Mercury: High Concentrations over the North Atlantic. *Environmental Science & Technology* 2010 44 (22), 8574-8580
- Sjøiland, H., Skogen, M., 2000. Validation of a 3-D biophysical model using nutrient observations in the North Sea. *ICES J.Mar.Sci* 57 (4), 816.823.
- Stips A., K.Bolding, T.Pohlman, and H.Burchard. 2004. Simulating the temporal and spatial dynamics of the North Sea using the new model GETM (General Estuarine Transport Model). *Ocean Dynamics*, vol.54, pp.266-283.
- Stohl, A., M. Hittenberger, and G. Wotawa (1998): Validation of the Lagrangian particle dispersion model FLEXPART against large scale tracer experiments. *Atmos. Environ.* 32, 4248-4264.

- Stohl, A., Thomson D.J., 1999. A density correction for Lagrangian particle dispersion models. *Bound.-Layer Met.* 90, 188-167.
- Strode, S.; Jaegle, L.; Selin, N.; Jacob, D.; Park, R.; Yantosca, R.; Mason, R.; Slemr, F. Air-sea exchange in the global mercury cycle, *Global Biogeochem. Cycles* 2007, 21, GB1017
- Suendermann J. 2003. The changing North Sea: knowledge, speculation and new challenges. *Oceanologiya* 45(1) 247-259.
- Sunnanå, K., Fossheim, M., Olseng, C.D. (redaktører), 2010. Forvaltningsplan Barentshavet. Rapport fra Overvåkningsgruppen. *Fisken og Havet, Særnummer 1b-2010*, 110 sider.
- Suratman S., Jickells T, Weston K, Fernand L. 2008. Seasonal variability of inorganic and organic nitrogen in the North Sea. *Hydrobiologia*, 610: 83–98.
- The "Baltic Carrier" Oil Spill – Monitoring and Assessment of Environmental Effects in Grønsund (DK). (http://ec.europa.eu/echo/civil_protection/civil/marin/reports_publications/baltic_carrier.pdf).
- UNESCO, 1986. Progress on oceanographic tables and standards 1983-1986 : work and recommendations of the UNESCO/SCOR/ICES/IAPSO Joint Panel. *Unesco Technical papers in marine science*, ndeg. 50, pp. 59.
- Van Zoest R., Van Eck G.T.M. 1993. Behavior of selected PCBs, PAHs, gHCH in the Seheldt estuary, NW Netherlands. *Netherlands J. of Aquat. Ecology*.23(2-4), 301-308.
- Wania F. and Mackay D., 1996. Tracking the distribution of persistent organic pollutants *Environ. Sci. Technol.* 30, A390-396.
- Wania, F.; Axelman, J.; Broman, D. A review of processes involved in the exchange of persistent organic pollutants across the air-sea interface. *Environ Pollut.* 102:3-23; 1998.
- Weber J,Halsall CJ,Muir DC,Teixeira C,Burniston DA,Strachan WM,Hung H,Mackay N,Arnold D, Kylin H. 2006. Endosulfan and gamma-HCH in the arctic: an assessment of surface seawater concentrations and air-sea exchange. *Environ Sci Technol.* Dec 15;40(24):7570-6.
- Wehde, H., Braathen O.A., Heldal, H.E., Iosjpe, M., Klungsøyr, J., Måde, A., Rudjord, A.L., Aas, W., Green, N., Kaste, Ø., Molvær, J., 2009. Tilførselsprogrammet fase III. Sammenstilling av grunnlagsdata for overvåking. [The Discharge program phase III: Summary of basic data for monitoring – in Norwegian]. SFT-rapport TA 2509/2009, NIVA-lnr 5797-2009, 63 s.
- Wiberg, K.; McLachlan, M.S.; Jonsson, P.; Johansson, N. Sources, transport, reservoirs and fate of dioxins, PCBs and HCB in the Baltic Sea environment.: Swedish Environmental Protection Agency; 2009
- Yakushev E. V., Kuznetsov I. S., Podymov O. I., Burchard H., Neumann T., Pollehne F.. 2011. Modeling of influence of oxygenated inflows on biogeochemical structure of the Gotland Sea, central Baltic Sea: changes in distribution of manganese. *Computers and Geosciences*. DOI 10.1016/j.cageo.2011.01.001.
- Yakushev E.V. 2002. On parameterization of biogeochemical processes in modelling objects at different time scales. *Electronic Journal Studies in Russia (Issledovano v Rossii)*. 141, 1587-1594, <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2002/141.pdf> (in Russian).

Vedlegg A Oversikt over undersøkte stoffer

Tabell 29. Oversikt over undersøkte stoffer og parametre med betegnelser fra “Environmental Quality Standard Directive – EQSD (2008/105/EC”) som enten prioriterte stoffer (PS), prioriterte farlige stoffer (PHS), eller andre stoffer (OS) som det er definert miljøkvalitetsstandarder for (Environmental Quality Standards) eller stoffer som er under betraktning for å bli inkludert som prioriterte stoffer (RS). Sjøvann, sediment og/eller torsk ble undersøkt av Havforskningsinstituttet (IMR), Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning (NIFES), Norsk institutt for luftforskning (NILU) og Statens strålevern (NRPA) og Norsk institutt for vannforskning (NIVA).

Parameter	Kode	K	Ny ₁	CAS-nr. ²	EQSD	Sjø	Sedi ment	Torsk
Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)					PHS			
Acenaften	ACNE	a		83329			IMR	
Acenaftylen	ACNLE	a		208968			IMR	
Antracen	ANT	a		120127	PHS		IMR	
Benzo(a)antracen	BAA	a,b					IMR	
Benzo(a)pyren	BAP	a,b		50328	PHS		IMR	
Benzo(b)fluoranten	BBF	a,b		205992	PHS		IMR	
Benzo(j)fluoranten	BJF	a,b					IMR	
Benzo(e)pyren	BEP			1718521			IMR	
Benzo(g,h,i)perylene	BGHIP	a		191242	PHS		IMR	
Benzo(k)fluoranten	BKF	a,b		207089	PHS		IMR	
Krysen	CHR	a					IMR	
Dibenz(a,h)antracene	DBAHA	a,b						
Dibenzotiofen	DBT						IMR	
Fluoren	FLE	a		86737			IMR	
Fluoranten	FLU	a		206440	PHS		IMR	
Indeno(1,2,3-cd)pyren	ICDP	a,b		193395	PHS		IMR	
Naftalen	NAP			91203	PHS		IMR	
Fenantren	PA	a		85018			IMR	
Perylen	PER						IMR	
Pyren	PYR	a					IMR	
1-Metylnaftalen	NAP1M		x				IMR	
2,6-Dimetylnaftalen	NAPDI		x				IMR	
1,3-Dimetylnaftalen	NAPD4		x				IMR	
1,4-Dimetylnaftalen	NAPD5		x				IMR	
1,3,7-Trimetylnaftalen	NAPT5		x				IMR	
2,3,5-Trimetylnaftalen	NAPT6		x				IMR	
1,2,3-Trimetylnaftalen	NAPT4		x				IMR	
1,4,6,7-Tetrametylnaftalen	NAP42		x				IMR	
1,2,5,6-Tetrametylnaftalen	NAP41		x				IMR	
4-Metyldibenzotiofen	DBTM4		x				IMR	
3-Metyldibenzotiofen			x					
4-Etyldibenzotiofen	DBTE4		x				IMR	
4-Propyldibenzotiofen	DBTP4		x				IMR	
2-Metylfenantren	PAM2		x				IMR	
3-Metylfenantren	PAM3		x				IMR	
9-Metylfenantren	PAM9		x				IMR	
1-Metylfenantren	PAM1		x				IMR	
4-Etyldibenzotiofen	DBTE4		x					
3,6-Dimetylfenantren	PADM1		x				IMR	
1,2-Dimetylfenantren	PADM4		x				IMR	
4-Propyldibenzotiofen			x					
1,5+1,7-Dimetylfenantrener			x					
1,2-Dimetylfenantren	PADM4		x					
2,6,9-Trimetylfenantren	PATM2		x					
1,2,6-Trimetylfenantren	PATM1		x				IMR	
1,2,5+1,2,7-Trimetylfenantrener			x					
1,2,6,9-Tetrametylfenantren	PA4M4		x					
1-Metylkrysen	CHRM1		x				IMR	
6-Etylkrysen	CHRE6		x				IMR	
6-Propylkrysen	CHRP6		x				IMR	

Parameter	Kode	K	Ny ₁	CAS-nr. ²	EQSD	Sjø	Sedi ment	Torsk
Total hydrokarbon	THC						IMR	
Persistente organiske miljøgifter (POP)								
α-Heksaklorsyklusheksan (HCH)	HCHA				PHS			NIFES
β-Heksaklorsyklusheksan (HCH)	HCHB				PHS		IMR	
γ-Heksaklorsyklusheksan (HCH)	HCHG			608731	PHS		IMR	NIFES
β+γ-Heksaklorsyklusheksan (HCH)	HCH(B+G)			608731	PHS			
trans-klordan	TCDAN			5103742				NIFES
cis-klordan				5103719				
trans-nonaklor	TNONC			39765805			IMR	NIFES
cis-nonaklor	CNONXC			5103731				NIFES
heksaklorbenzen	HCB			118741	PHS		IMR	NIFES
pentaklorbenzen	QCB		x					NIFES
2,4,4' triklorbifenyl	CB28	c			RS		IMR	NIFES
2,2',5,5' tetraklorbifenyl	CB52	c			RS		IMR	NIFES
2,2',4,5,5' pentaklorbifenyl	CB101	c			RS		IMR	NIFES
2,3,3',4,4' pentaklorbifenyl	CB105						IMR	
2,3',4,4',5 pentaklorbifenyl	CB118	c			RS		IMR	NIFES
2,2',3,4,4',5' hexaklorbifenyl	CB138	c			RS		IMR	NIFES
2,2',4,4',5,5' hexaklorbifenyl	CB153	c			RS		IMR	NIFES
2,3,3',4,4',5 hexaklorbifenyl	CB156						IMR	
2,2',3,4,4',5,5' heptaklorbifenyl	CB180	c			RS		IMR	NIFES
2,2',3,3',4,4',5,5',6,6' dekaklorbifenyl	CB209							
oktaklorstyren	OCS							
DDT (pp'DDT)	DDTPP			50293	OS		IMR	NIFES
DDD (pp'DDD)	DDDPP			72548	OS		IMR	NIFES
DDE (pp'DDE)	DDEPP				OS		IMR	NIFES
DDT (op'DDT)	DDTOP				OS			NIFES
DDD (op'DDD)	DDDOP				OS			NIFES
DDE (op'DDE)	DDEOP				OS			NIFES
Dieldrin			x		PS			
Aldrin			x					NIFES
Endosulfat			x					NIFES
Cis-klordan			x					NIFES
Endosulfan-sulfat			x					NIFES
Heptaklor			x					NIFES
Isodrin			x					NIFES
Mirex			x					NIFES
Oxy-klordan			x					NIFES
Polybromerte difenyletere (PBDE)								
4,4'-dibromdifenyleter	BDE 15		x				IMR	
2,2',4-tribromdifenyleter	BDE 17		x				IMR	
BDE 25	BDE 25		x				IMR	
2,4,4'-tribromdifenyleter	BDE 28	d		41318756	PS		IMR	NIFES
BDE 35	BDE 35		x				IMR	
2,2',4,4'-tetrabromdifenyleter	BDE 47	d		5436431	PS		IMR	NIFES
2,2',4,5'-tetrabromdifenyleter	BDE 49		x	243982823			IMR	
2,3',4,4'-tetrabromdifenyleter	BDE 66	d	x	187084615			IMR	NIFES
2,3',4',6-tetrabromdifenyleter	BDE 71	d		189084626			IMR	
BDE 75	BDE 75		x				IMR	
3,3',4,4'-tetrabromdiphenyleter	BDE 77	d		93703481			IMR	
2,2',3,4,4'-pentabromdifenyleter	BDE 85	d		182346210			IMR	
2,2',4,4',5-pentabromdifenyleter	BDE 99	d		60348609	PHS		IMR	NIFES
2,2',4,4',6-pentabromdifenyleter	BDE 100	d		189084648	PHS		IMR	NIFES
BDE 118	BDE 118		x				IMR	
2,3',4,4',6-pentabromdifenyleter	BDE 119	d,e		189084660			IMR	NIFES
2,2',3,4,4',5'-pentabromdifenyleter	BDE 138	d	x				IMR	NIFES
2,2',4,4',5,5'-hexabromdifenyleter	BDE 153	d		68631492			IMR	NIFES
2,2',4,4',5,6'-hexabromdifenyleter	BDE 154	d		207122154	PS		IMR	NIFES
BDE 181	BDE 181		x				IMR	

Parameter	Kode	K	Ny ₁	CAS-nr. ²	EQSD	Sjø	Sedi ment	Torsk
2,2',3,4,4',5',6-heptabromdifenyleter	BDE 183	d		68928803			IMR	NIFES
BDE 190	BDE 190		x				IMR	
BDE 195	BDE 195		x				IMR	
2,2',3,3',4,4',5,6'-oktabromdifenyleter	BDE 196	d		32536520			IMR	NIFES
2,2',3,4,4',5,5',6'-oktabromdifenyleter	BDE 203		x				IMR	
2,3,3',4,4',5,5',6'-oktabromdifenyleter	BDE 205	d					IMR	NIFES
2,2',3,3',4,4',5,5',6'-nonabromdifenyleter	BDE 206	d					IMR	NIFES
2,2',3,3',4,4',5,5',6,6'-decabromdifenyleter	BDE 209	d		13654096			IMR	NIFES
hexabromocyclododecane	HBCDD							
Perfluorerte forbindelser (PFC)								
fluorotelomer sulfonat	6:2 FTS							
Sulfuramid eller N-ethyl- 1,1,2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-heptadekafluoro- 1-oktanesulfonamid	PFOSA			4151502 754916			NIVA	NIFES
perfluorbutan sulfonat	PFBS			2795393			NIVA	NIFES
perfluorhexanoic sulfonat	PFHXS			432507				NIFES
perfluoroktansulfonat	PFOS			1763231	RS		NIVA	NIFES
perfluorodekanoik sulfonat	PFDS			67906427				NIFES
perfluorbutanoiksyre	PFBA							NIFES
perfluorhexansyre	PFHxA			307244			NIVA	NIFES
perfluorheptansyre	PFHpA			375859			NIVA	NIFES
perfluoroktansyre	PFOA			335671			NIVA	NIFES
perfluoromonansyre	PFNA			375951			NIVA	NIFES
perfluordodekanoiksyre	PFDA							NIFES
perfluorundekanoiksyre	PFUDA							NIFES
perfluorpentadekanoiksyre	PFPEA		x					NIFES
	PFDODA		x					NIFES
	PFTRDA		x					NIFES
	PFTEDA		x					NIFES
	PFHXDA		x					NIFES
	PFODA		x					NIFES
Toxafen								
toxafen-26	TX26		x					NIFES
toxafen-32	TX32		x					NIFES
toxafen-40 + toxafen-41	TX40-41		x					NIFES
toxafen-42	TX42A		x					NIFES
toxafen-50	TX50		x					NIFES
toxafen-62	TX62		x					NIFES
Hovedkomponenter								
sulfid	SO ₂							
sulfat	SO ₄ --							
Sum (nitrat - + salpetersyre)	Sum (NO ₃ - + HNO ₃)							
Sum (amonium ++ og amoniakk)	Sum (NH ₄ + + NH ₃)							
natrondioksid	NO ₂							
natron +	NA+							
klorid -	Cl-							
kalium eller potasium +	K+							
kalsium ++	Ca++							
magnesium ++	Mg++							
kobolt	CO							
Meteorologi								
surhetsgrad, picohenry	pH							
ledningsevne								
kornstørrelse (sediment)							NIVA	
total organisk karbon							NIVA	
tørrstoff							NIVA	NIFES
fettvekt								NIFES
Tungmetaller								
kadmium	Cd				PHS		NIVA	NIFES

Parameter	Kode	K	Ny ₁	CAS-nr. ²	EQSD	Sjø	Sedi ment	Torsk
bly	Pb				PHS		NIVA	NIFES
sink	Zn						NIVA	NIFES
kobber	Cu						NIVA	NIFES
nikkel	Ni				PS		NIVA	
kobolt	Co							NIFES
arsen	As						NIVA	NIFES
mangan	Mn							NIFES
kvikksølv	Hg				PHS		NIVA	NIFES
selen	Se		x					NIFES
tinn	Sn		x					NIFES
molybden	Mo		x					NIFES
aluminium	Al		x				NIVA	
sølv	Ag		x				NIVA	
Radionuklider								
cesium-137	¹³⁷ Cs				IMR			IMR
polonium-210	²¹⁰ Po				NRPA			
radium-226	²²⁶ Ra							
radium-228	²²⁸ Ra							
plutonium-239+240	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu				NRPA			
americium-241	²⁴¹ Am				NRPA			
bly-210	²¹⁰ Pb							
strontium-90	⁹⁰ Sr							
technetium-99	⁹⁹ Tc				NRPA	IMR		

- 1) I tillegg i forhold til opprinnelig plan
- 2) for noen stoffer var CAS-nr. Ikke funnet
- a) inngår i sum "PAH-16"
- b) kreftfremkallende PAH
- c) inngår i sum "PCB-7"
- d) inngår i sum "BDE-16"
- e) lite i naturen, ofte brukt som indre standard
- x) ny i forhold

**Vedlegg B Beregnet spredning av miljøgifter i Region I, II og III
– forutsetninger og kart**

Introduksjon

Modelleringsarbeidet i 2010 har hatt hovedfokus på å studere tilførsler og spredning/nedbryting av kvikksølv (Hg), kadmium (Cd), PCB, THC og TBT i Nordsjøen. Parametrene er valgt ut i tråd med Klif sin prioritetsliste over skadelig avfall. Modelleringen baserer seg på en modell der hydrofysikk, biogeokjemi og forurensning er koblet sammen. Hovedutfordringen i dette prosjektet har vært mangel på nødvendig informasjon og data for å tilrettelegge tredimensjonale grenseflate- og startbetingelser for modellen. Kvaliteten til de tilgjengelige dataene har også vært veldig varierende for ulike parametre og kilder. Dette gjelder bl.a. tidsoppløsning og romlig oppløsning. For noen kilder finnes data kun i årlige gjennomsnittverdier, mens andre finnes i månedlige verdier. Noen kilder er nøyaktig spesifisert med posisjon mens andre bare er oppgitt som områder. Særlig for parameteren TBT har det vist seg å være vanskelig å skaffe tilstrekkelig datagrunnlag til modellering, og parameteren måtte derfor fjernes fra lista over modellerte stoffer. En annen utfordring har vært mangel på fordeling av de ulike stoffene i sjøen langs de åpne rendene i Nordsjø-modellen. For PCB, PAH og THC var det ikke mulig å framskaffe informasjon om vertikal konsentrasjonsfordeling langs modellgrensene. Modelleringsarbeidet var i stor grad begrenset av økonomiske aspekter og tidsplan.

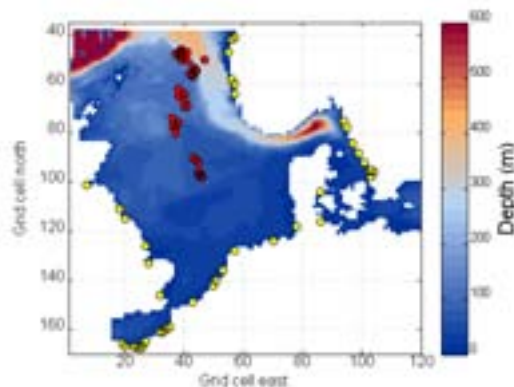
Modellen ble satt opp som et nøstet system bestående av en hydrofysisk komponent (ECOSMO), en biogeokjemisk komponent (OxyDep) og en forurensningskomponent (PolPar). Ulike forurensningskilder transporteres gjennom adveksjon og diffusjon rundt i modellområdet samtidig som de kan absorberes eller frigjøres av partikulært og oppløst organisk materiale og gjennom nedbryting. Ytre påvirkning i modellen har vært tilførsler fra atmosfæren (alle parametre), elveavrenning (kadmium, kvikksølv og PCB), utslipp fra offshore plattformer (kadmium og kvikksølv), utslipp fra skipstrafikk (PAH) samt sedimentering (alle parametre). Resultatene fra modellberegningene gir karakteristiske konsentrasjoner av hovedmekanismer for variabilitet i rom og tid for både partikulær form og oppløst form av de ulike parametrene. Nedenfor gjengis en beskrivelse av modellen og analyse av modellberegningene.

Modellkomponenter

Hydrofysikk: ECOSMO/HAMSOM

Den tredimensjonale havmodellen ECOSMO (Schrum *et al.*, 2006) er benyttet til å beskrive transporten av farlige stoffer i Nordsjøen som tilføres fra land og atmosfæren (Vedlegg E). ECOSMO-modellen beskriver klimatiske endringer som kan påvirke havstrømmene.

ECOSMO-modellen ble i utgangspunktet satt opp for alle de 12 Klif-regionene, men i 2010 har en mindre modell for Nordsjøen (som dekker Region I, II og III, **Figur 30**) vært benyttet til å beskrive hydrografien og sirkulasjonsmønsteret for perioden 2004-2008. Modellen beregner konsentrasjon av de ulike stoffene med horisontal oppløsning på 10 x 10 km og med 20 vertikale lag. Senterdybden for de ulike vertikale lagene er på 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 48, 56, 64, 72, 80, 88, 100, 125, 150, 200, 400 og 3500 m. Merk at den horisontale oppløsningen i dette modelleringsarbeidet er større enn den som ble benyttet tidligere (Tilførselsprosjekts Fase II).



Figur 30. Kart over topografien i ECOSMO modellområde for Nordsjøen. De røde sirklene markerer posisjonene til offshoreplattformer, og de gule sirklene markerer elveutløpene.

HAMSOM er den hydrodynamiske komponenten i ECOSMO. Den er satt opp for Nordsjøen og Østersjøen (Schrum og Backhaus, 1999) og har gjennomgått grundig validering (Janssen et al., 2001; Janssen, 2002). Den er vurdert til å gjengi mellomårlege variasjoner i hydrofysiske forhold på en god måte. Det er denne modellen som er benyttet til å beregne konsentrasjonene av de ulike parametrene. I tråd med avtalen med Klif er modellperioden satt til 2004–2008. Daglige tredimensjonale felt av hydrofysiske parametre (temperatur, salinitet og strøm) fra ECOSMO/HAMSOM fra en tidligere laget analysert og publisert langtidsskjøring (Schrum et al., 2003, oppdatert) brukes til å beregne transport av farlige stoffer/parametre i tillegg til å parameterisere biogeokjemisk nedbrytning og omforming av disse.

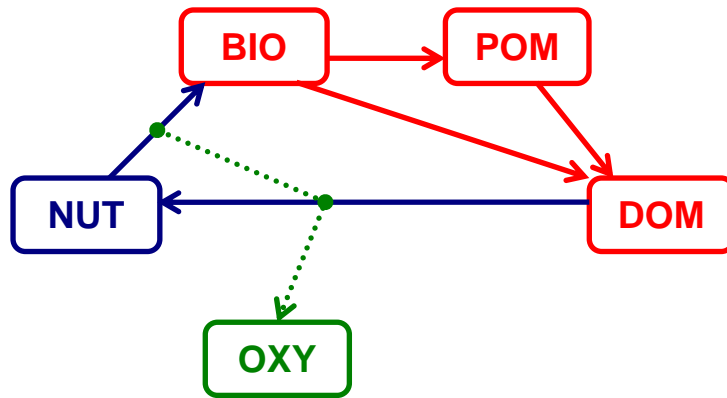
Biogeokjemi: OxyDep

Som en del av modellutviklingen er det utarbeidet en enkel biogeokjemisk modell "OxyDep" med sikte på å beskrive den sesongmessige variasjonen i dannelse og nedbrytning av organisk stoff gjennom biogeokjemiske prosesser i vannsøylen og i grenseflaten mellom sediment og vann der miljøet skifter fra oksisk til suboksisk, eller fra suboksisk til anoksisk (Figur 31). Målet med modellen er å oppnå et enkelt redskap som kan kobles mot avanserte 3D-modeller som GETM (Burchard et al., 2006), ROMS (Shchepetkin and McWilliams, 2005), HAMSOM (Schrum et al., 2000) eller andre for å beskrive retensjon (nedbrytning og sedimentasjon) i fjorder, estuarer og skjærgård.

Valg av antall variabler (C_i) og parameteriseringen av koblingene mellom dem bør bestemmes av tidsskalaene til prosessene og konsentrasjonene (Yakushev, 2002). I dette studiet har vi sett på parametre med relativt høye karakteristiske konsentrasjoner (f.eks. oksygen og næringssalter med konsentrasjoner rundt 10–100 μM) over lang tid (sesong og mellomårleg). Da er det mulig å slå sammen de biologiske komponentene til én blokk der de karakteristiske konsentrasjonene av de biologiske variablene er mindre enn 0.01s - 0.1s μM . Variablene (C_i) er beskrevet i Tabell 30 og et flyttdiagram for prosessene i OxyDep er vist i Figur 31.

Tabell 30. Parametre til modellen. Konsentrasjoner i μmol (μM) nitrogen.

Variabel	Forklaring	Enhet
BIO	Alle levende organismer fra bakterier til fisk. BIO øker pga. fotosyntesen og tap av uorganisk stoff pga. respirasjon. BIO reduseres ved at totalt (partikulært og oppløst) organisk stoff gjennomgår metabolisme, dødelighet, kannibalisme osv.	μM N
NUT	Den oksyderte formen av næringssalter (f.eks. NO_3 og NO_2 for N), som ikke behøver tilførsel av oksygen for nitrifikasjon.	μM N
POM	Alle former for labilt partikulært organisk stoff.	μM N
DOM	Alle typer av labilt oppløst organisk stoff og reduserte former av uorganiske næringssalter (f.eks. NH_4 og Urea for N).	μM N
OXY	Konsentrasjon av oppløst oksygen som endres med dannelse og mineralisering av organisk stoff i samsvar med Redfield-forholdet	μM O



Figur 31. Flyttdiagram for biogeokjemiske prosesser som beskrives i modellen OxyDep.

Den biogeokjemiske omformingen av materiale ble parameterisert som følger:
Den spesifikke vekstraten for BIO,

$$Growth_{BIO} = K_{NB} f_t(t) f_i(i) f_n(NUT) BIO ,$$

Er en funksjon av temperatur, lys og tilgjengelighet på næringssalter der den maksimale vekstraten er K_{NB} . Avhengigheten av lys er beskrevet ut fra:

$$f_i(i) = f_\varphi(\varphi) \frac{I_0 \exp(-kh) \exp(1 - \frac{I_0}{I_{opt}} \exp(-kh))}{I_{opt}}$$

der innfallende lys I_0 , optimalt lys (I_{opt}), ekstinksjonskoeffisient ($k = 0.07$), dybde (h) og variasjon av lys med breddegrad og tid:

$$I_0 = I_{max} \cos^2(\varphi - \varphi_0) \exp(-k_a | \varphi - \varphi_0 |)$$

der T er tid i dager og φ er breddegraden (grader).

For å få med temperaturavhengighet ble den følgende formelen benyttet:

$$f_t(t) = \exp(b_m t - c_m) .$$

For næringsalter (NUT) benyttet vi en modifisert utgave av Michaelis-Mentens begrensingsbeskrivelse:

$$f_n(NUT) = \frac{(NUT/BIO)^2}{(NUT/BIO)^2 + K_{NUT}^2}$$

der K_{NUT} er halv metningskonstant for kvadratet av Michaelis-Mentens avhengighet. BIO -respirasjon beskrives med spesifikk respirasjonsrate K_{BN} som:

$$RespBIO = K_{BN} * BIO.$$

Ekskresjonsraten av BIO beskrives med spesifikk ekskresjonsrate K_{BD} som:

$$ExcrBIO = K_{BD} * BIO.$$

Naturlig dødelighetsrate av BIO beskrives med spesifikk dødelighetsrate K_{BP} i oksiske forhold og K_{BP}^A i anoksiske forhold som:

$$MortBIO = K_{BP} BIO + f_S(OXY) K_{BP}^A BIO + K_{BP}^C (0.5 (1 - th(BIO_{Can} - 0.8 * BIO)) BIO).$$

Det siste leddet er lagt til for å parameterisere en tilleggssødelighet pga. kannibalsime.

Dannelsen av DOM fra POM (autolyse) med konstant spesifikk rate beskrives som:

$$DissPOM = K_{PD} * POM.$$

Nedbrytning av DOM skjer ved oksisk nedbrytning i oksiske forhold eller ved denitrifikasjon/reduksjon av nitrat i suboksiske forhold.

$$DecayDOM = K_{DOM} f_t^D(t) DOM + K_{DOM}^S f_t^D(t) f_S(OXY) f_N^D(NUT) DOM$$

der $f_t^D(t)$ og $f_N^D(NUT)$ gir nedbrytningsavhengighet for temperatur og NUT.

Nedbrytning av POM er parameterisert ved

$$DecayPOM = K_{POM} f_t^D(t) POM + K_{POM}^S f_t^D(t) f_S(OXY) f_N^D(NUT) POM$$

der $f_t^D(t)$ er nedbrytningsavhengighet for temperatur:

$$f_t^D(t) = B_{da} \frac{t^2}{t^2 + t_{da}^2}$$

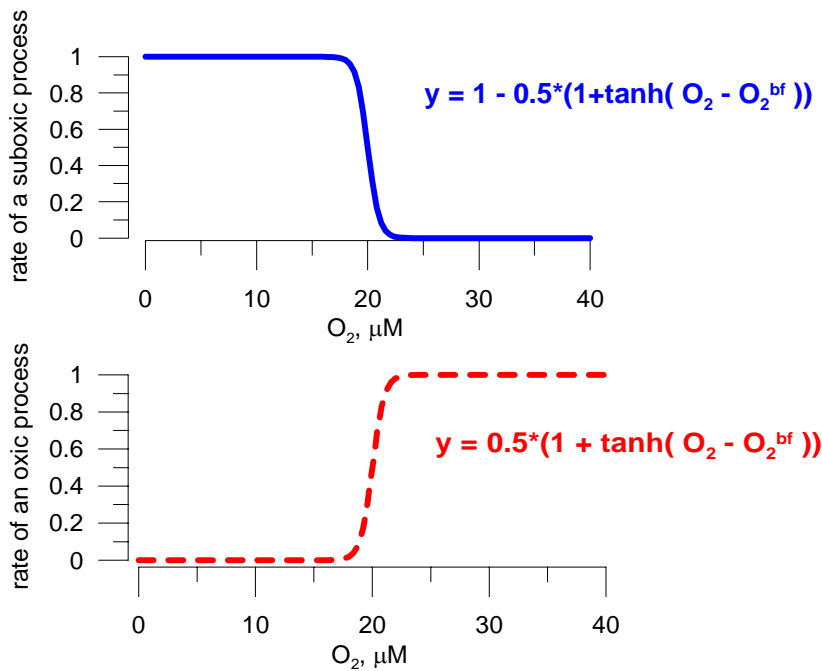
hvor B_{da} og t_{da} er koeffisienter.

$f_N^D(NUT)$ er nedbrytningsavhengighet for NUT (sjekker tilgjengelighet av NO₃ og NO₂ som er nødvendig for reduksjon av nitrat).

$$f_N^D(NUT) = (1 - th(NUT_{Den} - NUT))$$

der NUT_{Den} er grenseverdier.

Forskjellen i prosessene som skjer i oksiske og suboksiske forhold er parameterisert med gradvise overgangerer $f_O(OXY)$ og $f_S(OXY)$ basert på hyperbolske tangensfunksjoner vist i **Figur 32**.



Figur 32. Funksjoner som brukes for gradvis overgang fra oksiske og suboksiske prosesser ved antatt oksygenkonsentrasjon på $O_2^{bf}=20 \mu\text{M}$ som grenseverdi.

Endringer i OXY-innholdet er beregnet vha Redfieldforhold. Notasjon, verdier, enheter og navn på modellens parametre er gjengitt i **Tabell 31**.

Tabell 31. Notasjon, verdier, enheter og navn på modellens parameter.

Notasjon	Verdi	Enhet	Parametere
<i>Growth</i> BIO		d^{-1}	Spesifikk vekstrate
$f_i(i)$		-	Fotosyntesens avhengighet på irradiance
$f_i(t)$		-	Fotosyntesens avhengighet på temperatur
$f_n(NUT)$		-	Fotosyntesens avhengighet på næringssalter
K_{NF}	4.0	d^{-1}	Maksimal spesifikk vekstrate
I_0	80.	W m^{-2}	Optimal Irradians ved overflaten
k	0.10	m^{-1}	Ekstinksjonskoeffisient
I_{opt}	25.	W m^{-2}	Optimal irradians
b_m	0.12	$^{\circ}\text{C}^{-1}$	Koeffisient for opptaksrateavhengighet på temperatur
c_m	1.4	-	Koeffisient for opptaksrateavhengighet på temperatur
K_{NUT}	0.02		Halvmettet konstant for BIO sitt opptak av NUT (kvadratet av Mikhaelis-Mentens avhengighet)
r_{bio_nut}	0.05	d^{-1}	Spesifikk respirasjonsrate
K_{BP}	0.01	d^{-1}	Spesifikk dødelighetsrate
K_{BD}	0.10	d^{-1}	Spesifikk ekskresjonsrate
K_{BP}^A	0.5	d^{-1}	Spesifikk dødelighetsrate I anoksiske forhold
K_{BP}^C	0.6	d^{-1}	Spesifikk tilleggsdødelighetsrate pga kannibalisme
BIO_{Can}	1.0	$\mu\text{M N}$	Grenseverdi for BIO kannibalisme
K_{PD}	0.10	d^{-1}	Spesifikk nedbrytningsrate for POM (autolyse)
DecayDOM		d^{-1}	Mineralisering av POM
K_{POM}^S	0.003	d^{-1}	Spesifikk oksisk nedbrytningsrate for POM
K_{POM}^S	0.001	d^{-1}	Spesifikk denitrifikasjonsrate for POM
DecayDOM		d^{-1}	Mineralisering av DOM
K_{DOM}^S	0.05	d^{-1}	Spesifikk oksisk nedbrytningsrate for DOM
K_{DOM}^S	0.0005	d^{-1}	Specific denitrifikasjonsrate for DOM
t_{da}	13.	-	Koeffisient for nedbrytningens avhengighet av temperatur
B_{da}	20.	-	Koeffisient for nedbrytningens avhengighet av temperatur
B_u	0.22	$\text{d}^{-1} \text{m}^{-1}$	Sedimenterings/nedgravningskoeffisient for nedre grenselag
NUT_{Den}	1.	$\mu\text{M N}$	NUT grenseverdi for denitrifikasjon

C_{OtoN}	-8,625	-	O:N Redfield forhold (138/16)
------------	--------	---	-------------------------------

De biogeokjemiske endringene av variablene beskrives av følgende ligningssett:

$$R_{BIO} = GrowthBIO - RespBIO - ExcrBIO - MortBIO$$

$$R_{POM} = -DissPOM + MortBIO - DecayPOM$$

$$R_{DOM} = DissPOM + ExcrBIO - DecayDOM$$

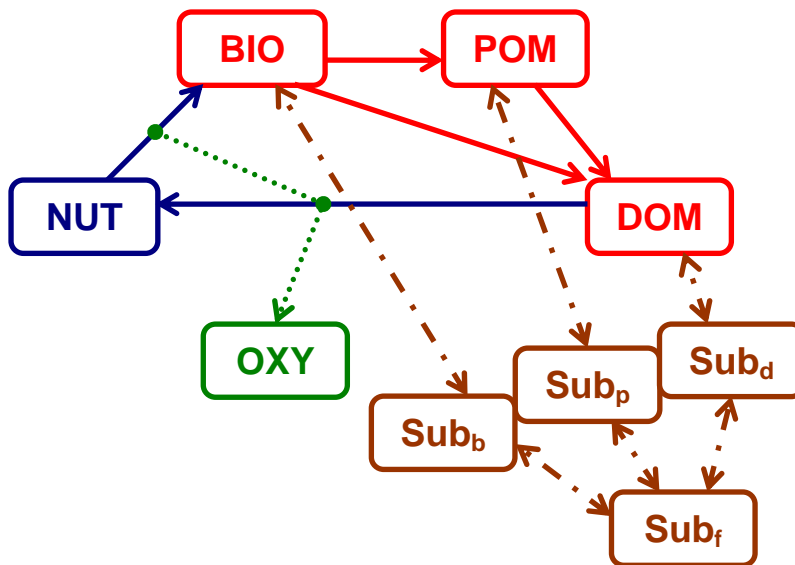
$$R_{NUT} = -GrowthBIO + RespBIO + DecayPOM + DecayDOM$$

$$R_{OXY} = C_{OtoN} R_{NUT}$$

Disse biogeokjemiske kildene kommer I tillegg til transportligningene til de ulike variablene.

Modellering av oppløsning og nedbrytning av skadelige stoffer: PolPar

Alle de modellerte skadelige stoffene (tungmetaller (kvikksølv og kadmium) og POP (PCB, PAH, HCB)) kan løses opp sammen med oppløst og partikulært organisk materiale (OM) som finnes i sjøvann (**Figur 33**). Den anvendte biogeokjemiske modellen Oxydep tillater simulering av fordeling og variabilitet av hovedkomponentene av OM i sjøvann. Dette gjelder levende organismer (hovedsakelig plankton), BIO, oppløst organisk materiale (DOM) og partikulært organisk materiale (detritus - POM).



Figur 33. Schema for oppløsning av skadelige stoffer (Sub_i) ved bruk av OxyDep modellblokker.

Det antas, som første tilnærming, at oppløsningen av skadelige stoffer mellom vannopløst fase og organiske sammensetninger (BIO, POM, DOM) er styrt av oppløsning- og massetransportkoeffisienter fra rapportert i litteraturen (*Tabell 32*).

Tabell 32. Oppløsningskoeffisienter (g/g) basert på g av organisk karbon.

K_{oc}	BIO/Vann (K_{BW})	POM/Vann (K_{PW})	DOM/Vann (K_{DW})
Hg	199526 (beregnet fra Allison, Allison, 2005)	199526 (beregnet fra Allison, Allison, 2005)	199526 (beregnet fra Allison, Allison, 2005)
Cd	50119 (beregnet fra Allison, Allison, 2005)	50119 (beregnet fra Allison, Allison, 2005)	158489 (beregnet fra Allison, Allison, 2005)
PCBs (PCB-153)	2290000 (beregnet fra Mackay, 2001)	3260000 (beregnet fra Mackay, 2001)	794328 (beregnet fra Mackay, 2001)
HCB	129650 (Nizetto, 2010, p.c.)	129650 (Nizetto, 2010, p.c.)	31622 (Nizetto, 2010, p.c.)
PAH (B/a/P)	449600 (Nizetto, 2010, p.c.)	449600 (Nizetto, 2010, p.c.)	109647 (Nizetto, 2010, p.c.)
HCH	3162 (log K_{BW} =3.5, Van Zoest, Van Eck, 1993)	3162 (log K_{PW} =3.5, Van Zoest, Van Eck, 1993)	3162 (log K_{DW} =3.5, Van Zoest, Van Eck, 1993)

Oppløsning av skadelige stoffer med OM sees på som en hurtig prosess, og andelen av de ulike skadelige stoffene blir beregnet ved hvert tidssteg i modellen etter følgende systemligninger:

$$C_{FREE} = V_{FREE} (C_{BIO} + C_{POP} + C_{DOP} + C_{WAT}) / (V_{FREE} + K_{BW} V_{BIO} + K_{PW} V_{POM} + K_{DW} V_{DOP})$$

$$C_{BIO} = K_{BW} C_{WAT} V_{BIO} / V_{FREE}$$

$$C_{POP} = K_{PW} C_{WAT} V_{POP} / V_{FREE}$$

$$C_{DOP} = K_{DW} C_{WAT} V_{DOP} / V_{FREE}$$

der C_{BIO} , C_{POP} , C_{DOP} , C_{FREE} er konsentrasjon av andelen av de skadelige stoffene assosiert med BIO, POM, DOM og vannopløst fase; V_{BIO} , V_{POM} , V_{DOP} er volumet BIO, POM og DOM opptar i et gitt vannvolum ($V_{tot} = 1$ L) og $V_{FREE} = V_{tot} - V_{BIO} - V_{POM} - V_{DOP}$; K_{BW} , K_{PW} , K_{DW} er oppløsningskoeffisienter (*Tabell 32*).

De modellerte POP'ene (*Persistent Organic Pollutants*) nedbrytes i sjøvann. Nedbrytningen av totalt POP_T (summen av POP assosiert med BIO, POM, DOM og i den vannopløste fasen) er parametrisert som en 1ste ordens ligning:

$$\frac{\partial C_{tot}}{\partial t} = -K_D C_{tot}$$

med nedbrytningskoeffisient K_D (*Tabell 33*).

Tabell 33. Nedbrytningskoeffisienter for POP.

POP	Nedbrytningskoeffisient (K_D)		
	per sekund	per døgn	Source
PCBs (PCB-153)	$1.60 \cdot 10^{-9} \text{ s}^{-1}$	0.000138 d^{-1}	Sinkkonen, Paasivirta, 2000, Scheringer, 1997
HCB	$5.24 \cdot 10^{-9} \text{ s}^{-1}$	0.00045 d^{-1}	Nizetto, 2010, p.c.
γ HCH	$4.05 \cdot 10^{-7} \text{ s}^{-1}$	0.035 d^{-1}	Gupta <i>et al.</i> , 2000
PAH (B/a/P)	$1.13 \cdot 10^{-7} \text{ s}^{-1}$	0.00976 d^{-1}	Nizetto, 2010, p.c.

Sinking

Synkeprosessen for partikulært materiale er beskrevet som:

$$Sinking = W_{Ci} \cdot dC/dz$$

Der W_{Ci} er synkeraten. Den antatte synkeraten for BIO og POM ($W_{Ci} = 1 \text{ m d}^{-1}$) tilsvarer andre modellberegninger (som f.eks. Savchuk and Wulff, 1996; Oguz *et al.*, 1998, Gregoire *et al.*, 1997).

Grenseflatebetingelser

Utvexling mellom luft og vann

Biogeokjemiske parametre:

I den øvre grenseflaten er overflatefluksene av de kjemiske komponentene i modellen satt til null, unntatt for OXY. Oksygenutvekslingen er gitt ved fluksligningen:

$$Q_{O_2} = k_{660} (Sc/660)^{0.5} (O_{xsat} - O_2)$$

Der O_{xsat} er konsentrasjonen av oksygenmetning som funksjon av temperature og salinitet etter UNESCO (1986); Sc er Schmidtnummeret; k_{660} er referanse gassutvekslingshastighet ($Sc = 660$, CO_2 at $20^\circ C$).

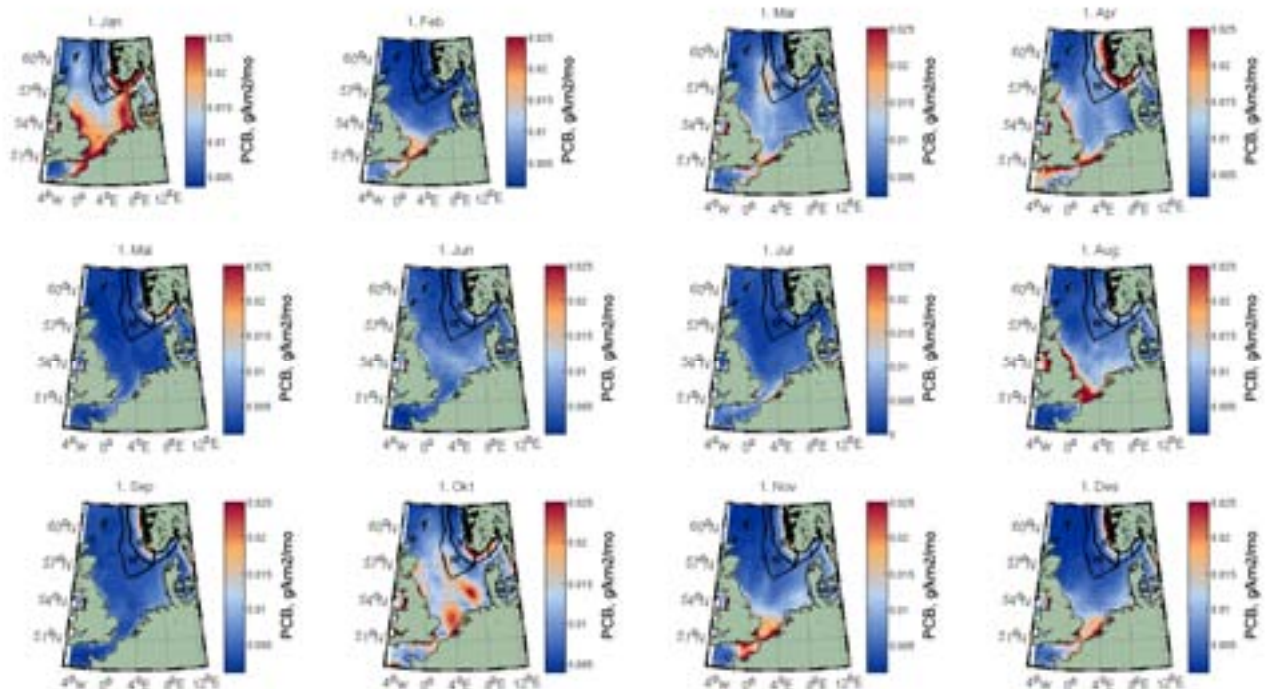
k_{660} avhenger av vindstyrke etter følgende ligning (Schneider *et al.*, 2002):

$$k_{660} = 0.365 u^2 + 0.46 u$$

Simuleringene ble utført basert på midlere vindstyrke på 2 m s^{-1} .

Skadelig materiale:

Månedlig EMEP-modelldata med $50 \times 50 \text{ km}$ romlig oppløsning er benyttet for perioden 2004-2008 for å parameterisere avsetningen av PCB-153, Hg og Cd (<http://www.emep.int/>). Dataene er nedskalert til 5×5 graders oppløsning av NIVA). Det bør noteres at tilførselsberegningene som er benyttet fra EMEP gir den totale belastningen og ikke netto fluks som tar hensyn til reversibel fluks fra havet. Atmosfæriske tilførsler har dermed en bias mot overestimering. Eksempel på felt benyttet for 2004 er gitt i *Figur 34*.



Figur 34. Månedlig variabilitet i PCB fluks fra atmosfæren for 2004.

PAH-data ved benzo_a_pyrene er kun tilgjengelig for perioden 2006-2008. For perioden 2004-2005 har vi derfor antatt samme årlige atmosfæreavsetning for PAH (her uttrykt som benzo_a_pyrene) som

i 2006. For HCB er det benyttet en uniform fluks (i tid og rom) basert på empiriske beregninger (kapittel 7.2.2).

Utteksling mellom vann og sediment

For partikulært organisk materiale (BIO, POM) er det antatt at nedgang i konsentrasjonen pga sedimentering/nedgravning i sedimentene kan beskrives som i Yakushev et al., 2011 basert på Savchuk and Wulff, 2009 sin tilnærming:

$$Q_{C_i} = -B_u H_{vert} C_i$$

der B_u er sedimenteringsraten og H_{vert} er modellens vertikale oppløsning. En lignende tilnærming ble benyttet for partikulære forurensingsstoffer. Vi antar at de kan sedimentere/nedgraves sammen med partikulært organisk materiale. Et klart skille mellom bunnvann og sedimenter er ikke betraktet i denne versjonen av modellen.

Utteksling mellom vannlagene

Grensebetingelsene mellom vannlagene tilsvarte ingen flux for BIO, DOM og POM. For NUT er det parameterisert sesongmessige variasjoner i vertikal fordeling i den Engelske Kanal, Nord-Atlanteren og i Kattegat. NODC og OSPAR-data ble benyttet til å estimere typisk fordeling for sommer- og vinterhalvåret.

Som beskrevet i (kapittel 7.2.3) er det under gitte forutsetninger gjort modellberegninger av konsentrasjonen av miljøgifter i Region I, II og III. For hvert stoff beskrives først de konkrete forutsetningene og deretter resultatene. For de forurensende stoffene er det parameterisert uniforme og konstante fordelinger mellom vannlagene ut fra Tabellene under som angir forutsetninger for modellberegninger (*Figur 38, Figur 41, Figur 44, Figur 47, Figur 50, Figur 53*).

Elveavrenning

Elveavrenningen av ulike skadelige stoffer er hentet fra tilgjengelige data i OSPAR databasen. Data for norske elver er oppgitt med månedlige verdier, mens data for de resterende elvene (Sverige, Danmark, Nederland, Belgia, Tyskland, Frankrike og Storbritannia) kun er oppgitt med årsverdier. For noen elver mangler data for enkelte av årene i modelleringsperioden. Manglende data er erstattet med mildere årsavrenning for den enkelte elv. Dataene fra Storbritannia var ikke inndelt etter enkeltelver, men som avrenning til områder. Disse dataene er oppdelt med en viss spredning langs kysten av Storbritannia. Posisjonene til elvene er angitt som gule sirkler i kartet i *Figur 30*. Mellomårlige variasjoner i Hg-, Cd-, Pb-, og PCB-avrenningen er vist i hhv. *Tabell 46, Tabell 47, Tabell 48, and Tabell 49*.

Forurensning fra olje- og gassplattformer

Forurensning fra norske olje- og gassplattformer i Nordsjøen er tatt med i modellen for parametrene Cd, Hg og Pb (se *Figur 30* for posisjoner av plattformene). Utslippsdata er tilgjengelig som årsmiddel. *Tabell 50, Tabell 51, and Tabell 52* viser årlige midlere utslipp fra de ulike plattformenes for hhv. Hg, Cd and Pb, respectively.

Forurensning fra skipstrafikk

Ut fra tilgjengelige data (Vedlegg E) er det kun tilgjengelig estimat for utslipp av PAH. Verdiene for Region I, II og III er lagt til grunn for modellberegning av en årsmidlet, uniform fluks til hele

modellområdet. Vi valgte å benytte en uniform fluks siden skipstrafikken er intens i hele Nordsjøområdet. Parameteriseringen av avsetning er tilsvarende den for atmosfærisk avsetning.

Modellkode og programvare

Modellkoden er skrevet i FORTRAN-77 og FORTRAN-90 for Linux. Modellberegningene ble utført med en Inter Fortran kompilering, og tidssteget i modellen var satt til 12 minutter. Statistikk og illustrasjoner ble laget i MATLAB 7.10 for Linux og MS Windows. GS Surfer for Windows ble benyttet for dataprosessering.

Resultater

Biogeokjemiske parametre

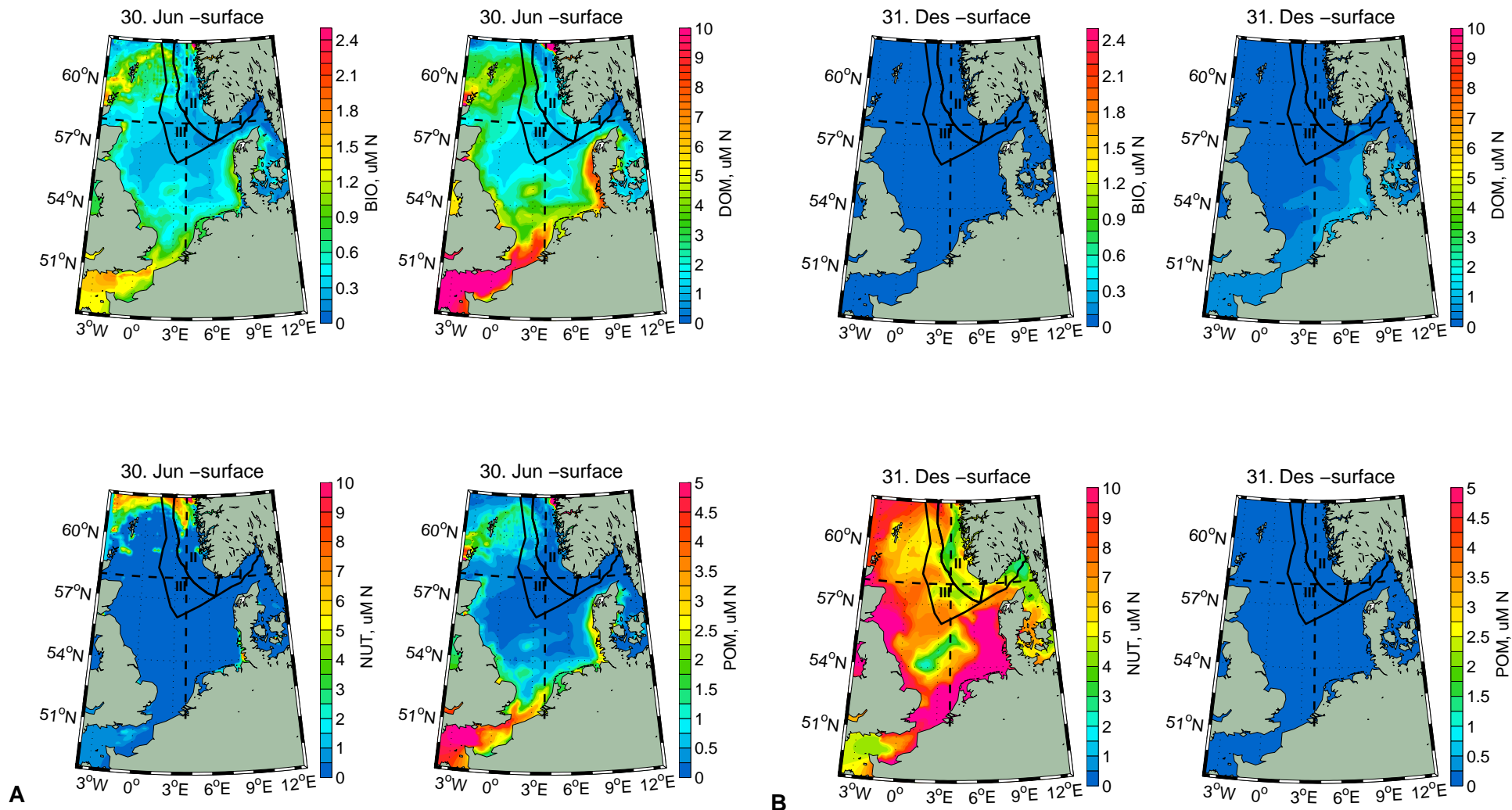
De beregnede konsentrasjonene av BIO, POM, DOM og NUT stemmer godt overens med observasjoner i Nordsjøen av planteplankton (hovedbestanddelen av biomassen partikulært organisk nitrogen (PON), oppløst organisk nitrogen (DON) og nitrat. I denne versjonen av OxyDep ble nitrogen-flukser fra havområdene tatt i betraktning, mens flukser fra elver, atmosfære og havsediment var ignorert.

En studie av sesongmessig variabilitet av nitrogenspesieringer i Nordsjøen (Suratman *et al.*, 2008) ga følgende typiske grenser for overflatekonsentrasjon av hhv. nitrat (0.1 – 7.2 μM), ammonium (0.1 – 2 μM), DON (1.9 – 11.2 μM) og PON (0.3 – 5.6 μM). De modellerte Parametrene varierer med lignende grenser (**Figur 35**). Modellert fordeling av NUT i overflaten i desember (**Figur 37B**) stemmer godt med observasjoner av nitrat i oktober-november 1998 (fra IMR-tokt ved Føyn og Hagebø, 1998, **Figur 38**). Både de modellerte og observerte konsentrasjonsfordelingene viser økte konsentrasjoner langs vestkysten av Danmark, Tyskland og Nederland (rundt 10-12 μM) sammenlignet med lavere enn 2 μM i sentrale områder. En svak anrikning av nitrat er synlig i Atlanterhavsvannet nordvest i Nordsjøen og langs den britiske kysten.

Observert PON og modellert POM har lignende karakteristiske konsentrasjoner.

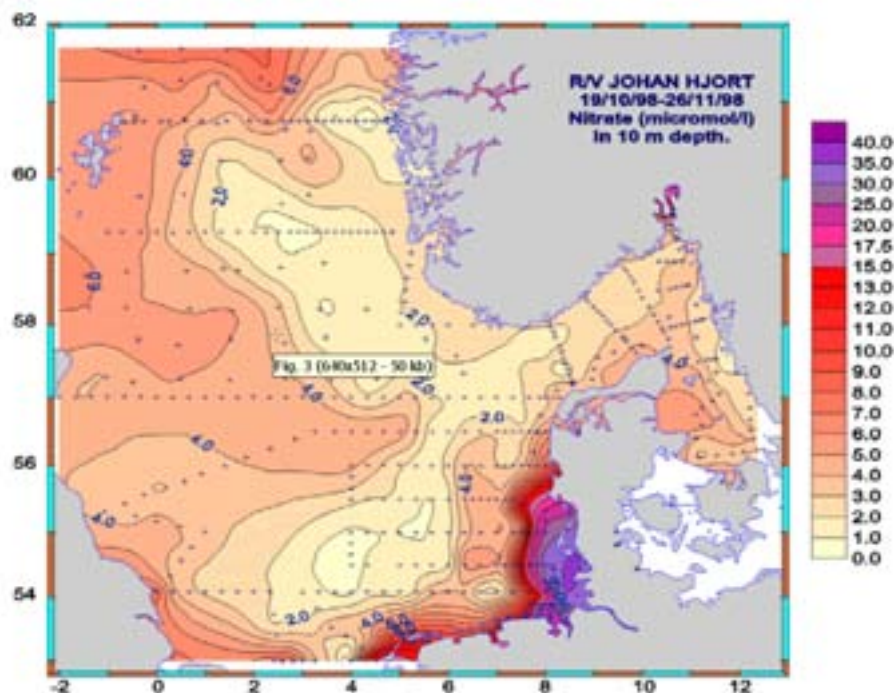
Observasjoner viser at DON er den dominerende bestanddel av totalt nitrogen (Suratman *et al.*, 2008). Modellert DOM har tilsvarende, eller noe lavere maksimumsverdier enn de observerte, men var ikke generelt en dominerende bestanddel i alle sesonger. Modellert DOM representerer kun labilt autoktonsk organisk nitrogen (og ammoniakk), mens det i observasjonene også inngår mer stabilt alloktonsk organisk materiale tilført av elver og havstrømmer.

Ifølge Suratman m.flere (2008) varierer klorofyll-a i Nordsjøen mellom 0.1 og 35 $\mu\text{g/l}$ (tilsvarende omtrent 0.007 – 2.5 $\mu\text{M N}$). Modellresultater som viser konsentrasjoner i modellen er gjengitt i (**Figur 35**).



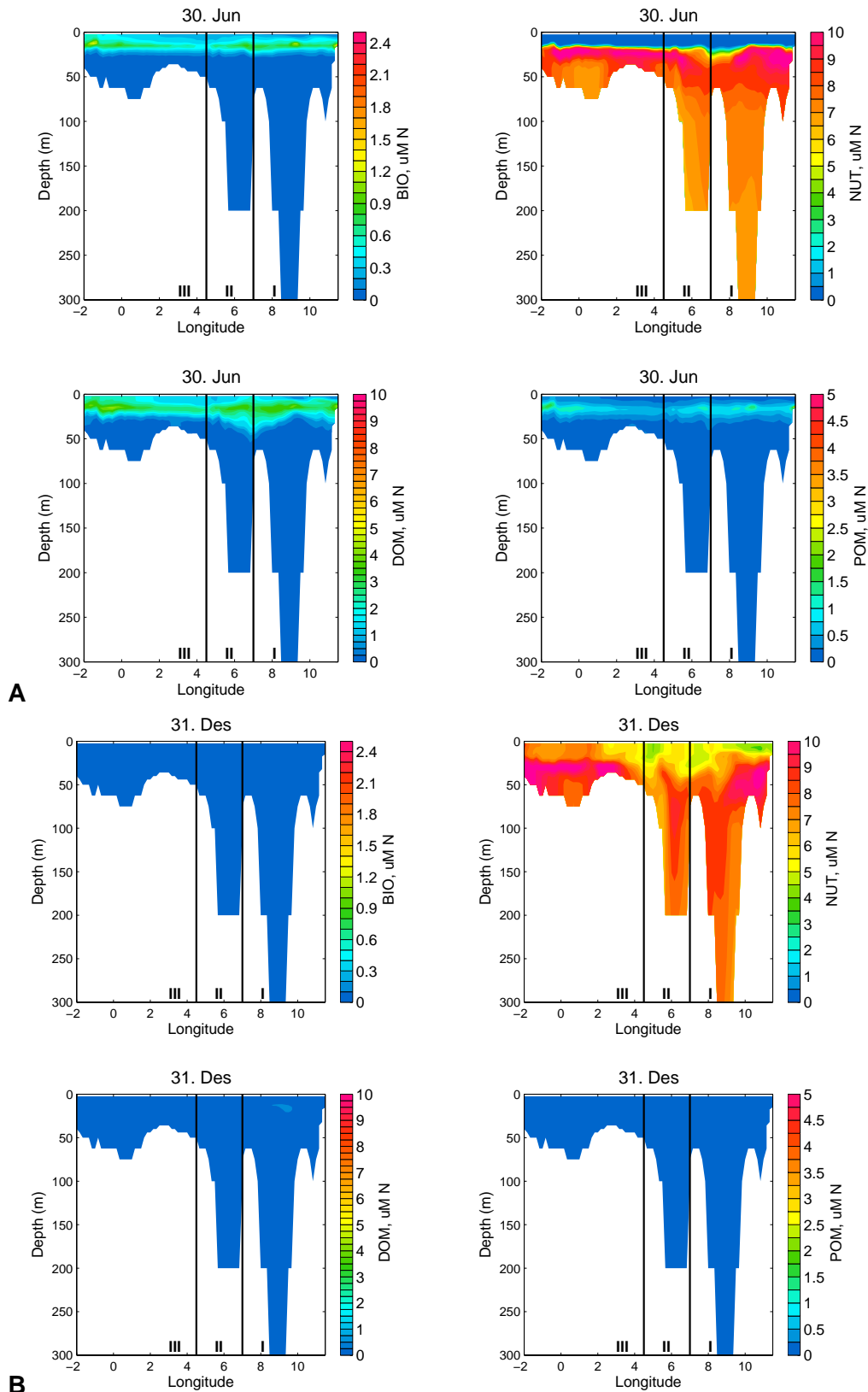
Figur 35. Fordeling av BIO, DOM, NUT og POM i overflaten i juli (A) og desember (B).

De ulike parametrene fordelt langs transektene (*Figur 37*) viser maksimale BIO-forekomster om sommeren ved 10-25 m. Maksimumsnivåene for POM og DOM er noe tykkere. I de grunne områdene (f.eks. Tyskebukta) kan organisk materiale utfelles direkte til bunn og nedgraves.



Figur 36. Nitratfordeling i 10 m dyp i oktober-november 1998 (Føyn, Hagebu, 1998).

Resultatene ovenfor viser god korrelasjon mellom observerte parametre og modellerte parametre. Dette gir en indikasjon på at OxyDep også kan brukes for modellberegning av forurensende stoffer i Nordsjøen med sesongmessig eller større tidsskala.



Figur 37. Fordeling av BIO, DOM, NUT og POM I transektene I juli (A) og desember (B).

Beregnete konsentrasjoner av miljøgiftene

Kvikksølv

Forutsetninger for modellberegningene er vist i *Tabell 34, Figur 38, Figur 39, Tabell 35*.

Tabell 34. Forutsetninger for modellberegninger for kvikksølv (Hg) i Regionene I, II, og III.

Partitioning with OM	We assume that the total Hg (Hg^0 and Hg^{2+}) present in the seawater is divided between free (dissolved) and partitioned with particulate and dissolved organic matter (OM). A biogeochemical model OxyDep (see Vedlegg B) was used to parameterize the seasonality of OM production and decay. The partitioning of Hg with the model components (BIO, POM) is described with the following partitioning coefficient $K_{BIO}=199526$; $K_{POM}=199526$; $K_{DOM}=199526$.
Sinking	The sinking rate associated with BIO and POM particulate Hg is 1 m/day.
Decay	Not relevant
Initial conditions	On the basis of present estimates (Vedlegg E) for the first run, we assume a uniform distribution with value 5 ng/l. The preliminary model run for 2004 was repeated 3 times to produce the initial conditions for the multiyear runs.
Boundary conditions	We assume vertically uniform distributions according to (Vedlegg E): <ul style="list-style-type: none"> • <u>North Atlantic</u> – 0.4 ng/l • <u>English Channel</u> – 0.5 ng/l. • <u>Kattegat</u> – 5 ng/l
Coastal Flux	River discharge is parameterized as fluxes of matter in the coordinates corresponding to the river mouths positions (<i>Tabell 46</i>). Seasonal variability in discharges is considered for the Norwegian rivers and yearly averaged discharges is considered for the other rivers.
Air flux	Monthly 5 x 5 degree resolution from EMEP/MSC-E 50x50km estimates (http://www.emep.int/) data is used for the years 2004-2008 and represent total deposition.
Pollution from ships	Ignored
Pollution from oil and gas platforms	Yearly averaged discharges from the gas and oil platforms is parameterized as fluxes of matter in the coordinates corresponding to the platforms positions.
Exchange with the bottom sediments	The burying of Hg associated with POM and BIO is parameterized.

The calculated concentrations of Hg vary from 0-1 ng/l in the surface layer to 3-6 ng/l in the layer of maximum located at the depth 40-80 m. The similar tendency of an increase of Hg concentrations from 4 pM (0.8 ng/l) in the surface water to 10 pM (2 ng/l) in the main halocline was marked for the Atlantic by Gill and Fitzgerald (1988).

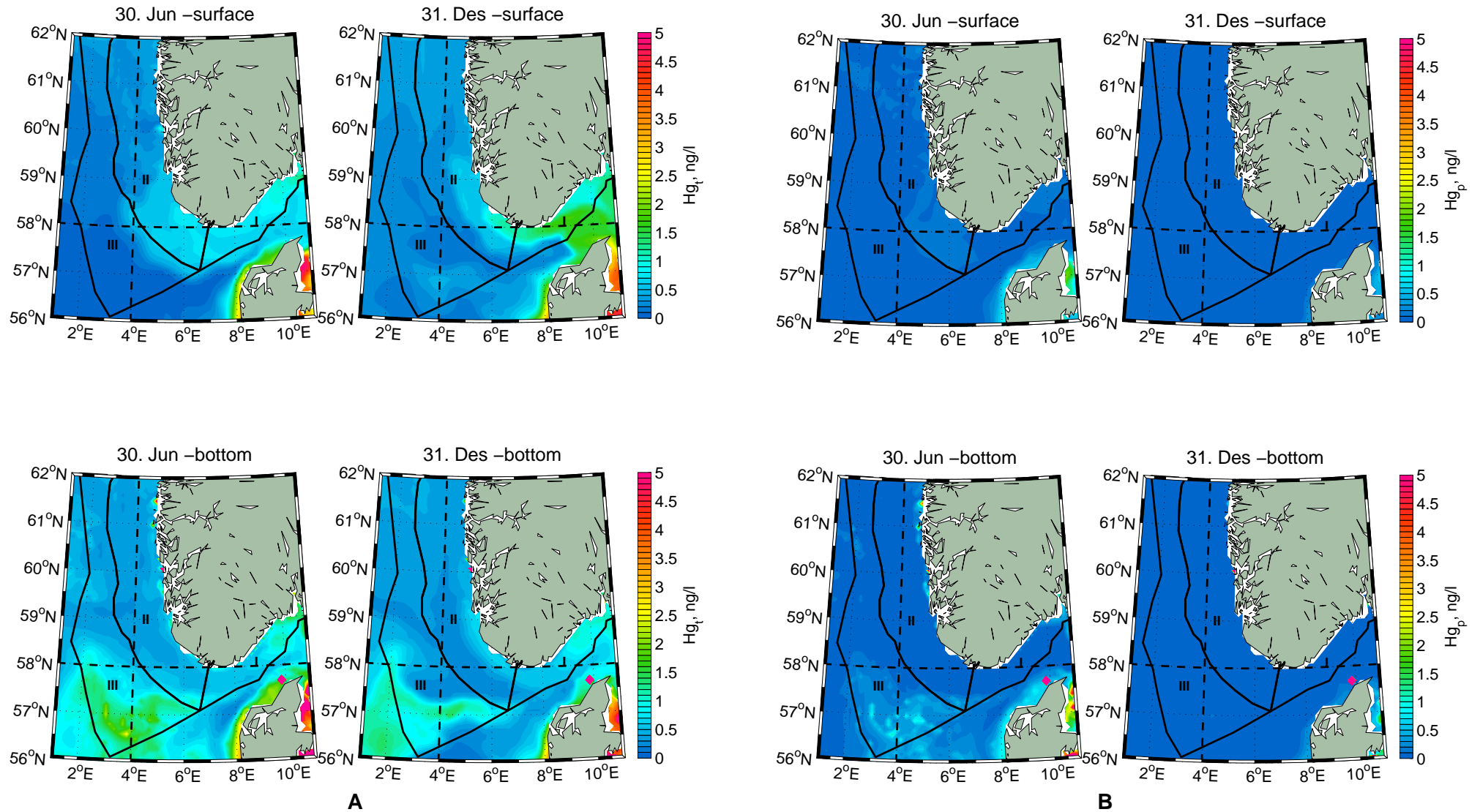
The overall Hg concentrations in the Baltic are higher than in the Atlantic (with a factor of five for Hg (HELCOM, 2007, http://www.helcom.fi/BSAP_assessment/ifs/archive/ifs2007/en_GB/hm_water_06/)). There is a tendency of a decrease of the concentrations in the Baltic (from 5-6 ng/l (HELCOM, 2003) to 0.5-1.5 ng/kg (HELCOM, 2010), but nevertheless an increased concentrations were observed in 2004-2006 in the Arkona Bight and Bornholm Sea (several units – several tens of pmol/kg (0.2-10 ng/l)). We decided to take this maximal concentrations at the Baltic boundary – 5 ng/l (relative to 0.5 in the English Channel 0.2 in the Atlantic).

The calculated result demonstrate that in this case the Skagerrak bottom should be polluted with this Baltic origin Hg. Such a distribution is not seen for example for Cd, where the boundary conditions in the Baltic changed insignificantly relative to the other boundaries (15 and 10 ng/l correspondingly). That means that not all the matter is transported from the area of origin before it “settled” to the

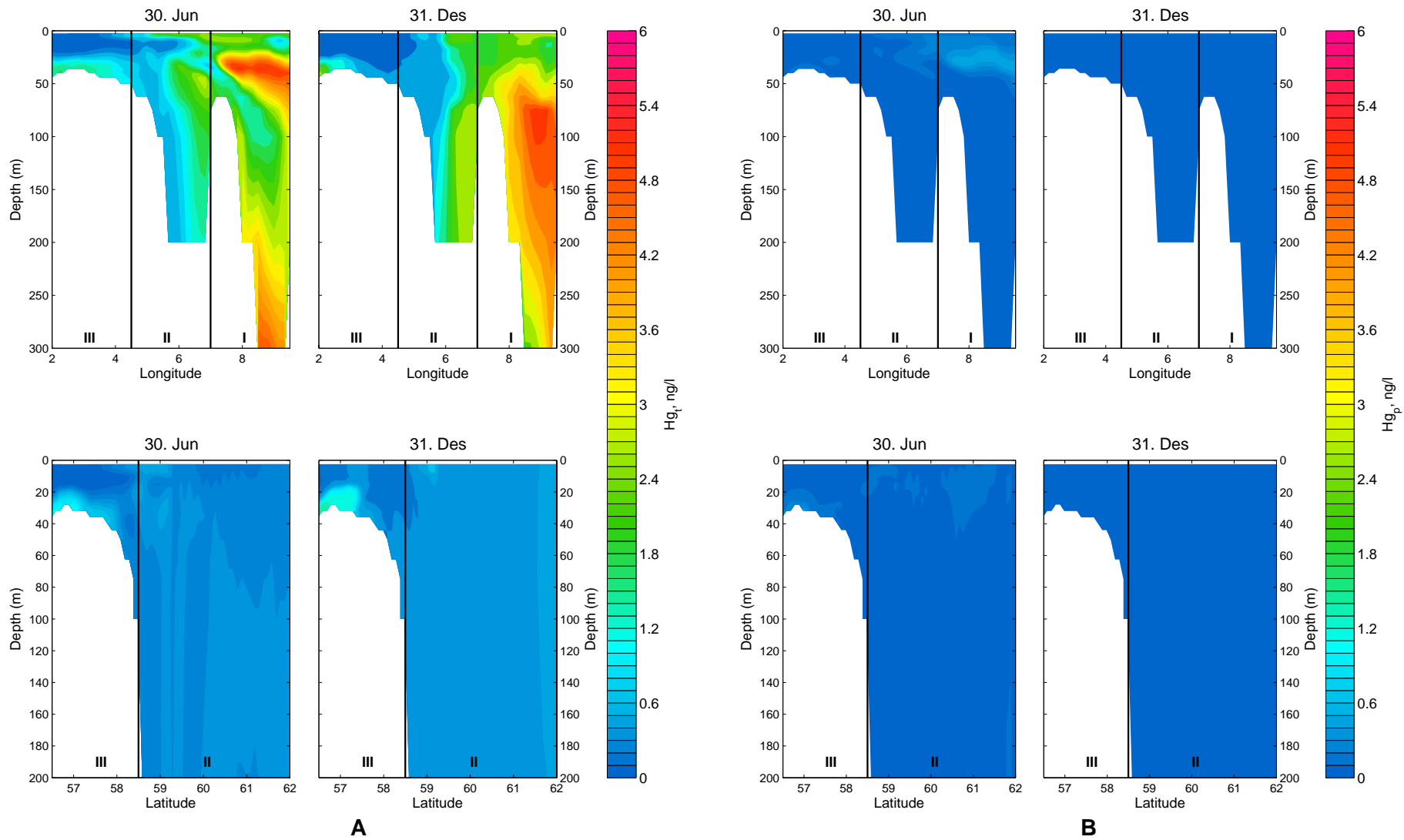
bottom (as a combined effect of the lateral transport and the “biological pump”). The vertical sinking speed of 1 m/day is not a high value having in mind that the detritus should be represented by the organic matter particles, but this is parameter that can be tuned.

Model results:

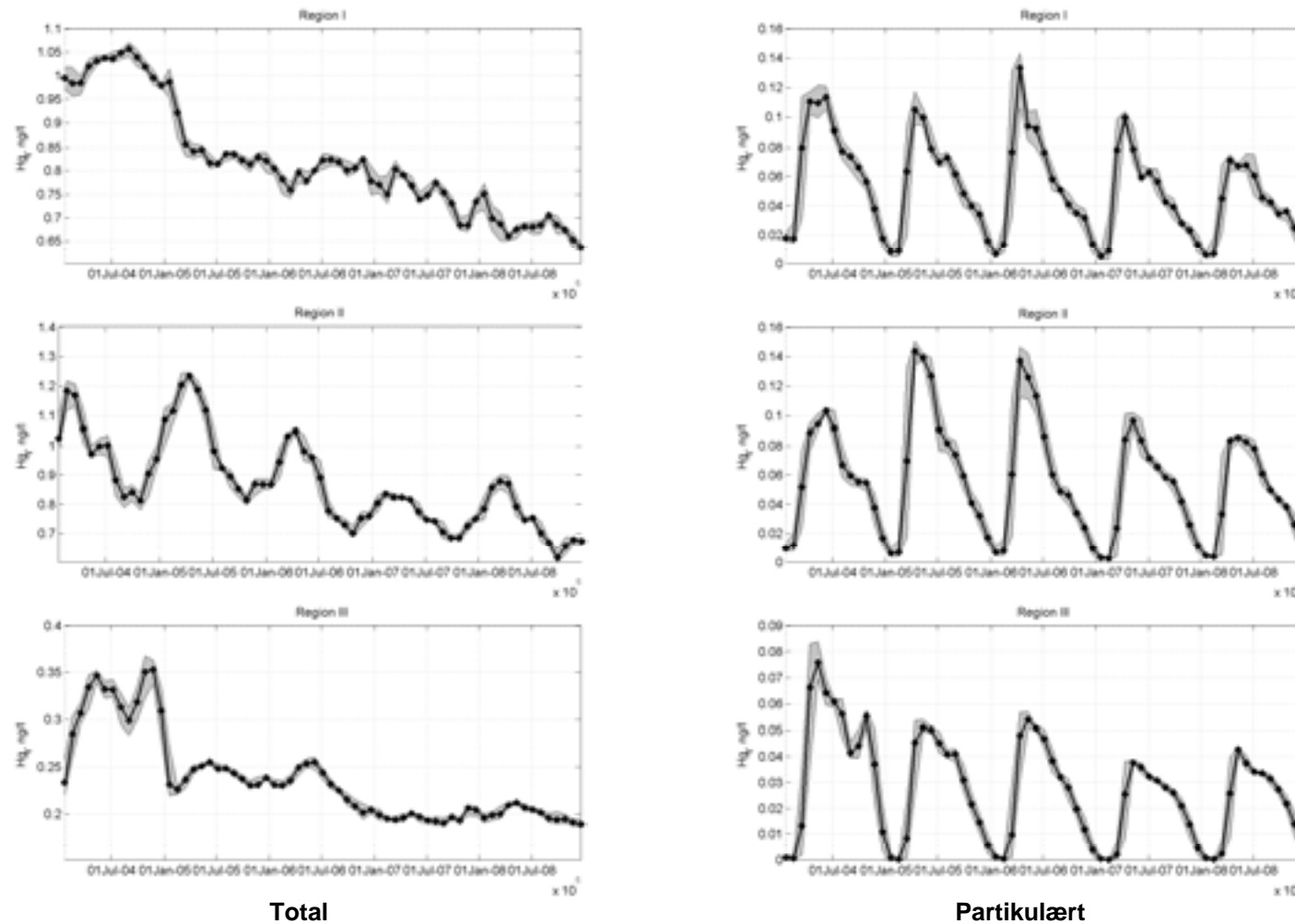
- There must form a vertical stratification of the Hg water column distribution with a minimum in the surface water (better pronounced in summer) and a maximum in the intermediate water and over the bottom, that can lead to the changes of concentrations in several hundred times. .
- River discharge play a significant role in the formation of the horizontal spatial variability with maxima near the coastal discharges from the industrial regions (with the concentrations increase in several hundred times).
- Atmospheric flux affect the interannual changes of the water column averaged concentrations (for about 50-100%)
- The predicted concentration correspond to the classes I (Background) and II (God).



Figur 38. Beregnede konsentrasjoner av total kvikksølv (Hg_t , ng/l) (A) og particulate kvikksølv (Hg_p , ng/l) (B) i overflatevannet (0-5m dyp, øverst), i bunnvann (nederst) i juli (1. og 3. koloner) og desember (2. og 4. koloner). Transekt (overflate-bunn) langs 58°N og 4°Ø er merket med stiplede linjer.



Figur 39. Beregnede konsentrasjoner av total kvikksølv (Hg_t , ng/l) (A) og particulate kvikksølv (Hg_p , ng/l) (B) i transekt (overflate-bunn) langs 58°N (øverste rad) og 4°Ø (nederste rad) i juli (1. og 3. koloner) og desember (2. og 4. koloner).



Figur 40. Tidsvariasjon av regionsmidlet konsentrasjon av totalt kvikksølv (Hg_t , ng/l, venstre kolonne) og partikulært kvikksølv (Hg_p , ng/l, høyre kolonne) for Region I (øverst), Region II (i midten) og Region III (nederst) i perioden 2004-2008.

Tabell 35. Beregnede konsentrasjoner for total and particulate kvikksølv (Hg, ng/l) i Region I, II og III, 2004-2008.

Region	År	Total Minimum (ng/L)	Total Middell (ng/L)	Total Maksimum (ng/L)	Particulate Minimum (ng/L)	Particulate Middell (ng/L)	Particulate Maksimum (ng/L)
I	2004	2.69	2.91	3.06	0.01	0.07	0.12
	2005	1.68	2.03	2.72	0.01	0.05	0.12
	2006	1.47	1.58	1.7	0.01	0.06	0.14
	2007	1.18	1.36	1.54	0	0.05	0.1
	2008	0.96	1.07	1.28	0	0.04	0.08
II	2004	0.78	0.97	1.21	0.01	0.06	0.1
	2005	0.8	1.01	1.24	0	0.07	0.15
	2006	0.69	0.86	1.06	0	0.06	0.15
	2007	0.68	0.76	0.84	0	0.05	0.1
	2008	0.6	0.74	0.9	0	0.05	0.09
III	2004	0.22	0.32	0.37	0	0.04	0.08
	2005	0.22	0.24	0.29	0	0.03	0.05
	2006	0.19	0.23	0.26	0	0.03	0.06
	2007	0.19	0.2	0.21	0	0.02	0.04
	2008	0.19	0.2	0.21	0	0.02	0.04

Cadmium

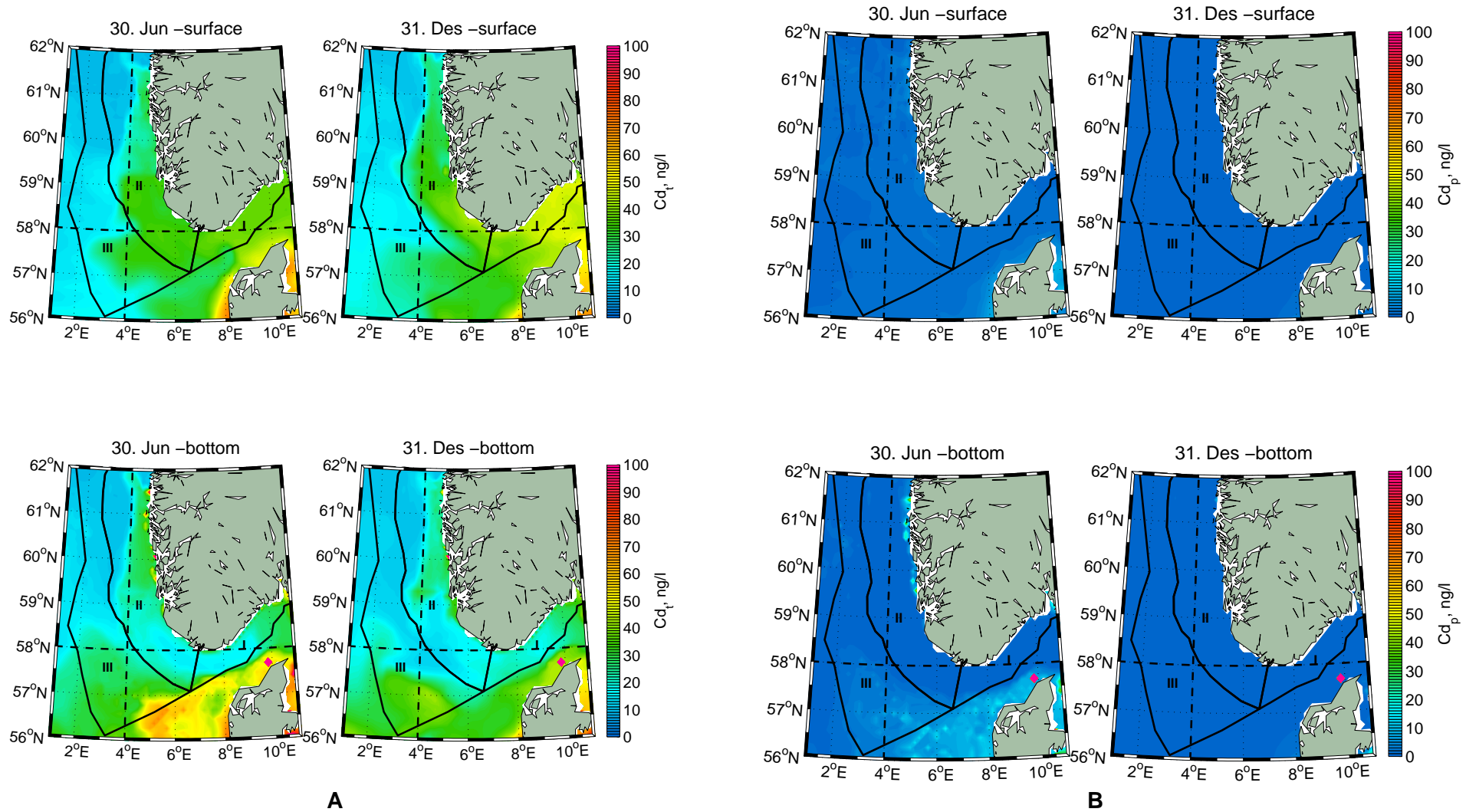
Forutsetninger for modellberegningene er visst i *Tabell 36, Figur 41, Figur 42, Tabell 37*.

Tabell 36. Forutsetninger for modellberegninger for kadmium (Cd) i Regionene I, II og III.

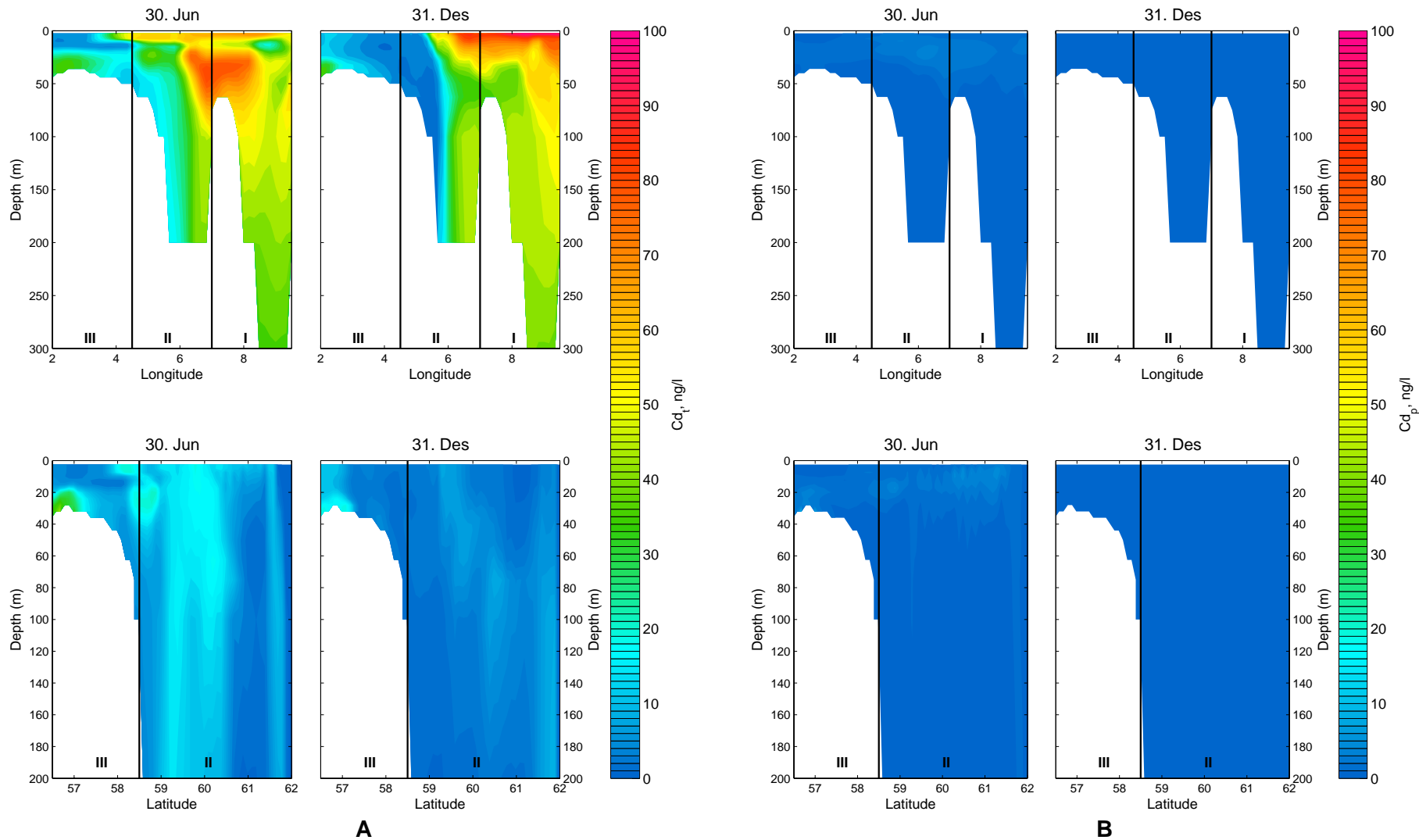
Partitioning with OM	We assume that the total Cd content present in the seawater is divided between free (dissolved) and partitioned with particulate and dissolved organic matter (OM). A biogeochemical model OxyDep (see Vedlegg B) was used to parameterize the seasonality of OM production and decay. The partitioning of Cd with the model components (BIO, POM) is described with the following partitioning coefficient $K_{BIO}=50119$; $K_{POM}=50119$; $K_{DOM}=158489$.
Sinking	The sinking rate associated with BIO and POM particulate Cd is 1 m/day.
Decay	Not relevant
Initial conditions	On the basis of present estimates (Vedlegg E) for the first run, we assume a uniform distribution with value 10 ng/l. The preliminary model run for 2004 was repeated 3 times to produce the initial conditions for the multiyear runs.
Boundary conditions	We assume vertically uniform distributions according to (Vedlegg E): <ul style="list-style-type: none"> • <u>North Atlantic</u> – 10 ng/l • <u>English Channel</u> – 10 ng/l. • <u>Kattegat</u> – 15 ng/l
Coastal Flux	River discharge is parameterized as fluxes of matter in the coordinates corresponding to the river mouths positions (<i>Tabell 48</i>). Seasonal variability in discharges is considered for the Norwegian rivers and yearly averaged discharges is considered for the other rivers.
Air flux	Monthly 5 x 5 degree resolution from EMEP/MSC-E 50x50km estimates (http://www.emep.int/) data is used for the years 2004-2008 and represent total deposition.
Pollution from ships	Ignored
Pollution from oil and gas platforms	Not relevant.
Exchange with the bottom sediments	The burying of Cd associated with POM and BIO is parameterized.

Model results:

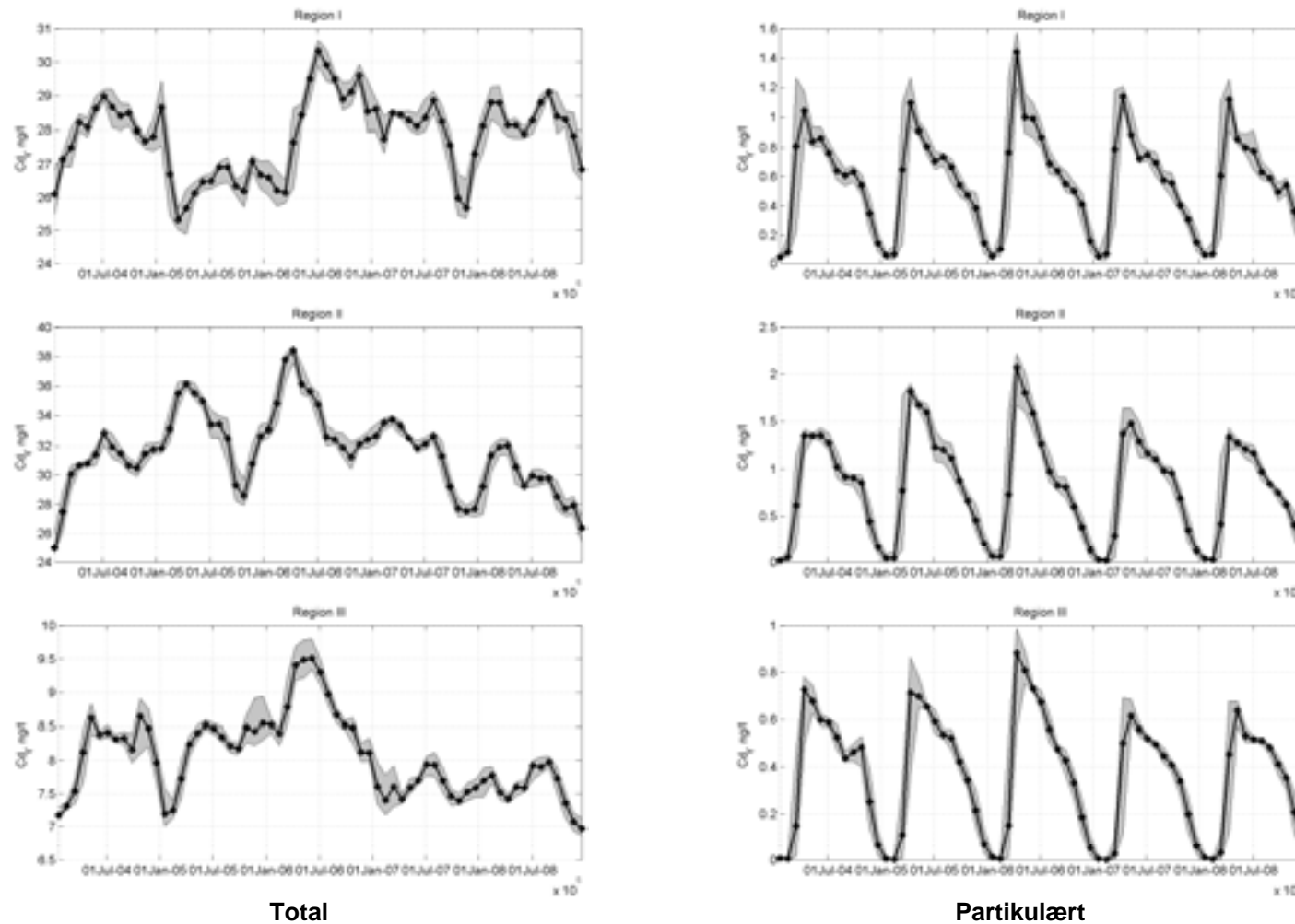
- There must form a vertical stratification of the Cd water column distribution with a minimum in the surface water (better pronounced in summer) and a maximum in the intermediate water and over the bottom, that can lead to the changes of concentrations in several hundred times.
- River discharge play a significant role in the formation of the horizontal spatial variability with maxima near the coastal discharges from the industrial regions (with the concentrations increase in several hundred times).
- Atmospheric flux affect the interannual changes of the water column averaged concentrations (for about 50-100%)
- The predicted concentration correspond to classes I (Background) and II (God).



Figur 41. Beregnede konsentrasjoner av total kadmium (Cd_t , ng/l) (A) og particulate kadmium (Cd_p , ng/l) (B) i overflatevannet (0-5m dyp, øverst), i bunnvann (nederst) i juli (1. og 3. koloner) og desember (2. og 4. koloner). Transekt (overflate-bunn) langs 58°N og 4°Ø er merket med stiplede linjer.



Figur 42. Beregnede konsentrasjoner av total kadmium (Cd_t , ng/l) (**A**) og particulate kadmium (Cd_p , ng/l) (**B**) i transekt (overflate-bunn) langs 58°N (øverste rad) og 4°Ø (nederste rad) i juli (1. og 3. koloner) og desember (2. og 4. koloner).



Figur 43. Tidsvariasjon av regionsmidlet konsentrasjon av totalt kadmium (Cd_t , ng/l, venstre kolonne) og partikulært kadmium (Cd_p , ng/l, høyre kolonne) for Region I (øverst), Region II (i midten) og Region III (nederst) i perioden 2004-2008.

Tabell 37. Beregnede konsentrasjoner for total and particulate kadmium (Cd , ng/l) i Region I, II og III, 2004-2008.

Region	År	Total Minimum (ng/L)	Total Middell (ng/L)	Total Maksimum (ng/L)	Particulate Minimum (ng/L)	Particulate Middell (ng/L)	Particulate Maksimum (ng/L)
I	2004	25.48	27.96	29.18	0.04	0.57	1.26
	2005	24.91	26.59	29.43	0.03	0.55	1.26
	2006	25.75	28.48	30.65	0.04	0.63	1.57
	2007	25.38	27.81	29.12	0.03	0.54	1.2
	2008	26.49	28.24	29.28	0.04	0.54	1.25
II	2004	24.62	30.44	33.07	0.02	0.8	1.42
	2005	27.94	32.87	36.34	0.02	0.9	1.89
	2006	30.42	34.07	38.69	0.03	0.87	2.21
	2007	27.18	31.2	33.94	0.01	0.76	1.63
	2008	25.34	29.54	32.48	0.02	0.71	1.42
III	2004	7.1	8.11	8.9	0	0.39	0.78
	2005	7.02	8.14	8.94	0	0.37	0.86
	2006	7.98	8.79	9.79	0	0.41	0.98
	2007	7.18	7.6	8.11	0	0.32	0.69
	2008	6.87	7.58	8.06	0	0.32	0.68

PCB

Forutsetninger for modellberegningene er vist i *Tabell 38, Figur 44, Figur 45, Tabell 39*

Tabell 38. Forutsetninger for modellberegninger for PCB i Regionene I, II og III.

Partitioning with OM	We assume that the total PCB content present in the seawater is divided between free (dissolved) and partitioned with particulate and dissolved organic matter (OM). A biogeochemical model OxyDep (see Vedlegg B) was used to parameterize the seasonality of OM production and decay. The partitioning of PCB with the model components (BIO, POM) is described with the following partitioning coefficient $K_{BIO}=2290000$; $K_{POM}=3260000$; $K_{DOM}=794328$.
Sinking	The sinking rate associated with BIO and POM particulate PCB is 1 m/day.
Decay	Decay was parameterized as 1 st order reaction with decay constant $K_{PCB}=0.0001 \text{ day}^{-1}$ (calculated from Mackay, 2001) same for particulate and dissolved PCB.
Initial conditions	On the basis of present estimates (Vedlegg E) for the first run, we assumed a uniform distribution with value 5 pg/l. The preliminary model run for 2004 was repeated 3 times to produce the initial conditions for the multiyear runs.
Boundary conditions	We assume vertically uniform distributions according to (Vedlegg E): <ul style="list-style-type: none"> • <u>North Atlantic</u> – 5 pg/l • <u>English Channel</u> – 5 pg/l. • <u>Kattegat</u> – 5 pg/l
Coastal Flux	River discharge is parameterized as fluxes of matter in the coordinates corresponding to the river mouths positions (see <i>Tabell 49</i>). Seasonal variability in discharges is considered for the Norwegian rivers and yearly averaged discharges is considered for the other rivers.
Air flux	Monthly 5 x 5 degree resolution from EMEP/MSC-E 50x50km estimates (http://www.emep.int/) data is used for the years 2004-2008 and represent total deposition.
Pollution from ships	Ignored
Pollution from oil and gas platforms	Not relevant
Exchange with the bottom sediments	The burying of PCB associated with POM and BIO is parameterized.

Calculations of the distributions and variability of PCB were performed according to the model parameters listed in Table 2.2.3.1. The calculated concentrations of the total (particulate and dissolved) PCBt (Fig. 2.2.3.1-2.2.3.3) are in the limits of several pg/l - several tens of pg/l - hundredths of pg/l (Tables 2.2.3.2) that correspond to the data of observations (Vedlegg E) and are several orders of magnitude smaller than the EEC maximum permissible level of PCB for the drinking water (0.5 µg/l, IPCS 1992).

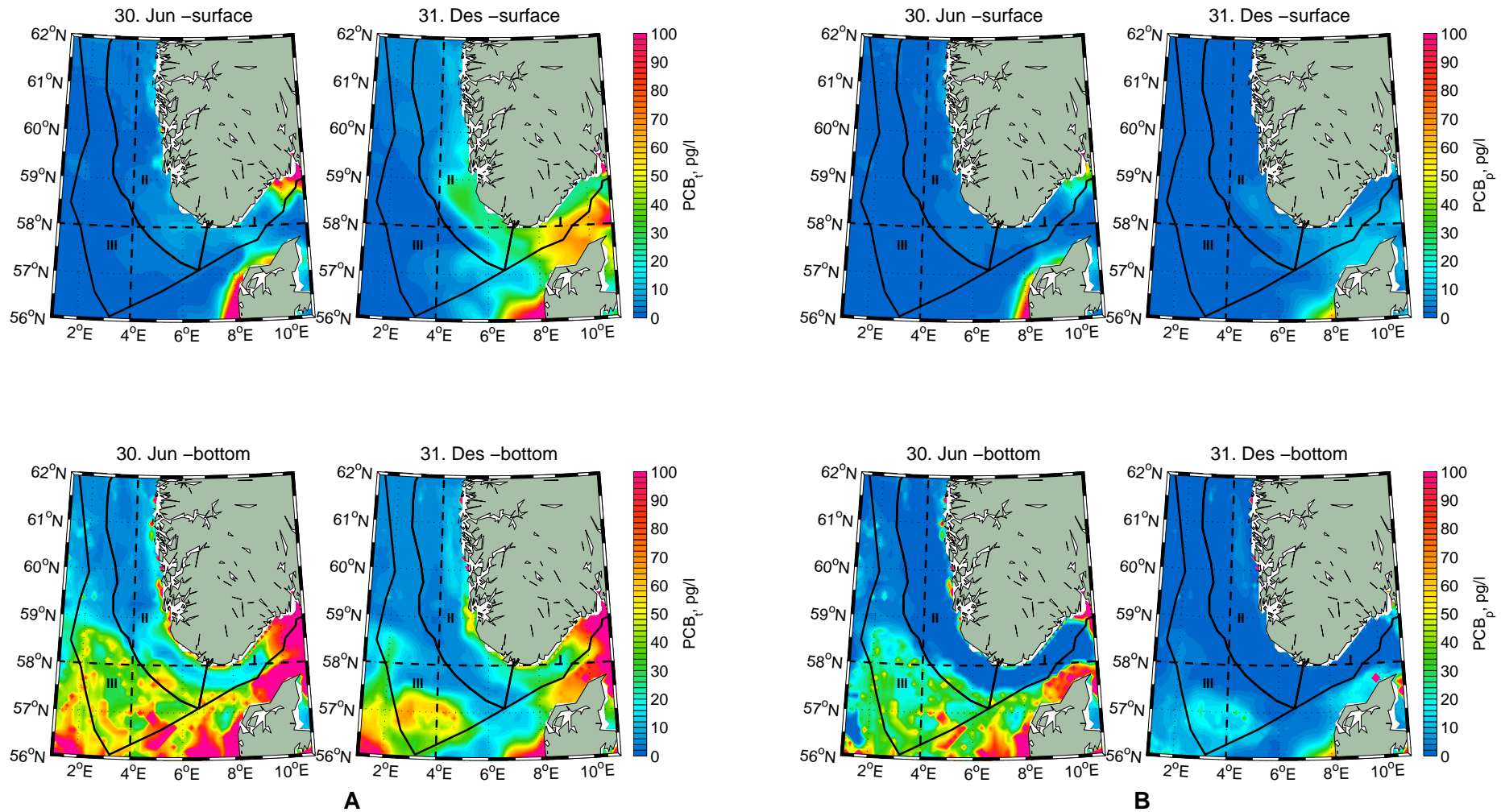
The calculated distributions of PCB in the surface layer (Fig. 2.2.3.1) show that the Southern Coast of the North Sea along the coastline of Germany and Denmark is the most pollutant region and the PCB concentrations in this region can exceed 100 pg/l. That can be explained by the PCB transport with rivers and the coastal discharge. A local increase in PCB concentration is found along the Norwegian Coast in the vicinity of the Oslo Fjord, Brevik in the Grenlandsfjord area and Haugesund. The concentrations in the surface layer of the open sea do not increase several pg/l.

According to the model (Fig. 2.2.3.1A and 2.2.3.1B), the particulate PCB (plankton, living organisms and detritus) can dominate in the total PCB content in the productive and pollutant regions of the Sea (i.e. along the Danish coast) in the warm period of the year. This can be confirmed by observations (i.e. Schulz-Bull *et al.*, 1988).

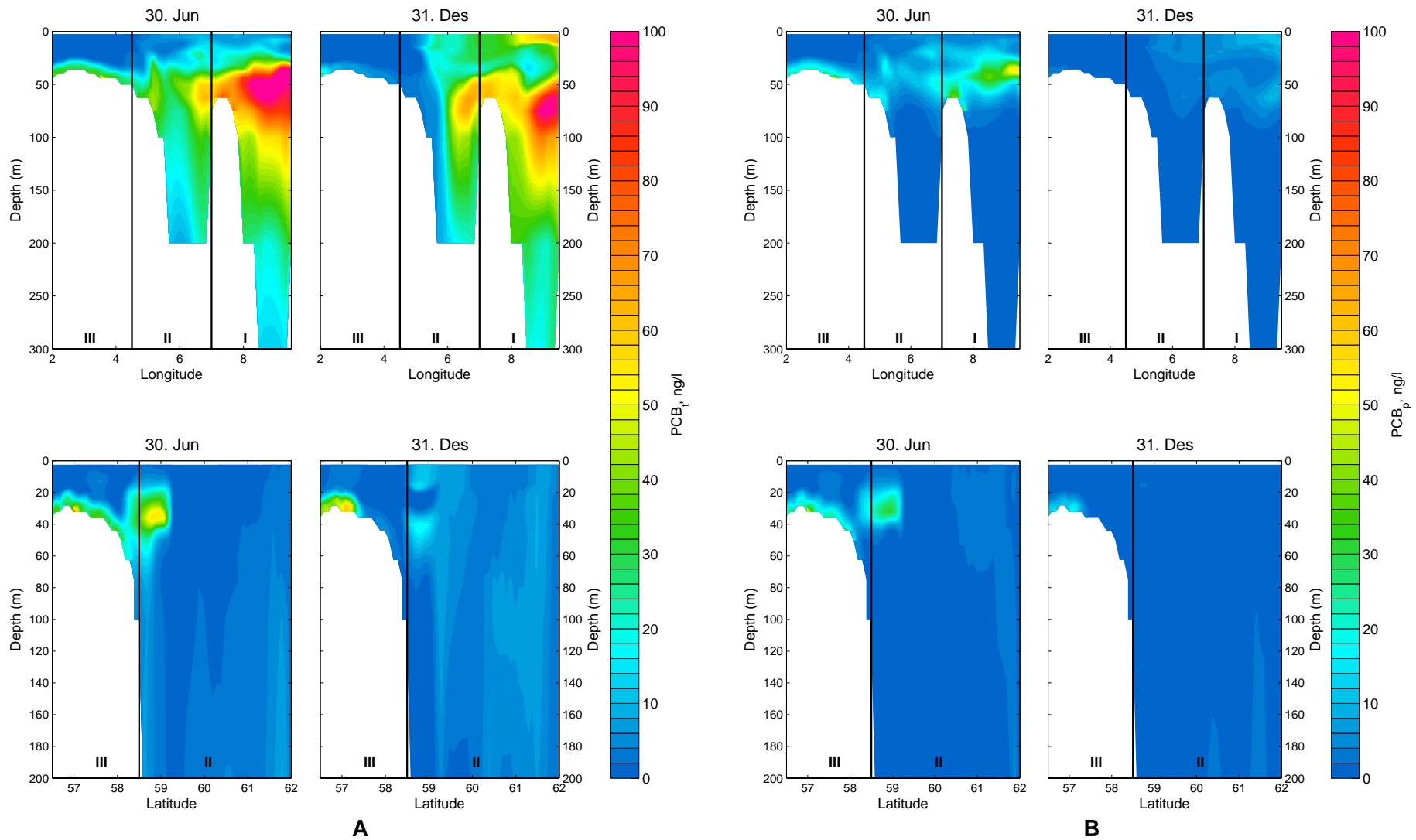
The model demonstrates that there must be a seasonality in the vertical distributions of the PCB in the water column (Fig. 2.2.3.1, 2.2.3.2). The synthesis of organic matter (OM) in the warm period of the year results in the consumption of the dissolved pollutant into its particulate form due to partitioning processes. The sinking of the pollutant enriched organic particles leads to a decrease of the total pollutant concentrations in the photosynthetic layer of the sea (from the surface to 30-40 m) and an increase of these concentrations in the intermediate waters below or (in the shallow areas) at the bottom. A decay of particulate and dissolved organic matter returns the pollutants back into its dissolved form, and a vertical maximum of pollutants can be formed there. In winter, this mechanism does not occur, and the vertical distribution of the pollutant becomes more uniform with depth. This is confirmed by the smaller PCB concentrations in the surface layer of the open sea areas in July compared to December shown in the maps (Fig. 2.2.3.1) and in the transects (Fig. 2.2.3.2). Therefore, this “biological pump” can be a reason of a formation of the pollutants vertical stratification. The modelling results demonstrate that the bottom layer can be locally enriched with the pollutant. (Fig. 2.2.3.1). These polluted spots change concentrations and positions with time, and might be affected by a combined effect of hydrodynamical processes (i.e. synoptic eddies), seasonal scale biogeochemical processes and interannual, seasonal, and sporadically changes in the supply of pollutant with the rivers and the atmosphere.

The region averaged total PCB_t concentrations (Table 2.2.3.2) show a tendency of a decrease of concentrations from the Region I (36-55 pg/l) to the Region II (11-27 pg/l) and than to the Region III (2-7 pg/l). According to the model, about 90% of the total PCB is in particulate form (Table 2.2.3.2). An analysis of the interannual changes of the regions-averaged concentrations (Fig.1.3) shows that these changes can reach 50-100% of an averaged value. A seasonal signal is not well pronounced in the total PCB_t, but particulate PCB is characterized by a clear seasonal variability with a maximum in spring and minimum in winter (Fig. 2.2.3.3, 2.2.3.4).

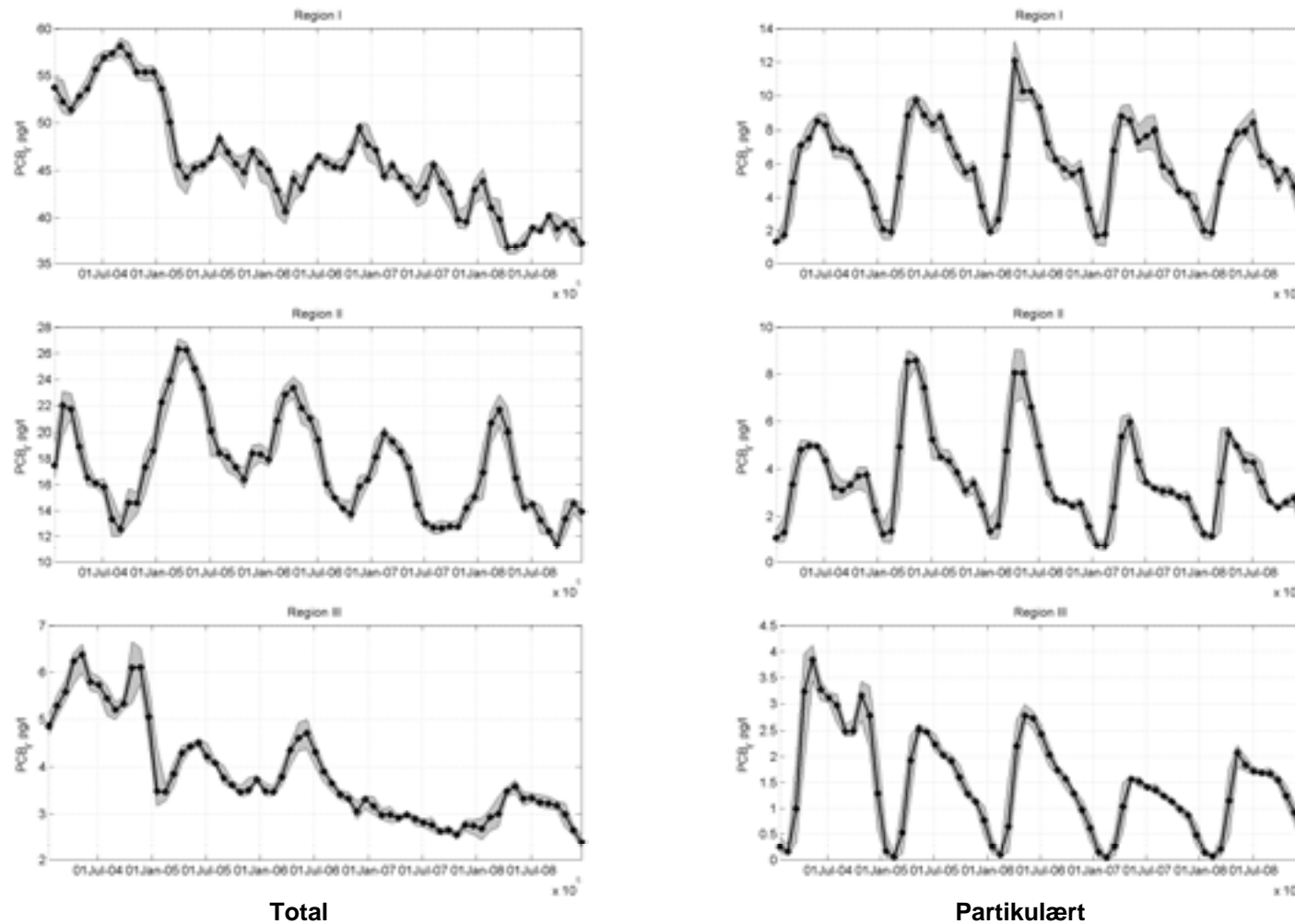
These variations in the region-averaged concentrations can be primarily related to interannual changes in the atmospheric flux, because an interannual variability was assumed only of the atmospheric flux, while a data on the interannual changes of the factors (rivers and platforms) was not available. It is possible to mention that the maxima in the Region II follows those in the Region I with a 1-2 month delay (Fig. 2.2.3.3), and this indicates that the dominant water transport along the Southern Norway from East to West (The Norwegian Current).



Figur 44. Beregnede konsentrasjoner av total PCB (PCB_t , pg/l) (**A**) og particulate PCB (PCB_p , pg/l) (**B**) i overflatevannet (0-5m dyp, øverst), i bunnvann (nederst) i juli (1. og 3. koloner) og desember (2. og 4. koloner). Transekt (overflate-bunn) langs 58°N og 4°Ø er merket med stiplede linjer.



Figur 45. Beregnede konsentrasjoner av total PCB (PCB_t , pg/l) (**A**) og particulate PCB (PCB_p , pg/l) (**B**) i transekt (overflate-bunn) langs $58^\circ N$ (øverste rad) og 4°Ø (nederste rad) i juli (1. og 3. koloner) og desember (2. og 4. koloner).



Figur 46. Tidsvariasjon av regionsmidlet konsentrasjon av totalt PCB (PCB_t, pg/l, venstre kolonne) og partikulært PCB (PCB_p, pg/l, høyre kolonne) for Region I (øverst), Region II (i midten) og Region III (nederst) i perioden 2004-2008.

Tabell 39. Beregnede konsentrasjoner for total and particulate PCB (PCB_i pg/l) i Region I, II og III, 2004-2008.

Region	År	Total Minimum (pg/L)	Total Middell (pg/L)	Total Maksimum (pg/L)	Particulate Minimum (pg/L)	Particulate Middell (pg/L)	Particulate Maksimum (pg/L)
I	2004	50.69	54.98	58.95	1.24	5.72	8.91
	2005	42.49	46.95	54.87	1.49	6.32	10.06
	2006	39.32	45.24	49.94	1.79	6.65	13.23
	2007	38.84	43.42	47.73	1.11	5.67	9.45
	2008	36.09	39.02	45.22	1.49	5.39	9.21
II	2004	12.03	16.88	23.05	0.89	3.42	5.24
	2005	15.75	21.07	27.06	0.87	4.53	9
	2006	13.17	18.34	24.17	1.04	3.89	9.02
	2007	12.23	15.47	20.29	0.54	3.06	6.29
	2008	11.02	15.65	22.81	1.01	3.11	5.73
III	2004	4.68	5.63	6.64	0.12	2.32	4.11
	2005	3.17	3.89	4.64	0.04	1.43	2.6
	2006	2.89	3.8	4.99	0.09	1.49	2.98
	2007	2.47	2.83	3.37	0.04	0.93	1.6
	2008	2.25	3.07	3.72	0.06	1.13	2.21

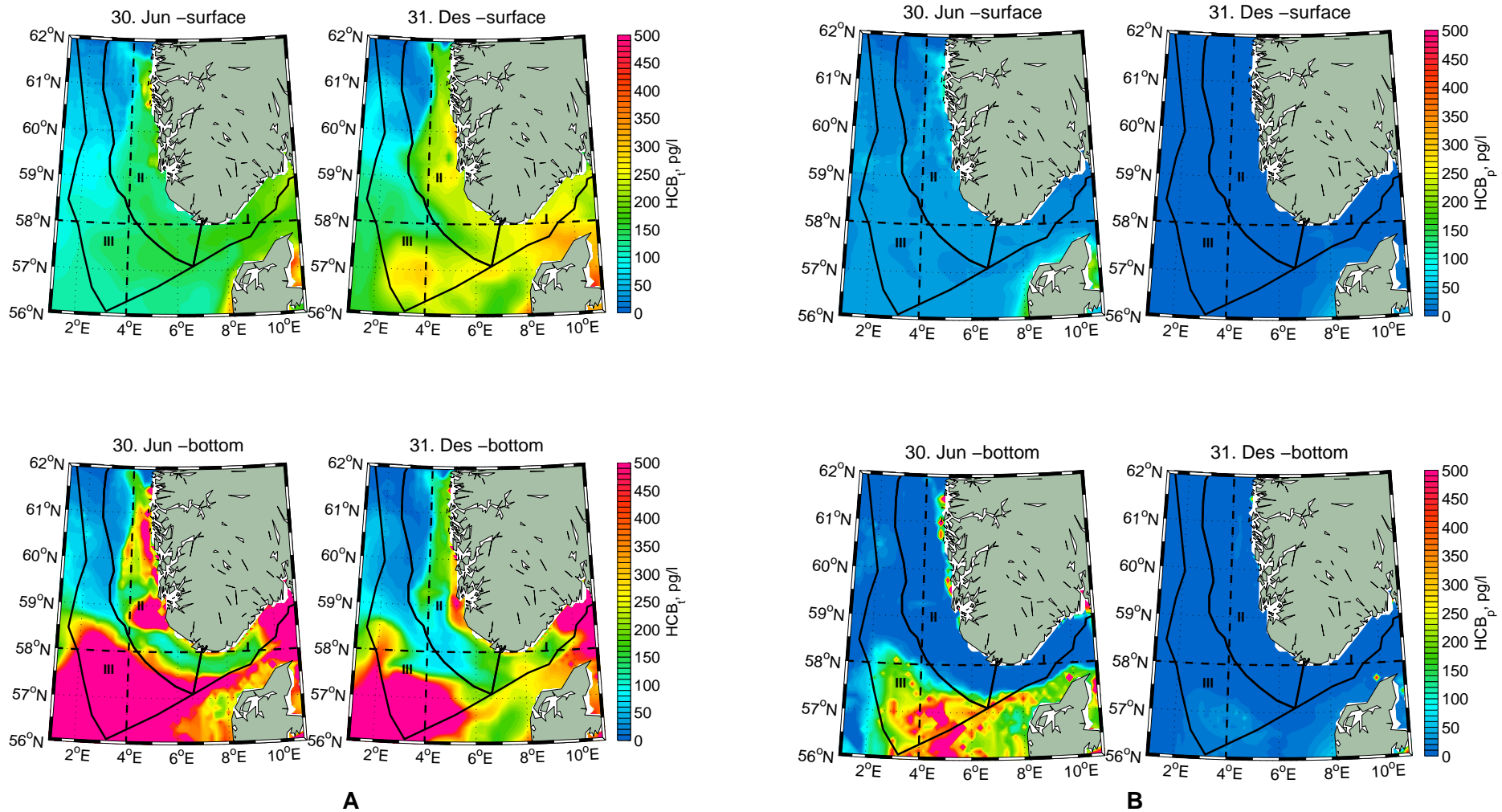
HCB

Forutsetninger for modellberegningene er vist i *Tabell 38, Figur 44, Figur 45, Tabell 39*

Tabell 40. Forutsetninger for modellberegninger for HCB i Regionene I, II og III.

Partitioning with OM	We assume that the total HCB content present in the seawater is divided between free (dissolved) and partitioned with particulate and dissolved organic matter (OM). A biogeochemical model OxyDep (see Vedlegg B) was used to parameterize the seasonality of OM production and decay. The partitioning of HCB with the model components (BIO, POM) is described with the following partitioning coefficient $K_{BIO}=129650$; $K_{POM}=129650$; $K_{DOM}=31622$.
Sinking	The sinking rate associated with BIO and POM particulate PCB is 1 m/day.
Decay	Decay was parameterized as 1 st order reaction with decay constant $K_{HCB}=0.00045 \text{ day}^{-1}$ ($5.24 \cdot 10^{-9} \text{ s}^{-1}$) same for particulate and dissolved HCB.
Initial conditions	On the basis of present estimates (Vedlegg E) for the first run, we assume a uniform distribution with value 3 pg/l. The preliminary model run for 2004 was repeated 3 times to produce the initial conditions for the multiyear runs.
Boundary conditions	We assume vertically uniform distributions according to (Vedlegg E): <ul style="list-style-type: none"> • <u>North Atlantic</u> – 0 pg/l • <u>English Channel</u> – 0 pg/l. • <u>Kattegat</u> – 0 pg/l
Coastal Flux	Ignored. Data is not available. Integrated costal flux estimates are very low compared with the air flux. (Vedlegg E)
Air flux	Uniform in space and time flux on basis of empirical method estimates (Vedlegg E)
Pollution from ships	Ignored
Pollution from oil and gas platforms	Ignored
Exchange with the bottom sediments	The burying of HCB associated with POM and BIO is parameterized.

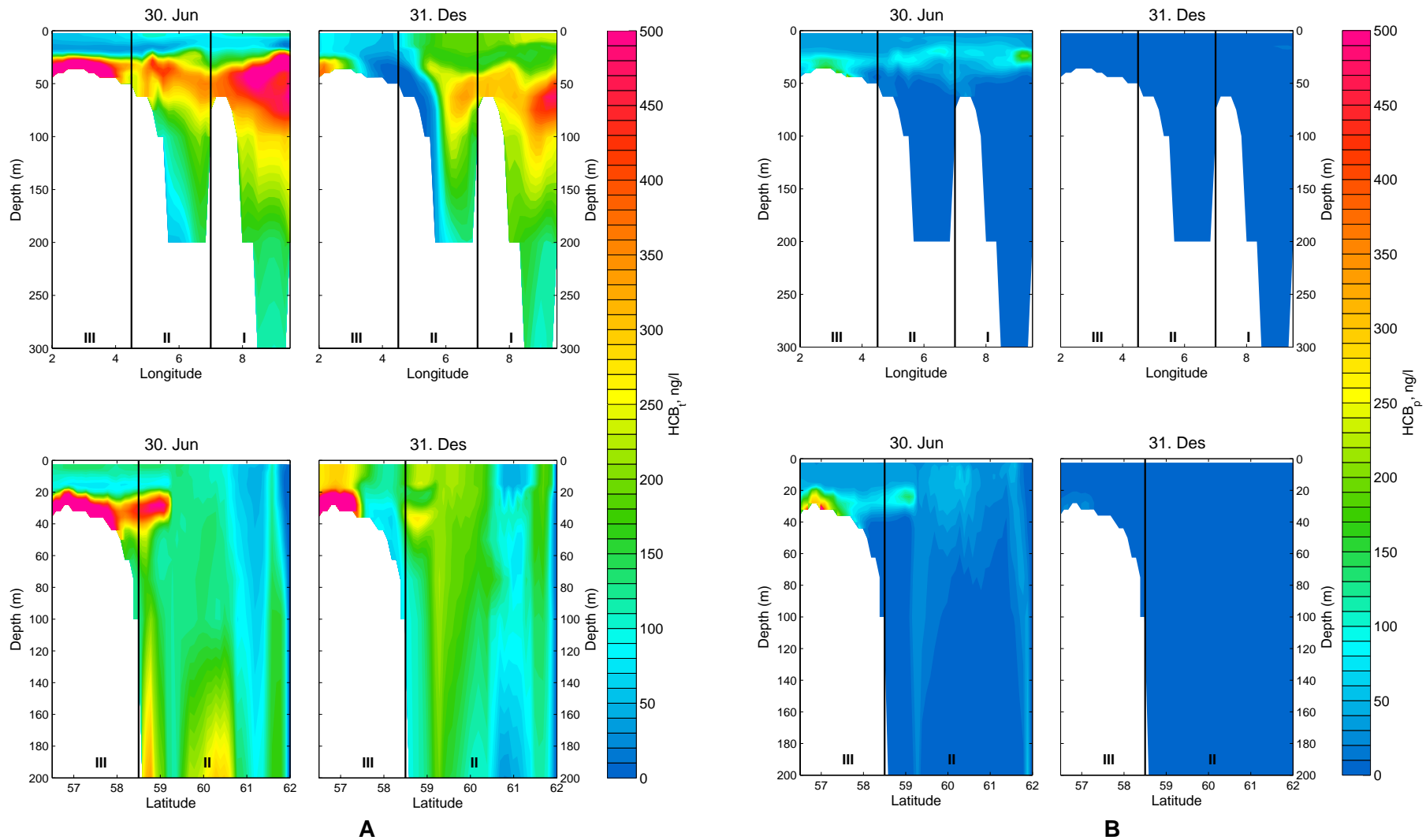
The calculated HCB values are in the range from 0 to 500 pg/l, that corresponds well to the existing estimates (Figs. 2.2.5.1- 2.2.5.3). These PAH concentrations belong to the II (Gud) class (Bakke et al., 2007). The general tendency of spatial and temporal variability is close to the PCB's one. Bioaccumulation play a significant role in the PAH cycling, a particulate form can reach about 30% of the total one (Fig 2.2.5.3, Table 2.2.5.2.).



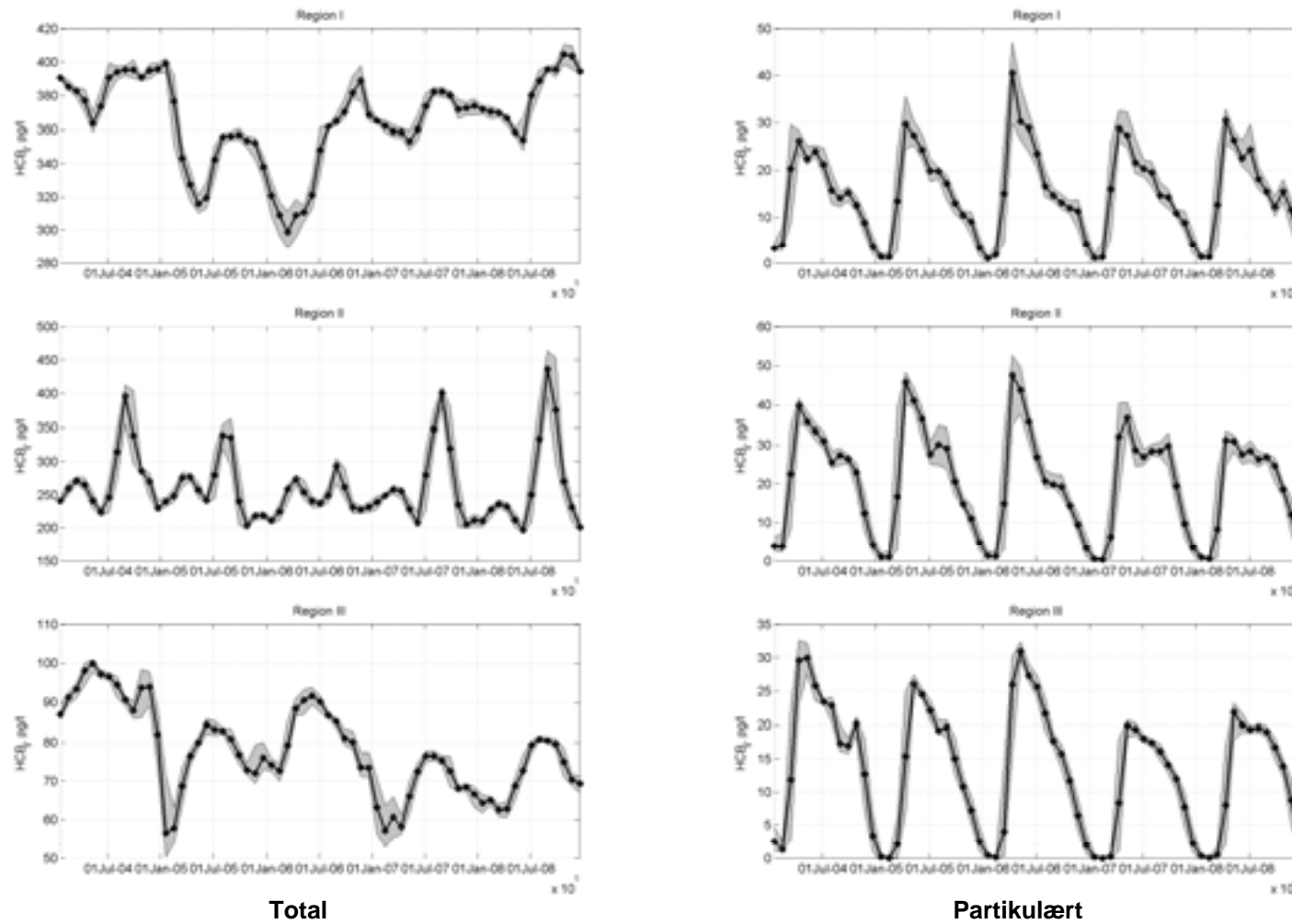
A

B

Figur 47. Beregnede konsentrasjoner av total HCB (HCB_t , pg/l) (**A**) og particulate HCB (HCB_p , pg/l) (**B**) i overflatevannet (0-5m dyp, øverst), i bunnvann (nederst) i juli (1. og 3. koloner) og desember (2. og 4. koloner). Transekt (overflate-bunn) langs 58°N og 4°Ø er merket med stiplede linjer.



Figur 48. Beregnede konsentrasjoner av total HCB (HCB_t , pg/l) (**A**) og particulate HCB (HCB_p , pg/l) (**B**) i transekt (overflate-bunn) langs 58°N (øverste rad) og 4°Ø (nederste rad) i juli (1. og 3. koloner) og desember (2. og 4. koloner).



Figur 49. Tidsvariasjon av regionsmidlet konsentrasjon av totalt HCB (HCB_t , pg/l, venstre kolonne) og partikulært HCB (HCB_p , pg/l, høyre kolonne) for Region I (øverst), Region II (i midten) og Region III (nederst) i perioden 2004-2008.

Tabell 41. Beregnede konsentrasjoner for total HCB (HCB,pg/l) i Region I, II og III, 2004-2008.

Region	År	Total Minimum (pg/L)	Total Middel (pg/L)	Total Maksimum (pg/L)	Particulate Minimum (pg/L)	Particulate Middel (pg/L)	Particulate Maksimum (pg/L)
I	2004	358.58	386.66	401.16	2.21	14.83	29.48
	2005	310.52	349.37	401.93	0.81	14.6	35.45
	2006	289.03	342.44	397.57	0.95	16.33	47.03
	2007	348.04	368.72	384.52	0.62	14.49	32.51
	2008	347.73	380.97	410.08	0.96	15.02	32.7
II	2004	218.64	276.08	411.98	2.59	22.35	41.57
	2005	198.55	259.94	362.59	0.59	21.46	48.21
	2006	207.64	245.93	304.3	0.75	19.83	52.5
	2007	201.37	264.56	408.88	0.28	19.21	40.56
	2008	194.1	262.56	462.79	0.57	18.36	33.4
III	2004	76.82	92.82	100.83	1	16.86	32.55
	2005	50.37	74.43	85.73	0.03	12.64	27.35
	2006	69.98	81.97	93.68	0.15	14.54	32.31
	2007	52.95	67.84	77.74	0.03	10.4	20.69
	2008	60.66	71.56	81.55	0.09	11.54	23.19

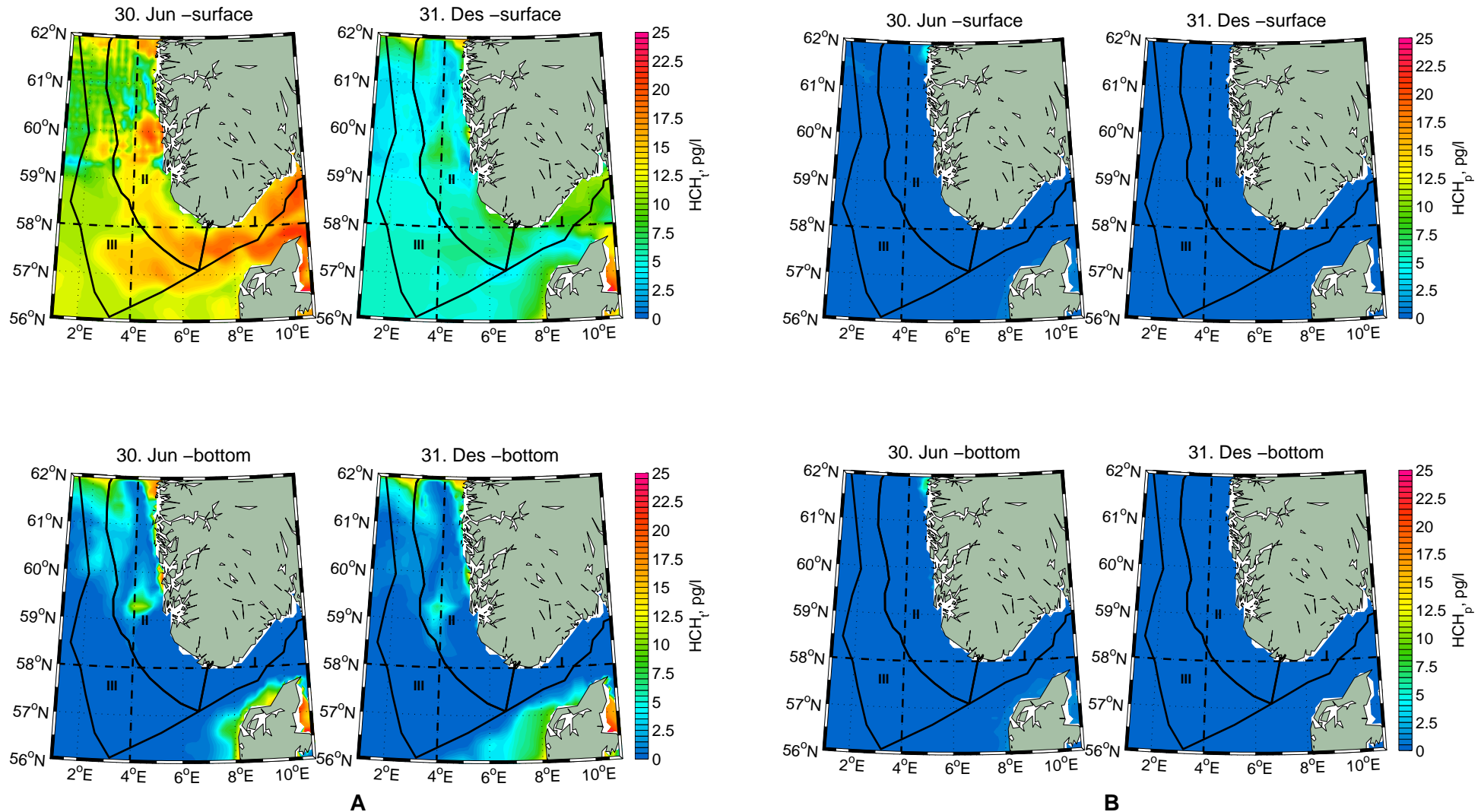
***γ*HCH (Lindan)**

Forutsetninger for modellberegningene er vist i **Tabell 38, Figur 44, Figur 45, Tabell 39**

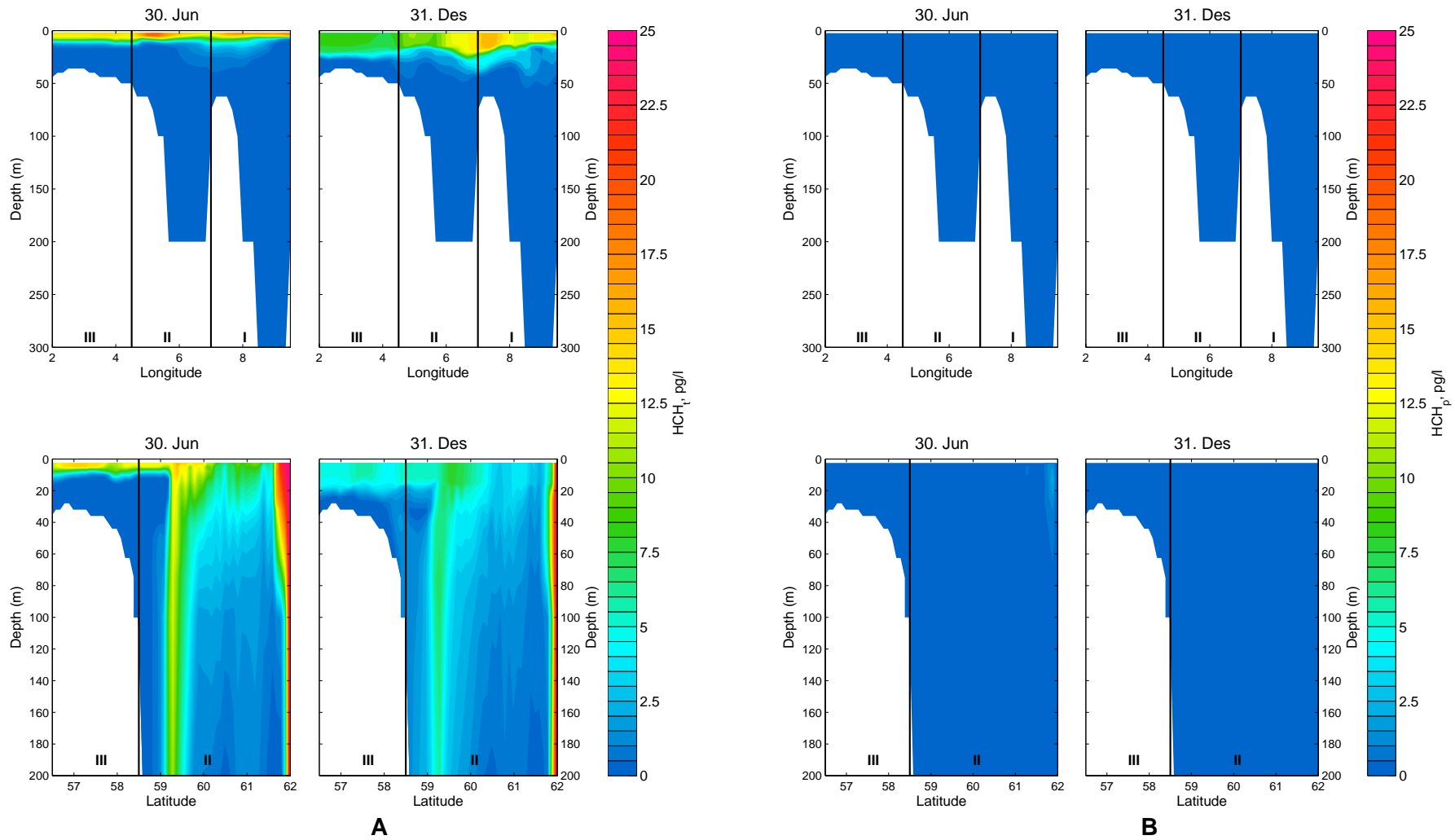
Tabell 42. Forutsetninger for modellberegninger for *γ*HCH (Lindan) i Regionene I, II og III.

Partitioning with OM	We assume that the total <i>γ</i> HCH content present in the seawater is divided between free (dissolved) and partitioned with particulate and dissolved organic matter (OM). A biogeochemical model OxyDep (see Annex) was used to parameterize the seasonality of OM production and decay. The partitioning of <i>γ</i> HCH with the model components (BIO, POM) is described with the following partitioning coefficient $K_{BIO}=3162$; $K_{POM}=3162$; $K_{DOM}=3162$.
Sinking	The sinking rate associated with BIO and POM particulate HCH is 1 m/day.
Decay	Decay was parameterized as 1 st order reaction with decay constant $K_{\gamma HCH}=0.035 \text{ day}^{-1}$ same for particulate and dissolved <i>γ</i> HCH (Gupta <i>et al.</i> , 2000).
Initial conditions	On the basis of present estimates (Vedlegg E) for the first run, we assume a uniform distribution with value 50 pg/l. The preliminary model run for 2004 was repeated 3 times to produce the initial conditions for the multiyear runs.
Boundary conditions	We assume vertically uniform distributions according to Weber <i>et al.</i> (2006 – ranging between <0.70 and 894 (mean 250) pg/L (Vedlegg E): <ul style="list-style-type: none"> • <u>North Atlantic</u> – 30 pg/l • <u>English Channel</u> – 30 pg/l. • <u>Kattegat</u> – 30 pg/l
Coastal Flux	River discharge is parameterized as fluxes of matter in the coordinates corresponding to the river mouths positions (see details in Chapter 7.2.1). Seasonal variability in discharges is considered for the Norwegian rivers and yearly averaged discharges is considered for the other rivers.
Air flux	Uniform in space and time flux on basis of empirical method estimates (Vedlegg E)
Pollution from ships	Ikke relevant
Pollution from oil and gas platforms	Ikke relevant
Exchange with the bottom sediments	The burying of <i>γ</i> HCH associated with POM and BIO is parameterized.

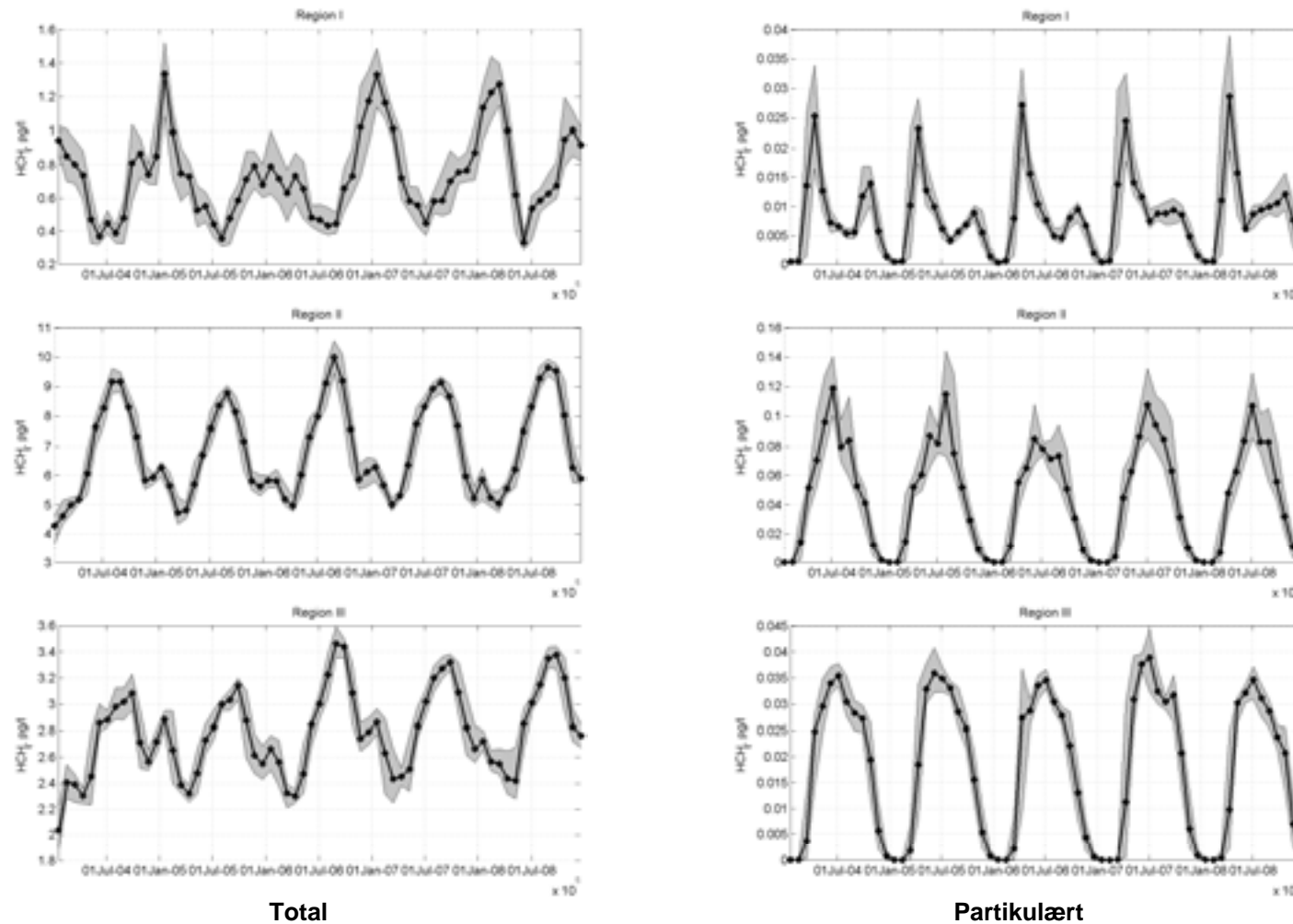
Among the others pollutant *γ*HCH (Lindan) is characterized by a smallest values of partitioning coefficients and fastest degradation rates. Parameterized forcing factors (atmospheric precipitation, river's discharge and flux from the neighbouring regions) allowed to calculate the concentrations (0-25 pg/l) smaller than the observed ones. The role of bioaccumulation for this parameter is the smallest one, less than 1% can be transformed into particulate form. The overall concentrations (less than 30 pg/l or $30 \cdot 10^{-15}$) are much less than the EPA maximum contaminant level (200 ppt, i.e. $200 \cdot 10^{-12}$).



Figur 50. Beregnede konsentrasjoner av total γHCH (γHCH_t , pg/l) (A) og particulate γHCH (γHCH_p , pg/l) (B) i overflatevannet (0-5m dyp, øverst), i bunnvann (nederst) i juli (1. og 3. koloner) og desember (2. og 4. koloner). Transekt (overflate-bunn) langs 58°N og 4°Ø er merket med stiplede linjer.



Figur 51. Beregnede konsentrasjoner av total γHCH (γHCH_t , pg/l) (A) og particulate γHCH (γHCH_p , pg/l) (B) i transekt (overflate-bunn) langs 58°N (øverste rad) og 4°Ø (nederste rad) i juli (1. og 3. koloner) og desember (2. og 4. koloner).



Figur 52. Tidsvariasjon av regionsmidlet konsentrasjon av totalt γ HCH (HCH_t , pg/l, venstre kolonne) og partikulært γ HCH (HCH_p , pg/l, høyre kolonne) for Region I (øverst), Region II (i midten) og Region III (nederst) i perioden 2004-2008.

Tabell 43. Beregnede konsentrasjoner for total γ HCH (γ HCH, pg/l) i Region I, II og III, 2004-2008.

Region	År	Total Minimum (pg/L)	Total Middel (pg/L)	Total Maksimum (pg/L)	Particulate Minimum (pg/L)	Particulate Middel (pg/L)	Particulate Maksimum (pg/L)
I	2004	0.33	0.67	1.03	0	0.01	0.03
	2005	0.31	0.69	1.52	0	0.01	0.03
	2006	0.38	0.69	1.35	0	0.01	0.03
	2007	0.38	0.77	1.48	0	0.01	0.03
	2008	0.29	0.84	1.43	0	0.01	0.04
II	2004	3.65	6.67	9.59	0	0.05	0.14
	2005	4.34	6.55	9.03	0	0.04	0.14
	2006	4.77	6.98	10.54	0	0.04	0.11
	2007	4.8	6.93	9.32	0	0.05	0.13
	2008	4.76	7.09	9.91	0	0.04	0.13
III	2004	1.88	2.64	3.22	0	0.02	0.04
	2005	2.25	2.73	3.19	0	0.02	0.04
	2006	2.21	2.83	3.59	0	0.02	0.04
	2007	2.25	2.85	3.38	0	0.02	0.04
	2008	2.28	2.86	3.44	0	0.02	0.04

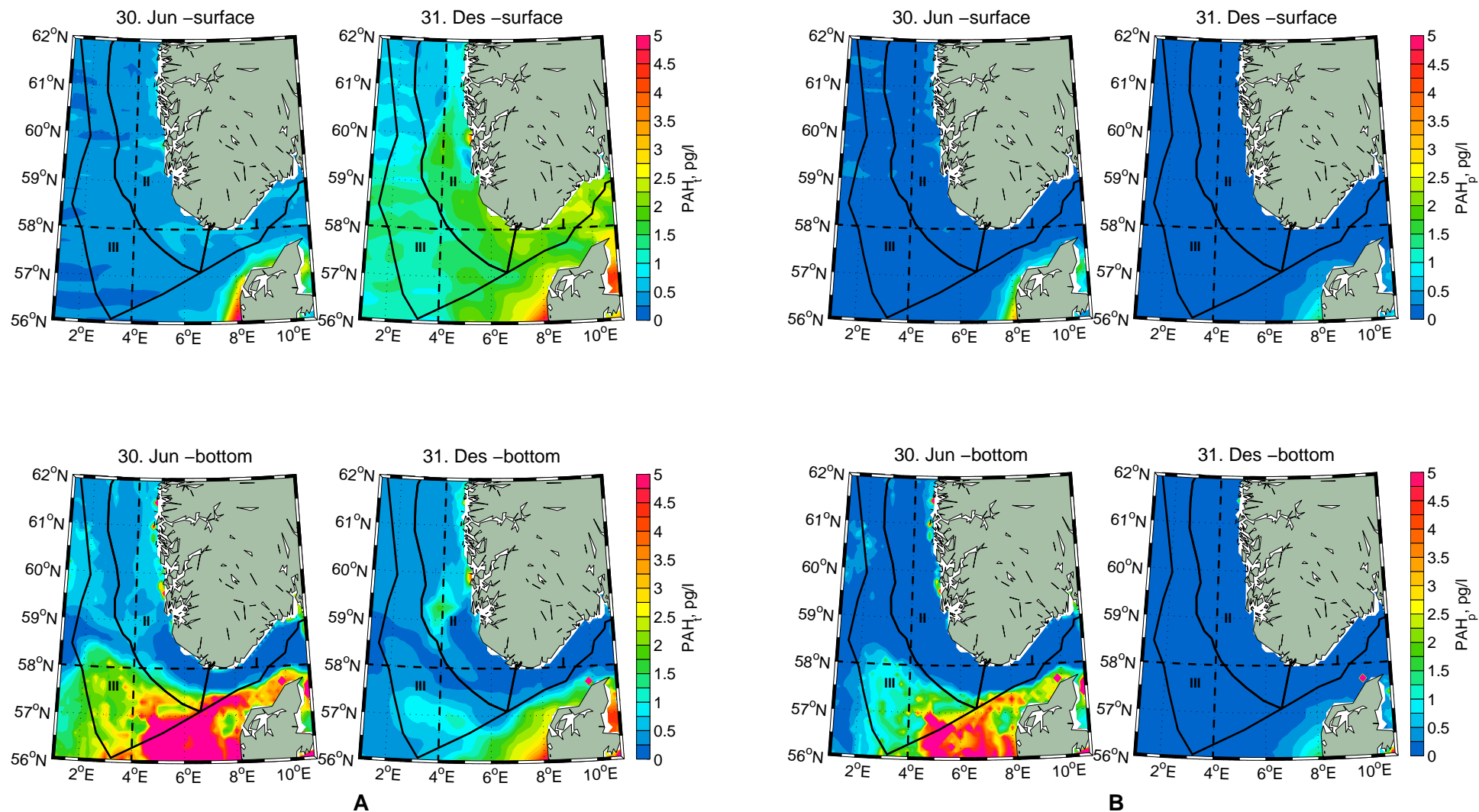
PAH

Forutsetninger for modellberegningene er vist i *Tabell 38, Figur 44, Figur 45, Tabell 39*

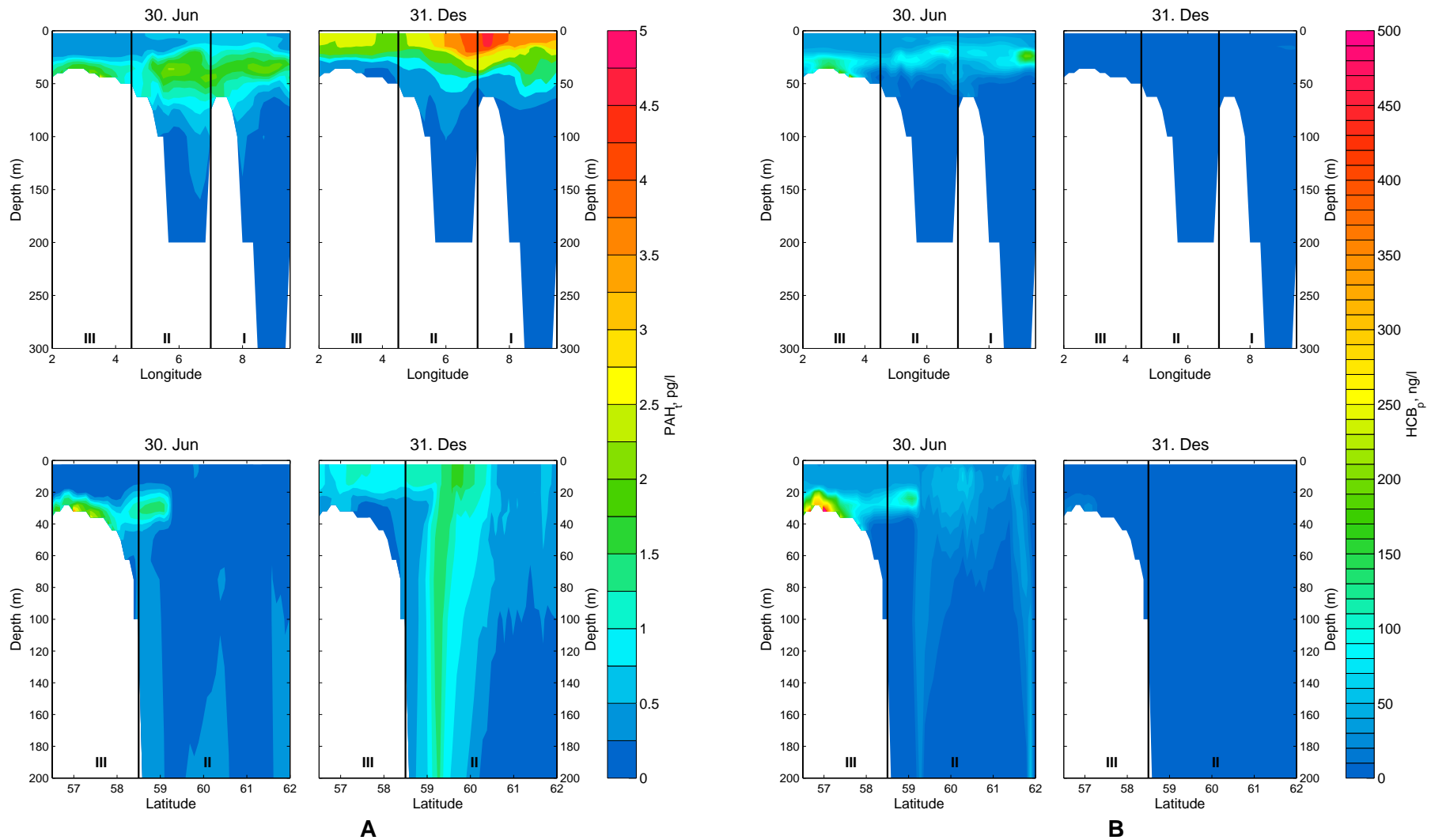
Tabell 44. Forutsetninger for modellberegninger for PAH i Regionene I, II og III.

Partitioning with OM	We assume that the total PAH content present in the seawater is divided between free (dissolved) and partitioned with particulate and dissolved organic matter (OM). A biogeochemical model OxyDep (see Vedlegg B) was used to parameterize the seasonality of OM production and decay. The partitioning of PAH with the model components (BIO, POM) is described with the following partitioning coefficient $K_{BIO}=449600$; $K_{POM}=449600$; $K_{DOM}=109647$.
Sinking	The sinking rate associated with BIO and POM particulate PAH is 1 m/day.
Decay	Decay was parameterized as 1 st order reaction with decay constant $K_{PAH}=0.009 \text{ day}^{-1}$ ($1.13 \cdot 10^{-7} \text{ s}^{-1}$) same for particulate and dissolved PAH.
Initial conditions	On the basis of present estimates (cf. Vedlegg E) for the first run, we assume a uniform distribution with value 3 pg/l. The preliminary model run for 2004 was repeated 3 times to produce the initial conditions for the multiyear runs.
Boundary conditions	We assume vertically uniform distributions according to (cf. Vedlegg E): <ul style="list-style-type: none"> • <u>North Atlantic</u> – 0.5 pg/l • <u>English Channel</u> – 0.5 pg/l. • <u>Kattegat</u> – 0.5 pg/l
Coastal Flux	Ignored. Data is not available. Integrated coastal flux estimates are very low compared with the air flux.
Air flux	Monthly 5 x 5 degree resolution EMEP (http://www.emep.int/) data is available for the years 2006-2008. The data have been provided via Wenche Aas, NILU. For the runs for the period 2004-2008, we assumed that a annual atmospheric deposition was the same for the years 2004-2006 similar to that in 2006.
Pollution from ships	A sea averaged flux was calculated on the basis of present estimates (cf. Vedlegg E)
Pollution from oil and gas platforms	Ignored (no data)
Exchange with the bottom sediments	The burying of PAH associated with POM and BIO is parameterized.

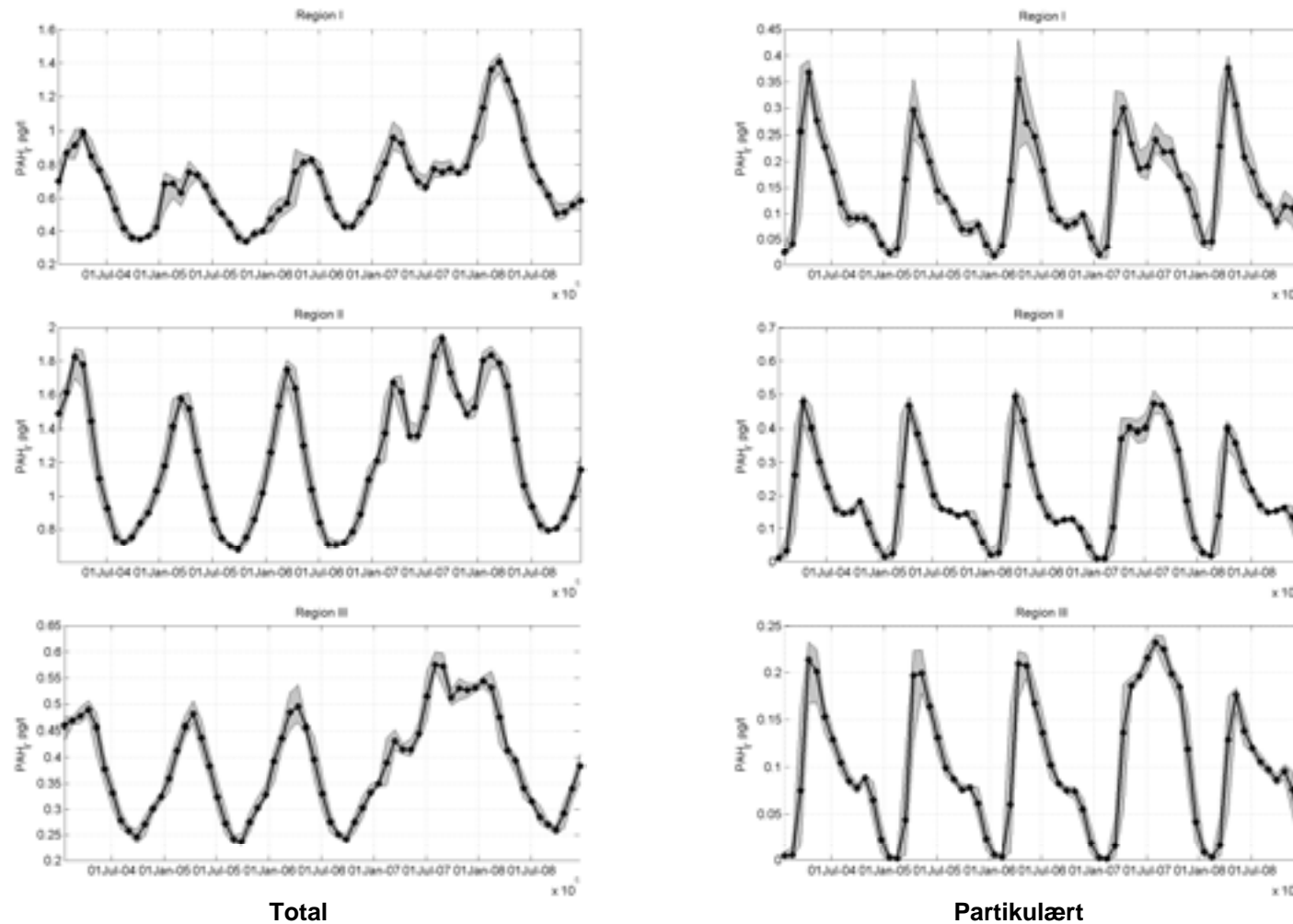
The calculated PAH values are in the range from 0 to 5 pg/l, that corresponds well to the existing estimates (Figs. 2.2.4.1- 2.2.4.3). These PAH concentrations belong to the I (Background) class, i.e. smaller than any of boundary limit for any of PAH compounds listed in (Bakke et al., 2007). The general tendency of spatial and temporal variability is close to the PCB's one. Bioaccumulation play a significant role in the PAH cycling, a particulate form can reach about 30% of the total one (Fig 2.2.4.3, Table 2.2.4.2).



Figur 53. Beregnede konsentrasjoner av total PAH (PAH_t , pg/l) (**A**) og particulate PAH (PAH_p , pg/l) (**B**) i overflatevannet (0-5m dyp, øverst), i bunnvann (nederst) i juli (1. og 3. koloner) og desember (2. og 4. koloner). Transekt (overflate-bunn) langs 58°N og 4°Ø er merket med stiplede linjer.



Figur 54. Beregnede konsentrasjoner av total PAH (PAH_t , pg/l) (**A**) og particulate PAH (PAH_p , ng/l) (**B**) i transekt (overflate-bunn) langs $58^\circ N$ (øverste rad) og 4°Ø (nederste rad) i juli (1. og 3. koloner) og desember (2. og 4. koloner).



Figur 55. Tidsvariasjon av regionsmidlet konsentrasjon av totalt PAH (PAH_t, pg/l, venstre kolonne) og partikulært PAH (PAH_p, pg/l, høyre kolonne) for Region I (øverst), Region II (i midten) og Region III (nederst) i perioden 2004-2008.

Tabell 45. Beregnede konsentrasjoner for total PAH (PAH, pg/l) i Region I, II og III, 2004-2008.

Region	År	Total Miniumum (pg/L)	Total Middel (pg/L)	Total Maksimum (pg/L)	Particulate Miniumum (pg/L)	Particulate Middel (pg/L)	Particulate Maksimum (pg/L)
I	2004	0.34	0.63	1.01	0.02	0.15	0.39
	2005	0.33	0.55	0.82	0.02	0.12	0.35
	2006	0.4	0.6	0.89	0.01	0.14	0.43
	2007	0.6	0.8	1.05	0.01	0.18	0.33
	2008	0.47	0.89	1.45	0.03	0.15	0.4
II	2004	0.71	1.17	1.87	0.01	0.2	0.5
	2005	0.67	1.05	1.61	0.01	0.18	0.49
	2006	0.69	1.1	1.8	0.01	0.18	0.52
	2007	1.17	1.55	1.97	0.01	0.28	0.51
	2008	0.78	1.22	1.89	0.01	0.17	0.42
III	2004	0.23	0.36	0.51	0	0.09	0.23
	2005	0.23	0.35	0.51	0	0.09	0.22
	2006	0.24	0.36	0.54	0	0.09	0.22
	2007	0.34	0.48	0.6	0	0.13	0.24
	2008	0.25	0.37	0.56	0	0.08	0.18

ANNEX ECOSMO – RIVERINE AND PLATFORM DISCHARGES**Tabell 46.** *Utslipp av kvikksølv fra elver, årsmiddel tonn/år, 2004-2008.*

Index	Country	Name	Utslipp av kvikksølv kg/år				
			2004	2005	2006	2007	2008
1	Norge	Haldenvassdraget	0.9300	0.6300	1.0300	0.7000	1.3800
2	Norge	Glommavassdraget	53.1500	49.4700	73.1000	49.7900	54.8300
3	Norge	Mossevassdraget	0.3900	0.2600	0.4200	0.3800	0.5200
4	Norge	Hølenelva/Drøbaksund øst	0.0959	0.0748	0.0996	0.0958	0.1333
5	Norge	Nesodden og Bunnefjorden	0.0875	0.0727	0.0905	0.0899	0.1050
6	Norge	Nordmarkvassdraget	0.5500	0.4400	0.6700	0.5600	0.7500
7	Norge	Lysakerelva	0.1648	0.1275	0.1961	0.0893	0.1900
8	Norge	Sandvikselva	0.0364	0.0176	0.0146	0.7900	0
9	Norge	Årosvassdraget	0.0793	0.0601	0.0819	0.0897	0.0967
11	Norge	Lierelva/Drammensfjorden øst	0.3900	0.2500	0.5400	0.1365	0.6000
12	Norge	Drammensvassdraget	12.7900	8.4600	10.3400	12.4600	15.1600
13	Norge	Sandevassdraget	0.1198	0.0864	0.1197	0.0906	0.1566
14	Norge	Aulivassdraget	0.6600	0.4100	0.7200	0.5100	0.8600
15	Norge	Numedalslågen/Siljanvassdraget	6.3500	4.2900	10.5400	5.0400	5.0000
16	Norge	Skienvassdraget/Langesundfjorden	13.2700	9.3800	15.4300	10.3600	11.2600
17	Norge	Kragerøvassdraget/Bamle/Kragerø	1.2500	0.5500	1.4200	0.6800	1.0000
18	Norge	Vegårsvassdraget/Gjerstadvassdraget	0.8100	0.5800	1.1000	0.7200	1.1000
19	Norge	Arendalsvassdrager	3.7200	3.1800	4.8700	3.2900	4.5400
20	Norge	Tovdalsvassdraget	6.2500	1.3900	3.9500	1.6600	2.5900
21	Norge	Otra/Kristiansand og Flekkerøy	20.6200	4.4700	5.1600	4.6000	14.8400
22	Norge	Mandalselva	3.2400	2.6600	3.2000	2.7500	6.5900
23	Norge	Audna	0.5800	0.5200	0.5700	0.5400	0.6500
24	Norge	Lygna	1.3300	1.0000	1.8200	0.9200	1.4000
25	Norge	Kvina/Fedafjorden	2.6600	2.6900	2.7000	2.2600	7.9400
26	Norge	Sira/Sokna	4.9900	6.3900	5.1900	8.4700	6.6200
27	Norge	Bjerkreimsvassdraget	2.1400	2.3400	2.5000	2.4200	2.8000
28	Norge	Figgjo/Jæren	1.2300	0.6100	0.8600	0.6700	1.4100
29	Norge	Stavanger og Sandnes	0.0996	0.1306	0.1131	0.1233	0.1085
30	Norge	Frafjordelva	1.7500	2.0500	1.7600	2.2200	2.0800
31	Norge	Lysevassdraget	0.7000	0.5600	0.4300	0.6100	1.3000
32	Norge	Jørpelandsåna	1.3700	1.8600	1.3300	1.7700	1.7400
35	Norge	Ulla/Førrelva	2.5100	3.7300	2.3900	3.7400	3.5500
36	Norge	Suldalsvassdraget	1.9300	3.0600	1.4100	1.4700	1.4600
37	Norge	Saudavassdraget	0.2800	0.3600	0.2582	0.3500	0.3500
38	Norge	Vikedalselva/Vindafjord	0.3100	0.5300	0.2600	0.3400	0.3400
41	Norge	Etnevassdraget	0.9400	1.3200	0.9200	1.2300	1.1700
48	Norge	Opo/Sorfjorden vest	0.5200	0.3800	0.1027	1.6700	1.7700
49	Norge	Tysso/Sørfjorden øst	1.2800	1.7800	1.2900	1.4800	1.8700
50	Norge	Eidfjordvassdraget	2.3400	3.3400	2.1900	3.3400	3.2500
51	Norge	Osafjorden/Ulvikfjorden/Eidfjorden	0.2500	0.3900	0.2689	0.3300	0.3500
55	Norge	Samnangervassdraget	1.1000	1.3800	0.9100	1.1600	0.9700
61	Norge	Bergsdalsvassdraget	0.5800	0.7800	0.5300	0.6800	0.5900
62	Norge	Vossovassdraget	3.6700	3.7400	4.2400	3.8100	3.7800
63	Norge	Eksingedalsvassdraget	1.1900	1.7400	1.2800	1.5700	1.5100
64	Norge	Steinslandsvassdraget	1.1100	1.6000	1.1900	1.4900	1.3800
71	Norge	Nærøyelvi/Fresvikbreen	0.4500	0.7000	0.4900	0.5800	0.6300
72	Norge	Aurlandsvassdraget	1.2600	1.9500	1.3700	1.9200	1.8400
73	Norge	Lærdalsvassdraget	1.2500	1.7300	1.3000	1.5100	1.6900
74	Norge	Årdalsvassdraget	3.7000	5.1300	4.5400	1.2700	4.4100
75	Norge	Fortunvassdraget	4.5200	2.6400	2.2900	1.3100	1.3100

Index	Country	Name	Utslipp av kvikksølv kg/år				
			2004	2005	2006	2007	2008
76	Norge	Jostedal/Lusterfjorden vest	1.1600	3.6300	2.7100	2.1900	2.1900
77	Norge	Årøyvassdraget	1.8400	1.5000	1.3500	1.3300	1.3300
83	Norge	Gaularvassdraget	2.9400	2.8100	1.9600	2.2100	2.2100
84	Norge	Jølstra/Førdefjorden	1.3700	4.2200	3.7100	4.1400	4.1400
85	Norge	Oselvassdraget	1.3700	1.8200	1.2500	1.6000	1.6000
86	Norge	Gjengedalsvassdraget	1.6900	1.8000	1.3500	1.6500	1.6500
87	Norge	Breimsvassdraget	2.3100	1.9400	1.8900	1.7700	1.7700
88	Norge	Strynvassdraget	0.9000	2.7800	2.6100	2.5700	2.5700
89	Norge	Hornindalvassdraget	4.5200	1.1400	0.8200	1.1300	1.1300
101	Sverige	Rönne å	1.6	2.1	0.0024	3.9	2
102	Sverige	Lagan	10.9	6.9	0.01115	14.4	12.4
103	Sverige	Nissan	7.7	5.4	0.00885	10.9	11.4
104	Sverige	Ätran	6.2	5.1	0.007275	8.7	9.1
105	Sverige	Viskan	1.8	1.4	0.004175	5.9	7.6
106	Sverige	Göta älv	22.9	23.5	0.029475	32.3	39.2
107	Sverige	Bäveån	0.7	0.5	0.000725	0.7	1
108	Sverige	Örekilsälven	3.4	2.4	0.003575	4	4.5
109	Sverige	Strömsån	0.7	0.5	0.000725	0.8	0.9
110	Sverige	Enningdalsälven	1.2	1	0.0013	1.1	1.9
201	Danmark	Gudenå	3.1	0.0031	0.0031	0.0031	0.0031
301	Tyskland	Eider	6	3.99	2.850396	2.794512	5
302	Tyskland	Elbe Estuary	1400	1500	2000	1190	1123
303	Tyskland	Ems	40	31	16	71	31
304	Tyskland	Weser	400	1017	542	386.3	110
401	Nederland	Noordzeekanaal	18	25	15.3	0	18.5
402	Nederland	IJsselmeer	221.6	97	91.5	0	184.8
403	Nederland	Haringvlietsluizen	157.6	127	227.2	0	95.7
404	Nederland	Maasluis	1164	1028	3256.8	0	566.2
501	Belgia	Ijzer	1.55316	6.387848	18.51829	10.97731	10.83888
502	Belgia	Schelde	143.0115	206.9335	487.0033	413.4535	374.7024
601	Frankrike	II-SN-SE-SEINE	105	2.080744	142	198	7877.977
602	Frankrike	II-SN-NC-Dives	0.178543	0.178543	0.178543	0.178543	178.5435
603	Frankrike	II-SN-NC-Douve	0.145012	0.145012	0.145012	0.145012	145.0115
604	Frankrike	II-SN-NC-Orne	0.524004	0.524004	0.524004	0.524004	524.0041
605	Frankrike	II-SN-NC-Seulles	0.114708	0.114708	0.114708	0.114708	114.7084
606	Frankrike	II-SN-NC-Touques	0.172323	0.172323	0.172323	0.172323	172.3226
607	Frankrike	II-SN-NC-Vire	0.438997	0.438997	0.438997	0.438997	438.9967
608	Frankrike	II-SN-NO-Bethune	0.409019	0.409019	0.409019	0.409019	409.0194
609	Frankrike	II-SN-NO-Saane	0.296769	0.296769	0.296769	0.296769	296.7694
610	Frankrike	II-SN-SC-Selune	0.159683	0.159683	0.159683	0.159683	159.6832
611	Frankrike	II-SN-SC-Sienne	0.239842	0.239842	0.239842	0.239842	239.8422
612	Frankrike	II-SN-SE-Risle	0.179417	0.179417	0.179417	0.179417	179.4172
613	Frankrike	II-SN-SE-Eure	0.332998	0.332998	0.332998	0.332998	332.9978
701	Storbritannia	North Sea (North)	0.067356	0.067356	0.067356	66.71132	68
702	Storbritannia	North Sea (North)	0.067356	0.067356	0.067356	66.71132	68
703	Storbritannia	North Sea (North)	0.067356	0.067356	0.067356	66.71132	68
704	Storbritannia	North Sea (South)	0.11619	0.11619	0.11619	92.88	139.5
705	Storbritannia	North Sea (South)	0.11619	0.11619	0.11619	92.88	139.5
706	Storbritannia	Channel	0.14812	0.14812	0.14812	166.24	130

Tabell 47. *Utslipp av bly fra elver, årsmiddel tonn/år, 2004-2008.*

Indeks	Land	Navn	Utslipp av bly tonn/år				
			2004	2005	2006	2007	2008
1	Norge	Haldenvassdraget	0.1339	0.1472	0.1748	0.1571	0.26
2	Norge	Glommavassdraget	11.01	13.78	16.86	11.5	23.67
3	Norge	Mossevassdraget	0.0731	0.0553	0.0689	0.0745	0.092
4	Norge	Hølenelva/Drøbaksund øst	0.0232	0.0163	0.0241	0.0236	0.0333
5	Norge	Nesodden og Bunnefjorden	0.003	0.0024	0.0034	0.0031	0.0043
6	Norge	Nordmarkvassdraget	0.1026	0.0859	0.1076	0.0956	0.1285
7	Norge	Lysakerelva	0.0161	0.0119	0.014	0.0441	0.0122
8	Norge	Sandvikselva	0.0005	0.0004	0.0006	0.0552	0.0006
9	Norge	Årosvassdraget	0.0489	0.0339	0.0555	0.0569	0.0662
11	Norge	Lierelva/Drammensfjorden øst	0.1415	0.1074	0.1869	0.31	0.2
12	Norge	Drammensvassdraget	3.83	1.78	1.15	4.49	1.8
13	Norge	Sandevassdraget	0.0982	0.0772	0.1044	0.2588	0.1336
14	Norge	Aulivassdraget	0.0861	0.06	0.0786	0.3	0.0954
15	Norge	Numedalslågen/Siljanvassdraget	1.17	0.71	1.15	9.44	1.39
16	Norge	Skienvassdraget/Langesundfjorden	2.58	0.6	0.51	0.66	0.68
17	Norge	Kragerøvassdraget/Bamle/Kragerø	0.1577	0.0951	0.1911	0.1406	0.1885
18	Norge	Vegårvassdraget/Gjerstadvassdraget	0.1986	0.1665	0.3075	0.1937	0.2797
19	Norge	Arendalsvassdrager	1.11	0.4	1.58	0.63	1.51
20	Norge	Tovdalsvassdraget	0.75	0.39	1.01	0.6	1.31
21	Norge	Otra/Kristiansand og Flekkerøy	1.18	1.18	1.53	1.43	1.84
22	Norge	Mandalselva	1.42	0.94	1.38	1.7	1.94
23	Norge	Audna	0.1682	0.1651	0.1778	0.1694	0.2098
24	Norge	Lygna	0.43	0.23	0.36	0.7	0.6
25	Norge	Kvina/Fedafjorden	1.08	0.76	1.06	1.8	2.13
26	Norge	Sira/Sokna	1.55	1.64	1.28	2.19	1.7
27	Norge	Bjerkreimsvassdraget	0.97	0.53	0.65	0.66	0.59
28	Norge	Figgjo/Jæren	0.1295	0.3043	0.1999	0.2772	0.1437
29	Norge	Stavanger og Sandnes	0.0104	0.0132	0.0112	0.013	0.0122
30	Norge	Frafjordelva	0.26	0.3	0.2588	0.33	0.3
31	Norge	Lysevassdraget	0.0642	0.0593	0.056	0.0703	0.0907
32	Norge	Jørpelandsåna	0.1251	0.1465	0.1271	0.34	0.1376
35	Norge	Ulla/Førreelva	0.1787	0.39	0.2179	0.49	0.239
36	Norge	Suldalsvassdraget	0.1099	0.92	0.2107	0.1388	0.0864
37	Norge	Saudavassdraget	0.0174	0.0223	0.0159	0.0209	0.0216
38	Norge	Vikedalselva/Vindafjord	0.059	0.1346	0.0375	0.1009	0.0823
41	Norge	Etnevassdraget	0.0438	0.0579	0.0435	0.0569	0.0538
48	Norge	Opo/Sorfjorden vest	0.46	0.64	0.56	0.46	0.68
49	Norge	Tysso/Sørfjorden øst	0.0622	0.0667	0.0509	0.114	0.0612
50	Norge	Eidfjordvassdraget	0.1368	0.1812	0.1102	0.1202	0.1563
51	Norge	Osafjorden/Ulvikfjorden/Eidfjorden	0.0155	0.0219	0.0157	0.0198	0.0206
55	Norge	Samnangervassdraget	0.1753	0.21	0.159	0.1786	0.1529
61	Norge	Bergsdalsvassdraget	0.1098	0.1256	0.0958	0.1192	0.1011
62	Norge	Vossovassdraget	0.1062	0.2049	0.147	0.2048	0.1743
63	Norge	Eksingedalsvassdraget	0.1275	0.1862	0.1451	0.16	0.1486
64	Norge	Steinslandsvassdraget	0.1221	0.1677	0.1402	0.14	0.1514
71	Norge	Nærøyelvi/Fresvikbreen	0.0074	0.0053	0.0027	0.0095	0.0034
72	Norge	Aurlandsvassdraget	0.113	0.1732	0.1353	0.0418	0.1927
73	Norge	Lærdalsvassdraget	0.0692	0.0991	0.0675	0.0379	0.0945
74	Norge	Årdalsvassdraget	0.0403	0.0447	0.036	0.0262	0.0284
75	Norge	Fortunvassdraget	0.1047	0.1292	0.1116	0.0908	0.0988
76	Norge	Jostedøla/Lusterfjorden vest	0.98	1.08	1.22	1.59	0.46

Indeks	Land	Navn	Utslipp av bly tonn/år				
			2004	2005	2006	2007	2008
77	Norge	Årøyvassdraget	0.0895	0.0991	0.0908	0.0906	0.1014
83	Norge	Gaularvassdraget	0.1243	0.0994	0.1189	0.15	0.1261
84	Norge	Jølstra/Førdefjorden	0.1183	0.1369	0.1254	0.22	0.1477
85	Norge	Oselvassdraget	0.083	0.1036	0.0746	0.0995	0.0865
86	Norge	Gjengedalsvassdraget	0.0598	0.0771	0.0575	0.0713	0.064
87	Norge	Breimsvassdraget	0.0683	0.0785	0.0898	0.0367	0.0561
88	Norge	Strynvassdraget	0.1495	0.1762	0.1716	0.1685	0.1435
89	Norge	Hornindalvassdraget	0.0278	0.0344	0.0256	0.0344	0.0304
101	Sverige	Rönne å	0.38	0.39	0	0.65	0.32
102	Sverige	Lagan	1.79	1.18	1.6925	2.09	1.71
103	Sverige	Nissan	1.23	0.94	1.365	1.67	1.62
104	Sverige	Ätran	0.77	1.33	1.0675	1.02	1.15
105	Sverige	Viskan	0.33	0.35	0.6	0.72	1
106	Sverige	Göta älv	5.3	5.9	6.5775	6.07	9.04
107	Sverige	Bäveån	0.13	0.09	0.1175	0.11	0.14
108	Sverige	Örekilsälven	0.4	0.26	0.4075	0.41	0.56
109	Sverige	Strömsån	0.08	0.05	0.08	0.08	0.11
110	Sverige	Enningdalsälven	0.1	0.07	0.1025	0.09	0.15
201	Danmark	Gudenå	0.294	0.294	0.294	0.294	0.294
301	Tyskland	Eider	0.8	0.418	0.6309	0.8152	0.711
302	Tyskland	Elbe Estuary	84.8	90.9	86.1	96.4	75.7
303	Tyskland	Ems	4.3	4.7	2.2	6.8	2.2
304	Tyskland	Weser	48	39.137	39.344	39.344	38.3
401	Nederland	Noordzeekanaal	1.814	1.187	1.628	1.7823	2.5
402	Nederland	IJsselmeer	31.355	8.462	9.494	18.1763	23.394
403	Nederland	Haringvlietsluizen	18.196	11.186	15.214	14.8983	14.997
404	Nederland	Maasluis	123.778	78.7	90.837	91.6967	73.472
601	Frankrike	II-SN-SE-SEINE	8.443	8.7742	3.253	15.37	8.031
602	Frankrike	II-SN-NC-Dives	0.1339	0.1339	0.1339	0.1339	0.1339
603	Frankrike	II-SN-NC-Douve	0.1088	0.1088	0.1088	0.1088	0.1088
604	Frankrike	II-SN-NC-Orne	0.419	0.419	0.419	0.419	0.419
605	Frankrike	II-SN-NC-Seulles	0.1372	0.1372	0.1372	0.1372	0.1372
606	Frankrike	II-SN-NC-Touques	0.1387	0.1387	0.1387	0.1387	0.1387
607	Frankrike	II-SN-NC-Vire	0.3619	0.3619	0.3619	0.3619	0.3619
608	Frankrike	II-SN-NO-Bethune	0.3277	0.3277	0.3277	0.3277	0.3277
609	Frankrike	II-SN-NO-Saane	0.2397	0.2397	0.2397	0.2397	0.2397
610	Frankrike	II-SN-SC-Selune	0.1198	0.1198	0.1198	0.1198	0.1198
611	Frankrike	II-SN-SC-Sienne	0.1977	0.1977	0.1977	0.1977	0.1977
612	Frankrike	II-SN-SE-Risle	0.1435	0.1435	0.1435	0.1435	0.1435
613	Frankrike	II-SN-SE-Eure	0.424	0.424	0.424	0.424	0.424
701	Storbritannia	North Sea (North)	30.855	30.855	30.855	45.2879	16.422
702	Storbritannia	North Sea (North)	30.855	30.855	30.855	45.2879	16.422
703	Storbritannia	North Sea (North)	30.855	30.855	30.855	45.2879	16.422
704	Storbritannia	North Sea (South)	41.9532	41.9532	41.9532	36.776	47.1305
705	Storbritannia	North Sea (South)	41.9532	41.9532	41.9532	36.776	47.1305
706	Storbritannia	Channel	17.5136	17.5136	17.5136	17.3691	17.658

Tabell 48. Utslipp av kadmium fra elver, årsmiddel tonn/år, 2004-2008.

Indeks	Land	Navn	Utslipp av kadmium kg/år				
			2004	2005	2006	2007	2008
1	Norge	Haldenvassdraget	17.7333	11.9891	14.1054	15.7667	20.8911
2	Norge	Glommavassdraget	500.0000	570.0000	800.0000	400.0000	750.0000
3	Norge	Mossevassdraget	1.0136	0.7492	1.1456	1.0271	1.4013
4	Norge	Hølenelva/Drøbaksund øst	0.4848	0.3390	0.5018	0.4922	0.6955
5	Norge	Nesodden og Bunnefjorden	0.0005	0.0004	0.0005	0.0005	0.0007
6	Norge	Nordmarkvassdraget	3.4104	2.8317	4.0655	3.4721	4.4430
7	Norge	Lysakerelva	1.2268	0.8130	0.8061	4.8991	0.5128
8	Norge	Sandvikselva	0.0010	0.0007	0.0012	3.1020	0.0013
9	Norge	Årosvassdraget	2.0337	1.4081	2.3372	2.3643	2.7509
11	Norge	Lierelva/Drammensfjorden øst	7.0609	4.3589	8.1929	12.1677	8.4900
12	Norge	Drammensvassdraget	100.9828	86.0832	91.1671	129.5478	118.6845
13	Norge	Sandevassdraget	12.3790	7.8305	11.7385	20.2737	14.3043
14	Norge	Aulivassdraget	10.2521	6.5747	10.4488	11.3354	12.0959
15	Norge	Numedalslågen/Siljanvassdraget	78.1072	73.0651	84.2748	129.6042	83.3298
16	Norge	Skienvassdraget/Langesundfjorden	106.2617	83.2729	92.0160	92.2744	98.4751
17	Norge	Kragerøvassdraget/Bamble/Kragerø	30.6825	19.1772	36.1537	22.3842	38.4482
18	Norge	Vegårsvassdraget/Gjerstadvassdraget	11.5943	8.5164	15.5294	10.4229	15.1840
19	Norge	Arendalsvassdrager	110.4108	68.2285	129.4993	71.7541	135.6199
20	Norge	Tovdalsvassdraget	89.8590	46.2950	71.8284	53.4239	104.1663
21	Norge	Otra/Kristiansand og Flekkerøy	98.8075	85.3553	96.0523	89.4809	103.8642
22	Norge	Mandalselva	88.9625	65.9518	71.2664	84.1824	99.1514
23	Norge	Audna	14.0225	12.9410	14.2320	13.3196	15.9958
24	Norge	Lygna	30.8267	25.2920	23.9809	33.0355	29.1842
25	Norge	Kvina/Fedafjorden	50.0712	64.0361	46.1055	65.8296	63.0911
26	Norge	Sira/Sokna	85.0957	61.4249	57.5145	84.2064	87.3603
27	Norge	Bjerkreimsvassdraget	46.9921	52.1612	42.5717	47.0565	52.1077
28	Norge	Figgjo/Jæren	6.3329	13.0824	7.8714	11.7081	6.7932
29	Norge	Stavanger og Sandnes	1.1989	1.5093	1.2868	1.4909	1.3973
30	Norge	Frafjordelva	17.2110	20.2840	17.2562	21.7674	20.3541
31	Norge	Lysevassdraget	5.0077	3.4862	4.0659	6.2868	9.7355
32	Norge	Jørpelandsåna	9.5150	11.4155	11.2951	15.2794	12.4247
35	Norge	Ulla/Førreelva	20.7417	28.9924	21.7857	32.4357	34.5554
36	Norge	Suldalsvassdraget	16.2894	27.0860	16.7698	16.1610	15.3937
37	Norge	Saudavassdraget	0.9614	1.2346	0.8796	1.1540	1.1929
38	Norge	Vikedalselva/Vindafjord	3.3707	5.2703	3.6288	9.5289	7.4829
41	Norge	Etnevassdraget	7.9055	10.9519	7.8464	10.2755	9.7159
48	Norge	Opo/Sorfjorden vest	5.0863	2.2299	0.0155	29.6354	0.0183
49	Norge	Tysso/Sørfjorden øst	10.6533	12.1933	6.9472	27.5042	7.2547
50	Norge	Eidfjordvassdraget	5.2324	5.7200	2.8497	25.9163	2.8281
51	Norge	Osafjorden/Ulvikfjorden/Eidfjorden	1.5957	2.2485	1.6094	2.0310	2.1118
55	Norge	Samnangervassdraget	17.4572	21.6907	14.5900	18.4763	15.6134
61	Norge	Bergsdalsvassdraget	7.4712	9.6721	6.6824	8.5746	20.8911
62	Norge	Vossovassdraget	20.1010	24.9712	17.3162	20.5306	750.0000
63	Norge	Eksingedalsvassdraget	12.5404	18.1692	13.4444	16.1766	1.4013
64	Norge	Steinslandsvassdraget	11.8133	16.5771	12.5754	15.4088	0.6955
71	Norge	Nærøyelvi/Fresvikbreen	2.6226	1.9022	0.0055	3.3507	0.0007
72	Norge	Aurlandsvassdraget	0.8140	0.1777	0.0143	9.2768	4.4430
73	Norge	Lærdalsvassdraget	3.4731	3.0525	0.9975	8.1927	0.5128
74	Norge	Årdalsvassdraget	8.3350	10.3886	8.1616	6.9412	0.0013
75	Norge	Fortunvassdraget	10.2946	14.0699	11.5832	7.8349	2.7509
76	Norge	Jostedøla/Lusterfjorden vest	13.5526	14.3850	16.9211	15.4888	14.7213

Indeks	Land	Navn	Utslipp av kadmium kg/år				
			2004	2005	2006	2007	2008
77	Norge	Årøyvassdraget	6.7219	7.7418	6.1935	7.2312	5.6486
83	Norge	Gaularvassdraget	9.8279	11.9307	13.4627	19.0744	11.2050
84	Norge	Jølstra/Førdefjorden	17.0252	20.7378	14.8594	21.9188	21.0288
85	Norge	Oselvassdraget	0.0094	0.0124	0.0088	0.0111	0.0095
86	Norge	Gjengedalsvassdraget	2.6160	3.4198	2.6007	3.1181	2.7970
87	Norge	Breimsvassdraget	13.4703	10.0367	7.9446	9.1938	9.4658
88	Norge	Strynvassdraget	18.2154	21.8796	20.6726	20.2524	19.6325
89	Norge	Hornindalvassdraget	5.2213	6.4610	4.8165	6.4629	5.7133
101	Sverige	Rönne å	19	19	0	46	22
102	Sverige	Lagan	69	38	0	88	69
103	Sverige	Nissan	56	29	0	67	57
104	Sverige	Ätran	50	30	0	53	59
105	Sverige	Viskan	10	17	0	35	39
106	Sverige	Göta älv	117	120	0	172	267
107	Sverige	Bäveån	4	3	0	4	5
108	Sverige	Örekilsälven	16	10	0	15	21
109	Sverige	Strömsån	3	2	0	3	4
110	Sverige	Enningdalsälven	8	5	0	8	12
201	Danmark	Gudenå	19.5	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195
301	Tyskland	Eider	40	41.4	0	25.7621	33
302	Tyskland	Elbe Estuary	3000	3800	3400	3200	2710
303	Tyskland	Ems	200	270	120	330	150
304	Tyskland	Weser	1400	1214	1100	1869	1320
401	Nederland	Noordzeekanaal	396.2	240	521.9	0	243.2
402	Nederland	IJsselmeer	1074.8	762	772.2	0	1223.2
403	Nederland	Haringvlietsluizen	656.4	769	1660.1	0	1134.9
404	Nederland	Maasluis	3952	3195	5807.7	0	4323.2
501	Belgia	Ijzer	14.109	23.4118	47.0317	69.4557	26.844
502	Belgia	Schelde	3316.019	2305.883	1487.097	3015.028	3875.991
601	Frankrike	II-SN-SE-SEINE	480	4.3642	394	826	15756.95
602	Frankrike	II-SN-NC-Dives	0.3422	0.3422	0.3422	0.3422	342.2084
603	Frankrike	II-SN-NC-Douve	0.2779	0.2779	0.2779	0.2779	277.9387
604	Frankrike	II-SN-NC-Orne	1.0492	1.0492	1.0492	1.0492	1049.202
605	Frankrike	II-SN-NC-Seulles	0.2294	0.2294	0.2294	0.2294	229.4168
606	Frankrike	II-SN-NC-Touques	0.3457	0.3457	0.3457	0.3457	345.729
607	Frankrike	II-SN-NC-Vire	0.8762	0.8762	0.8762	0.8762	876.2017
608	Frankrike	II-SN-NO-Bethune	0.818	0.818	0.818	0.818	818.0388
609	Frankrike	II-SN-NO-Saane	0.5935	0.5935	0.5935	0.5935	593.5388
610	Frankrike	II-SN-SC-Selune	0.4592	0.4592	0.4592	0.4592	459.2045
611	Frankrike	II-SN-SC-Sienne	0.3061	0.3061	0.3061	0.3061	306.0596
612	Frankrike	II-SN-SE-Risle	0.3577	0.3577	0.3577	0.3577	357.677
613	Frankrike	II-SN-SE-Eure	0.666	0.666	0.666	0.666	665.9956
701	Storbritannia	North Sea (North)	0.4749	0.4749	0.4749	521.1192	428.6667
702	Storbritannia	North Sea (North)	0.4749	0.4749	0.4749	521.1192	428.6667
703	Storbritannia	North Sea (North)	0.4749	0.4749	0.4749	521.1192	428.6667
704	Storbritannia	North Sea (South)	1.1355	1.1355	1.1355	1003.085	1268
705	Storbritannia	North Sea (South)	1.1355	1.1355	1.1355	1003.085	1268
706	Storbritannia	Channel	0.6675	0.6675	0.6675	655.95	679

Tabell 49. *Utslipp av PCB fra elver, årsmiddel tonn/år, 2004-2008.*

Indeks	Land	Navn	Utslipp av PCB tonn/år				
			2004	2005	2006	2007	2008
1	Norge	Haldenvassdraget	0.133	0.1142	0.1605	0.1439	0.1772
2	Norge	Glommavassdraget	55.68	54.48	65.45	65.81	73.14
3	Norge	Mossevassdraget	0.0608	0.045	0.0613	0.0616	0.0798
4	Norge	Hølenelva/Drøbaksund øst	0.0093	0.0065	0.0096	0.0094	0.0133
5	Norge	Nesodden og Bunnefjorden	0.01	0.008	0.0114	0.0105	0.0145
6	Norge	Nordmarkvassdraget	0.0631	0.0542	0.0676	0.0664	0.0767
7	Norge	Lysakerelva	0.021	0.018	0.025	0.0219	0.0266
8	Norge	Sandvikselva	0.0282	0.0204	0.0338	0.0321	0.0367
9	Norge	Årosvassdraget	0.0107	0.0074	0.0123	0.0124	0.0144
11	Norge	Lierelva/Drammensfjorden øst	0.0315	0.0196	0.0373	0.0347	0.039
12	Norge	Drammensvassdraget	13.5	9.82	29.32	16.91	17.48
13	Norge	Sandevassdraget	0.0204	0.0132	0.0202	0.0218	0.0252
14	Norge	Aulivassdraget	0.042	0.0259	0.0396	0.0353	0.0441
15	Norge	Numedalslågen/Siljanvassdraget	4.99	3.72	13.3	6.27	6.05
16	Norge	Skienvassdraget/Langesundfjorden	12.13	10.58	33.95	13.44	21.3
17	Norge	Kragerøvassdraget/Bamle/Kragerø	0.1574	0.1101	0.1795	0.1373	0.1679
18	Norge	Vegårsvassdraget/Gjerstadvassdraget	0.1274	0.0968	0.1645	0.1059	0.153
19	Norge	Arendalsvassdrager	0.74	0.55	0.82	0.65	0.9
20	Norge	Tovdalsvassdraget	0.33	0.23	0.36	0.28	0.47
21	Norge	Otra/Kristiansand og Flekkerøy	5.93	4.32	13.02	6.46	8.24
22	Norge	Mandalselva	0.55	0.51	0.65	0.53	0.74
23	Norge	Audna	0.0967	0.0917	0.0867	0.087	0.1099
24	Norge	Lygna	0.1386	0.1485	0.1679	0.1495	0.2
25	Norge	Kvina/Fedafjorden	0.35	0.43	0.42	0.43	0.55
26	Norge	Sira/Sokna	0.95	1.15	1	1.15	1.29
27	Norge	Bjerkreimsvassdraget	0.36	0.42	0.38	0.42	0.45
28	Norge	Figgjo/Jæren	0.2859	0.2409	0.2843	0.3059	0.3081
29	Norge	Stavanger og Sandnes	0.0252	0.0317	0.027	0.0313	0.0293
30	Norge	Frafjordelva	0.3	0.35	0.31	0.37	0.36
31	Norge	Lysevassdraget	0.1	0.1124	0.0996	0.1209	0.1038
32	Norge	Jørpelandsåna	0.2596	0.29	0.2387	0.33	0.32
35	Norge	Ulla/Førreelva	0.49	0.64	0.47	0.63	0.63
36	Norge	Suldalsvassdraget	1.96	2.34	1.99	2.11	2.05
37	Norge	Saudavassdraget	0.0548	0.0648	0.0473	0.065	0.0683
38	Norge	Vikedalselva/Vindafjord	0.0623	0.0751	0.0584	0.0817	0.0773
41	Norge	Etnevassdraget	0.1044	0.1472	0.1109	0.1233	0.106
48	Norge	Opo/Sorfjorden vest	0.2393	0.33	0.2712	0.29	0.33
49	Norge	Tysso/Sørfjorden øst	0.1531	0.2288	0.1655	0.2134	0.2353
50	Norge	Eidfjordvassdraget	0.45	0.65	0.4091	0.63	0.62
51	Norge	Osafjorden/Ulvikfjorden/Eidfjorden	0.0551	0.071	0.0547	0.0683	0.0708
55	Norge	Samnangervassdraget	0.1867	0.24	0.1607	0.1894	0.1749
61	Norge	Bergsdalsvassdraget	0.1151	0.1378	0.1012	0.1223	0.1044
62	Norge	Vossovassdraget	0.5379	0.74	0.4714	0.75	4.26
63	Norge	Eksingedalsvassdraget	0.218	0.33	0.2529	0.27	0.2776
64	Norge	Steinslandsvassdraget	0.1983	0.29	0.2254	0.25	0.2481
71	Norge	Nærøyelvi/Fresvikbreen	0.0928	0.1201	0.0914	0.1146	0.1158
72	Norge	Aurlandsvassdraget	0.2282	0.3787	0.2611	0.32	0.34
73	Norge	Lærdalsvassdraget	0.2343	0.3379	0.232	0.2699	0.31
74	Norge	Årdalsvassdraget	0.2332	0.3229	0.2688	0.2293	0.2685
75	Norge	Fortunvassdraget	0.2126	0.3004	0.2647	0.2281	0.2848
76	Norge	Jostedøla/Lusterfjorden vest	0.34	0.4593	0.4772	0.42	0.41
77	Norge	Årøyvassdraget	0.19	0.2886	0.2529	0.22	0.24

Indeks	Land	Navn	Utslipp av PCB tonn/år				
			2004	2005	2006	2007	2008
83	Norge	Gaularvassdraget	0.36	0.45	0.34	0.42	0.37
84	Norge	Jølstra/Førdefjorden	0.53	0.7	0.52	0.67	0.59
85	Norge	Oselvassdraget	0.1358	0.2	0.1438	0.1796	0.1443
86	Norge	Gjengedalsvassdraget	0.1385	0.1783	0.1437	0.15	0.1482
87	Norge	Breimsvassdraget	0.27	0.37	0.2888	0.33	0.31
88	Norge	Strynvassdraget	0.44	0.54	0.5	0.49	0.46
89	Norge	Hornindalvassdraget	0.1562	0.2	0.1507	0.2	0.1646
303	Tyskland	Ems	6	6.5	4	6.5	4.8
304	Tyskland	Weser	20	22.343	16.698	29	22.22
401	Nederland	Noordzeekanaal	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
402	Nederland	IJsselmeer	6.6	6.6	7	6.6	6.2
403	Nederland	Haringvlietsluizen	10.15	10.15	11.3	10.15	9
404	Nederland	Maasluis	46.4	46.4	54.7	46.4	38.1
501	Belgia	Ijzer	1.7185	1.2193	3.603	3.972	2.9838
502	Belgia	Schelde	59.4987	56.8717	59.0517	67.1902	71.7142
701	Storbritannia	North Sea (North)	15.2366	15.2366	15.2366	13.5678	16.9053
702	Storbritannia	North Sea (North)	15.2366	15.2366	15.2366	13.5678	16.9053
703	Storbritannia	North Sea (North)	15.2366	15.2366	15.2366	13.5678	16.9053
704	Storbritannia	North Sea (South)	53.2012	53.2012	53.2012	51.1358	55.2665
705	Storbritannia	North Sea (South)	53.2012	53.2012	53.2012	51.1358	55.2665
706	Storbritannia	Channel	45.923	45.923	45.923	45.923	45.923

Utslipp fra olje- og gass-plattform*Tabell 50. Utslipp av kvikksølv fra oljeplattformer, årsmiddel tonn/år, 2004-2008.*

Plattform	Kvikksølv (Kg/år)				
	2004	2005	2006	2007	2008
Alvheim	0.000282	0.000282	0.000282	0.000171	0.000394
Balder	0.000018	0.000008	0.000004	0.000007	0.000009
Brage	0.000223	0.000000	0.000000	0.000000	0.000056
Ekofisk	0.000001	0.000275	0.000053	0.000049	0.000094
Eldfisk	0.000002	0.000002	0.000003	0.000002	0.000000
Embla	0.000040	0.000040	0.000040	0.000040	0.000040
Fram	0.000393	0.000393	0.000233	0.000918	0.000028
Frigg	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Glitne	0.000170	0.000091	0.000091	0.000011	0.000091
Grane	0.000300	0.000187	0.000468	0.000181	0.000011
Gullfaks	0.000003	0.000009	0.000000	0.000000	0.000000
Gullfaks sør	0.000011	0.000000	0.000202	0.000024	0.000000
Gyda	0.000021	0.000021	0.000021	0.000000	0.000041
Heimdal	0.000003	0.000003	0.000003	0.000003	0.000003
Jotun	0.000021	0.000008	0.000007	0.000000	0.000004
Kvitebjørn	0.000000	0.000608	0.000001	0.000163	0.000193
Oseberg	0.000010	0.000010	0.000010	0.000000	0.000019
Oseberg øst	0.000439	0.000900	0.000277	0.000076	0.000057
Oseberg sør	0.000026	0.000026	0.000026	0.000045	0.000007
Sleipner øst	0.000033	0.000033	0.000033	0.000033	0.000033
Sleipner vest	0.000174	0.000130	0.000090	0.000014	0.000108
Snorre	0.000010	0.000010	0.000010	0.000020	0.000001
Statfjord	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001
Statfjord øst	0.000142	0.000142	0.000142	0.000142	0.000142
Tambar	0.000020	0.000020	0.000007	0.000034	0.000020
Tor	0.000546	0.000000	0.000273	0.000273	0.000273
Tordis	0.000002	0.000002	0.000002	0.000002	0.000002
Tune	0.000009	0.000009	0.000009	0.000009	0.000009
Ula	0.001986	0.001459	0.000933	0.001459	0.001459
Vale	0.000070	0.000258	0.000164	0.000164	0.000164
Valhall	0.000007	0.000005	0.000014	0.000014	0.000000
Varg	0.000152	0.000089	0.000114	0.000109	0.000105
Veslefrikk	0.000489	0.000489	0.000489	0.000489	0.000489
Vigdis	0.000018	0.000015	0.000000	0.000015	0.000028
Vilje	0.000078	0.000078	0.000078	0.000122	0.000034

Tabell 51. Utslipp av kadmium fra oljeplattformer, årsmiddel tonn/år, 2004-2008.

Plattform	Kadmium (Kg/år)				
	2004	2005	2006	2007	2008
Alvheim	0.000897	0.000897	0.000500	0.000599	0.001591
Balder	0.000119	0.000079	0.000038	0.000065	0.000075
Brage	0.000203	0.000000	0.000001	0.000000	0.000051
Ekofisk	0.000099	0.000083	0.000067	0.000066	0.000079
Eldfisk	0.000015	0.000015	0.000031	0.000015	0.000000
Embla	0.000012	0.000012	0.000012	0.000012	0.000012
Fram	0.000643	0.000643	0.000312	0.001445	0.000173
Frigg	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001
Glitne	0.000238	0.000147	0.000147	0.000057	0.000147
Grane	0.000630	0.000255	0.000598	0.000234	0.000124
Gullfaks	0.000015	0.000064	0.000003	0.000002	0.000003
Gullfaks sør	0.000053	0.000000	0.000682	0.000137	0.000000
Gyda	0.000078	0.000078	0.000078	0.000001	0.000154
Heimdal	0.000003	0.000003	0.000003	0.000003	0.000003
Jotun	0.000041	0.000041	0.000041	0.000041	0.000041
Kvitebjørn	0.000275	0.000104	0.000122	0.000000	0.000018
Oseberg	0.000003	0.000810	0.000097	0.000218	0.000282
Oseberg øst	0.000054	0.000054	0.000000	0.000000	0.000163
Oseberg sør	0.000480	0.000903	0.000243	0.000067	0.000142
Sleipner øst	0.000335	0.000335	0.000335	0.000277	0.000393
Sleipner vest	0.000173	0.000173	0.000173	0.000173	0.000173
Snorre	0.000350	0.000177	0.000363	0.000071	0.000385
Statfjord	0.000026	0.000026	0.000026	0.000051	0.000001
Statfjord øst	0.000008	0.000008	0.000008	0.000008	0.000008
Tambar	0.000154	0.000154	0.000154	0.000154	0.000154
Tor	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Tordis	0.000065	0.000065	0.000007	0.000123	0.000065
Tune	0.000385	0.000002	0.000193	0.000193	0.000193
Ula	0.000015	0.000015	0.000015	0.000015	0.000015
Vale	0.000030	0.000030	0.000030	0.000030	0.000030
Valhall	0.000995	0.001304	0.001613	0.001304	0.001304
Varg	0.000090	0.000241	0.000166	0.000166	0.000166
Veslefrikk	0.000037	0.000033	0.000112	0.000053	0.000004
Vigdis	0.000428	0.000078	0.000293	0.000286	0.000381
Vilje	0.000541	0.000541	0.000541	0.000541	0.000541
Visund	0.000088	0.000143	0.000000	0.000143	0.000340
Volve	0.000325	0.000325	0.000325	0.000526	0.000125

Tabell 52. *Utslipp av bly fra oljeplattformer, årsmiddel tonn/år, 2004-2008.*

Plattform	Bly (Kg/år)				
	2004	2005	2006	2007	2008
Alvheim	0.012977	0.028620	0.011805	0.019239	0.018160
Balder	0.009746	0.000000	0.000004	0.000000	0.002438
Brage	0.002397	0.010742	0.001619	0.003510	0.004567
Ekofisk	0.004646	0.004646	0.009293	0.004646	0.000000
Eldfisk	0.001575	0.001575	0.001575	0.001575	0.001575
Embla	0.194022	0.194022	0.099354	0.441689	0.041024
Fram	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Frigg	0.033886	0.029069	0.029069	0.024252	0.029069
Glitne	0.056705	0.041095	0.061183	0.010519	0.017978
Grane	0.002183	0.032779	0.000036	0.000383	0.000085
Gullfaks	0.008549	0.000001	0.186815	0.053628	0.000000
Gullfaks sør	0.010478	0.010478	0.010478	0.000295	0.020661
Gyda	0.000004	0.000004	0.000004	0.000004	0.000004
Heimdal	0.009356	0.009356	0.009356	0.009356	0.009356
Jotun	0.006012	0.006602	0.012060	0.000010	0.008326
Kvitebjørn	0.000006	0.240381	0.005004	0.050642	0.000000
Oseberg	0.009021	0.009021	0.000000	0.000839	0.026224
Oseberg øst	0.038909	0.240033	0.047676	0.013934	0.015843
Oseberg sør	0.049606	0.049606	0.049606	0.095411	0.003801
Sleipner øst	0.023247	0.023247	0.023247	0.023247	0.023247
Sleipner vest	0.049846	0.076641	0.113542	0.031207	0.047738
Snorre	0.000013	0.000013	0.000013	0.000025	0.000000
Statfjord	0.003334	0.003334	0.003334	0.003334	0.003334
Statfjord øst	0.009041	0.009041	0.009041	0.009041	0.009041
Tambar	0.021385	0.021385	0.000002	0.042768	0.021385
Tor	0.045363	0.000011	0.022687	0.022687	0.022687
Tordis	0.006488	0.006488	0.006488	0.006488	0.006488
Tune	0.012950	0.012950	0.012950	0.012950	0.012950
Ula	0.138260	0.208369	0.278478	0.208369	0.208369
Vale	0.027000	0.036755	0.031877	0.031877	0.031877
Valhall	0.005150	0.016989	0.038047	0.015701	0.000644
Varg	0.060458	0.032442	0.055656	0.086988	0.042735
Veslefrikk	0.164693	0.164693	0.164693	0.164693	0.164693
Vigdis	0.012463	0.018773	0.000002	0.018773	0.043854
Vilje	0.107486	0.107486	0.107486	0.201511	0.013461

NORWECOM MODELLBEREGNINGER

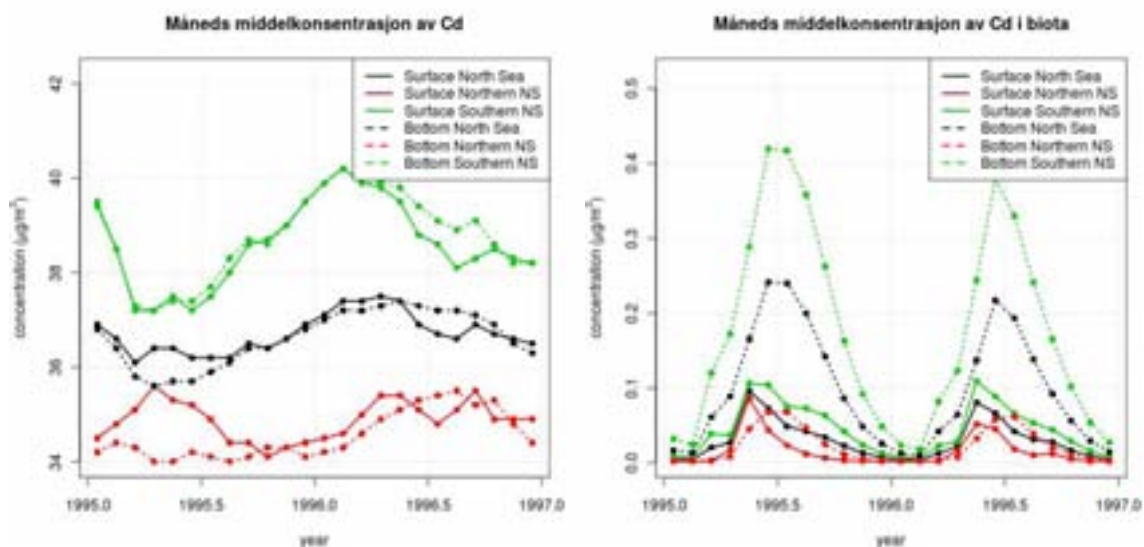
Som et supplement til beregningene utført med ECOSMO/Oxydep er det gjort beregninger for 4 ulike miljøgifter (kadmium, kvikksølv, bly og PCB153) med NORWECOM modellen ved IMR. Ved å benytte en ekstra modell for å studere transporten i og med havstrømmene av ulike miljøgifter, vil en bedre mulighetene til å si noe om usikkerheten og variabiliteten i de beregningene som er gjort, og dermed styrke konklusjonene i denne delen av rapporten. Utgangspunktet har vært å se på fordeling og konsentrasjon av de ulike miljøgiftene i to ekstrem år. Ekstrem i denne sammenhengen har vært gjennom variabilitet i de atmosfæriske drivkreftene. Disse er viktige for styrke og retning av havstrømmene som igjen transporterer og blander de ulike forurensingskomponentene rundt i Nordsjøen. For å illustrere dette er årene 1995 og 1996 valgt. Disse to årene kan karakteriseres med en henholdsvis svært høy og svært lav NAO (*North Atlantic Oscillation*). En beskrivelse av modelloppsettet er gitt i kapittel 7.2.3.

For å illustrere variabiliteten har vi sett på måneds middel og årlig maksimums konsentrasjon av de ulike stoffene i ulike områder. For månedsmiddele har vi sett på gjennomsnittet i Nordsjøen (51-61°N, 3W-9°E), samt nordlige og sørlige Nordsjøen der grensen er satt på 56.5°N. Modellen skiller mellom oppløste forurensingskomponenter og den delen som er tatt opp i biota. Opptaket i biota omfatter den mengden av forurensing som er tatt opp i planteplankton (diatomeer og flagellater) og dødt organisk materiale (detritus). Denne fordelingen blir styrt av forskjellige likevekts koeffisienter (K_{OW} eller K_D for organiske forbindelser og metaller respektivt).

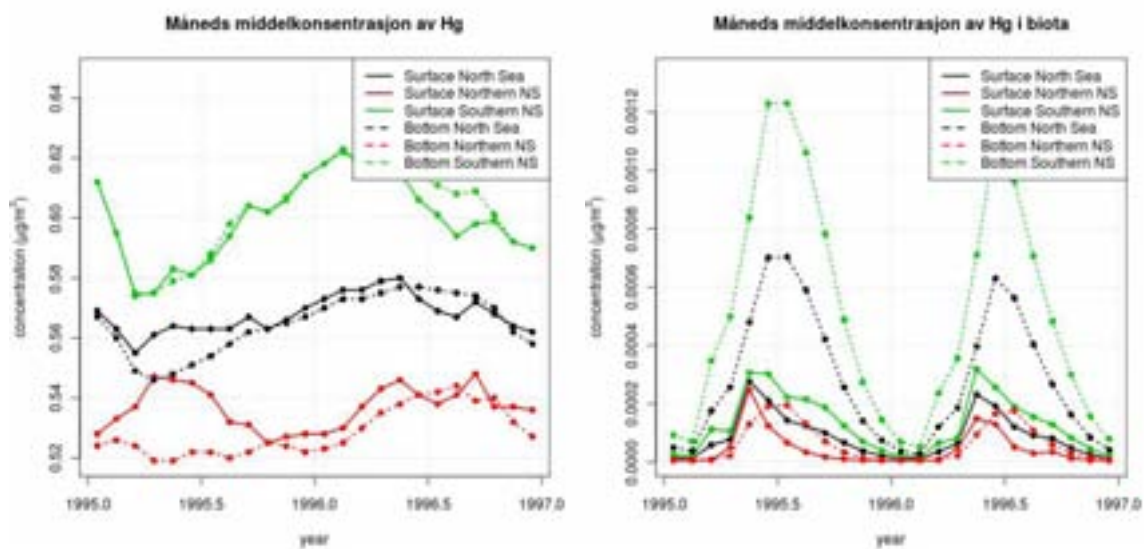
Tidsseriene for månedsmidler for kadmium, kvikksølv, bly og PCB153 (*Figur 56, Figur 57, Figur 58, Figur 59*, respektivt) viser tydelig at konsentrasjonene er betydelig høyere i den sørlige Nordsjøen enn lengre nord. Dette skyldes i hovedsak at de viktigste kildene for miljøgifter til Nordsjøen er via de store europeiske elvene. Tidseriene viser også hvordan opptaket i biota varierer med sesongen, med en kraftig økning i forbindelse med våroppblomstringen og en gradvis reduksjon ettersom det biologiske materialet blir brutt ned utover sommer og høst. Den biologisk bundne komponenten viser også en større konsentrasjon langs bunnen enn i overflaten, i motsetning til den løste delen. Dette skyldes at det biologiske materialet er partikulært og har en synkehastighet som også dermed blir gjort gjeldende for forurensingen som er bundet. Av de stoffene som er studert her er det bare PCB153 der den biologisk bundne komponenten utgjør en vesentlig del, og for denne er det tydelig å se hvordan økt konsentrasjon av bundet PCB153 medfører en klar reduksjon av den oppløste fraksjonen. For de andre stoffene ser man også en reduksjon i konsentrasjonen av oppløst materiale på våren, men denne er mindre tydelig her.

Fra tidsseriene er det også mulig å se en viss mellomårlig variasjon. Denne kan imidlertid skyldes to ting: variasjoner i sirkulasjon, blanding og transportveier eller variasjon i utslippene. I den sørlige Nordsjøen vil utslippene være viktige, mens de fysiske forholdene vil spille en vesentlig større rolle i den nordlige Nordsjøen. Ved å fokusere på den oppløste komponenten i den nordlige Nordsjøen kan man imidlertid tydelig se at de fysiske forholdene er viktige for fordelingen av miljøgiftene. I 1996 var det forholdsvis rolige forhold med lite vind sammenlignet med 1995. Dette førte igjen til mindre blanding og langsommere transport. Dette sees igjen i fordelingen av miljøgifter i overflaten og nær bunnen i den nordlige Nordsjøen. At transporten går langsommere i 1996 ser man også fra de noe høyere konsentrasjonene i sørlige Nordsjøen dette året, et signal som ikke sees i nord.

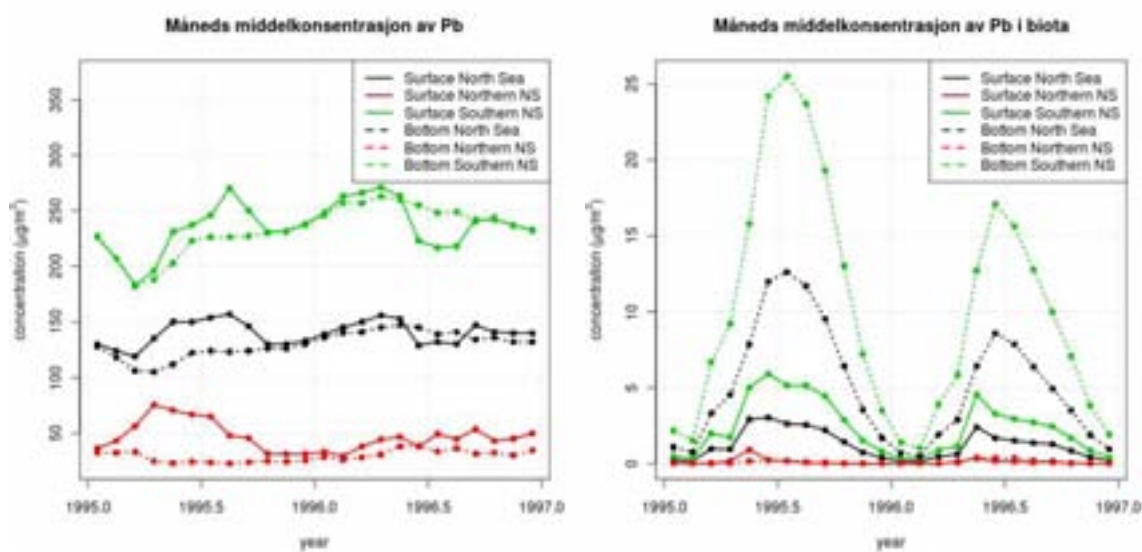
De horisontale kartene for kadmium, kvikksølv, bly og PCB153 (*Figur 60, Figur 61, Figur 62, Figur 63*, respektivt) som viser maksimal konsentrasjon av de ulike miljøgiftene gjennom året, bekrefter dette bildet. I overflaten er konsentrasjonene i norske områder (Skagerrak og Norskerenna) gjennomgående lavere i 1996 enn i 1995, mens konsentrasjonen i sentrale og sørlige deler av Nordsjøen er høyere. For bunnvannet er maksimums konsentrasjonene i nord stort sett de samme begge årene, mens de også her er noe høyere i sentrale og sørlige områder.



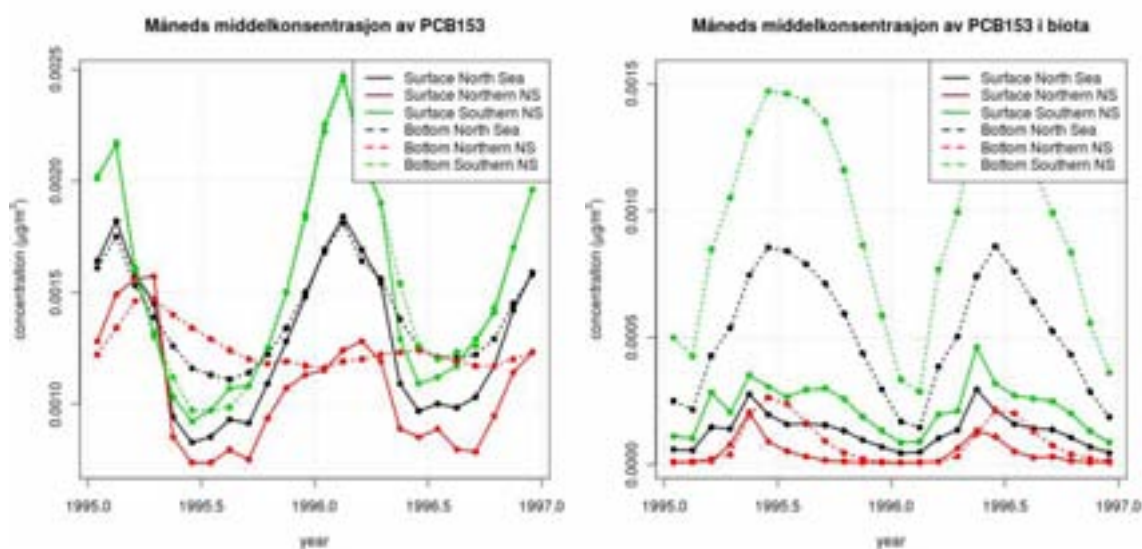
Figur 56. Modellert månedsmiddel konsentrasjon av løst og bundet kadmium i hele Nordsjøen, nordlige og sørlige Nordsjøen. I overflaten (heltrukket linje) og ved bunnen (stiplet linje) for 1995 og 1996.



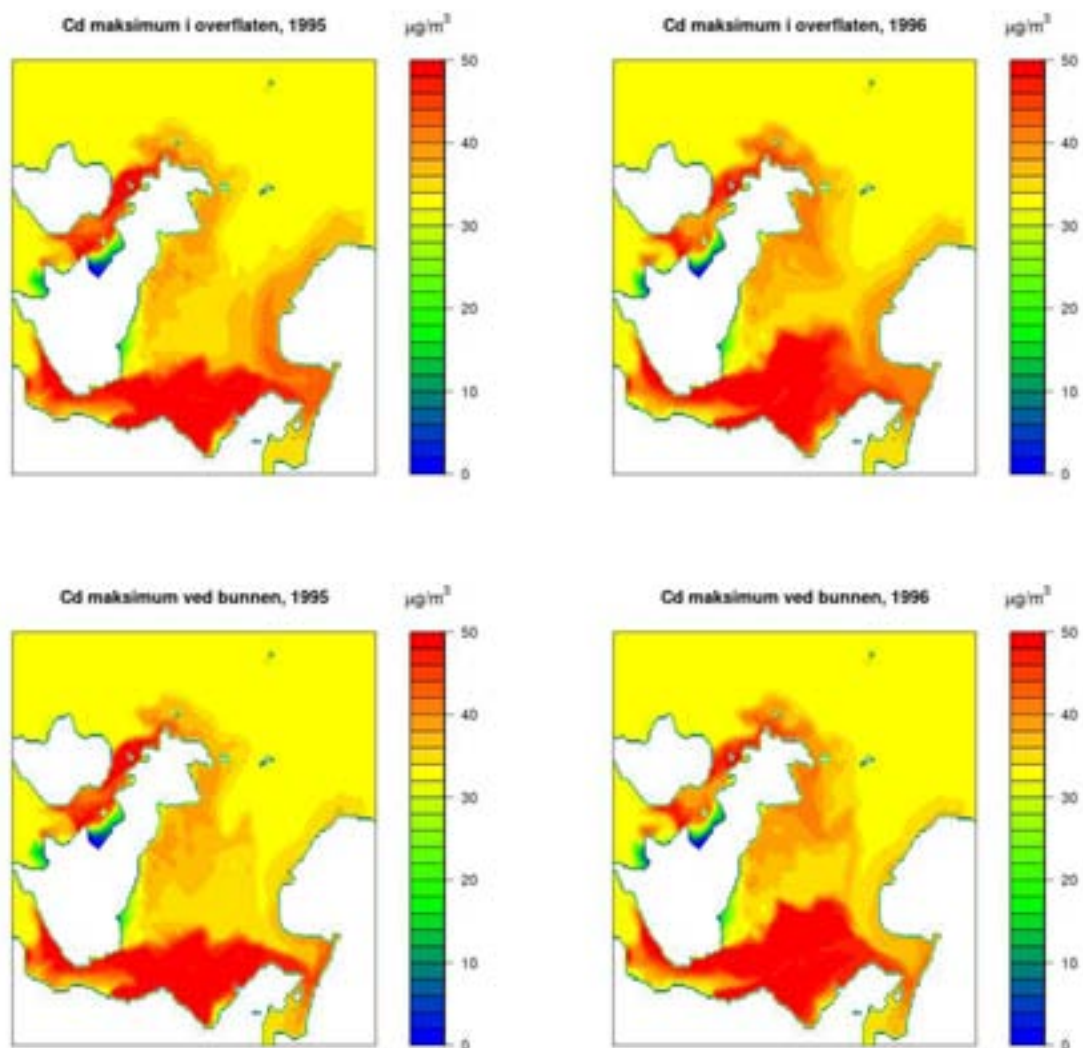
Figur 57. Modellert månedsmiddel konsentrasjon av løst og bundet kvikksølv hele Nordsjøen, nordlige og sørlige Nordsjøen. I overflaten (heltrukket linje) og ved bunnen (stiplet linje) for 1995 og 1996.



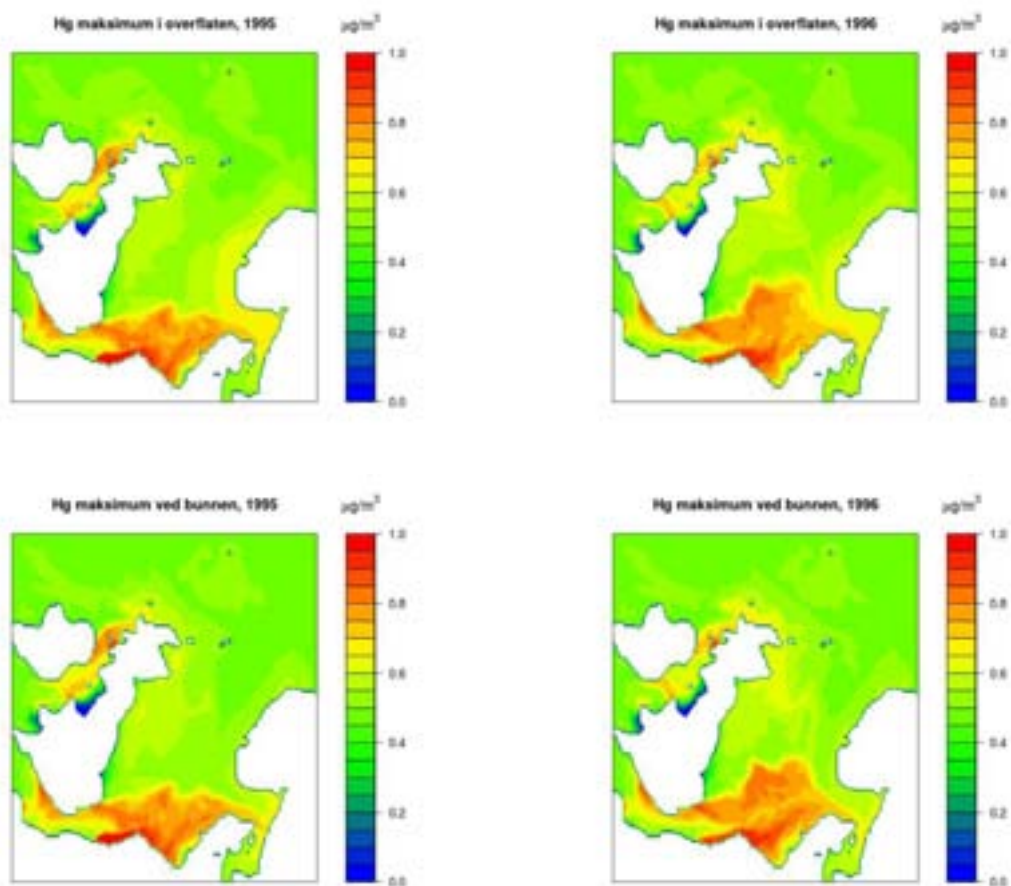
Figur 58. Modellert månedsmiddel konsentrasjon av løst og bundet bly i hele Nordsjøen, nordlige og sørlige Nordsjøen. I overflaten (heltrukket linje) og ved bunnen (stiplet linje) for 1995 og 1996.



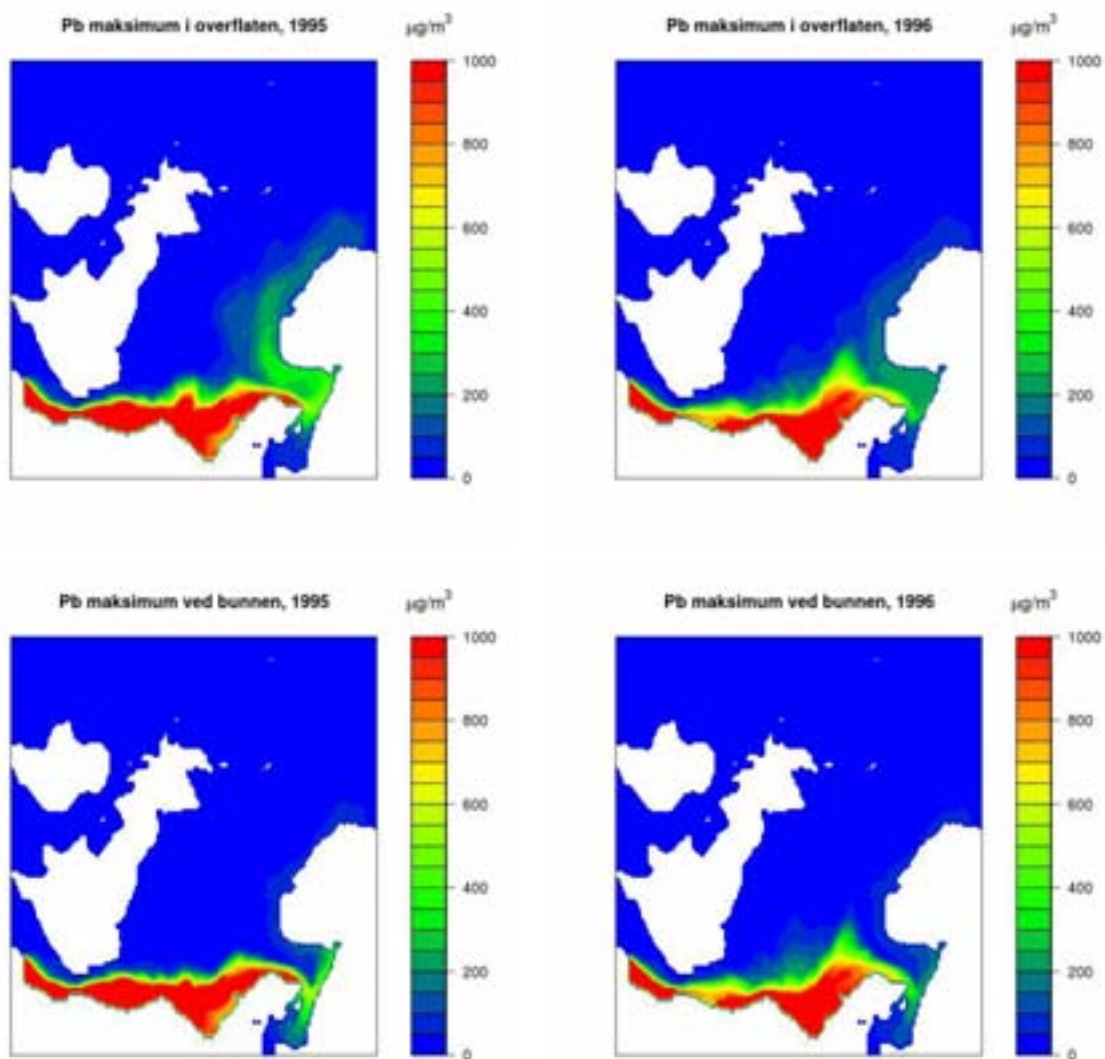
Figur 59. Modellert månedsmiddel konsentrasjon av løst og bundet PCB-153 i hele Nordsjøen, nordlige og sørlige Nordsjøen. I overflaten (heltrukket linje) og ved bunnen (stiplet linje) for 1995 og 1996.



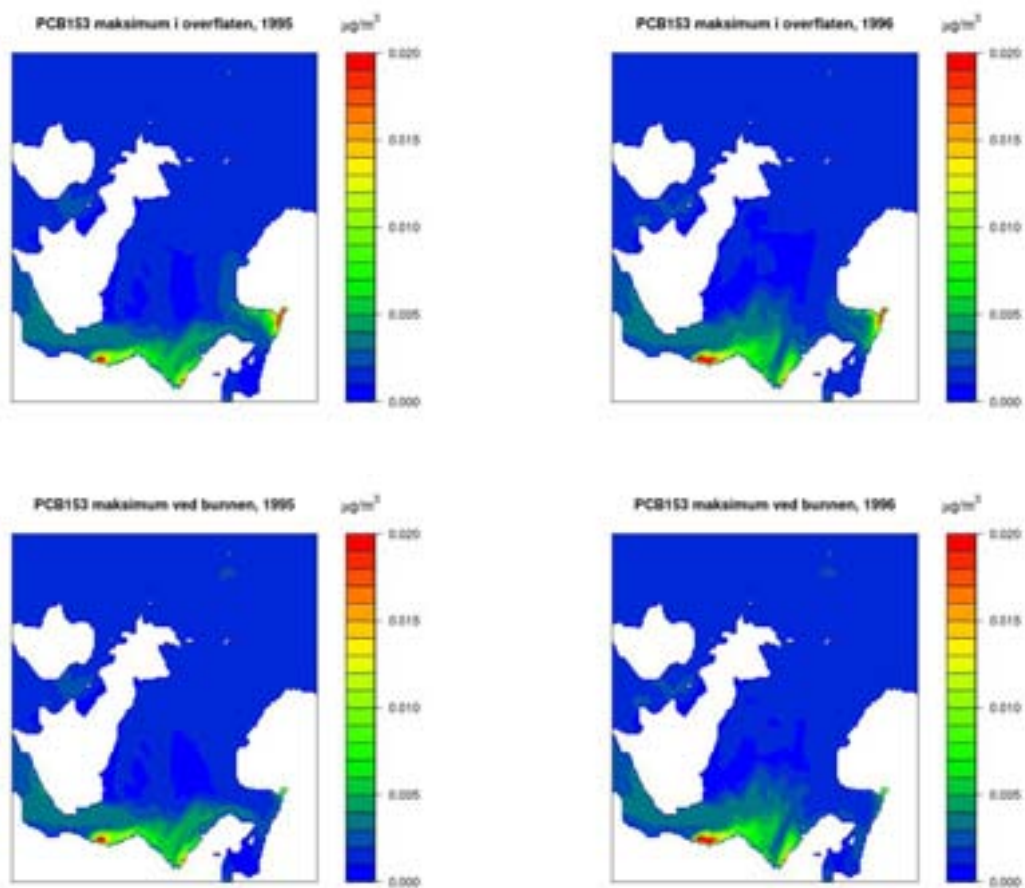
Figur 60. Maksimum modellberegning av konsentrasjon av kadmium i overflatelaget i 1995 (venstre) og 1996 (høyre)



Figur 61. Maksimum modellberegninger av konsentrasjon av kvikksølv i overflatelaget i 1995 (venstre) og 1996 (høyre)

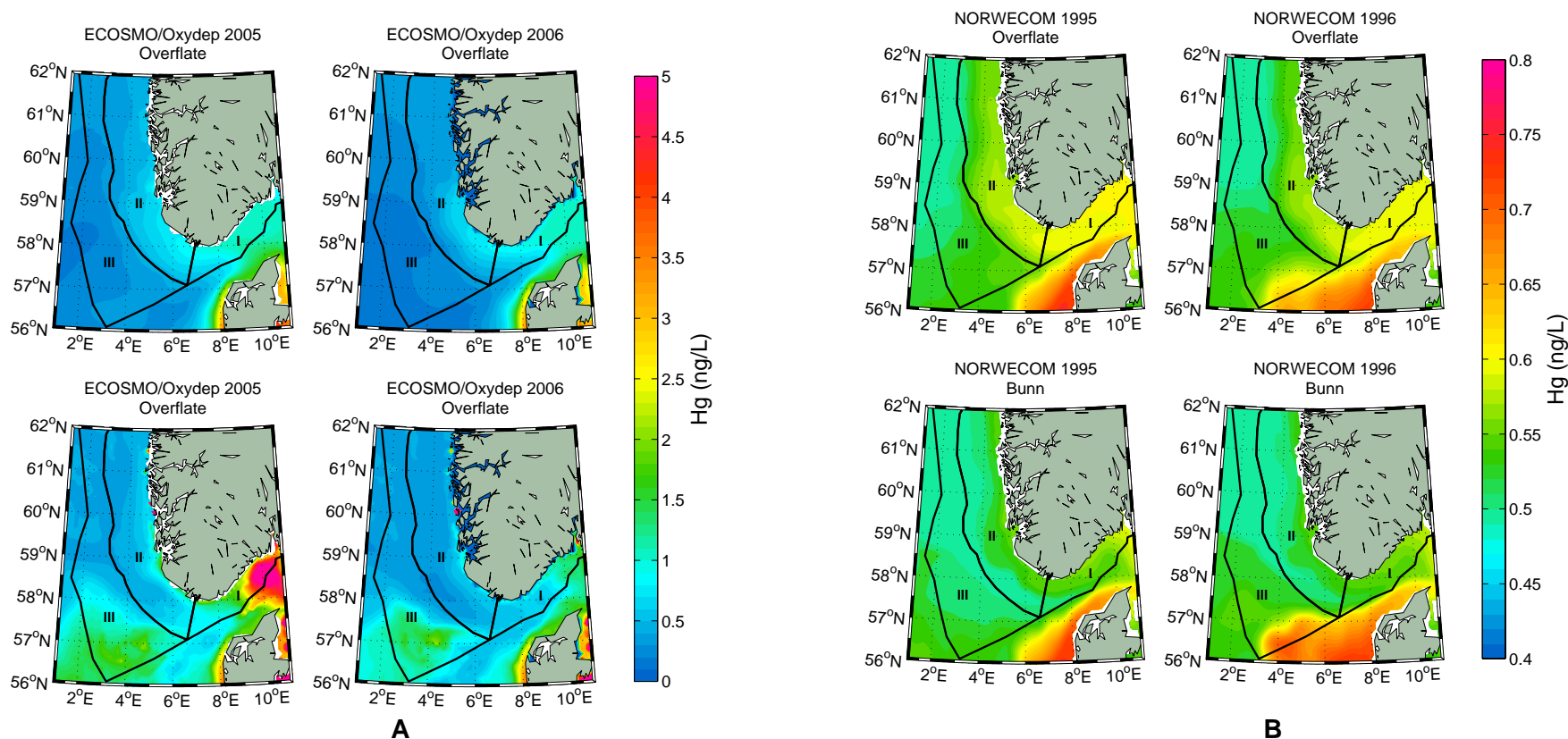


Figur 62. Maksimum modellberegning av konsentrasjon av bly i overflatelaget i 1995 (venstre) og 1996 (høyre)

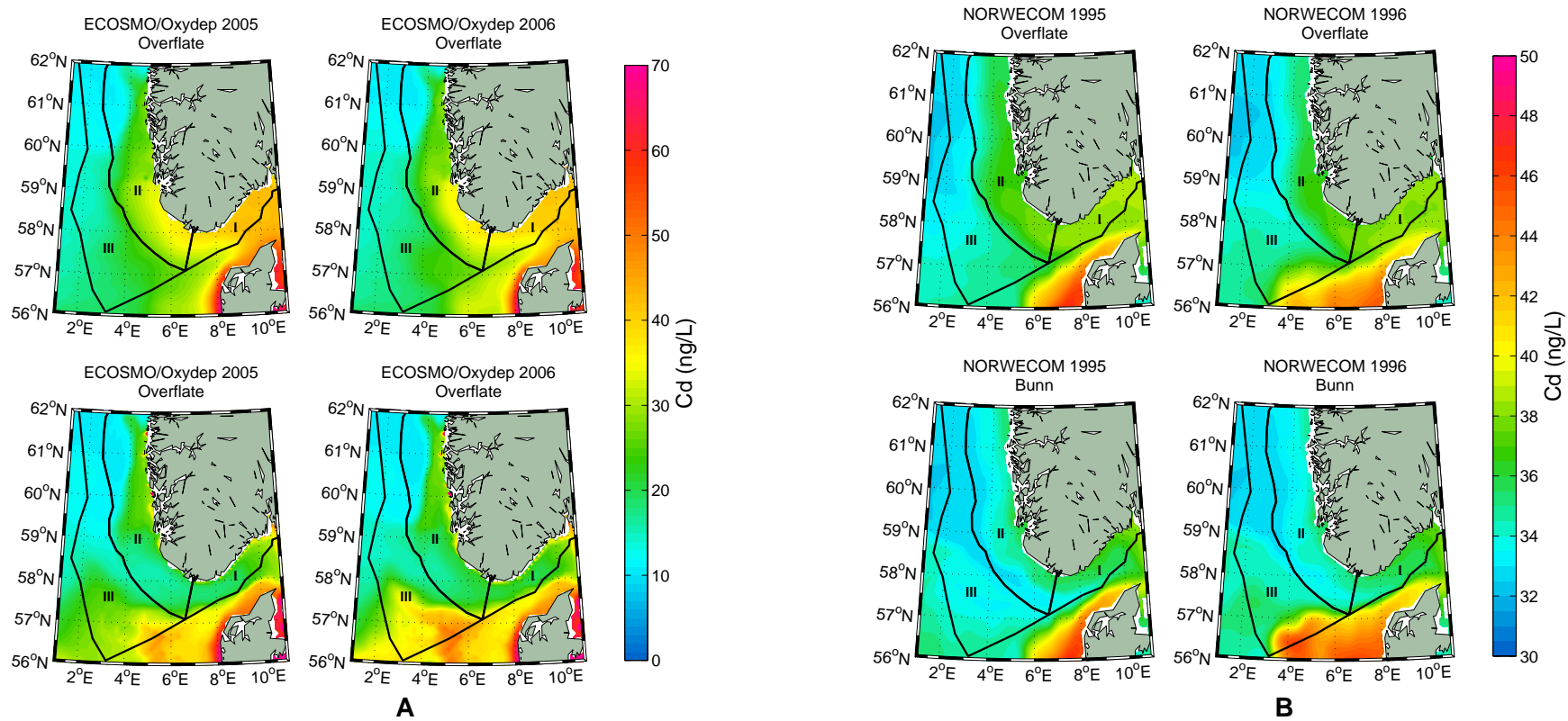


Figur 63. Maksimum modellberegning av konsentrasjon av PCB-153 i overflatelaget i 1995 (venstre) og 1996 (høyre)

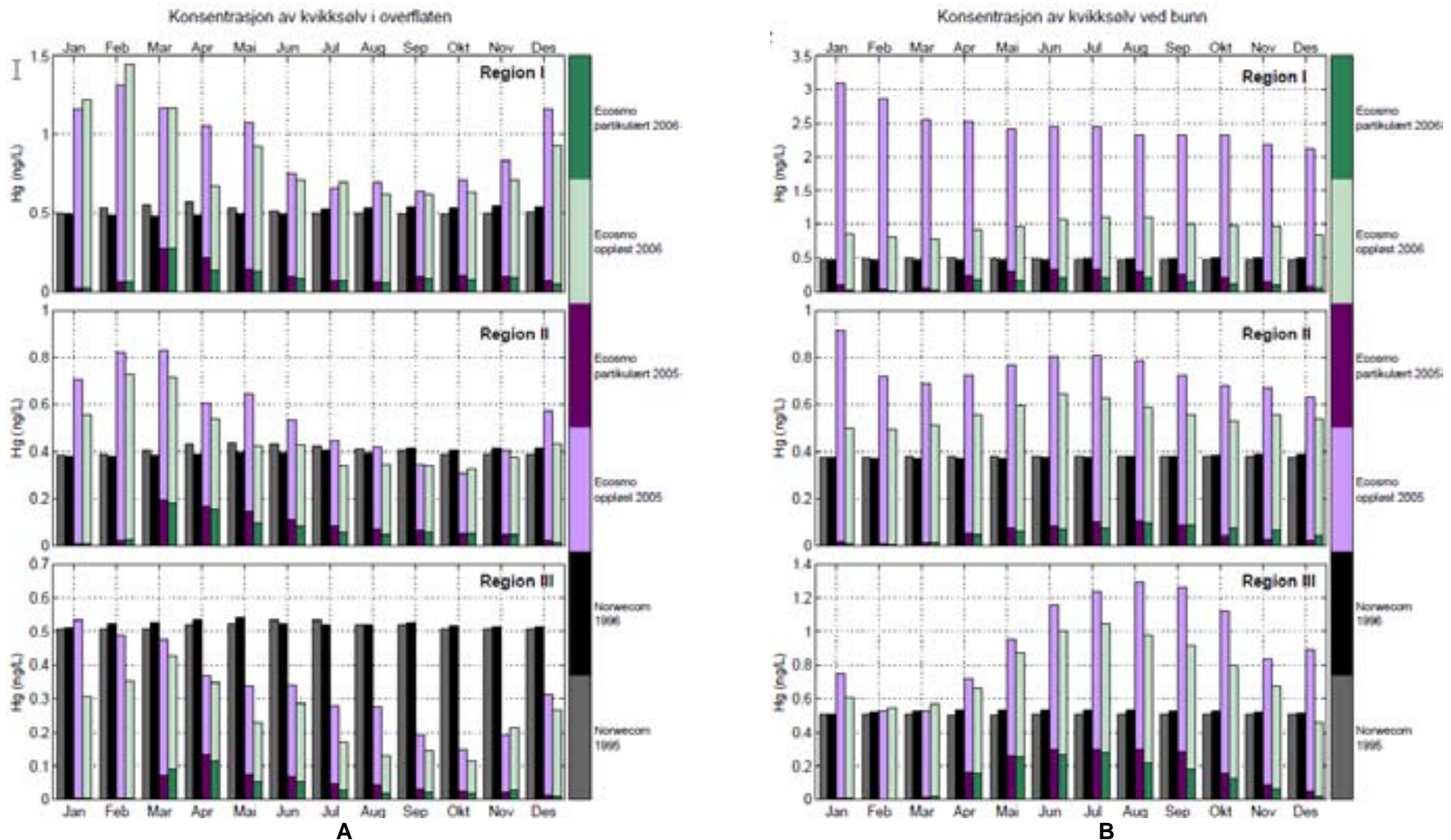
SAMMENLIGNING av MODELLRESULTATER fra ECOSMO/OxyDep (NIVA) og NORWECOM (IMR)



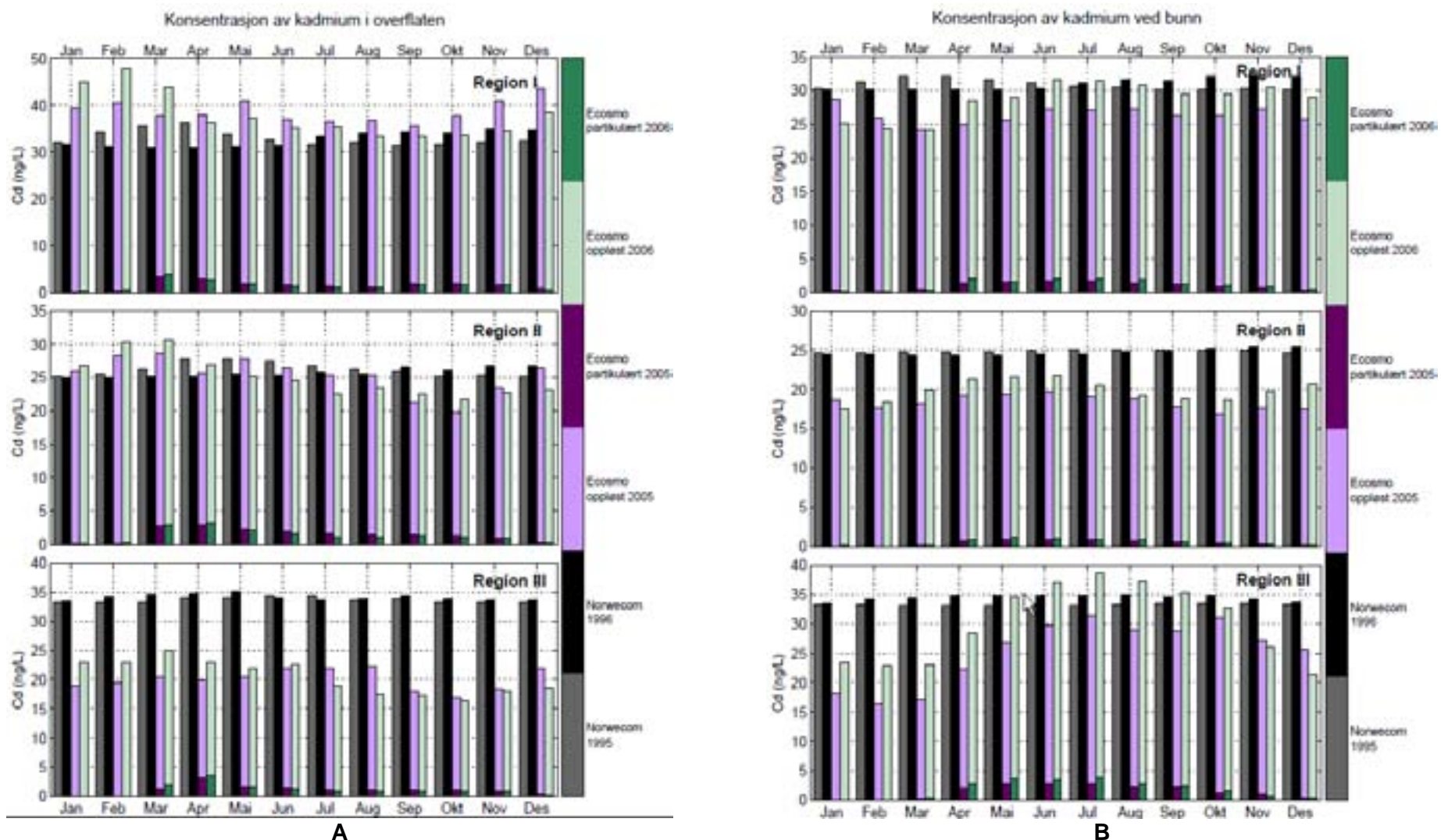
Figur 64. Beregnede konsentrasjoner av kvikksølv (Hg, ng/l) fra ECOSMO/OxyDep for 2005-2006 (**A**) og fra NORWECOM for 1995-1996 (**B**) i overflatevannet (0-5m dyp, øverst) og i bunnvann (nederst).



Figur 65. Beregnede konsentrasjoner av kadmium (Cd , ng/l) fra ECOSMO/OxyDep for 2005-2006 (**A**) og fra NORWECOM for 1995-1996 (**B**) i overflatevannet (0-5m dyp, øverst) og i bunnvann (nederst).



Figur 66. Tidsvariasjon av beregnede konsentrasjoner av kvikksølv ($Hg, ng/l$) i overflatevannet (0-5m dyp, **A**) og i bunnvann (**B**) fra ECOSMO/OxyDep for 2005-2006 (grønne og fiolette stolper) og fra NORWECOM for 1995-1996 (grå og svarte stolper) – se tekst i figurenen.



Figur 67. Tidsvariasjon av beregnede konsentrasjoner av kadmium (Cd, ng/l) i overflatevannet (0-5m dyp, **A**) og i bunnvann (**B**) fra ECOSMO/OxyDep for 2005-2006 (grønne og fiolette stolper) og fra NORWECOM for 1995-1996 (grå og svarte stolper) – se tekst i figurenen.

Vedlegg C Resultater fra overvåking 2010 - tabeller

Rådata for analyser av organiske miljøgifter og metaller i sedimenter og biota, og radioaktive isotoper i sedimenter, biota og sjøvann. "Analysis code" referer til Vedlegg A

Farger i tabellene gjenspeiler tilstandsklasse i henhold til Klifs klassifiseringssystem. Lys grå angir at verdien er under bakgrunnsnivå, mørk grå angir at den er over.

I summerte parametere er verdier under deteksjonsgrensen ikke tatt med. I modellberegningen av gjennomsnitt er verdier under deteksjonsgrensen satt til $0.5 \cdot \text{deteksjonsgrensen}$.

SEDIMENT

Sample type : Sediment
 Station Code: 32
 Latitude : 59.1 Longitude:
 9.63
 Sample date : 28.04.2010 Count:3

Analytical lab.			NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR		
Analysis code			355	350	355	355	355	355	353	355	355	355								
Detection limit			1	2	0.005	0.4	2	1	0.2	0.2	2	0.5	2	0.016	0.016	0.018	0.005	0.006		
Sample	Depth1	Depth2	Korn<63µm	TOC	Al	Hg	Ni	Pb	Zn	Cd	Cu	As	Ag	THC	CB28	CB101	CB52	CB105	CB118	CB13
no			% t.v. d.wt.	µg/mg C TS d.wt.	mg/kg d.wt.	mg/kg d.wt.	mg/kg d.wt.	mg/kg d.wt.	mg/kg d.wt.	mg/kg d.wt.	mg/kg d.wt.	mg/kg d.wt.	mg/kg d.wt.	mg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.
A	0	2	54	34.6	7770	3.62	16.6	83.9	155	1.5	35	7.6	<0.5	440	3.027	6.096	4.164	70.699	12.469	34.54
B	0	2	43	26.7	7090	2.39	14.7	64.2	131	1.3	28.8	6	<0.5	621	3.142	5.374	4.658	77.407	11.774	38.61
C	0	2	48	25.4	7710	4.17	17.4	86.5	161	1.5	33.4	7.9	<0.5	473.691	3.098	6.035	5.007	82.635	12.161	38.80
Mean			48	29	7523	3.4	16	78	149	1.43	32	7	0.25	512	3.1	5.8	4.6	77	12	3
Minimum			43	25	7090	2.4	15	64	131	1.3	29	6	0.25	440	3	5.4	4.2	71	12	3
Maximum			54	35	7770	4.2	17	86	161	1.5	35	8	0.25	621	3.1	6.1	5	83	12	3
St.Dev.			5.5	5	376	0.91	1.39	12	16	0.115	3.2	1.02	0	96	0.058	0.4	0.424	6	0.348	2.
Count			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Analytical lab.			IMR	IMR	IMR					IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR			
Analysis code																					
Detection limit			0.03	0.015	0.014	0.015	0.016					0.013	0.004	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5			
Sample	Depth1	Depth2	CB153	CB156	CB180	PCB7	DDDEPP	DDEPP	S2_DDT	S_DDT	HCHB	HCHG	HCB	NAP	NAP1M	NAPDI	NAPD4	NAPD5	ACNLE	ACNE	NAPT
no			µg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.	mg/kg d.wt.	mg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.
A	0	2	8.041	4.475	5.654	73.996	4.007	3.859	7.866		2.107	0.674	2671.8	286.271	67.851	45.316	76.243	14.002	64.576	78.78	42.86
B	0	2	7.192	5.346	6.114	76.868	6.367	4.141	10.508		2.157	0.745	2670.42	291.936	66.28	51.786	72.315	14.308	59.783	69.462	43.0
C	0	2	9.695	5.979	8.661	83.462	9.731	4.013	13.744		2.412	0.881	2620.02	294.971	66.367	48.685	70.727	14.651	63.129	68.757	41.17
Mean			8	5.3	7	78.11	7	4	11	0	2.23	0.767	2654	291	67	49	73	14	62	72	4
Minimum			7	4.5	5.7	74	4	3.9	8	0	2.11	0.674	2620	286	66	45	71	14	60	69	4
Maximum			10	6	9	83	10	4.1	14	0	2.4	0.88	2672	295	68	52	76	15	65	79	4
St.Dev.			1.27	0.755	1.62	4.9	2.9	0.141	2.9	0	0.164	0.105	30	4.4	0.88	3.2	2.8	0.325	2.5	5.6	1.0
Count			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Tilførselsprogrammet 2010. Tilførsler og miljøtilstand i Nordsjøen, TA-2810/2011

Analytical lab. Analysis code	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR		
Detection limit	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5		
Sample no	Depth1	Depth2	NAPT4	NAPT4	NAP42	NAP41	FLE	DBT	PA	ANT	DBTM4	PAM3	PAM2	PAM9	PAM1	DBTE4	PADM1	DBTP4	PADM4	PATM2	PATM4	
			mg/kg	mg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/g	mg/kg	µg/kg	mg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
			d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.
A	0	2	39.32	12.031	14.933	27.239	154.175	51.221	592.027	273.626	42.889	54.436	272.896	59.808	50.246	3.253	18.875	12.823	19.441	43.606	5.45	
B	0	2	35.34	12.528	14.318	26.131	144.918	48.278	572.048	266.596	40.965	53.087	276.033	57.745	49.818	9.859	19.432	13.624	21.639	35.516	32.86	
C	0	2	34.568	12.967	13.969	26.244	153.814	46.462	589.435	279.83	41.531	56.18	260.991	58.722	51.418	10.045	20.734	14.617	23.747	37.749	34.99	
Mean			36	13	14	27	151	49	585	273	42	55	270	59	50	8	20	14	22	39	2	
Minimum			35	12	14	26	145	46	572	267	41	53	261	58	50	3.3	19	13	19	36	5.	
Maximum			39	13	15	27	154	51	592	280	43	56	276	60	51	10	21	15	24	44	3	
St.Dev.			2.6	0.468	0.488	0.61	5.2	2.4	11	7	0.99	1.55	8	1.03	0.828	3.9	0.95	0.9	2.15	4.2	1	
Count			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	

Analytical lab. Analysis code	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR		
Detection limit	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5		
Sample no	Depth1	Depth2	PA4M4	FLU	PYR	BAA	CHR	CHRM1	CHRE6	CHRP6	BBF	BJF	BKF	BEP	BAP	PER	ICDP	DBAHA	BGHIP	PAH16	TNON	
			µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
			d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.
A	0	2	27.78	675.882	599.89	345.628	255.186	12.612	1.603	3.607	4313.63	837.928	402.271	163.748	1022.26	403.815	2111.12	1299.28	986.749	13461.3	1.77	
B	0	2	20.389	768.43	662.421	456.559	379.242	12.211	1.668	3.049	3985.05	817.582	384.635	1482.61	1009.03	387.555	2083.16	1157.6	650.507	12941.4	2.69	
C	0	2	23.457	727.078	621.442	428.962	381.192	9.715	1.587	2.711	4918.73	884.669	428.533	1725.64	990.483	412.943	3197.4	1974.7	1077.35	16195.8	2.01	
Mean			24	724	628	410	339	12	1.62	3.1	4406	847	405	1615.25	1007	401	2464	1477	905	14200	2.1	
Minimum			20	676	600	346	255	10	1.59	2.7	3985	818	385	1482.61	990	388	2083	1158	651	12941	1.7	
Maximum			28	768	662	457	381	13	1.67	3.6	4919	885	429	1725.64	1022	413	3197	1975	1077	16196	2.	
St.Dev.			3.7	46	32	58	72	1.57	0.043	0.453	474	34	22	123.031	16	13	635	437	225	1748	0.47	
Count			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	

Tilførselsprogrammet 2010. Tilførsler og miljøtilstand i Nordsjøen, TA-2810/2011

Analytical lab. Analysis code	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	
Detection limit	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01	0.07	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.09	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
Sample no	Depth1	Depth2	BDE15 µg/kg d.wt.	BDE17 µg/kg d.wt.	BDE25 µg/kg d.wt.	BDE28 µg/kg d.wt.	BDE35 µg/kg d.wt.	BDE47 µg/kg d.wt.	BDE49 µg/kg d.wt.	BDE66 µg/kg d.wt.	BDE71 µg/kg d.wt.	BDE75 µg/kg d.wt.	BDE77 µg/kg d.wt.	BDE85 µg/kg d.wt.	BDE99 µg/kg d.wt.	BDE100 µg/kg d.wt.	BDE118 µg/kg d.wt.	BDE119 µg/kg d.wt.	BDE138 µg/kg d.wt.	BDE153 µg/kg d.wt.	BDE157 µg/kg d.wt.
A	0	2	52.01	<0.01	<0.01	10.716	<0.01	<0.07	4.467	<0.01	<0.01	15.984	3.022	<0.01	<0.01	2.008	<0.01	<0.01	1.878	<0.01	<0.01
B	0	2	26.593	<0.01	<0.01	9.526	<0.01	<0.07	3.463	<0.01	<0.01	10.764	2.643	<0.01	<0.01	1.399	<0.01	0.951	1.923	<0.01	<0.01
C	0	2	37.776	<0.01	<0.01	4.767	<0.01	<0.07	3.243	<0.01	<0.01	14.675	3.074	<0.01	<0.01	0.813	<0.01	<0.01	1.874	<0.01	<0.01
Mean			39	0.005	0.005	8	0.005	0.035	3.7	0.005	0.005	14	2.9	0.005	0.005	1.41	0.005	0.32	1.89	0.005	0.005
Minimum			27	0.005	0.005	4.8	0.005	0.035	3.2	0.005	0.005	11	2.6	0.005	0.005	0.813	0.005	0.005	1.87	0.005	0.005
Maximum			52	0.005	0.005	11	0.005	0.035	4.5	0.005	0.005	16	3.1	0.005	0.005	2.01	0.005	0.95	1.92	0.005	0.005
St.Dev.			13	0	0	3.1	0	0	0.653	0	0	2.7	0.235	0	0	0.597	0	0.546	0.027	0	0
Count			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Analytical lab. Analysis code	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR		NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA		
Detection limit	0.05	0.01	0.05	0.01	0.05	0.01	0.01	2.5	1.15										
Sample no	Depth1	Depth2	BDE181 µg/kg d.wt.	BDE183 µg/kg d.wt.	BDE190 µg/kg d.wt.	BDE195 µg/kg d.wt.	BDE196 µg/kg d.wt.	BDE203 µg/kg d.wt.	BDE205 µg/kg d.wt.	BDE206 µg/kg d.wt.	BDE209 µg/kg d.wt.	S_BDE µg/kg d.wt.	PFBS µg/kg d.wt.	PFHpA µg/kg d.wt.	PFHxA µg/kg d.wt.	PFNA µg/kg d.wt.	PFOA µg/kg d.wt.	PFOS µg/kg d.wt.	PFOSA µg/kg d.wt.
A	0	2	<0.05	0.337	1.537	<0.01	<0.05	<0.01	0.924	<2.5	60.286	81.86	<1	<1	<1	<1	<2	<1	<1
B	0	2	<0.05	0.304	1.447	<0.01	<0.05	<0.01	0.662	<2.5	32.428	52.515	<1	<1	<1	<1	<2	<1	<1
C	0	2	<0.05	<0.01	<0.05	<0.01	<0.05	<0.01	0.827	<2.5	31.475	45.53	<1	<1	<1	<1	<2	<1	<1
Mean			0.025	0.215	1	0.005	0.025	0.005	0.804	1.25	41	60	0.5	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.5
Minimum			0.025	0.005	0.025	0.005	0.025	0.005	0.662	1.25	31	46	0.5	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.5
Maximum			0.025	0.337	1.54	0.005	0.025	0.005	0.92	1.25	60	82	0.5	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.5
St.Dev.			0	0.183	0.85	0	0	0	0.132	0	16	19	0	0	0	0	0	0	0
Count			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Tilførselsprogrammet 2010. Tilførsler og miljøtilstand i Nordsjøen, TA-2810/2011

Sample type : Sediment
 Station Code: 7
 Latitude : 58.99 Longitude:
 10.67
 Sample date : 14.08.2010 Count:4

Analytical lab.			NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR			
Analysis code			355	355	355	355	355	355	353	355	355	355	2	0.016	0.016	0.018	0.005	0.006	0.006		
Sample	Depth1	Depth2	Korn<63µm	TOC	Al	Hg	Ni	Pb	Zn	Cd	Cu	As	Ag	THC	CB28	CB101	CB52	CB105	CB118	CB138	
no			% t.v.	µg/mg C	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	
			d.wt.	TS	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.
A	0	2	96	22.3	22200	0.114	28.3	35.3	95.7	<0.2	19.1	23	<0.5	44.715	0.475	0.449	0.119	0.347	0.366	0.342	
B	0	2	95	22.4	22100	0.112	28.1	35	95.1	<0.2	19	22	<0.5	42.094	0.498	0.442	0.128	0.37	0.291	0.35	
C	0	2	94	22.2	22400	0.109	28.3	35	94.3	<0.2	18.7	20	<0.5	41.207	0.553	0.451	0.125	0.375	0.364	0.355	
D	0	2													0.488	0.476	0.188	0.324	0.361	0.436	
Mean			95	22	22233	0.112	28	35	95	0.1	19	22	0.25	43	0.504	0.454	0.14	0.354	0.346	0.371	
Minimum			94	22	22100	0.109	28	35	94	0.1	19	20	0.25	41	0.475	0.442	0.119	0.324	0.291	0.342	
Maximum			96	22	22400	0.114	28	35	96	0.1	19	23	0.25	45	0.553	0.476	0.188	0.375	0.366	0.436	
St.Dev.			1	0.1	153	0.003	0.115	0.173	0.702	0	0.208	1.53	0	1.82	0.034	0.015	0.032	0.023	0.036	0.044	
Count			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	

Analytical lab.			IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	
Analysis code			0.03	0.015	0.014	0.015	0.016			0.013	0.004	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
Detection limit			CB153	CB156	CB180	PCB7	DDDDPP	DDEPP	S2_DDT	S_DDT	HCHB	HCHG	HCB	NAP	NAP1M	NAPDI	NAPD4	NAPD5	ACNLE	ACNE	NAPT5
Sample	Depth1	Depth2	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	mg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	mg/kg	mg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
no			d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.
A	0	2	0.458	0.063	0.917	3.126	0.47	0.324	0.794		1.314	0.46	0.542	77.489	59.549	65.412	52.338	11.096	3.645	6.369	15.674
B	0	2	0.473	0.073	1.012	3.194	0.496	0.293	0.789		1.362	0.42	0.551	80.485	61.594	68.758	54.285	11.605	3.628	6.153	16.815
C	0	2	0.494	0.083	1.018	3.36	0.514	0.294	0.808		1.453	0.432	0.543	77.951	60.142	67.865	53.099	11.365	3.575	5.914	16.475
D	0	2	0.547	0.095	1.141	3.637	0.481	0.321	0.802		1.311	0.372	0.487								
Mean			0.493	0.078	1.02	3.329	0.49	0.308	0.798	0	1.36	0.421	0.531	79	60	67	53	11	3.6	6.1	16
Minimum			0.458	0.063	0.92	3.1	0.47	0.293	0.789	0	1.31	0.372	0.487	77	60	65	52	11	3.6	5.9	16
Maximum			0.547	0.095	1.14	3.6	0.514	0.324	0.808	0	1.45	0.46	0.551	80	62	69	54	12	3.6	6	17
St.Dev.			0.039	0.014	0.092	0.227	0.019	0.017	0.008	0	0.066	0.037	0.029	1.61	1.05	1.73	0.98	0.255	0.037	0.228	0.586
Count			4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3

Tilførselsprogrammet 2010. Tilførsler og miljøtilstand i Nordsjøen, TA-2810/2011

Analytical lab. Analysis code	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR		
Detection limit	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5		
Sample no	Depth1	Depth2	NAPTm mg/kg d.wt.	NAPT4 mg/kg d.wt.	NAP42 µg/kg d.wt.	NAP41 µg/kg d.wt.	FLE µg/kg d.wt.	DBT µg/kg d.wt.	PA µg/kg d.wt.	ANT µg/kg d.wt.	DBTM4 µg/kg d.wt.	PAM3 µg/kg d.wt.	PAM2 mg/kg d.wt.	PAM9 µg/g d.wt.	PAM1 mg/kg d.wt.	DBTE4 µg/kg d.wt.	PADM1 mg/kg d.wt.	DBTP4 µg/kg d.wt.	PADM4 µg/kg d.wt.	PATM2 µg/kg d.wt.	PATM1 µg/kg d.wt.
A	0	2	16.381	10.322	4.362	14.95	27.326	10.794	73.104	14.388	7.784	16.981	26.429	20.391	14.406	1.107	3.956	0.753	6.371	8.688	7.577
B	0	2	17.202	10.598	4.683	15.932	26.166	10.496	70.941	14.107	7.693	17.022	26.929	20.79	14.825	1.105	4.247	0.781	6.561	9.895	8.031
C	0	2	16.742	10.152	4.555	15.623	24.861	10.057	66.763	13.141	7.292	16.241	25.995	19.738	14.042	1.042	4.034	0.704	6.315	9.278	7.888
D	0	2																			
Mean			17	10	4.5	16	26	10	70	14	8	17	26	20	14	1.08	4.1	0.746	6	9	8
Minimum			16	10	4.4	15	25	10	67	13	7	16	26	20	14	1.04	4	0.704	6	9	8
Maximum			17	11	4.7	16	27	11	73	14	8	17	27	21	15	1.11	4.2	0.781	7	10	8
St.Dev.			0.412	0.225	0.162	0.502	1.23	0.371	3.2	0.654	0.262	0.44	0.468	0.531	0.392	0.037	0.151	0.039	0.129	0.604	0.232
Count			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Analytical lab. Analysis code	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR			
Detection limit	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5			
Sample no	Depth1	Depth2	PA4M4 µg/kg d.wt.	FLU µg/kg d.wt.	PYR µg/kg d.wt.	BAA µg/kg d.wt.	CHR µg/kg d.wt.	CHRM1 µg/kg d.wt.	CHRE6 µg/kg d.wt.	CHRP6 µg/kg d.wt.	BBF µg/kg d.wt.	BJF µg/kg d.wt.	BKF µg/kg d.wt.	BEP µg/kg d.wt.	BAP µg/kg d.wt.	PER µg/kg d.wt.	ICDP µg/kg d.wt.	DBAHA µg/kg d.wt.	BGHIP µg/kg d.wt.	PAH16 µg/kg d.wt.	TNONC µg/kg d.wt.	
A	0	2	3.349	97.5	77.297	110.187	170.627	6.047	2.419	0.626	327.265	96.744	51.456	129.142	121.108	81.571	134.913	25.836	133.276	1451.79	0.066	
B	0	2	4.022	93.603	74.718	110.423	181.031	6.593	2.557	0.808	309.206	104.022	47.788	121.419	113.369	79.981	128.737	26.908	127.846	1415.11	0.08	
C	0	2	3.804	88.077	70.426	107.234	159.043	6.451	2.758	0.781	288.585	83.458	43.833	110.828	105.221	73.293	123.486	27.555	119.997	1325.66	0.086	
D	0	2																				0.085
Mean			3.7	93	74	109	170	6	2.6	0.738	308	95	48	120.337	113	78	129	27	127	1398	0.079	
Minimum			3.3	88	70	107	159	6	2.4	0.626	289	83	44	110.828	105	73	123	26	120	1326	0.066	
Maximum			4	98	77	110	181	7	2.8	0.808	327	104	51	129.142	121	82	135	28	133	1452	0.086	
St.Dev.			0.343	4.7	3.5	1.78	11	0.283	0.171	0.098	19	10	3.8	9.177	8	4.4	5.7	0.87	7	65	0.009	
Count			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4

Tilførselsprogrammet 2010. Tilførsler og miljøtilstand i Nordsjøen, TA-2810/2011

Analytical lab. Analysis code	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	
Detection limit	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01	0.07	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.09	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
Sample no	Depth1	Depth2	BDE15	BDE17	BDE25	BDE28	BDE35	BDE47	BDE49	BDE66	BDE71	BDE75	BDE77	BDE85	BDE99	BDE100	BDE118	BDE119	BDE138	BDE153	BDE154
			µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
			d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.
A	0	2	0.78	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.288	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.318	<0.01	0.328	0.099	0.812	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
B	0	2	1.018	0.124	<0.01	<0.01	<0.01	0.326	<0.01	0.866	<0.01	<0.01	0.315	<0.01	0.318	0.097	0.844	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
C	0	2	1.104	0.109	<0.01	0.123	<0.01	0.332	<0.01	0.898	<0.01	<0.01	0.355	<0.01	0.235	0.094	0.859	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
D	0	2																			
Mean			0.97	0.08	0.005	0.044	0.005	0.316	0.005	0.59	0.005	0.005	0.33	0.005	0.294	0.096	0.838	0.005	0.005	0.005	0.005
Minimum			0.78	0.005	0.005	0.005	0.005	0.288	0.005	0.005	0.005	0.005	0.315	0.005	0.235	0.094	0.812	0.005	0.005	0.005	0.005
Maximum			1.1	0.124	0.005	0.123	0.005	0.332	0.005	0.9	0.005	0.005	0.355	0.005	0.328	0.099	0.86	0.005	0.005	0.005	0.005
St.Dev.			0.168	0.065	0	0.068	0	0.024	0	0.507	0	0	0.022	0	0.051	0.003	0.024	0	0	0	0
Count			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Analytical lab. Analysis code	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR		NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA			
Detection limit	0.05	0.01	0.05	0.01	0.05	0.01	0.01	2.5	1.15											
Sample no	Depth1	Depth2	BDE181	BDE183	BDE190	BDE195	BDE196	BDE203	BDE205	BDE206	BDE209	S_BDE	PFBS	PFHpA	PFHxA	PFNA	PFOA	PFOS	PFOSA	
			µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
			d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.
A	0	2	<0.05	<0.01	<0.05	<0.01	<0.05	<0.01	<0.01	<2.5	24.542	28.226	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<1	<0.6	<0.5	
B	0	2	<0.05	<0.01	<0.05	<0.01	<0.05	<0.01	<0.01	<2.5	22.314	26.877	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<1	1.1	<0.5	
C	0	2	<0.05	0.164	<0.05	<0.01	<0.05	<0.01	<0.01	<2.5	21.438	26.26	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<1	0.97	<0.5	
D	0	2																		
Mean			0.025	0.058	0.025	0.005	0.025	0.005	0.005	1.25	23	27	0.25	0.25	0.25	0.25	0.5	0.79	0.25	
Minimum			0.025	0.005	0.025	0.005	0.025	0.005	0.005	1.25	21	26	0.25	0.25	0.25	0.25	0.5	0.3	0.25	
Maximum			0.025	0.164	0.025	0.005	0.025	0.005	0.005	1.25	25	28	0.25	0.25	0.25	0.25	0.5	1.1	0.25	
St.Dev.			0	0.092	0	0	0	0	0	1.6	1.01	0	0	0	0	0	0	0.429	0	
Count			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Tilførselsprogrammet 2010. Tilførsler og miljøtilstand i Nordsjøen, TA-2810/2011

Sample type : Sediment
 Station Code: 8
 Latitude : 58.61 Longitude:
 9.86
 Sample date : 11.08.2010 Count:4

Analytical lab.			NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR			
Analysis code			355	350	355	350	355	355	353	355	355	355									
Detection limit			2	0.005	0.4	2	1	0.2	0.2	2	0.5	2	0.016	0.016	0.018	0.005	0.006	0.006			
Sample	Depth1	Depth2	Korn<63µm	TOC	Al	Hg	Ni	Pb	Zn	Cd	Cu	As	Ag	THC	CB28	CB101	CB52	CB105	CB118	CB138	
no			% t.v.	TS	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	
			d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.
A	0	2	93	25	23800	0.095	33	57.1	103	<0.2	20.3	23	<0.5	51.837	0.596	0.4	0.15	0.411	0.354	0.41	
B	0	2	95	25.5	23400	0.092	33.3	55.4	112	<0.2	20	28	<0.5	48.571	0.595	0.384	0.202	0.582	0.352	0.407	
C	0	2	96	25.1	23400	0.09	32.8	53.8	99.6	<0.2	19.6	26	<0.5	49.369	0.705	0.434	0.249	0.452	0.464	0.507	
D	0	2												0.536	0.354	0.229	0.882	0.341	0.502		
Mean			95	25	23533	0.092	33	55	105	0.1	20	26	0.25	50	0.608	0.393	0.208	0.582	0.378	0.456	
Minimum			93	25	23400	0.09	33	54	100	0.1	20	23	0.25	49	0.536	0.354	0.15	0.411	0.341	0.407	
Maximum			96	26	23800	0.095	33	57	112	0.1	20	28	0.25	52	0.705	0.434	0.249	0.88	0.464	0.507	
St.Dev.			1.53	0.265	231	0.003	0.252	1.65	6	0	0.351	2.5	0	1.7	0.07	0.033	0.043	0.213	0.058	0.055	
Count			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	

Analytical lab.			IMR	IMR	IMR	IMR			IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR		
Analysis code			0.03	0.015	0.014	0.015	0.016			0.013	0.004	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5		
Detection limit			CB153	CB156	CB180	PCB7	DDDPP	DDEPP	S2_DDT	S_DDT	HCHB	HCHG	HCB	NAP	NAP1M	NAPDI	NAPD4	NAPD5	ACNLE	ACNE	NAPT5
Sample	Depth1	Depth2	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	mg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	mg/kg	mg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	
no			d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.
A	0	2	6.72	0.176	0.958	9.588	0.684	0.346	1.03		1.95	0.153	0.479	112.98	92.288	43.919	77.568	15.69	7.562	8.468	23.921
B	0	2	7.122	0.185	0.969	10.031	0.706	0.345	1.051		2.028	0.157	0.454	100.459	81.215	32.012	69.213	13.82	6.329	7.476	20.059
C	0	2	8.439	0.285	1.166	11.964	0.812	0.376	1.188		2.344	0.182	1.439	101.477	81.799	44.651	69.577	14.011	6.91	7.954	19.955
D	0	2	8.52	0.195	1.25	11.732	0.688	0.383	1.071		0.483	0.164	0.424								
Mean			8	0.21	1.09	10.829	0.722	0.362	1.08	0	1.7	0.164	0.699	105	85	40	72	15	7	8	21
Minimum			7	0.176	0.96	10	0.684	0.345	1.03	0	0.483	0.153	0.424	100	81	32	69	14	6	7	20
Maximum			9	0.285	1.25	12	0.812	0.383	1.19	0	2.3	0.182	1.44	113	92	45	78	16	8	8	24
St.Dev.			0.92	0.05	0.145	1.19	0.06	0.02	0.071	0	0.83	0.013	0.494	7	6.2	7	4.7	1.03	0.617	0.496	2.26
Count			4	4	4	4	4	4	4	0	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3

Tilførselsprogrammet 2010. Tilførsler og miljøtilstand i Nordsjøen, TA-2810/2011

Analytical lab. Analysis code	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	
Detection limit	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
Sample no	Depth1	Depth2	NAPT1	NAPT4	NAP42	NAP41	FLE	DBT	PA	ANT	DBTM4	PAM3	PAM2	PAM9	PAM1	DBTE4	PADM1	DBTP4	PADM4	PATM2	PATM1
			mg/kg	mg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/g	mg/kg	µg/kg	mg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
			d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.
A	0	2	24.39	14.362	6.227	21.216	37.125	18.246	132.87	19.186	11.878	28.402	49.468	36.292	25.487	1.573	6.886	1.076	10.279	13.826	11.516
B	0	2	21.349	11.331	5.608	18.665	30.693	15.509	113.802	16.78	9.95	23.624	42.146	29.861	21.027	1.359	5.566	0.896	8.65	11.064	10.091
C	0	2	21.657	12.441	5.63	19.154	33.705	16.639	120.57	18.244	10.656	25.26	44.369	31.714	22.391	1.437	6.051	0.942	9.219	12.198	10.541
D	0	2																			
Mean			22	13	5.8	20	34	17	122	18	11	26	45	33	23	1.46	6.2	0.97	9	12	11
Minimum			21	11	5.6	19	31	16	114	17	10	24	42	30	21	1.36	5.6	0.9	9	11	10
Maximum			24	14	6.2	21	37	18	133	19	12	28	49	36	25	1.57	7	1.08	10	14	12
St.Dev.			1.67	1.53	0.351	1.35	3.2	1.38	10	1.21	0.98	2.4	3.8	3.3	2.29	0.108	0.667	0.093	0.827	1.39	0.728
Count			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Analytical lab. Analysis code	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	
Detection limit	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
Sample no	Depth1	Depth2	PA4M4	FLU	PYR	BAA	CHR	CHRM1	CHRE6	CHRP6	BBF	BJF	BKF	BEP	BAP	PER	ICDP	DBAHA	BGHIP	PAH16	TNONC
			µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
			d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.
A	0	2	6.161	145.518	110.913	172.826	258.361	11.688	4.011	0.004	909.552	261.441	125.423	308.482	231.78	78.563	297.603	81.524	254.227	2905.92	0.15
B	0	2	5.045	134.91	103.623	162.066	234.609	10.957	3.821	1.007	785.147	230.236	106.067	263.966	211.843	71.935	281.856	77.332	239.883	2612.88	0.159
C	0	2	5.347	137.459	105.927	168.142	251.562	11.16	3.896	1.121	963	287.252	132.165	327.054	255.644	85.565	288.619	81.133	245.38	2917.89	0.183
D	0	2																			0.152
Mean			5.5	139	107	168	248	11	3.9	0.711	886	260	121	299.834	233	79	289	80	246	2812	0.161
Minimum			5	135	104	162	235	11	3.8	0.004	785	230	106	263.966	212	72	282	77	240	2613	0.15
Maximum			6.2	146	111	173	258	12	4	1.12	963	287	132	327.054	256	86	298	82	254	2918	0.183
St.Dev.			0.577	5.5	3.7	5.4	12	0.377	0.096	0.615	91	29	14	32.421	22	7	8	2.3	7	173	0.015
Count			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4

Tilførselsprogrammet 2010. Tilførsler og miljøtilstand i Nordsjøen, TA-2810/2011

Analytical lab. Analysis code	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	
Detection limit	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01	0.07	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.09	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
Sample no	Depth1	Depth2	BDE15	BDE17	BDE25	BDE28	BDE35	BDE47	BDE49	BDE66	BDE71	BDE75	BDE77	BDE85	BDE99	BDE100	BDE118	BDE119	BDE138	BDE153	BDE154
			µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
			d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.
A	0	2	0.575	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	1.76	0.257	<0.01	0.193	0.171	2.727	<0.01	0.396	0.535	0.504	0.439	1.659	<0.01	0.141
B	0	2	0.682	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	1.699	0.223	<0.01	0.123	0.165	2.625	<0.01	0.498	0.525	0.455	0.465	1.597	<0.01	0.133
C	0	2	0.646	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	1.71	0.247	<0.01	0.219	0.167	2.597	<0.01	0.507	0.524	0.432	0.458	1.591	<0.01	0.124
D	0	2																			
Mean			0.634	0.005	0.005	0.005	0.005	1.72	0.242	0.005	0.178	0.168	2.7	0.005	0.467	0.528	0.464	0.454	1.62	0.005	0.133
Minimum			0.575	0.005	0.005	0.005	0.005	1.7	0.223	0.005	0.123	0.165	2.6	0.005	0.396	0.524	0.432	0.439	1.59	0.005	0.124
Maximum			0.682	0.005	0.005	0.005	0.005	1.76	0.257	0.005	0.219	0.171	2.7	0.005	0.507	0.535	0.504	0.465	1.66	0.005	0.141
St.Dev.			0.054	0	0	0	0	0.032	0.018	0	0.05	0.003	0.069	0	0.061	0.006	0.037	0.013	0.038	0	0.008
Count			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Analytical lab. Analysis code	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR		NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA			
Detection limit	0.05	0.01	0.05	0.01	0.05	0.01	0.01	2.5	1.15											
Sample no	Depth1	Depth2	BDE181	BDE183	BDE190	BDE195	BDE196	BDE203	BDE205	BDE206	BDE209	S_BDE	PFBS	PFHpA	PFHxA	PFNA	PFOA	PFOS	PFOSA	
			µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
			d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.
A	0	2	<0.05	1.299	<0.05	<0.01	0.234	<0.01	<0.01	0.996	18.279	28.709	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<1	<0.5	<0.5	
B	0	2	0.256	1.362	<0.05	<0.01	0.186	<0.01	<0.01	0.824	15.765	25.853	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<1	<0.5	<0.5	
C	0	2	0.828	1.291	<0.05	<0.01	0.283	<0.01	<0.01	0.861	14.64	24.854	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<1	<0.5	<0.5	
D	0	2																		
Mean			0.37	1.32	0.025	0.005	0.234	0.005	0.005	0.89	16	26	0.25	0.25	0.25	0.25	0.5	0.25	0.25	
Minimum			0.025	1.29	0.025	0.005	0.186	0.005	0.005	0.824	15	25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.5	0.25	0.25	
Maximum			0.828	1.36	0.025	0.005	0.283	0.005	0.005	1	18	29	0.25	0.25	0.25	0.25	0.5	0.25	0.25	
St.Dev.			0.413	0.039	0	0	0.048	0	0	0.091	1.86	2	0	0	0	0	0	0	0	
Count			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Tilførselsprogrammet 2010. Tilførsler og miljøtilstand i Nordsjøen, TA-2810/2011

Sample type : Sediment
 Station Code: 9
 Latitude : 57.78 Longitude:
 7.1
 Sample date : 06.07.2010 Count:4

Analytical lab.			NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR		
Analysis code			355	350	355	355	355	353	355	355	355	355	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR		
Detection limit			2	0.005	0.4	2	1	0.2	0.2	2	0.5	2	0.016	0.016	0.018	0.005	0.006	0.006		
Sample	Depth1	Depth2	Korn<63µm	TOC	Al	Hg	Ni	Pb	Zn	Cd	Cu	As	Ag	THC	CB28	CB101	CB52	CB105	CB118	CB138
no			% t.v. d.wt.	µg/mg C TS d.wt.	mg/kg d.wt.	mg/kg d.wt.	mg/kg d.wt.	mg/kg d.wt.	mg/kg d.wt.	mg/kg d.wt.	mg/kg d.wt.	mg/kg d.wt.	mg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.
A	0	2												38.188	0.623	0.327	0.368	0.916	0.459	0.396
B	0	2												40.487	0.633	0.335	0.359	0.887	0.443	0.42
C	0	2	97	22.3	22300	0.078	31.4	49.2	95.3	<0.2	18.9	25	<0.5	36.514	0.633	0.327	0.344	1.097	0.49	0.411
D	0	2												0.551	0.279	0.269	0.857	0.218	0.38	
Mean			97	22	22300	0.078	31	49	95	0.1	19	25	0.25	38	0.61	0.317	0.335	0.94	0.402	0.402
Minimum			97	22	22300	0.078	31	49	95	0.1	19	25	0.25	37	0.551	0.279	0.269	0.86	0.218	0.38
Maximum			97	22	22300	0.078	31	49	95	0.1	19	25	0.25	40	0.633	0.335	0.368	1.1	0.49	0.42
St.Dev.			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.99	0.04	0.026	0.045	0.108	0.125	0.018
Count			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	4	4	4	4	4	4

Analytical lab.			IMR	IMR	IMR		IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR			
Analysis code			0.03	0.014																		
Detection limit			0.015	0.016																		
Sample	Depth1	Depth2	CB153	CB180	PCB7	DDDDPP	DDEPP	S2_DDT	S_DDT	HCHB	HCHG	HCB	NAP	NAP1M	NAPDI	NAPD4	NAPD5	ACNLE	ACNE	NAPT5	NAPTM	
no			µg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.	mg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.	mg/kg d.wt.	mg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.	µg/kg d.wt.
A	0	2	0.924	1.088	4.185	0.612	0.326	0.938		0.56	0.175	1.898	82.426	65.493	36.866	56.99	11.835	5.425	5.932	16.513	17.579	
B	0	2	0.77	1.112	4.072	0.602	0.456	1.058		0.537	0.175	2.143	86.298	69.05	29.867	60.437	12.665	5.712	6.642	17.84	18.638	
C	0	2	0.855	1.105	4.165	0.604	0.275	0.879		0.618	0.186	0.893	84.454	65.522	33.252	59.553	12.456	5.699	6.494	17.378	18.394	
D	0	2	0.739	1.158	3.594	0.55	0.221	0.771		1.581	0.156	0.622										
Mean			0.822	1.12	4.004	0.592	0.32	0.91	0	0.824	0.173	1.39	84	67	33	59	12	5.6	6	17	18	
Minimum			0.739	1.09	3.6	0.55	0.221	0.771	0	0.537	0.156	0.622	82	65	30	57	12	5.4	5.9	17	18	
Maximum			0.92	1.16	4.2	0.612	0.456	1.06	0	1.58	0.186	2.14	86	69	37	60	13	5.7	7	18	19	
St.Dev.			0.084	0.03	0.278	0.028	0.101	0.12	0	0.506	0.012	0.744	1.94	2.05	3.5	1.79	0.432	0.162	0.375	0.674	0.555	
Count			4	4	4	4	4	4	0	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	

Tilførselsprogrammet 2010. Tilførsler og miljøtilstand i Nordsjøen, TA-2810/2011

Analytical lab. Analysis code	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	
Detection limit	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
Sample no	Depth1	Depth2	NAPT4	NAP42	NAP41	FLE	DBT	PA	ANT	DBTM4	PAM3	PAM2	PAM9	PAM1	DBTE4	PADM1	DBTP4	PADM4	PATM2	PATM1	PA4M4
			mg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	mg/kg	µg/g	mg/kg	µg/kg	mg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
			d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.
A	0	2	9.942	4.62	15.964	28.073	12.656	88.223	13.294	8.54	19.89	34.087	24.606	16.975	1.114	4.692	0.648	7.233	9.63	8.586	4.016
B	0	2	9.909	4.933	16.866	30.958	14.121	98.415	14.605	9.476	21.897	38.386	27.078	18.43	1.285	5.154	0.764	7.981	10.731	9.449	4.491
C	0	2	10.829	4.838	16.928	31.421	13.831	96.084	14.918	9.342	21.853	36.957	26.679	18.839	1.227	5.264	0.753	8.047	11.252	9.369	4.53
D	0	2																			
Mean			10	4.8	17	30	14	94	14	9	21	36	26	18	1.21	5	0.722	8	11	9	4.3
Minimum			10	4.6	16	28	13	88	13	9	20	34	25	17	1.11	4.7	0.648	7	10	9	4
Maximum			11	4.9	17	31	14	98	15	9	22	38	27	19	1.28	5.3	0.764	8	11	9	4.5
St.Dev.			0.522	0.16	0.54	1.81	0.776	5.3	0.86	0.506	1.15	2.19	1.33	0.98	0.087	0.304	0.064	0.452	0.828	0.476	0.286
Count			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Analytical lab. Analysis code	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	
Detection limit	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.05	
Sample no	Depth1	Depth2	FLU	PYR	BAA	CHR	CHRM1	CHRE6	CHRP6	BBF	BJF	BKF	BEP	BAP	PER	ICDP	DBAHA	BGHIP	PAH16	TNONC	BDE15
			µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
			d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.
A	0	2	96.944	75.769	131.565	227.989	8.481	2.968	0.003	789.823	242.477	109.267	271.594	205.622	85.636	199.293	56.526	172.204	2288.37	0.118	1.364
B	0	2	107.319	84.039	143.664	242.887	9.118	3.2	-0.022	855.983	251.098	116.697	290.419	221.259	91.681	223.13	62.832	192.508	2492.95	0.122	0.668
C	0	2	101.227	79.461	139.169	246.484	8.824	3.233	1.06	974.752	295.458	135.905	335.725	253.171	106.94	205.949	60.066	180.851	2616.11	0.118	0.979
D	0	2																		0.127	
Mean			102	80	138	239	9	3.1	0.347	874	263	121	299.246	227	95	209	60	182	2466	0.121	1
Minimum			97	76	132	228	8	3	-0.022	790	242	109	271.594	206	86	199	57	172	2288	0.118	0.668
Maximum			107	84	144	246	9	3.2	1.06	975	295	136	335.725	253	107	223	63	193	2616	0.127	1.36
St.Dev.			5.2	4.1	6.1	10	0.319	0.144	0.618	94	28	14	32.964	24	11	12	3.2	10	166	0.004	0.349
Count			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Tilførselsprogrammet 2010. Tilførsler og miljøtilstand i Nordsjøen, TA-2810/2011

Analytical lab. Analysis code	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR		
Detection limit	0.01	0.01	0.01	0.01	0.07	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.09	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05		
Sample no	BDE17	BDE25	BDE28	BDE35	BDE47	BDE49	BDE66	BDE71	BDE75	BDE77	BDE85	BDE99	BDE100	BDE118	BDE119	BDE138	BDE153	BDE154	BDE181		
Depth1																					
Depth2																					
	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg		
	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.		
A	0	2	<0.01	<0.01	0.287	<0.01	1.097	0.185	<0.01	0.144	0.161	1.372	<0.01	0.432	0.479	<0.01	0.254	1.166	<0.01	0.115	<0.05
B	0	2	<0.01	<0.01	0.262	<0.01	1.103	0.183	<0.01	0.172	0.149	1.383	<0.01	0.392	0.48	<0.01	0.267	1.159	<0.01	0.123	0.653
C	0	2	<0.01	<0.01	0.258	<0.01	1.114	0.169	<0.01	0.182	0.139	1.401	<0.01	0.405	0.481	<0.01	0.274	1.156	<0.01	0.087	0.656
D	0	2																			
Mean			0.005	0.005	0.269	0.005	1.1	0.179	0.005	0.166	0.15	1.39	0.005	0.41	0.48	0.005	0.265	1.16	0.005	0.108	0.445
Minimum			0.005	0.005	0.258	0.005	1.1	0.169	0.005	0.144	0.139	1.37	0.005	0.392	0.479	0.005	0.254	1.16	0.005	0.087	0.025
Maximum			0.005	0.005	0.287	0.005	1.11	0.185	0.005	0.182	0.161	1.4	0.005	0.432	0.481	0.005	0.274	1.17	0.005	0.123	0.656
St.Dev.			0	0	0.015	0	0.009	0.008	0	0.02	0.011	0.015	0	0.021	0.001	0	0.01	0.005	0	0.019	0.364
Count			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Analytical lab. Analysis code	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR		NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA		
Detection limit	0.01	0.05	0.01	0.05	0.01	0.01	2.5	1.15										
Sample no	BDE183	BDE190	BDE195	BDE196	BDE203	BDE205	BDE206	BDE209	S_BDE	PFBS	PFHpA	PFHxA	PFNA	PFOA	PFOS	PFOSA		
Depth1																		
Depth2																		
	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg		
	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.		
A	0	2	0.557	<0.05	<0.01	<0.05	0.307	<0.01	0.779	15.741	22.514	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<1	1.7	<0.5
B	0	2	0.529	<0.05	<0.01	<0.05	<0.01	<0.01	0.825	15.581	22.367	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<1	0.8	<0.5
C	0	2	0.462	<0.05	<0.01	<0.05	0.302	<0.01	0.833	14.151	20.894	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<1	0.9	<0.5
D	0	2																
Mean			0.516	0.025	0.005	0.025	0.205	0.005	0.812	15	22	0.25	0.25	0.25	0.25	0.5	1.13	0.25
Minimum			0.462	0.025	0.005	0.025	0.005	0.005	0.779	14	21	0.25	0.25	0.25	0.25	0.5	0.8	0.25
Maximum			0.557	0.025	0.005	0.025	0.307	0.005	0.833	16	23	0.25	0.25	0.25	0.25	0.5	1.7	0.25
St.Dev.			0.049	0	0	0	0.173	0	0.029	0.88	0.9	0	0	0	0	0	0.493	0
Count			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Tilførselsprogrammet 2010. Tilførsler og miljøtilstand i Nordsjøen, TA-2810/2011

Sample type : Sediment
 Station Code: 10
 Latitude : 59.03 Longitude: 4.71
 Sample date : 05.07.2010 Count:3

Analytical lab.			NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR		
Analysis code				1	355	350	355	355	355	353	355	355		2	0.016	0.016	0.018	0.005	0.006	0.03
Detection limit					2	0.005	0.4	2	1	0.2	0.2	2	0.5							
Sample no	Depth1	Depth2	Korn<63µm % t.v. d.wt.	TOC µg/mg d.wt.	Al mg/kg d.wt.	Hg mg/kg d.wt.	Ni mg/kg d.wt.	Pb mg/kg d.wt.	Zn mg/kg d.wt.	Cd mg/kg d.wt.	Cu mg/kg d.wt.	As mg/kg d.wt.	Ag mg/kg d.wt.	THC mg/kg d.wt.	CB28 µg/kg d.wt.	CB101 µg/kg d.wt.	CB52 µg/kg d.wt.	CB105 µg/kg d.wt.	CB138 µg/kg d.wt.	CB153 µg/kg d.wt.
A	0	2	91	15.2	20200	0.036	29.4	35.2	72.5	<0.2	17.4	12	<0.5	16.978	0.349	0.171	0.458	0.322	0.149	0.356
B	0	2	92	16.2	20900	0.038	31	38.1	75.5	<0.2	17	12	<0.5	16.066	0.337	0.153	0.191	0.212	0.156	0.321
C	0	2	93	15.6	20900	0.038	30.4	37.4	74.3	<0.2	16.1	14	<0.5	17.998	0.345	0.137	0.157	0.239	0.166	0.329
Mean			92	16	20667	0.037	30	37	74	0.1	17	13	0.25	17	0.344	0.154	0.269	0.258	0.157	0.335
Minimum			91	15	20200	0.036	29	35	72	0.1	16	12	0.25	16	0.337	0.137	0.157	0.212	0.149	0.321
Maximum			93	16	20900	0.038	31	38	76	0.1	17	14	0.25	18	0.349	0.171	0.458	0.322	0.166	0.356
St.Dev.			1	0.503	404	0.001	0.808	1.51	1.51	0	0.666	1.15	0	0.97	0.006	0.017	0.165	0.057	0.009	0.018
Count			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Analytical lab.			IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR		
Analysis code																					
Detection limit			0.014		0.015	0.016			0.013	0.004	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
Sample no	Depth1	Depth2	CB180 µg/kg d.wt.	PCB7 µg/kg d.wt.	DDPP µg/kg d.wt.	DDEPP mg/kg d.wt.	S2_DDT µg/kg d.wt.	S_DDT µg/kg d.wt.	HCHB µg/kg d.wt.	HCHG µg/kg d.wt.	HCB µg/kg d.wt.	NAP µg/kg d.wt.	NAP1M mg/kg d.wt.	NAPDI mg/kg d.wt.	NAPD4 µg/kg d.wt.	NAPD5 µg/kg d.wt.	ACNLE µg/kg d.wt.	ACNE µg/kg d.wt.	NAPT5 µg/kg d.wt.	NAPT1M mg/kg d.wt.	NAPT4 mg/kg d.wt.
A	0	2	0.395	2.2	0.24	0.227	0.467	0.161	0.126	0.305	26.702	23.644	15.604	25.685	4.801	1.966	1.576	6.886	6.577	4.188	
B	0	2	0.351	1.721	0.236	0.208	0.444	0.52	0.111	0.283	27.565	25.641	15.321	26.282	4.888	2.02	1.691	6.934	6.575	4.114	
C	0	2	0.366	1.739	0.244	0.244	0.488	0.156	0.112	0.299	27.936	26.209	14.749	25.624	4.832	2.056	1.595	7.031	6.511	4.049	
Mean			0.371	1.888	0.24	0.226	0.466	0	0.279	0.116	0.296	27	25	15	26	4.8	2.01	1.62	7	7	4.1
Minimum			0.351	0	0.236	0.208	0.444	0	0.156	0.111	0.283	27	24	15	26	4.8	1.97	1.58	7	7	4
Maximum			0.395	0	0.244	0.244	0.488	0	0.52	0.126	0.305	28	26	16	26	4.9	2.06	1.69	7	7	4.2
St.Dev.			0.022	0	0.004	0.018	0.022	0	0.209	0.008	0.011	0.633	1.35	0.436	0.364	0.044	0.045	0.062	0.074	0.037	0.069
Count			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Tilførselsprogrammet 2010. Tilførsler og miljøtilstand i Nordsjøen, TA-2810/2011

Analytical lab.	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	
Analysis code																					
Detection limit	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
Sample no	Depth1	Depth2	NAP42	NAP41	FLE	DBT	PA	ANT	DBTM4	PAM3	PAM2	PAM9	PAM1	DBTE4	PADM1	DBTP4	PADM4	PATM2	PATM1	PA4M4	FLU
			µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	mg/kg	µg/g	mg/kg	µg/kg	mg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
			d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.
A	0	2	1.538	7.036	15.244	5.389	39.177	4.86	3.824	10.025	15.594	12.038	7.745	0.301	1.911	0.039	3.17	3.949	3.152	1.268	29.319
B	0	2	1.515	7.057	13.931	4.917	36.341	4.708	3.482	9.183	14.32	10.917	7.164	0.254	1.712	0.076	2.948	3.704	2.893	1.156	31.602
C	0	2	1.514	6.819	14.104	5.071	37.172	4.696	3.536	9.244	14.576	11.014	7.157	0.249	1.733	0.013	2.944	3.896	2.924	1.131	30.344
Mean			1.52	7	14	5.1	38	4.8	3.6	9	15	11	7	0.268	1.79	0.043	3	3.8	3	1.19	30
Minimum			1.51	7	14	4.9	36	4.7	3.5	9	14	11	7	0.249	1.71	0.013	2.9	3.7	2.9	1.13	29
Maximum			1.54	7	15	5.4	39	4.9	3.8	10	16	12	8	0.301	1.91	0.076	3.2	3.9	3.2	1.27	32
St.Dev.			0.014	0.132	0.713	0.241	1.46	0.092	0.184	0.47	0.674	0.621	0.337	0.029	0.109	0.031	0.129	0.129	0.141	0.073	1.14
Count			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Analytical lab.	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	
Analysis code																					
Detection limit	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
Sample no	Depth1	Depth2	PYR	BAA	CHR	CHRM1	CHRE6	CHRP6	BBF	BJF	BKF	BEP	BAP	PER	ICDP	DBAHA	BGHIP	PAH16	TNOC	BDE15	BDE17
			µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
			d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.
A	0	2	24.532	50.216	146.392	3.416	1.216	0.354	617.589	187.006	78.512	202.08	118.321	67.441	84.944	24.079	69.466	1332.9	0.041	0.486	<0.01
B	0	2	26.642	54.607	155.513	3.625	1.308	0.404	289.997	85.353	36.14	939.467	61.938	34.404	94.288	26.506	77.658	941.148	0.044	<0.05	<0.01
C	0	2	25.662	51.751	144.506	3.492	1.22	-0.052	400.1	119.462	49.873	131.975	86.086	46.171	87.075	24.507	72.437	1059.9	0.043	0.996	<0.01
Mean			26	52	149	3.5	1.25	0.235	436	131	55	142.667	89	49	89	25	73	1111	0.043	0.502	0.005
Minimum			25	50	145	3.4	1.22	-0.052	290	85	36	93.947	62	34	85	24	69	941	0.041	0.025	0.005
Maximum			27	55	156	3.6	1.31	0.404	618	187	79	202.08	118	67	94	27	78	1333	0.044	1	0.005
St.Dev.			1.06	2.23	5.9	0.106	0.052	0.25	167	52	22	54.854	28	17	4.9	1.3	4.1	201	0.002	0.486	0
Count			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Tilførselsprogrammet 2010. Tilførsler og miljøtilstand i Nordsjøen, TA-2810/2011

Analytical lab. Analysis code	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR		
Detection limit	0.01	0.01	0.01	0.07	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.09	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	0.01		
Sample no	Depth1	Depth2	BDE25	BDE28	BDE35	BDE47	BDE49	BDE66	BDE71	BDE75	BDE77	BDE85	BDE99	BDE100	BDE118	BDE119	BDE138	BDE153	BDE154	BDE181	BDE183
			µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
			d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.
A	0	2	<0.01	<0.01	<0.01	0.508	0.104	<0.01	0.042	<0.01	0.569	<0.01	<0.01	0.475	<0.01	0.293	0.476	<0.01	<0.01	0.408	0.148
B	0	2	<0.01	<0.01	<0.01	0.489	0.111	<0.01	0.053	<0.01	0.56	<0.01	0.13	0.462	<0.01	0.281	0.463	<0.01	<0.01	0.356	<0.01
C	0	2	<0.01	<0.01	<0.01	0.573	0.111	<0.01	0.049	<0.01	0.641	<0.01	0.36	0.528	<0.01	0.328	0.516	<0.01	<0.01	0.411	<0.01
Mean			0.005	0.005	0.005	0.523	0.109	0.005	0.048	0.005	0.59	0.005	0.165	0.489	0.005	0.3	0.485	0.005	0.005	0.391	0.053
Minimum			0.005	0.005	0.005	0.489	0.104	0.005	0.042	0.005	0.56	0.005	0.005	0.462	0.005	0.281	0.463	0.005	0.005	0.356	0.005
Maximum			0.005	0.005	0.005	0.573	0.111	0.005	0.053	0.005	0.641	0.005	0.36	0.528	0.005	0.328	0.516	0.005	0.005	0.411	0.148
St.Dev.			0	0	0	0.044	0.004	0	0.006	0	0.045	0	0.18	0.035	0	0.024	0.028	0	0	0.031	0.083
Count			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Analytical lab. Analysis code	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR		NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA		
Detection limit	0.05	0.01	0.05	0.01	0.01	2.5	1.15										
Sample no	Depth1	Depth2	BDE190	BDE195	BDE196	BDE203	BDE205	BDE206	BDE209	S_BDE	PFBS	PFHpA	PFHxA	PFNA	PFOA	PFOS	PFOSA
			µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
			d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.
A	0	2	<0.05	<0.01	0.61	<0.01	<0.01	<2.5	6.298	11.988	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<1	<0.5	<0.5
B	0	2	<0.05	<0.01	0.582	<0.01	<0.01	0.831	7.968	11.889	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<1	<0.5	<0.5
C	0	2	<0.05	<0.01	0.631	<0.01	<0.01	0.837	7.255	11.789	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<1	<0.5	<0.5
Mean			0.025	0.005	0.608	0.005	0.005	0.97	7	12	0.25	0.25	0.25	0.25	0.5	0.25	0.25
Minimum			0.025	0.005	0.582	0.005	0.005	0.831	6	12	0.25	0.25	0.25	0.25	0.5	0.25	0.25
Maximum			0.025	0.005	0.631	0.005	0.005	1.25	8	12	0.25	0.25	0.25	0.25	0.5	0.25	0.25
St.Dev.			0	0	0.025	0	0	0.24	0.838	0.1	0	0	0	0	0	0	0
Count			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Tilførselsprogrammet 2010. Tilførsler og miljøtilstand i Nordsjøen, TA-2810/2011

Sample type : Sediment
 Station Code: 11
 Latitude : 58.92 Longitude:
 3.84
 Sample date : 18.07.2010 Count:3

Analytical lab.			NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR		
Analysis code			355	355	355	355	355	353	355	355	355	355								
Detection limit			1	2	0.005	0.4	2	1	0.2	0.2	2	0.5	2	0.016	0.016	0.018	0.005	0.006	0.03	
Sample	Depth1	Depth2	Korn<63µm	TOC	Al	Hg	Ni	Pb	Zn	Cd	Cu	As	Ag	THC	CB28	CB101	CB52	CB105	CB138	CB153
no			% t.v.	TS	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
			d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.
A	0	2	96	20.8	21200	0.038	32.5	42	78.7	<0.2	17.9	11	<0.5	18.632	0.233	0.152	0.088	0.084	0.131	0.303
B	0	2	98	20.6	21600	0.038	32.6	41.4	77.8	<0.2	18.1	12	<0.5	18.666	0.215	0.134	0.098	0.065	0.118	0.32
C	0	2	98	20.8	20900	0.039	32	41.2	77	<0.2	17.7	12	<0.5	33.317	0.234	0.151	0.064	0.045	0.136	0.311
Mean			97	21	21233	0.038	32	42	78	0.1	18	12	0.25	24	0.227	0.146	0.083	0.065	0.128	0.311
Minimum			96	21	20900	0.038	32	41	77	0.1	18	11	0.25	19	0.215	0.134	0.064	0.045	0.118	0.303
Maximum			98	21	21600	0.039	33	42	79	0.1	18	12	0.25	33	0.234	0.152	0.098	0.084	0.136	0.32
St.Dev.			1.15	0.115	351	0.001	0.321	0.416	0.85	0	0.2	0.577	0	8	0.011	0.01	0.017	0.02	0.009	0.009
Count			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Analytical lab.			IMR	IMR	IMR	IMR		IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR			
Analysis code			0.014		0.015	0.016			0.013	0.004	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5		
Detection limit			0.014		0.015	0.016			0.013	0.004	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5		
Sample	Depth1	Depth2	CB180	PCB7	DDPP	DDEPP	S2_DDT	S_DDT	HCHB	HCHG	HCB	NAP	NAP1M	NAPDI	NAPD4	NAPD5	ACNLE	ACNE	NAPT5	NAPT4	
no			µg/kg	µg/kg	µg/kg	mg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	mg/kg	mg/kg
			d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.
A	0	2	0.295	1.286	0.251	0.098	0.349		0.16	0.14	0.185	26.935	22.904	15.617	24.435	4.66	2.045	1.395	6.51	6.3	4.185
B	0	2	0.285	1.235	0.248	0.127	0.375		0.139	0.137	0.179	25.726	21.848	13.319	20.646	3.969	1.889	1.177	5.694	5.824	3.752
C	0	2	0.301	1.242	0.264	0.088	0.352		0.658	0.149	0.186	27.356	24.126	18.959	25.131	4.647	2.111	1.314	6.909	6.439	4.093
Mean			0.294	1.254	0.254	0.104	0.359	0	0.319	0.142	0.183	27	23	16	23	4.4	2.01	1.3	6	6.2	4
Minimum			0.285	0	0.248	0.088	0.349	0	0.139	0.137	0.179	26	22	13	21	4	1.89	1.18	5.7	5.8	3.8
Maximum			0.301	0	0.264	0.127	0.375	0	0.658	0.149	0.186	27	24	19	25	4.7	2.11	1.4	7	6	4.2
St.Dev.			0.008	0	0.009	0.02	0.014	0	0.294	0.006	0.004	0.846	1.14	2.8	2.4	0.395	0.114	0.11	0.619	0.323	0.228
Count			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Tilførselsprogrammet 2010. Tilførsler og miljøtilstand i Nordsjøen, TA-2810/2011

Analytical lab. Analysis code	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	
Detection limit	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
Sample no	Depth1	Depth2	NAP42	NAP41	FLE	DBT	PA	ANT	DBTM4	PAM3	PAM2	PAM9	PAM1	DBTE4	PADM1	DBTP4	PADM4	PATM2	PATM1	PA4M4	FLU
			µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	mg/kg	µg/kg	mg/kg	µg/g	mg/kg	µg/kg	mg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
			d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.
A	0	2	1.584	6.736	13.57	4.954	35.817	5.302	3.409	8.782	13.462	10.016	6.868	0.293	1.713	0.098	2.99	3.471	2.857	1.22	38.634
B	0	2	1.426	6.053	9.511	4.31	32.23	4.595	2.865	7.115	11.9	8.292	5.809	0.143	1.383	-0.056	2.446	2.849	2.473	1.119	36.524
C	0	2	1.542	6.76	13.502	4.927	36.296	5.413	3.417	8.818	13.9	10.017	6.887	0.245	1.696	-0.008	3.023	3.545	2.913	1.198	38.81
Mean			1.52	7	12	4.7	35	5.1	3.2	8	13	9	7	0.227	1.6	0.011	2.8	3.3	2.7	1.18	38
Minimum			1.43	6.1	10	4.3	32	4.6	2.9	7	12	8	5.8	0.143	1.38	-0.056	2.4	2.8	2.5	1.12	37
Maximum			1.58	7	14	5	36	5.4	3.4	9	14	10	7	0.293	1.71	0.098	3	3.5	2.9	1.22	39
St.Dev.			0.082	0.402	2.3	0.364	2.22	0.444	0.317	0.97	1.05	1	0.617	0.077	0.185	0.079	0.324	0.382	0.24	0.053	1.27
Count			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Analytical lab. Analysis code	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	
Detection limit	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
Sample no	Depth1	Depth2	PYR	BAA	CHR	CHRM1	CHRE6	CHRP6	BBF	BJF	BKF	BEP	BAP	PER	ICDP	DBAHA	BGHIP	PAH16	TNONC	BDE15	BDE17
			µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
			d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.
A	0	2	31.156	61.968	154.463	4.577	1.385	-0.025	241.287	70.196	35.774	78.0859	51.208	26.545	151.446	36.996	125.512	1013.51	0.052	0.589	<0.01
B	0	2	29.549	57.753	109.603	4.537	1.43	0.44	217.603	61.245	29.705	70.709	45.944	23.58	138.462	35.265	111.127	886.665	0.045	0.566	<0.01
C	0	2	31.557	65.909	159.223	5.086	1.512	0.498	245.308	72.125	34.856	78.1619	52.042	27.377	149.213	37.927	121.126	1021.96	0.057	0.697	<0.01
Mean			31	62	141	4.7	1.44	0.304	235	68	33	75.652	50	26	146	37	119	974	0.051	0.617	0.005
Minimum			30	58	110	4.5	1.39	-0.025	218	61	30	70.709	46	24	138	35	111	887	0.045	0.566	0.005
Maximum			32	66	159	5.1	1.51	0.498	245	72	36	78.162	52	27	151	38	126	1022	0.057	0.697	0.005
St.Dev.			1.06	4.1	27	0.306	0.065	0.287	15	5.8	3.3	4.281	3.3	2	7	1.35	7	76	0.006	0.07	0
Count			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Tilførselsprogrammet 2010. Tilførsler og miljøtilstand i Nordsjøen, TA-2810/2011

Analytical lab. Analysis code	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	
Detection limit	0.01	0.01	0.01	0.07	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.09	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	0.01	
Sample no	BDE25	BDE28	BDE35	BDE47	BDE49	BDE66	BDE71	BDE75	BDE77	BDE85	BDE99	BDE100	BDE118	BDE119	BDE138	BDE153	BDE154	BDE181	BDE183		
Depth1	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	
Depth2	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	
A	0	2	<0.01	<0.01	<0.01	0.536	0.064	<0.01	0.045	<0.01	0.492	<0.01	0.153	0.387	<0.01	0.174	0.382	<0.01	<0.01	0.26	<0.01
B	0	2	<0.01	<0.01	<0.01	0.514	0.07	<0.01	0.06	<0.01	0.474	<0.01	0.148	0.377	<0.01	0.165	0.435	<0.01	<0.01	0.276	<0.01
C	0	2	<0.01	<0.01	<0.01	0.555	0.088	<0.01	0.052	<0.01	0.503	<0.01	0.158	0.431	<0.01	0.145	0.487	<0.01	<0.01	0.308	<0.01
Mean	0.005	0.005	0.005	0.535	0.074	0.005	0.053	0.005	0.49	0.005	0.153	0.398	0.005	0.161	0.434	0.005	0.005	0.281	0.005		
Minimum	0.005	0.005	0.005	0.514	0.064	0.005	0.045	0.005	0.474	0.005	0.148	0.377	0.005	0.145	0.382	0.005	0.005	0.26	0.005		
Maximum	0.005	0.005	0.005	0.555	0.088	0.005	0.06	0.005	0.503	0.005	0.158	0.431	0.005	0.174	0.487	0.005	0.005	0.308	0.005		
St.Dev.	0	0	0	0.021	0.012	0	0.008	0	0.015	0	0.005	0.029	0	0.015	0.052	0	0	0.024	0		
Count	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	

Analytical lab. Analysis code	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR	IMR		NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA	NIVA		
Detection limit	0.05	0.01	0.05	0.01	0.01	2.5	1.15										
Sample no	BDE190	BDE195	BDE196	BDE203	BDE205	BDE206	BDE209	S_BDE	PFBS	PFHpA	PFHxA	PFNA	PFOA	PFOS	PFOSA		
Depth1	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg		
Depth2	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.	d.wt.		
A	0	2	<0.05	<0.01	<0.05	<0.01	<0.01	0.875	3.732	6.897	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<1	<0.5	<0.5
B	0	2	<0.05	<0.01	0.319	<0.01	<0.01	0.82	3.96	7.34	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<1	<0.5	<0.5
C	0	2	<0.05	<0.01	0.359	<0.01	<0.01	0.902	3.264	6.928	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<1	<0.5	<0.5
Mean	0.025	0.005	0.234	0.005	0.005	0.87	3.7	7	0.25	0.25	0.25	0.25	0.5	0.25	0.25		
Minimum	0.025	0.005	0.025	0.005	0.005	0.82	3.3	7	0.25	0.25	0.25	0.25	0.5	0.25	0.25		
Maximum	0.025	0.005	0.359	0.005	0.005	0.9	4	7	0.25	0.25	0.25	0.25	0.5	0.25	0.25		
St.Dev.	0	0	0.183	0	0	0.042	0.355	0.248	0	0	0	0	0	0	0		
Count	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		

TORSK

Species : Gadus morhua GB:Cod NO:Torsk Tissue:Muskel
 Station Code: 26 Station name: Egersundbanken
 Latitude : 57.92 Longitude: 4.91
 Catch date : 13.07.2010 Count:27 Sample type:
 Individual

Analytical lab.		NIFES					NIFES
Analysis code							0.002
Detection limit							Hg
Sample	Sex	Age	Wt	L	WtLiver	TTS	Hg
No		yr	g	cm	g	%	mg/kg
						w.wt.	w.wt.
1			1355	52	30	20.6	0.06
2			835	34	19	20.19	0.08
3			355	31	5.5	21.14	0.06
4			1495	53	41	21.44	0.09
5			2960	67	47	20.92	0.09
6			3025	72	29	19.31	0.12
7			5615	83	106	20.19	0.23
8			3800	69	100	21.1	0.14
9			1285	48	13	22.42	0.09
10			680	34	7	19.62	0.06
11			860	45	52	22.36	0.09
12			1200	46	31	20.15	0.09
13			1240	47	21	21.46	0.06
14			870	45	24	20.89	0.06
15			690	42	12	20.55	0.06
16			2120	62	56	20.42	0.06
17			3405	70	141	20.93	0.1
18			3920	72	172	21.38	0.06
19			1995	58	65	20.49	0.06
20			1415	52	28	21.35	0.05
21			1005	47	21	20.48	0.04
22			590	37	7.5	21.54	0.03
23			310	31	4	20.85	0.06
24			850	43	35	20.35	0.03
25			150	26	2	20.16	0.07
26			525	37	41	21.83	0.04
27			705	41	13	20.59	0.09
Mean			1602	50	42	21	0.077
Minimum			150	26	2	19	0.03
Maximum			5615	83	172	22	0.23
St.Dev.			1344	15	42	0.74	0.04
Count			27	27	27	27	27

Species : Gadus morhua GB:Cod NO:Torsk Tissue:Muskel
 Station Code: 27 Station name: Nordl. Nordsjøen
 Latitude : 60.83 Longitude: 1.33
 Catch date : 29.07.2010 Count:23 Sample type: Individual

Analytical lab.		NIFES					NIFES
Analysis code							0.002
Detection limit							Hg
Sample	Sex	Age	Wt	L	WtLiver	TTS	Hg
No		yr	g	cm	g	%	mg/kg
						w.wt.	w.wt.
1			16360	106	1122	21.17	0.62
2			4980	75	296.8	19.59	0.07
3			2940	64	137.4	19.06	0.14
4			1995	56	56.2	20.41	0.11
5			2875	62	120	21.91	0.08
6			2205	59	44	20.42	0.31
7			2260	59	145.5	20.85	0.09
8			330	32	4.3	20.23	0.07
9			1290	50	16.7	20.36	0.05
10			1505	53	25	20.69	0.17
11			1045	46	46.1	21.71	0.09
12			4625	75	90.9	19.51	0.29
13			5735	82	285.5	20.28	0.14
14			3010	66	277	20.06	0.12
15			3090	64	247	19.35	0.1
16			1515	51	60	21.34	0.28
17			1470	51	22.2	21.37	0.11
18			7440	90	278	20.68	0.08
19			3600	73	259.7	20.65	0.12
20			1175	48	38.5	21.63	0.09
21			1225	49	37.9	19.34	0.14
22			875	43	42.9	21.41	0.05
23			5955	78	354	21.72	0.38
Mean			3370	62	174	21	0.161
Minimum			330	32	4.3	19	0.05
Maximum			16360	106	1122	22	0.62
St.Dev.			3385	17	235	0.85	0.134
Count			23	23	23	23	23

Tilførselsprogrammet 2010. Tilførsler og miljøtilstand i Nordsjøen, TA-2810/2011

Species : Gadus morhua GB:Cod NO:Torsk Tissue:Lever
 Station Code: 26 Station name: Egersundbanken
 Latitude : 57.92 Longitude: 4.91
 Catch date : 11.07.2010 Count:27 Sample type: Individual

Analytical lab.	Sex	Age yr	Wt g	L cm	WtLiver g	NIFES		NIFES		NIFES		NIFES		NIFES		NIFES		NIFES		NIFES		NIFES	
						FETT %	Zn mg/kg	Cd mg/kg	Pb mg/kg	Co mg/kg	Mn mg/kg	Cu mg/kg	As mg/kg	Sn mg/kg	Hg mg/kg	Mo mg/kg	Se mg/kg	CB28 µg/kg	CB52 µg/kg	CB101 µg/kg	CB118 µg/kg	CB138 µg/kg	CB153 µg/kg
Analysis code						0.014				0.01		0.01		0.002			0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	
Detection limit						w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	
Sample No																							
1			705	41	13	25.3	19	0.07	<0.037	0.03	1.5	4	17	0.05	0.03	0.2	1	0.99	2.4	11	13	36	49
2			525	37	41	55.6	15	0.02	<0.031	<0.016	0.84	3.3	6.2	<0.031	<0.024	0.16	1.2	1.9	3.6	12	13	31	41
3			150	26	2	47.9	19	0.08	<0.027	0.02	0.75	5.1	8.2	<0.027	0.03	0.16	1.4	2.2	5.5	21	21	49	64
4			850	43	35	56.2	23	0.15	<0.03	0.03	1.8	2.4	3.5	0.11	<0.021	0.31	1.5	2.1	2.6	7.9	11	24	32
5			310	31	4	56.2	8.8	0.03	<0.025	0.02	0.57	1.2	4.7	<0.025	0.02	0.1	0.82	2.1	2.6	7.9	11	24	32
6			590	37	7.5	24.3	20	0.07	<0.02	0.02	1.1	4.1	4.9	0.05	0.02	0.23	1.4	1.3	1.7	5.4	8.7	17	22
7			1005	47	21	24.3	29	0.13	<0.029	0.06	1.8	4.5	15	0.09	0.03	0.29	2.1	0.41	0.19	2.4	5	10	15
8			1415	52	28	24.3	22	0.09	<0.029	0.04	1.4	3.6	15	0.05	0.04	0.2	1.3	2.8	4.6	15	15	36	45
9			1995	58	65	40.3	26	0.13	<0.034	0.05	0.88	9.4	9	<0.034	0.03	0.18	1.4	3.4	6.3	17	19	43	56
10			3920	72	172	61	15	0.06	<0.02	0.01	0.62	2.6	5.2	<0.02	0.02	0.09	1.1	2.2	2.9	8.6	9.6	21	27
11			3405	70	141	62.7	14	0.05	<0.024	<0.012	0.35	3.6	6.3	<0.024	0.03	0.08	0.94	2.8	4.8	15	15	33	43
12			2120	62	56	34.7	15	0.05	<0.03	0.04	0.69	2.6	7.9	<0.03	0.05	0.12	1.1	2.5	5.2	15	12	29	36
13			690	42	12	25.3	21	0.07	<0.034	0.04	1.6	2.5	9.5	0.07	0.03	0.23	1.5	1.3	2.7	11	13	30	40
14			870	45	24	47.6	19	0.05	<0.03	0.05	1	4.8	11	0.03	<0.023	0.15	1.7	3.3	6.3	22	19	46	57
15			1240	47	21	36.2	18	0.09	<0.03	0.04	1.2	2.7	9.4	0.05	0.03	0.23	1.3	2.9	5	17	16	36	41
16			1200	46	31	31.1	19	0.08	<0.024	0.03	1	3.6	9.2	0.03	0.04	0.16	1.6	1.9	4.9	23	25	70	87
17			860	45	52	27.6	16	0.05	<0.03	0.03	0.83	1.9	24	<0.03	0.04	0.15	1.2	1.1	1.8	9.9	13	35	47
18			680	34	7	46.8	32	0.12	<0.036	0.07	1.8	7	22	0.06	0.07	0.29	1.9	1.2	1.6	7.8	8.8	22	31
19			1285	48	13	46.8	23	0.03	<0.029	0.02	0.92	6	11	<0.029	0.06	0.2	1.7	1.4	2.7	11	18	49	69
20			3800	69	100	46.8	22	0.04	<0.033	0.05	0.61	4.5	15	<0.033	0.04	0.15	2	1.1	0.4	2.4	12	27	51
21			5615	83	106	33.2	33	0.08	<0.027	0.06	0.96	14	15	<0.027	0.11	0.14	2.3	1.3	1.6	7.8	26	66	110
22			3025	72	29	7	38	0.22	<0.03	0.12	2	14	31	0.03	0.08	0.26	1.4	1.4	1.9	10	12	36	54
23			2960	67	47	28.7	30	0.08	<0.035	0.04	1.1	12	11	0.04	0.05	0.25	1.5	3.8	9.8	33	31	96	140
24			1495	53	41	37.1	22	0.04	<0.036	0.02	0.66	5	8	<0.036	0.04	0.17	1.2	2.2	3.4	11	13	29	41
25			355	31	5.5	55.2	12	0.03	<0.023	0.02	0.37	2	4.2	<0.023	<0.018	0.07	0.96	2.2	3.3	8.4	9.4	19	23
26			835	34	19	47.6	17	0.07	<0.03	0.03	0.78	3.6	8.5	<0.03	<0.023	0.11	1.3	0.62	1.3	9.8	13	33	48
27			1355	52	30	50.1	21	0.07	<0.021	0.03	0.93	4.4	9.3	<0.021	0.02	0.15	1.4	3.5	6.8	22	21	49	60
Mean						40	21	0.076	0.015	0.036	1.04	5	11	0.032	0.036	0.179	1.42	2	3.6	13	15	37	50
Minimum						7	9	0.02	0.01	0.006	0.35	1.2	3.5	0.01	0.009	0.07	0.82	0.41	0.19	2.4	5	10	15
Maximum						63	38	0.22	0.018	0.12	2	14	31	0.11	0.11	0.31	2.3	3.8	10	33	31	96	140
St.Dev.						14	7	0.044	0.002	0.023	0.456	3.5	6	0.026	0.023	0.066	0.361	0.91	2.2	7	5.9	18	27
Count						27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27

Tilførselsprogrammet 2010. Tilførsler og miljøtilstand i Nordsjøen, TA-2810/2011

Analytical lab.	NIFES																					
	NIFES		NIFES	NIFES	NIFES	NIFES	NIFES	NIFES	NIFES			NIFES	NIFES	NIFES	NIFES	NIFES	NIFES	NIFES	NIFES	NIFES	NIFES	NIFES
Analysis code																						
Detection limit	0.05								0.5													
Sex																						
Sample No	CB180	PCB7	DDDOP	DDDPP	DDEOP	DDEPP	DDTOP	DDTPP	S_DDT	HCHA	HCHG	HCB	QCB	CNONXC	TC DAN	TNONC	Aldrin	Endosu lfanA	Endosulfan A	Cis-chlor dane	Endosulfane	Hepta chlor
	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	mg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.
1	6.5	118.89	<1	8.3	<1	61	<1	6.6	75.9	<0.9	<0.9	5.6	<1	4	0.48	0.01	2	<0.5	<0.5	4.5	0.94	<0.5
2	5.7	108.2	1.7	11	<1	47	2.3	9.9	67.9	<1.5	<0.9	10	1	4.9	1.3	0.01	2.4	<0.5	<0.5	10	2.4	<0.5
3	10	172.7	1.9	16	<1	89	2.7	12	117	<0.9	2.2	12	1.3	7.9	1.3	0.017	3.4	<0.5	<0.5	11	1.5	<0.5
4	3.3	82.9	<1.5	4.2	<1	32	1.1	4.3	40.5	0.95	<0.9	8.2	1.6	2	0.62	0.005	<1	<0.5	<0.5	3.4	<0.9	<0.5
5	3.3	82.9	<1.5	4.2	<1	32	1.1	4.3	40.5	0.95	<0.9	8.2	1.6	2	0.62	0.005	<1	<0.5	<0.5	3.4	<0.9	<0.5
6	2.1	58.2	<2	2.7	<1	30	<1.5	3.2	35.9	<0.9	1.4	4.5	4.1	1.8	<0.5	0.005	0.96	<0.5	<0.9	2.3	1.4	<0.5
7	2	35	<1	1.9	<1	16	<1	<1	17.9	<0.9	<0.9	2.4	<1	1.8	<0.3	0.004	0.84	<0.5	<0.5	<1.5	<0.9	<0.5
8	6.7	125.1	<1	13	<1	72	<1	5.9	90.9	<0.9	<0.9	7.5	1.1	4.9	0.45	0.011	1.6	<0.5	<0.5	6.4	1.9	<0.5
9	7.7	152.4	<3	9.8	<3	63	<3	5.8	78.6	<0.9	<0.9	9.4	<1.5	6	0.56	0.012	2.5	<0.5	<0.5	8	<0.9	<0.5
10	3.3	74.6	<3	6.5	<3	37	<3	3.8	47.3	<2	<0.9	9.5	1.8	3.5	0.53	0.008	<4	<0.5	<0.5	5.9	1.3	<0.5
11	6	119.6	<1.5	14	<1	69	1.4	7.6	90.6	<2	<0.9	15	1.6	5.9	0.94	0.013	<2	<0.5	<0.5	11	1.5	<0.5
12	5	104.7	2.1	14	<1	65	2	8.1	87.1	<0.9	<0.9	8.7	0.85	6.4	1.1	0.012	1.1	<0.5	<0.5	11	0.92	<0.5
13	5.2	103.2	<1.5	11	<1	55	<1.5	8.9	74.9	<0.9	<1.5	7.3	3.1	6.1	0.94	0.011	<2	<0.5	<0.5	6.7	2.4	<0.5
14	8.6	162.2	2.6	20	<3	99	3.9	20	139	<1.5	<0.9	13	<1.5	12	1.9	0.021	<2	<0.5	<0.5	18	<0.9	<0.5
15	6.1	124	1.1	12	<1	69	1.9	9.8	90.8	<0.9	<0.9	8.5	<1	6	0.97	0.013	3.3	<0.5	<0.5	9.3	3.4	<0.5
16	13	224.8	1.9	18	<3	96	<2	5.1	119.1	<0.9	<0.9	7.2	<1.5	7.6	0.92	0.014	2.2	<0.5	<0.5	8.2	1.8	<0.5
17	7.3	115.1	<1	7.4	<1	42	<1	2.2	51.6	<0.9	<0.9	3.9	<1	4.1	0.39	0.008	0.67	<0.5	<0.5	4.1	1.1	<0.5
18	5	77.4	<1	5.6	<1	43	<1	4.5	53.1	<0.9	<0.9	2.7	<1	4.2	0.34	0.009	1.2	<0.5	<0.5	3.3	<0.9	<0.5
19	14	165.1	<1	8.3	<1	57	<1	5	70.3	<0.9	<0.9	6.8	<1	4.8	0.41	0.01	1.4	<0.5	<0.5	5	1.7	<0.5
20	9.1	103	<1	3.1	<1	48	<1	<1	51.1	<0.9	<0.9	9.2	1.2	3.3	<0.3	0.009	6.5	<0.5	<0.5	<1.5	<0.9	<0.5
21	22	234.7	<3	9.9	<3	109	<3	<3	118.9	<0.9	<0.9	7.9	1.5	8.7	0.78	0.021	<1.5	<0.5	<0.5	5.4	1.1	<0.5
22	7.3	122.6	<1	8.9	<1	49	<1	<1	57.9	<0.9	<0.9	2.7	<1	4.5	0.32	0.009	<0.5	<0.5	<0.5	3.2	<0.9	<0.5
23	26	339.6	2.6	32	<3	204	<2	<2	236	<0.9	<0.9	11	<1.5	13	1.2	0.039	<2	<0.9	<0.9	17	<0.9	<0.9
24	6.3	105.9	1.4	12	<1	62	<1	4.2	78.2	<0.9	<0.9	10	1.1	5.3	0.71	0.012	3.3	<0.5	<0.5	6.9	<0.9	<0.5
25	2.2	67.5	<2	6.4	<1.5	42	<2	3.7	52.1	0.97	1.5	9.3	2	3.5	0.69	0.008	<1.5	<0.5	<0.5	5.3	<0.9	<0.5
26	7.1	112.82	<2	3.7	<1.5	25	<2	2.2	30.9	<0.9	0.26	1.7	<0.9	2.7	0.36	0.005	<1.5	<0.5	<0.5	2.1	<0.9	<0.5
27	8.8	171.1	1.8	19	<3	87	<2	9.5	115.5	<0.9	<0.9	14	<1.5	7.9	1.7	0.018	<1	<0.5	<0.5	15	<0.9	<0.5
Mean	8	128	1.17	10	0.778	63	1.18	5.6	79	0.569	0.593	8	1.17	5.4	0.744	0.012	1.61	0.257	0.265	7	1.08	0.257
Minimum	2	35	0.5	1.9	0.5	16	0.5	0.5	18	0.45	0.26	1.7	0.45	1.8	0.15	0.004	0.25	0.25	0.25	0.75	0.45	0.25
Maximum	26	340	2.6	32	1.5	204	3.9	20	236	1	2.2	15	4.1	13	1.9	0.039	6	0.45	0.45	18	3.4	0.45
St.Dev.	5.6	63	0.664	7	0.44	37	0.814	4.3	44	0.212	0.423	3.5	0.85	2.8	0.452	0.007	1.34	0.038	0.053	4.6	0.788	0.038
Count	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27

Tilførselsprogrammet 2010. Tilførsler og miljøtilstand i Nordsjøen, TA-2810/2011

Analytical lab. Analysis code Detection limit	NIFES																				HBCDD (t ot)	3	4.5
	Isodrin	Mirex	Oxy-chlordane	BDE28	BDE47	BDE66	BDE99	BDE100	BDE119	BDE138	BDE153	BDE154	BDE183	BDE196	BDE205	BDE206	BDE209	S_BDE	PFBA	PFBS			
Sex	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg		
Sample No	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.		
1	<2	1.8	1.5	0.42	7	0.13	0.29	1.9	0.07	<0.04	0.04	0.64	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	10.49	1.3	<3	<4.5	<0.9	
2	<2	1.1	1.9	0.54	8	0.79	0.94	2.2	0.1	<0.03	0.18	1.4	<0.03	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	14.15	4.5	<3	<4.5	<0.9	
3	<2	<2	2.8	0.77	14	0.61	0.7	4.2	0.17	<0.04	0.12	1.7	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	22.27	5.8	<3	<4.5	<0.9	
4	<2	<1.5	1.4	0.37	5.9	0.29	0.44	1.9	0.07	<0.04	0.07	0.56	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	9.6		<3	<4.5	<0.9	
5	<2	<1.5	1.4	0.37	5.9	0.29	0.44	1.9	0.07	<0.04	0.07	0.56	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	9.6	2	<3	<4.5	<0.9	
6	<2	<1.5	1.2	0.25	5.4	0.2	0.2	2	0.05	<0.04	0.03	0.74	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	8.87	1.6	<3	<4.5	<0.9	
7	<2	<1.5	0.73	0.09	2.2	0.05	0.04	1.1	0.02	<0.04	<0.02	0.32	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	3.82	0.24	<3	<4.5	<0.9	
8	<2	<2	2.6	0.63	13	0.46	0.13	3.9	0.11	<0.04	0.03	1.2	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	19.46	3.6	<3	<4.5	<0.9	
9	<2	<2	3	0.37	8	0.27	0.12	2.4	0.08	<0.04	0.03	0.84	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	12.11	1.6	<3	<4.5	<0.9	
10	<2	1.3	1.8	0.41	7.4	0.28	0.34	2.4	0.07	<0.04	0.07	0.73	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	11.7	2.2	<3	<4.5	<0.9	
11	<2	2	2.5	0.42	6.4	0.43	0.38	1.9	0.07	<0.04	0.06	0.85	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	10.51	2.3	<3	<4.5	<0.9	
12	<2	<2	2.4	0.79	9.3	0.71	0.51	2.4	0.11	<0.04	0.09	1.2	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	15.11	3.7	<3	<4.5	<0.9	
13	<2	<2	1.4	0.5	9.6	0.61	0.46	2.9	0.12	<0.07	0.08	1.2	<0.07	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	15.47	3.5	<3	<4.5	<0.9	
14	<2	2	3.2	0.67	9.6	0.77	0.57	2.8	0.14	<0.04	0.12	1.8	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	16.47	6	<3	<4.5	<0.9	
15	<2	1.6	2.1	0.6	11	0.65	0.58	3.3	0.14	<0.04	0.13	1.5	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	17.9	4.1	<3	<4.5	<0.9	
16	<2	2	2.4	0.54	10	0.41	0.23	3.3	0.12	<0.04	0.05	1.3	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	15.95	3	<3	<4.5	<0.9	
17	<2	1.2	1.3	0.26	6.7	0.21	0.12	2	0.07	<0.04	0.04	0.72	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	10.12	1.3	<3	<4.5	<0.9	
18	<2	1.7	0.9	0.33	4.6	0.1	0.1	1.7	0.09	<0.11	<0.05	0.85	<0.11	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	7.77	1	<3	<4.5	<0.9	
19	<2	1.9	1.8	0.3	6.7	0.24	0.16	1.8	0.09	<0.04	0.08	0.98	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	10.35	1.2	<3	<4.5	<0.9	
20	<4	1.7	1.8	0.21	4.5	0.1	0.15	0.92	0.03	<0.04	0.04	0.67	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	6.62	0.48	<3	<4.5	<0.9	
21	<2	5.9	17	0.54	18	0.19	0.04	4.8	0.16	<0.04	0.03	1.5	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	25.26	0.94	<3	<4.5	<0.9	
22	<2	1.5	0.99	0.44	9	0.04	0.04	2.7	0.07	<0.04	<0.02	0.68	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	12.97	1.1	<3	<4.5	<0.9	
23	<2	3.1	6.2	1.1	20	0.65	0.27	6.2	0.15	<0.04	0.06	1.9	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	30.33	5.4	<3	<4.5	<0.9	
24	<2	1.6	2.5	0.56	8.3	0.4	0.24	1.9	0.09	<0.04	0.06	1.1	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	12.65	2.4	<3	<4.5	<0.9	
25	<2	<1.5	2.5	0.46	7.6	0.14	0.15	2.1	0.07	<0.04	0.03	0.54	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	11.09	1.8	<3	<4.5	<0.9	
26	<3	<1.5	0.79	0.13	3.2	0.12	0.09	1.2	0.05	<0.03	0.02	0.32	<0.03	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	5.13	0.39	<3	<4.5	<0.9	
27	<2	2.2	3.5	0.92	12	0.76	0.43	3.7	0.17	<0.04	0.1	1.6	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	19.68	5.9	<3	<4.5	<0.9	
Mean	1.06	1.56	2.7	0.481	9	0.367	0.302	2.6	0.094	0.021	0.062	1.01	0.021	0.025	0.005	1.25	0.575	14	2.6	1.5	2.25	0.45	
Minimum	1	0.75	0.73	0.09	2.2	0.04	0.04	0.92	0.02	0.015	0.01	0.32	0.015	0.025	0.005	1.25	0.575	3.8	0.24	1.5	2.25	0.45	
Maximum	2	5.9	17	1.1	20	0.79	0.94	6.2	0.17	0.055	0.18	1.9	0.055	0.025	0.005	1.25	0.575	30	6	1.5	2.25	0.45	
St.Dev.	0.212	1.04	3.1	0.232	4.1	0.245	0.225	1.19	0.041	0.007	0.041	0.453	0.007	0	0	0	0	6.1	1.8	0	0	0	
Count	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	26	27	27	27	

Tilførselsprogrammet 2010. Tilførsler og miljøtilstand i Nordsjøen, TA-2810/2011

Analytical lab. Analysis code Detection limit	NIFES																				
	PFDS	PFDoDA	PFHpA	PFHxA	PFHxDA	PFHxS	PFNA	PFOA	PFODA	PFOS	PFOSA	PFPeA	PFTeDA	PFTTrDA	PFUdA	TX26	TX42A	TX62	TX50	TX32	TX40-41
Sex	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
Sample No	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.
1	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	1.7	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	3.7	<1	<2	7.9	<1	2.3
2	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	<1.5	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	6.3	<1	6.6	16	<1	5.1
3	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	1.6	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	7.7	<1	<1	15	<1	5.1
4	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	<1.5	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	2.9	<1	<1	4.8	<1	2.7
5	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	<1.5	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	2.9	<1	<1	4.8	<1	2.7
6	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	<1.5	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	2	<1	<1	3.9	<3	2.2
7	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	2.6	<2.7	<3	<2.4	2.5	<1.5	1	<1	<1	1.3	<1	0.56
8	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	2	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	4.2	<1	<1	7.7	<1	3.6
9	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	2.1	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	4.1	<1	<1	7.5	<1	3.5
10	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	<1.5	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	4.9	<1	<2	9.1	<1	4.5
11	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	<1.5	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	8	<1	<4	16	<1	6.6
12	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	2.3	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	5	<1	<1	10	<1	4
13	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	1.7	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	3.2	<1	<1	8.7	<1.5	2.9
14	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	1.6	<2.7	<3	<2.4	<2.4	1.5	7	<1	<4	15	<1	6
15	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	1.7	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	6.4	<1	<2	15	<1	4.1
16	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	1.7	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	4.8	<1	<1	11	<1	4.1
17	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	<1.5	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	1.9	<1	<1	3.8	<1	1.7
18	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	2.4	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	1.8	<1	<1	3.5	<1	1
19	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	2.4	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	4.2	<1	<1	8.3	<1	2.3
20	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	<1.5	<2.7	<3	<2.4	<2.4	1.5	2.5	<1	<1	3.7	<1	1.7
21	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	2.4	<2.7	<3	<2.4	<2.4	1.5	5.3	<1	<1	6.6	<1	3.5
22	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	1.9	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	1.5	<1	<1	1.1	<1	1.6
23	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	2.3	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	23	<2	<1	19	<3	10
24	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	1.9	<2.7	<3	<2.4	2.7	2.1	6.4	<1	<1	14	<1	4.3
25	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	<1.5	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	4	<1	<2	7.2	<1.5	4.3
26	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	2	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	1.4	<1	<2	2.6	<1.5	0.92
27	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	<1.5	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	13	<1	<2	24	<1	8.9
Mean	0.45	1.2	1.5	0.75	12	0.45	0.75	0.9	12	1.55	1.35	1.5	1.2	1.3	0.88	5.2	0.519	0.95	9	0.602	3.7
Minimum	0.45	1.2	1.5	0.75	12	0.45	0.75	0.9	12	0.75	1.35	1.5	1.2	1.2	0.75	1	0.5	0.5	1.1	0.5	0.56
Maximum	0.45	1.2	1.5	0.75	12	0.45	0.75	0.9	12	2.6	1.35	1.5	1.2	2.7	2.1	23	1	7	24	1.5	10
St.Dev.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.675	0	0	0	0.375	0.341	4.4	0.096	1.21	5.8	0.271	2.26
Count	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27

Tilførselsprogrammet 2010. Tilførsler og miljøtilstand i Nordsjøen, TA-2810/2011

Species : Gadus morhua GB:Cod NO:Torsk Tissue:Lever
 Station Code: 27 Station name: Nordl. Nordsjøen
 Latitude : 60.83 Longitude: 1.33
 Catch date : 29.07.2010 Count:23 Sample type: Individual

Analytical lab.	Analysis code	Sex	Age	Wt	L	WtLiver	FETT	NIFES	NIFES	NIFES	NIFES	NIFES	NIFES	NIFES	NIFES	NIFES	NIFES	NIFES	NIFES	NIFES	NIFES	NIFES		
								Detection limit	0.014	0.01	0.01	0.002	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03						
Sample No			yr	g	cm	g	%	Zn	Cd	Pb	Co	Mn	Cu	As	Sn	Hg	Mo	Se	CB28	CB52	CB101	CB118	CB138	CB153
								mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
							w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.
1				5955	78	354	65	18	0.12	<0.02	0.01	0.43	2.7	13	<0.006	0.11	0.11	1.1	1.8	3.4	9	13	27	36
2				875	43	42.9	69.3	13	0.02	<0.02	0.02	0.45	1.5	4.6	<0.005	0.01	0.11	1.5	1.1	1.8	4.8	4.8	8	12
3				1225	49	37.9	23.4	23	0.14	<0.02	0.03	1.3	8.2	13	<0.007	0.07	0.11	1.2	0.59	0.82	6.6	12	30	45
4				1175	48	38.5	67.1	8.8	0.02	<0.02	0.01	0.49	1.6	5.1	<0.007	0.01	0.11	0.63	1.6	3.2	7.2	7.1	14	18
5				3600	73	259.7	38.5	16	0.04	<0.02	0.03	0.72	2.2	5.7	<0.008	0.04	0.11	0.8	1.3	2.8	7.9	9.6	19	28
6				7440	90	278	58.1	13	0.02	<0.03	0.02	0.62	1.2	4.2	<0.009	0.02	0.11	0.67	1.1	1.8	5.6	7	14	20
7				1470	51	22.2	78.3	8.7	0.02	<0.02	<0.01	0.19	2.7	6.8	<0.006	0.02	0.11	0.38	2.6	5.6	12	9.3	19	22
8				1515	51	60	59.3	22	0.21	<0.02	0.08	0.44	12	7.7	<0.005	0.12	0.11	1.4	2.3	4.2	13	20	41	64
9				3090	64	247	19.1	23	0.12	<0.02	0.04	1.7	3.4	12	0.01	0.05	0.11	1.7	1.3	2.7	8.1	11	20	29
10				3010	66	277	4.8	35	0.16	0.05	0.04	1.4	7.8	28	0.01	0.19	0.11	1.9	0.41	7	1	2.1	3.9	5.8
11				5735	82	285.5	74	35	0.12	<0.02	0.09	2	5.7	47	0.01	0.07	0.11	2.7	3.2	7	0.54	1.2	2.2	3.5
12				4625	75	90.9	42.3	23	0.35	0.03	0.12	0.67	5.6	14	<0.008	0.13	0.11	1.8	1.5	3.3	13	24	49	79
13				1045	46	46.1	63.5	13	0.03	<0.02	<0.02	0.56	3.3	4.4	<0.008	0.02	0.11	0.83	1.6	2.4	6.1	6.4	13	18
14				1505	53	25	12.8	30	0.14	0.01	0.07	1.3	5.2	12	<0.007	0.06	0.11	2.4	0.57	0.26	3	6.7	14	23
15				1290	50	16.7	42.8	15	0.04	<0.02	0.02	0.58	2.9	4.2	<0.006	0.01	0.11	1.1	1.7	2.6	7.5	7.6	14	19
16				330	32	4.3	67.5	9.5	0.02	<0.02	<0.02	0.26	3.1	6.3	<0.008	0.01	0.11	0.42	2.4	5.3	12	10	21	24
17				2260	59	145.5	73.2	9.7	0.02	<0.02	0.01	0.37	1.8	5.9	<0.007	0.02	0.11	0.5	2.2	3.9	10	8.3	17	20
18				2205	59	44	48.6	25	0.14	0.06	0.07	0.61	4.2	12	<0.009	0.16	0.11	1.4	1.6	2.8	9.9	18	37	58
19				2875	62	120	79.2	11	0.02	0.04	0.02	0.38	2.3	4.9	<0.006	0.01	0.11	0.78	1.6	2.4	5.6	5.2	10	14
20				1995	56	56.2	45.3	19	0.06	<0.02	0.04	0.84	5.9	5.8	<0.008	0.05	0.11	0.99	2.3	6.1	18	19	40	57
21				2940	64	137.4	66.6	10	0.02	<0.01	0.02	0.34	3	6.1	<0.005	0.03	0.11	0.68	3.3	9.3	21	21	40	52
22				4980	75	296.8	58.7	16	0.05	<0.02	0.03	0.83	5.2	4.6	<0.008	0.03	0.11	0.97	2.7	4.3	10	9.9	20	26
23				16360	106	1122	74	12	0.08	<0.01	<0.009	0.28	2.7	4.7	<0.004	0.16	0.11	0.99	3.2	7	16	23	47	63
Mean							54	18	0.085	0.016	0.035	0.729	4.1	10	0.004	0.061	0.11	1.17	1.82	3.9	9	11	23	32
Minimum							4.8	9	0.02	0.005	0.004	0.19	1.2	4.2	0.002	0.01	0.11	0.38	0.41	0.26	0.54	1.2	2.2	3.5
Maximum							79	35	0.35	0.06	0.12	2	12	47	0.01	0.19	0.11	2.7	3.3	9	21	24	49	79
St.Dev.							22	8	0.082	0.015	0.031	0.485	2.6	10	0.002	0.056	0	0.611	0.833	2.24	5	7	14	21
Count							23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23

Tilførselsprogrammet 2010. Tilførsler og miljøtilstand i Nordsjøen, TA-2810/2011

Analytical lab.	NIFES																					
	Analysis code	NIFES							NIFES							NIFES						
Detection limit	0.05	2	2	2	2	2	2	0.5														
Sex																						
Sample No	CB180	PCB7	DDDOP	DDDPP	DDEOP	DDEPP	DDTOP	DDTPP	S_DDT	HCHA	HCHG	HCB	QCB	CNONXC	TC DAN	TNONC	Aldrin	EndosulfanA	EndosulfanA	Cis-chlor dane	Endosulfane	Heptachlor
	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	mg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.
1	6.2	96.4	<2	11	<3	68	<2	5	84	<0.9	0.6	11	<1.8	9.3	0.5	0.017	<2	<0.9	<0.9	8.1	<1.5	<0.5
2	1.8	34.3	<2	2.7	<1.5	13	<2	<2	15.7	1.1	<0.9	8.4	1.7	2.6	0.53	0.005	<1.5	<0.5	<0.5	5	<0.9	<0.5
3	6.8	101.81	<2	4.4	<1.5	44	<2	<2	48.4	<0.9	<0.9	3.6	1	3.4	0.15	0.007	<1.5	<0.5	<0.5	2.8	<1.5	<0.5
4	2.4	53.5	<2	6.8	<1.5	34	<2	4.3	45.1	1.1	0.88	9.4	1.1	4.4	0.81	0.01	<1.5	<0.5	<0.5	8.7	<0.9	<0.5
5	4.3	72.9	<2	5.4	<1.5	43	<2	2.3	50.7	0.92	<0.9	7.7	1.5	3.1	0.64	0.007	<2	<0.9	<0.9	6.6	<0.9	<0.9
6	3.1	52.6	<2	4.1	<1.5	28	<2	3.2	35.3	0.92	<0.9	8.1	1.7	3.1	0.64	0.007	<2	<0.9	<0.9	6.6	<0.9	<0.9
7	3	73.5	<2	13	<1.5	62	<2	4.9	79.9	1.1	<0.9	14	2.6	6.5	0.56	0.013	<1.5	<0.5	<0.5	11	<0.9	<0.5
8	9.7	154.2	<2	18	<1.5	122	<2	7.9	147.9	1.2	<0.9	18	1.5	14	0.98	0.028	<1.5	<0.5	<0.5	19	<0.9	<0.5
9	4.5	76.6	<2	5.4	<1.5	23	<2	<2	28.4	<0.9	<0.2	2.7	<0.9	3.1	0.19	0.007	<1.5	<0.5	<0.5	3.4	<0.9	<0.5
10	0.99	21.2	<1	27	<3	9.9	<2	<2	36.9	<0.9	<0.4	20	<1.5	1.6	0.1	0.004	<2	<0.9	<0.9	1.1	<1.5	<0.5
11	0.51	18.15	1.7	27	<3	164	3.2	14	205	0.97	<0.9	20	1.9	18	1.2	0.035	<2	<0.9	<0.9	18	<0.9	<0.9
12	14	183.8	<2	15	<3	111	<2	<3	126	<0.9	<0.4	8.4	<1.8	14	0.5	0.028	<2	<0.9	<0.9	9.4	<1.5	<0.5
13	2.5	50	<2	4.9	<1.5	23	<2	<3	27.9	<0.9	<0.9	7.6	1.4	3.3	0.63	0.007	<1.5	<0.5	<0.5	7	<0.9	<0.5
14	4	51.53	<2	3.2	<3	23	<2	<3	26.2	<0.9	0.8	2.8	2	3.6	0.15	0.007	<2	<0.9	<0.9	2.8	<1.5	<0.5
15	2.6	55	<2	8.6	<1.5	30	<2	3.8	42.4	<0.9	0.57	10	1.3	4.9	1	0.011	<1.5	<0.5	<0.5	9.3	<0.9	<0.5
16	3.1	77.8	<2	10	<1.5	42	<2	<4	52	1.1	0.5	13	3	4.7	0.64	0.01	<1.5	<0.5	<0.5	8.6	<0.9	<0.5
17	2.4	63.8	<2	6.9	<1.5	32	<2	<3	38.9	<0.9	0.2	7.9	1.9	3.5	0.45	0.007	<1.5	<0.5	<0.5	5.9	<0.9	<0.5
18	9.9	137.2	<2	11	<1.5	84	<2	3.4	98.4	<0.9	0.62	11	1.4	11	0.57	0.024	<1.5	<0.5	<0.5	8.7	<0.9	<0.5
19	1.9	40.7	<2	6.8	<1.5	24	<2	3.4	34.2	1.1	0.31	14	1.7	4.3	1.1	0.009	<1.5	<0.5	<0.5	9	<0.9	<0.5
20	8.2	150.6	<2	20	<1.5	112	<3	11	143	0.9	0.45	13	1.4	15	0.97	0.032	<1.5	<0.5	<0.5	18	<1.5	<0.5
21	8.1	154.7	<2	22	<1.5	107	<2	5.3	134.3	1	0.51	20	1.9	13	0.53	0.027	<1.5	<0.5	<0.5	14	<0.9	<0.5
22	3.6	76.5	<2	12	<1.5	53	<2.5	7.5	72.5	<0.9	0.33	17	1.8	8.2	1.6	0.017	<1.5	<0.5	<0.5	14	<0.9	<0.5
23	12	171.2	1.7	27	<3	164	3.2	14	205	0.97	<0.9	20	1.9	18	1.2	0.035	<2	<0.9	<0.9	18	<0.9	<0.9
Mean	5	86	1.04	12	0.95	62	1.22	4.4	77	0.753	0.449	12	1.55	8	0.68	0.015	0.837	0.32	0.32	9	0.528	0.285
Minimum	0.51	18	0.5	2.7	0.75	10	1	1	16	0.45	0.1	2.7	0.45	1.6	0.1	0.004	0.75	0.25	0.25	1.1	0.45	0.25
Maximum	14	184	1.7	27	1.5	164	3.2	14	205	1.2	0.88	20	3	18	1.6	0.035	1	0.45	0.45	19	0.75	0.45
St. Dev.	3.7	49	0.233	8	0.337	47	0.634	4	57	0.305	0.181	5.5	0.578	5.3	0.381	0.011	0.122	0.097	0.097	5.3	0.135	0.078
Count	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23

Tilførselsprogrammet 2010. Tilførsler og miljøtilstand i Nordsjøen, TA-2810/2011

Analytical lab.	NIFES																						
Analysis code	NIFES																						
Detection limit	0.05 0.07 0.09 0.01 0.01 0.01 0.01 0.05 0.01 2.5 1.15 3 4.5																						
Sex	Isodrin	Mirex	Oxy-chlordane	BDE28	BDE47	BDE66	BDE99	BDE100	BDE119	BDE138	BDE153	BDE154	BDE183	BDE196	BDE205	BDE206	BDE209	S_BDE	HBCDD(tot)	PFBA	PFBS	PFDA	
Sample No	µg/kg w.wt.	µg/kg w.wt.	µg/kg w.wt.	µg/kg w.wt.	µg/kg w.wt.	µg/kg w.wt.	µg/kg w.wt.	µg/kg w.wt.	µg/kg w.wt.	µg/kg w.wt.	µg/kg w.wt.	µg/kg w.wt.	µg/kg w.wt.	µg/kg w.wt.	µg/kg w.wt.	µg/kg w.wt.	µg/kg w.wt.	µg/kg w.wt.	µg/kg w.wt.	µg/kg w.wt.	µg/kg w.wt.	µg/kg w.wt.	
1	<2	2.3	5.1	0.67	10	0.16	0.39	3.7	0.09	<0.04	0.07	0.89	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	15.97	2.5	<3	<4.5	<0.9	
2	<1	<1.5	1.6	0.08	1.6	0.06	0.09	0.44	0.03	<0.04	<0.02	0.32	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	2.62	1	<3	<4.5	<0.9	
3	<1	<1.5	2.1	0.17	6.9	0.11	0.07	3.1	0.08	<0.04	0.02	0.5	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	10.95	1.5	<3	<4.5	<0.9	
4	<1	<1.5	1.9	0.55	7.8	0.52	0.41	2.8	0.08	<0.04	0.08	0.88	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	13.12	2.6	<3	<4.5	<0.9	
5	<2	0.97	1.8	0.3	6.7	0.18	0.24	2.5	0.08	<0.04	0.07	0.87	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	10.94	1.2	<3	<4.5	<0.9	
6	<2	0.97	1.8	0.4	5.7	0.29	0.31	1.7	0.09	<0.04	0.08	0.72	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	9.29	1.2	<3	<4.5	<0.9	
7	<1	<1.5	3.7	0.64	13	0.67	1.1	4.2	0.08	<0.04	0.13	0.91	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	20.73	5	<3	<4.5	<0.9	
8	<2	3.4	5.5	0.87	13	0.26	0.16	4.5	0.16	<0.04	<0.02	1.2	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	20.15	2.2	<3	<4.5	<0.9	
9	<2	<1.5	1.3	0.51	7.8	0.35	0.16	2.8	0.11	<0.04	0.03	0.94	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	12.7	1.3	<3	<4.5	<0.9	
10	<2	<1.5	0.9	0.11	1.8	0.01	0.13	0.76	0.01	<0.04	<0.02	0.16	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	2.98	<0.04	<3	<4.5	<0.9	
11	<2	3.6	9.5	0.02	3	0.03	0.13	1.3		<0.05	<0.02	0.24	<0.05	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	4.72	<0.05	<3	<4.5	1.4	
12	<2	4.5	7.3	0.8	14	0.13	0.14	5	0.14	<0.04	0.03	1.3	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	21.54	1.4	<3	<4.5	<0.9	
13	<1	<1.5	1.6	0.37	5.2	0.4	0.23	1.7	0.07	<0.04	0.05	0.72	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	8.74	1.9	<3	<4.5	<0.9	
14	<2	1	1.1	0.19	3.9	0.16	0.04	1.6	0.06	<0.03	<0.01	0.56	<0.03	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	6.51	0.35	<3	<4.5	<0.9	
15	<1	<1.5	2.3	0.5	5.9	0.5	0.27	1.8	0.08	<0.04	0.05	0.74	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	9.84	2.3	<3	<4.5	<0.9	
16	<1	<1.5	2.7	0.58	8.9	0.44	0.86	2.8	0.06	<0.04	0.11	0.67	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	14.42	4.4	<3	<4.5	<0.9	
17	<1	<1.5	1.8	0.43	9	0.39	0.71	3	0.05	<0.04	0.09	0.68	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	14.35	4.1	<3	<4.5	<0.9	
18	<1	3.3	4.5	0.52	9.4	0.28	0.18	3.4	0.09	<0.04	0.07	1.1	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	15.04	13	<3	<4.5	<0.9	
19	<1	<1.5	1.9	0.25	3.2	0.31	0.24	0.94	0.04	<0.04	0.04	0.44	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	5.46	1.6	<3	<4.5	<0.9	
20	<3.5	2.3	6.8	0.63	12	0.48	0.27	4.2	0.13	<0.04	0.06	1.2	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	18.97	4.2	<3	<4.5	<0.9	
21	<2	1.8	6.5	0.63	14	0.54	0.76	4.6	0.11	<0.04	0.13	1.1	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	21.87	9.1	<3	<4.5	<0.9	
22	<3	<1.5	3.8	0.44	6.3	0.38	0.3	2.2	0.09	<0.04	0.05	0.9	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	10.66	4.4	<3	<4.5	<0.9	
23	<2	3.6	9.5	1.7	21	0.45	0.39	7.2	0.19	<0.04	0.07	1.7	<0.04	<0.05	<0.01	<2.5	<1.15	32.7	5.1	<3	<4.5	<0.9	
Mean	0.837	1.6	3.7	0.494	8	0.309	0.33	2.9	0.083	0.02	0.055	0.815	0.02	0.025	0.005	1.25	0.575	13	3.1	1.5	2.25	0.491	
Minimum	0.5	0.75	0.9	0.02	1.6	0.01	0.04	0.44	0	0.015	0.005	0.16	0.015	0.025	0.005	1.25	0.575	2.6	0.02	1.5	2.25	0.45	
Maximum	1.75	4.5	10	1.7	21	0.67	1.1	7	0.19	0.025	0.13	1.7	0.025	0.025	0.005	1.25	0.575	33	13	1.5	2.25	1.4	
St.Dev.	0.35	1.23	2.7	0.348	4.7	0.181	0.274	1.6	0.045	0.002	0.038	0.363	0.002	0	0	0	0	7	3	0	0	0.198	
Count	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23

Tilførselsprogrammet 2010. Tilførsler og miljøtilstand i Nordsjøen, TA-2810/2011

Analytical lab. Analysis code Detection limit	NIFES																				
	PFDS	PFDoDA	PFHpA	PFHxA	PFHxDA	PFHxS	PFNA	PFOA	PFODA	PFOS	PFOSA	PFPeA	PFTeDA	PFTrDA	PFUdA	TX26	TX50	TX32	TX42A	TX40-41	TX62
Sex	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
Sample No	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.	w.wt.
1	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	<1.5	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	11	21	<1.5	<1	7.2	5.9
2	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	<1.5	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	5.2	11	<1.5	<1	4.9	3.2
3	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	1.6	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	3	5.1	<1.5	<1	1.4	<2
4	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	<1.5	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	6.7	14	<1.5	<1	5	4.8
5	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	2.5	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	6.1	9	<3	<2	4.1	4.1
6	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	<1.5	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	6.1	9	<3	<2	4.1	4.1
7	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	<1.5	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	10	23	<1.5	<1	12	9.2
8	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	<1.5	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	16	30	<1.5	<2	9	6.9
9	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	<1.5	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	4.7	6.4	<1.5	<1	2.7	<2
10	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	<1.5	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	1	0.6	<1.5	<1	0.5	<2
11	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	2.7	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	23	34	<3	<2	14	8.8
12	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	<1.5	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	11	17	<1.5	<1	6.2	<2
13	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	<1.5	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	5.3	12	<1.5	<1	4.4	4
14	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	<1.5	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	2.5	4.3	<1.5	<1	1.6	<2
15	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	<1.5	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	7.8	17	<1.5	<1	6.2	3.6
16	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	<1.5	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	7.7	16	<1.5	<2	10	6.5
17	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	<1.5	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	5.7	13	<1.5	<1	6.5	4.6
18	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	<1.5	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	9.3	18	<1.5	<1	5.2	<2
19	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	<1.5	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	7.2	17	<1.5	<1	7	5.8
20	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	<1.5	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	18	37	<1.5	<1	9.1	9.2
21	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	<1.5	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	19	37	<1.5	<1	14	6.5
22	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	<1.5	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	12	25	<1.5	<1	10	8.8
23	<0.9	<2.4	<3	<1.5	<24	<0.9	<1.5	<1.8	<24	<1.5	<2.7	<3	<2.4	<2.4	<1.5	23	34	<3	<2	14	8.8
Mean	0.45	1.2	1.5	0.75	12	0.45	0.75	0.9	12	0.95	1.35	1.5	1.2	1.2	0.75	10	18	0.88	0.63	7	4.8
Minimum	0.45	1.2	1.5	0.75	12	0.45	0.75	0.9	12	0.75	1.35	1.5	1.2	1.2	0.75	1	0.6	0.75	0.5	0.5	1
Maximum	0.45	1.2	1.5	0.75	12	0.45	0.75	0.9	12	2.7	1.35	1.5	1.2	1.2	0.75	23	37	1.5	1	14	9
St.Dev.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.551	0	0	0	0	0	6.3	11	0.291	0.224	4	2.9
Count	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23

RADIOAKTIVE ISOTOPER

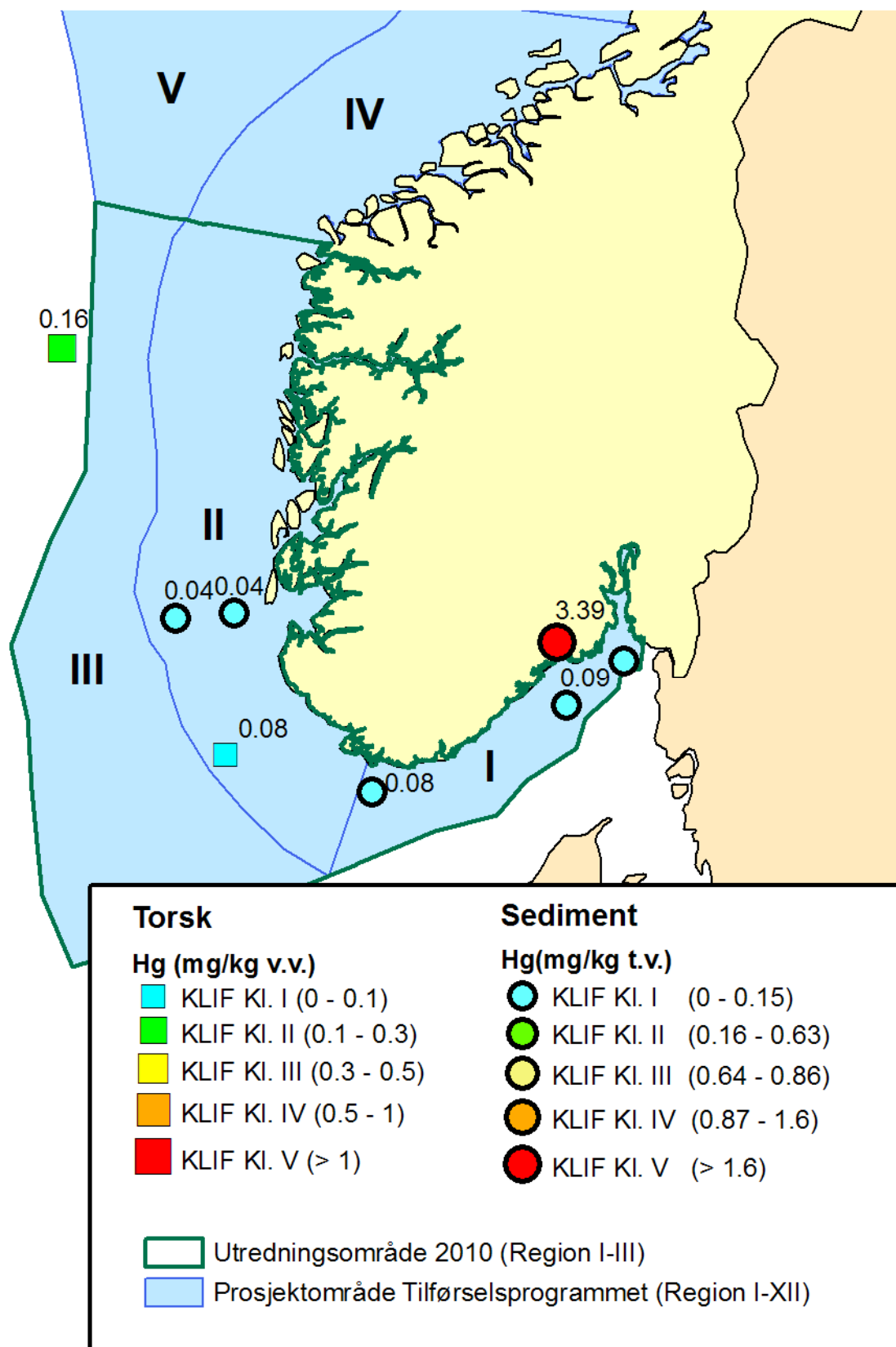
Resultat \pm 2 ganger standard avvik

Stasjon	Koordinater		Sjøvann							
	N	Ø	⁹⁹ Tc	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	²⁴¹ Am	²¹⁰ Po	²²⁶ Ra	²²⁸ Ra
9	57.78	7.11	0.40 \pm 0.03 Bq/m ³	1.54 \pm 0.25 Bq/m ³	4.9 \pm 0.3 Bq/m ³	5.3 \pm 1.7 mBq/m ³	6.9 \pm 1.8 mBq/m ³	2.3 \pm 0.2 Bq/m ³	1.3 \pm 0.1 Bq/m ³	1,9 \pm 0,3 Bq/m ³
10	59.04	4.71	0.41 \pm 0.03 Bq/m ³	1.42 \pm 0.13 Bq/m ³	3.0 \pm 0.2 Bq/m ³	9.6 \pm 1.6 mBq/m ³	2.6 \pm 0.8 mBq/m ³	4.4 \pm 0.3 Bq/m ³	1.3 \pm 0.1 Bq/m ³	1,5 \pm 0,2 Bq/m ³
11	59.02	3.85	0.35 \pm 0.02 Bq/m ³	0.94 \pm 0.10 Bq/m ³	3.1 \pm 0.2 Bq/m ³	6.7 \pm 1.3 mBq/m ³	1.2 \pm 0.4 mBq/m ³	1.4 \pm 0.1 Bq/m ³	1.5 \pm 0.1 Bq/m ³	1,3 \pm 0,2 Bq/m ³
26	57.92	4.91	0.27 \pm 0.02 Bq/m ³	1.13 \pm 0.12 Bq/m ³	2.8 \pm 0.2 Bq/m ³	6.2 \pm 1.2 mBq/m ³	3.0 \pm 0.8 mBq/m ³	2.3 \pm 0.2 Bq/m ³	1.0 \pm 0.1 Bq/m ³	0,6 \pm 0,2 Bq/m ³
27	60.83	1.33	0.21 \pm 0.02 Bq/m ³	0.79 \pm 0.09 Bq/m ³	2.0 \pm 0.1 Bq/m ³	3.7 \pm 0.8 mBq/m ³	2.0 \pm 0.5 mBq/m ³	2.3 \pm 0.2 Bq/m ³	0.9 \pm 0.1 Bq/m ³	0,3 \pm 0,1 Bq/m ³

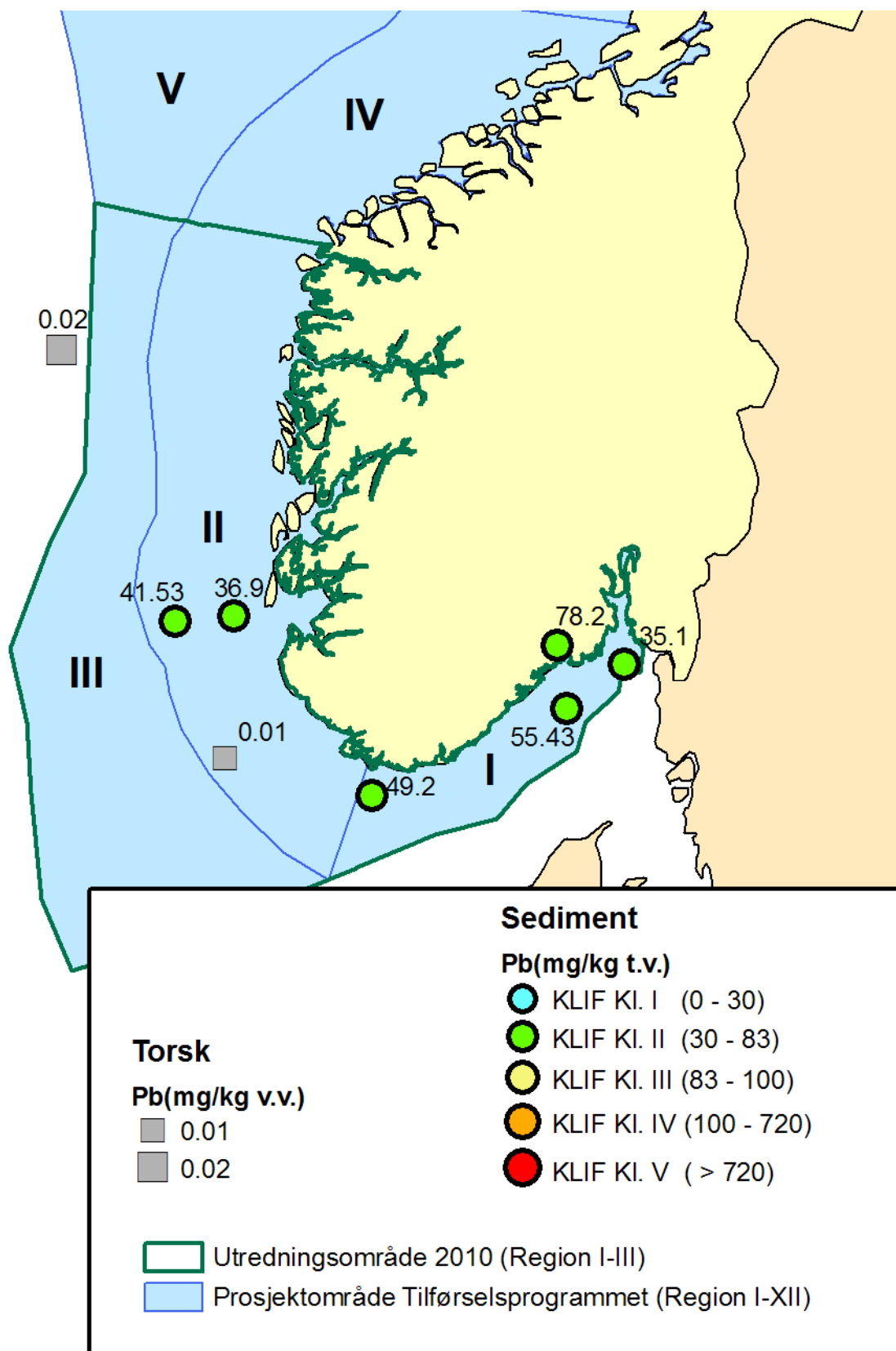
Stasjon	Koordinater		Samleprøve 25 torsk (filet)	
	N	Ø	¹³⁷ Cs	²¹⁰ Po
26	57.92	4.91	0.2 \pm 0.1 Bq/kg FW	0.46 \pm 0.02 Bq/kg FW
27	60.83	1.33	0.2 \pm 0.1 Bq/kg FW	0.77 \pm 0.04 Bq/kg FW

Stasjon	Koordinater		Overflatesediment				
	N	Ø	¹³⁷ Cs	²²⁶ Ra	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	²⁴¹ Am	²²⁸ Ra
9	57.78	7.11	7.9 \pm 0.4 Bq/kg t.v.	28.4 \pm 1.4 Bq/kg t.v.	2.9 \pm 0.2 Bq/kg t.v.	0.8 \pm 0.1 Bq/kg t.v.	41.2 \pm 2.1 Bq/kg t.v.
10	59.04	4.71	3.5 \pm 0.2 Bq/kg t.v.	25.1 \pm 1.3 Bq/kg t.v.	0.7 \pm 0.1 Bq/kg t.v.	0.4 \pm 0.1 Bq/kg t.v.	37.7 \pm 1.9 Bq/kg t.v.
11	59.02	3.85	3.2 \pm 0.2 Bq/kg t.v.	23.1 \pm 1.2 Bq/kg t.v.	1.2 \pm 0.1 Bq/kg t.v.	0.4 \pm 0.1 Bq/kg t.v.	35.8 \pm 1.8 Bq/kg t.v.

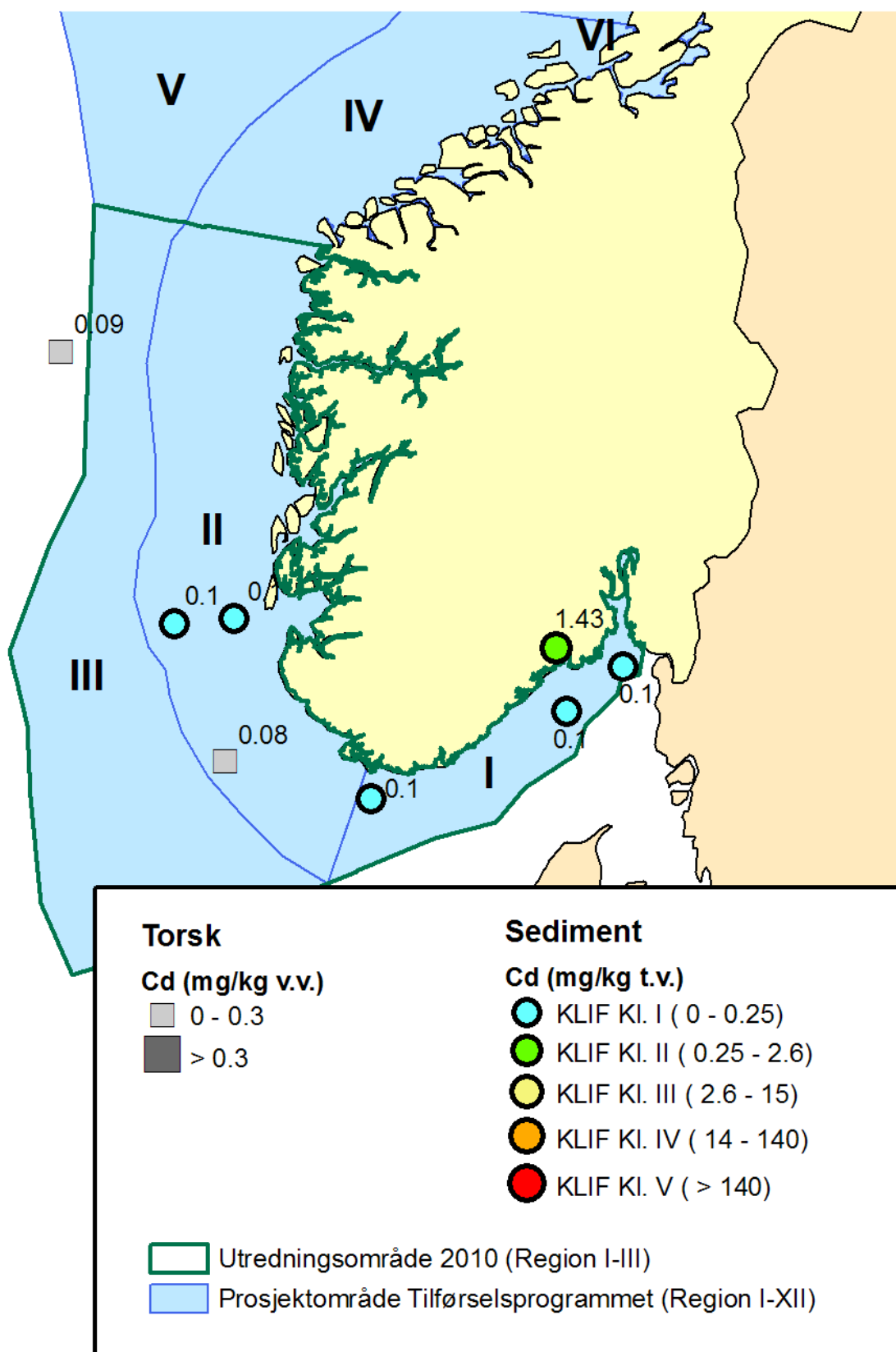
Vedlegg D Resultater fra overvåking 2010 – kart



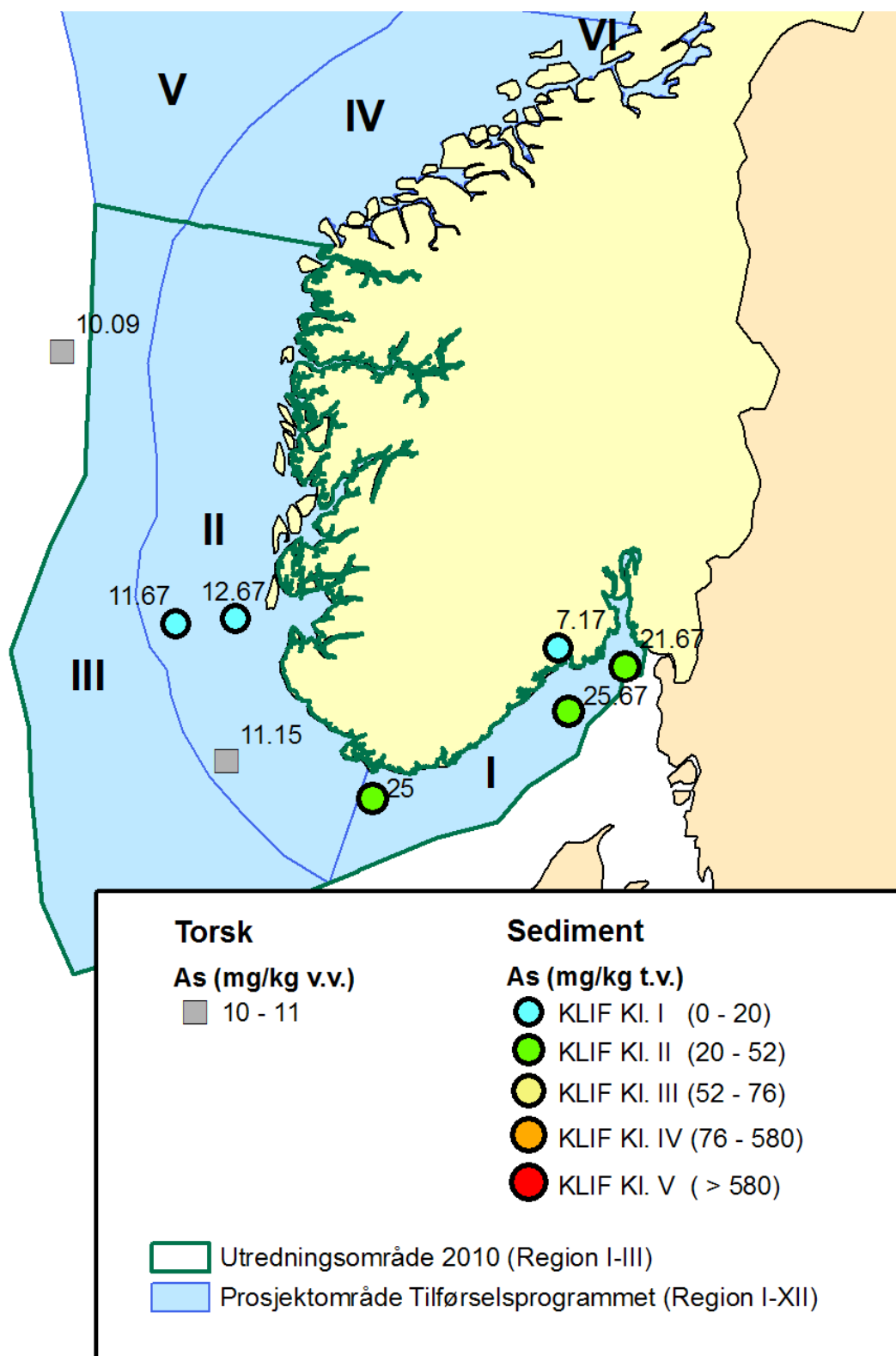
Figur 68. Gjennomsnittskonsentrasjoner av kvikksølv i overflatesediment (mg/kg tørrvekt) og i torskefilet (mg/kg våtvekt) i 2010. Tilstandsklassene gjelder sediment. .



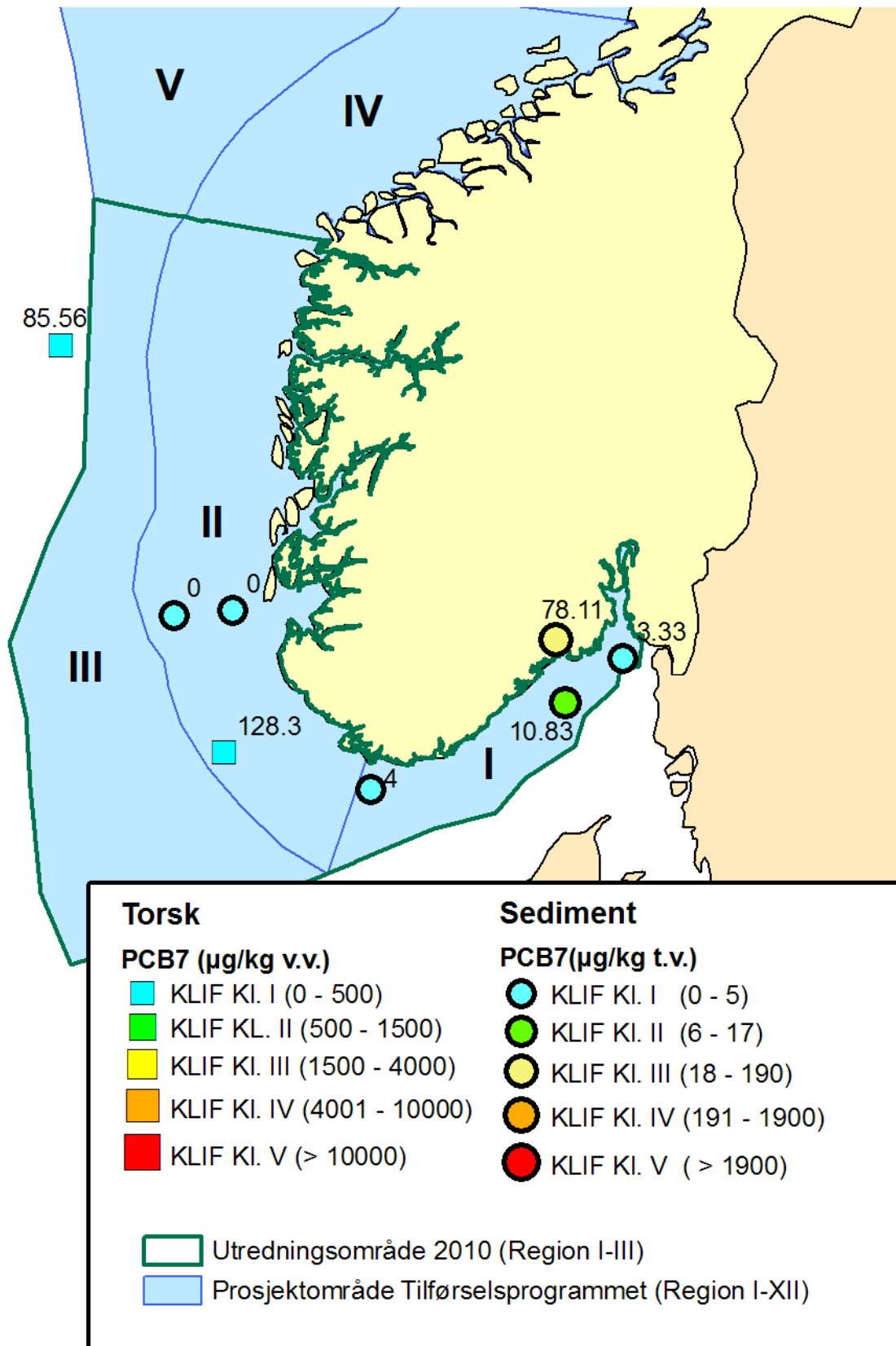
Figur 69. Gjennomsnittskonsentrasjoner av bly i overflatesediment (mg/kg tørrvekt) og i torskelever (mg/kg våtvekt) i 2010. Tilstandsklassene gjelder sediment. .



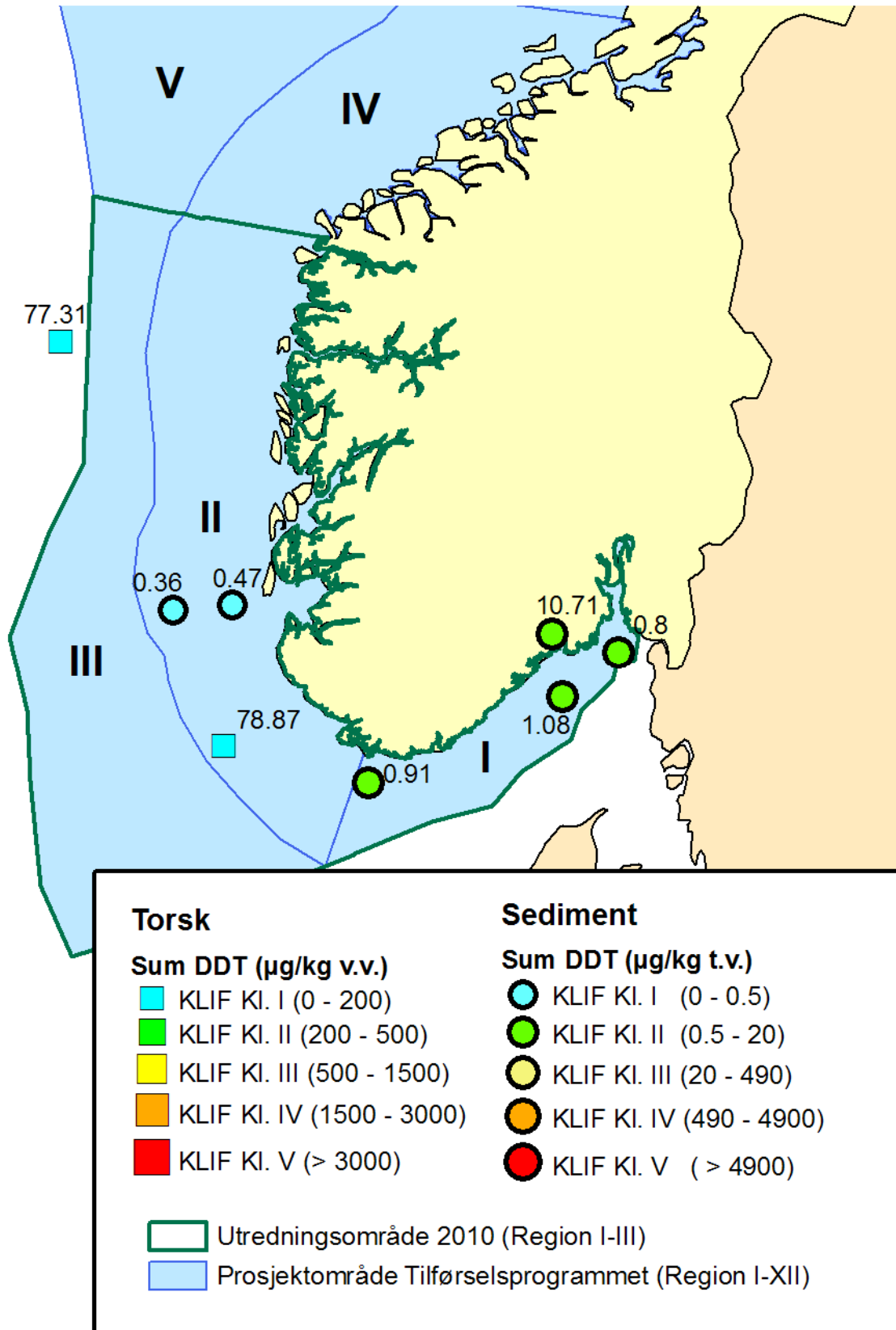
Figur 70. Gjennomsnittskonsentrasjoner av kadmium i overflatesediment (mg/kg tørrvekt) og i torskelever (mg/kg våtvekt) i 2010. Tilstandsklassene gjelder sediment. .



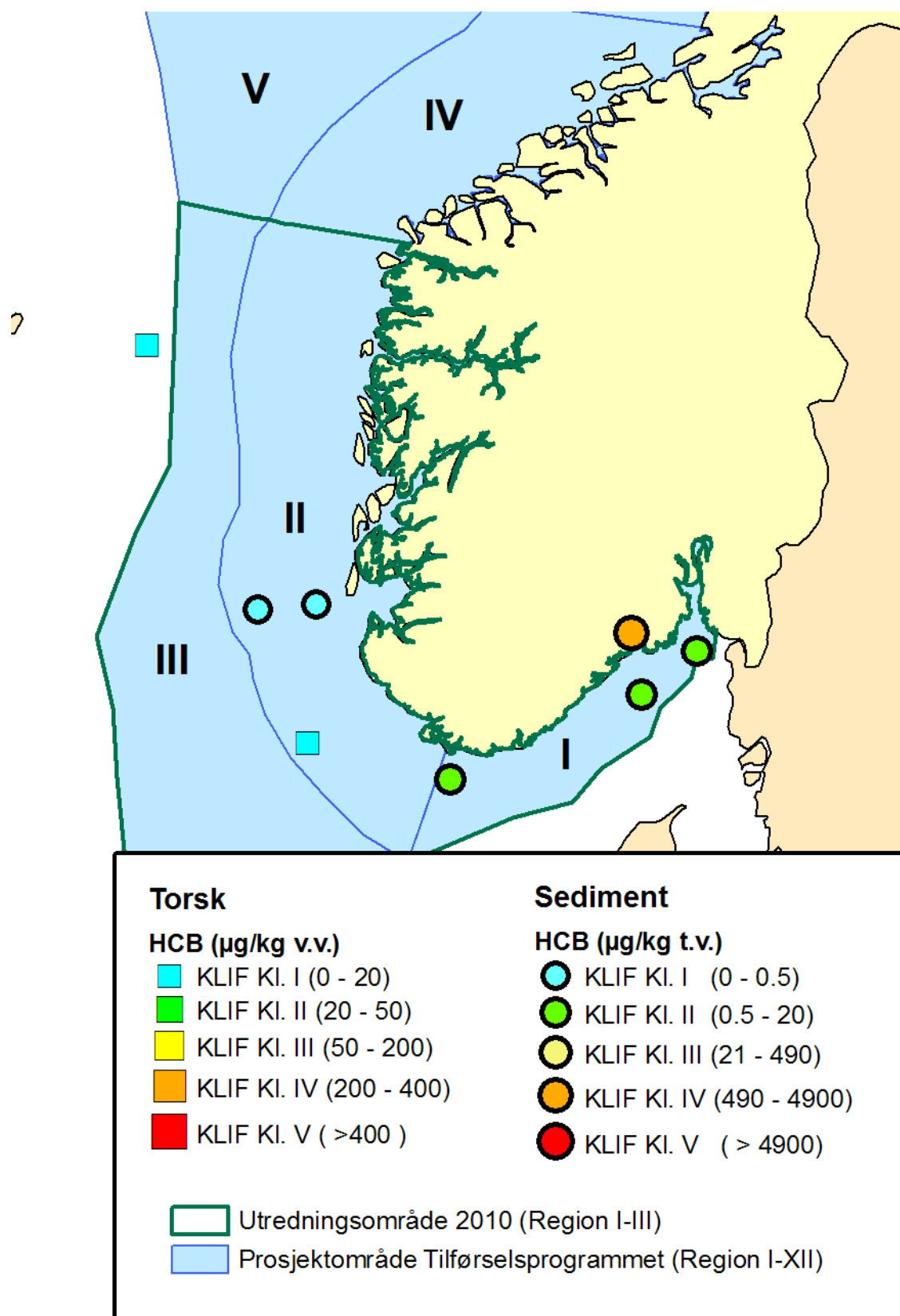
Figur 71. Gjennomsnittskonsentrasjoner av arsen i overflatesediment ($\mu\text{g}/\text{kg}$ tørrvekt) og i torskelever (mg/kg våtvekt) i 2010.



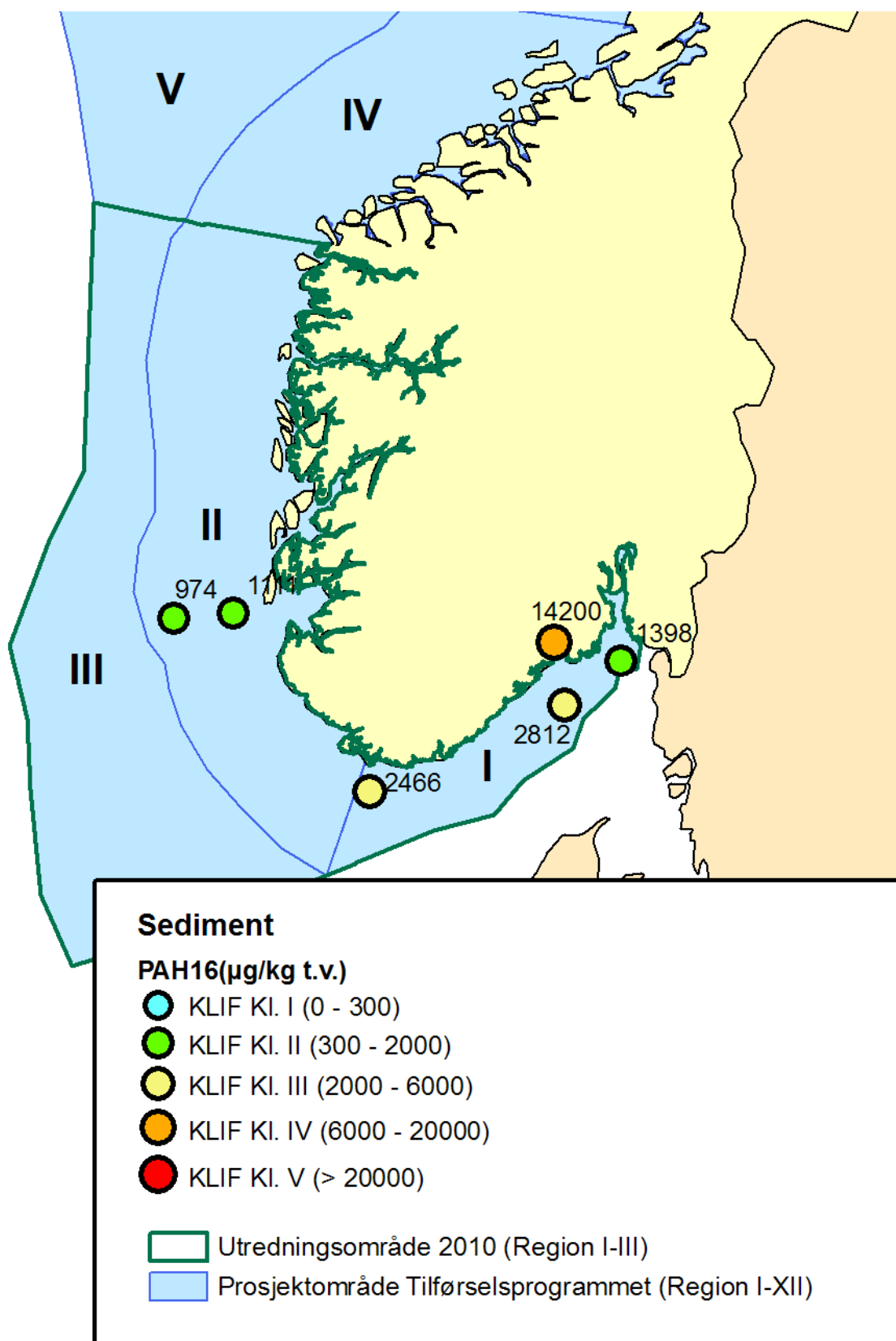
Figur 72. Gjennomsnittskonsentrasjoner av PCB i overflatesediment (µg/kg tørrvekt) og i torskelever (µg/kg våtvekt) i 2010.



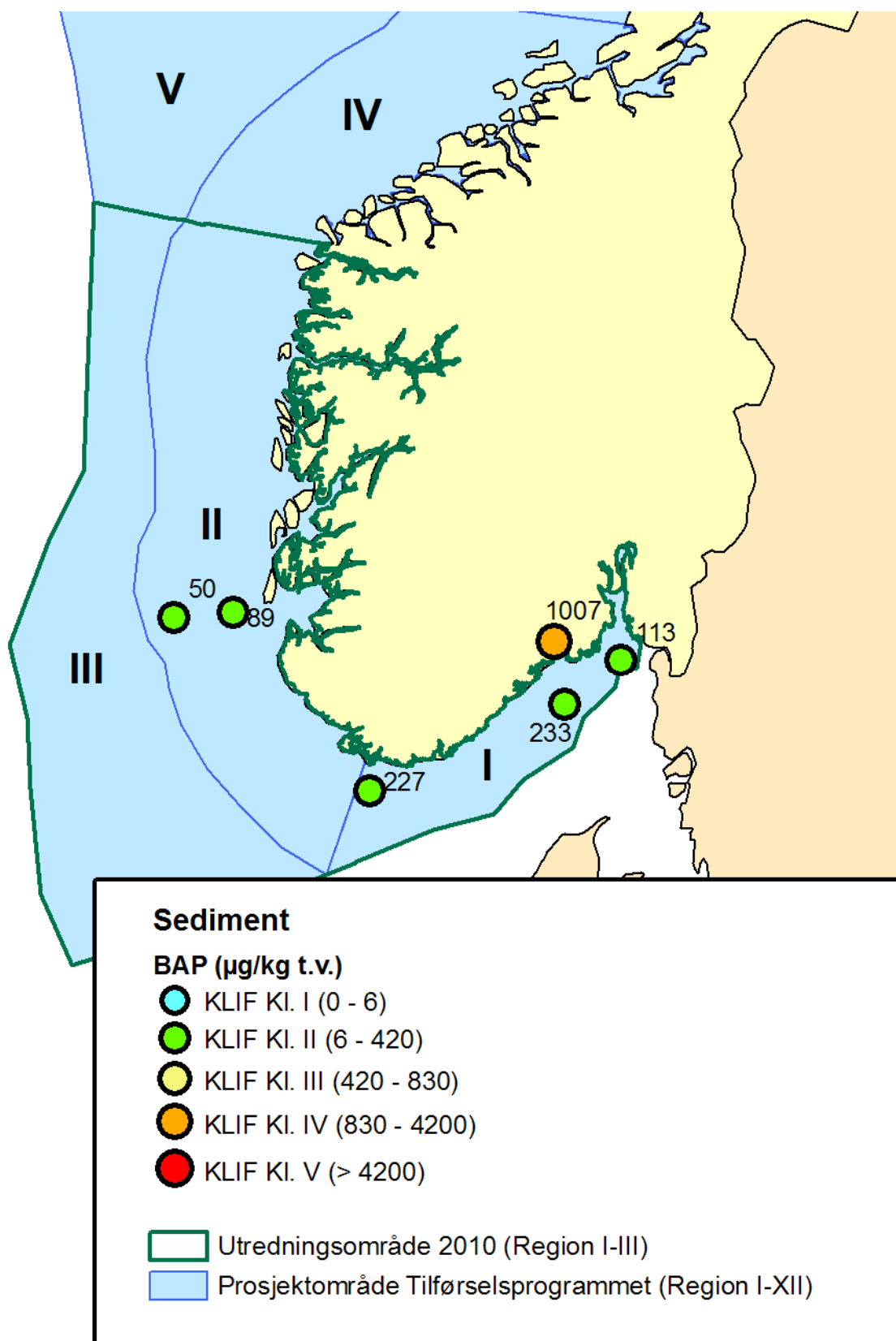
Figur 73. Gjennomsnittskonsentrasjoner av sum DDT i overflatesediment ($\mu\text{g}/\text{kg}$ tørrvekt) og i torskelever ($\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt) i 2010.



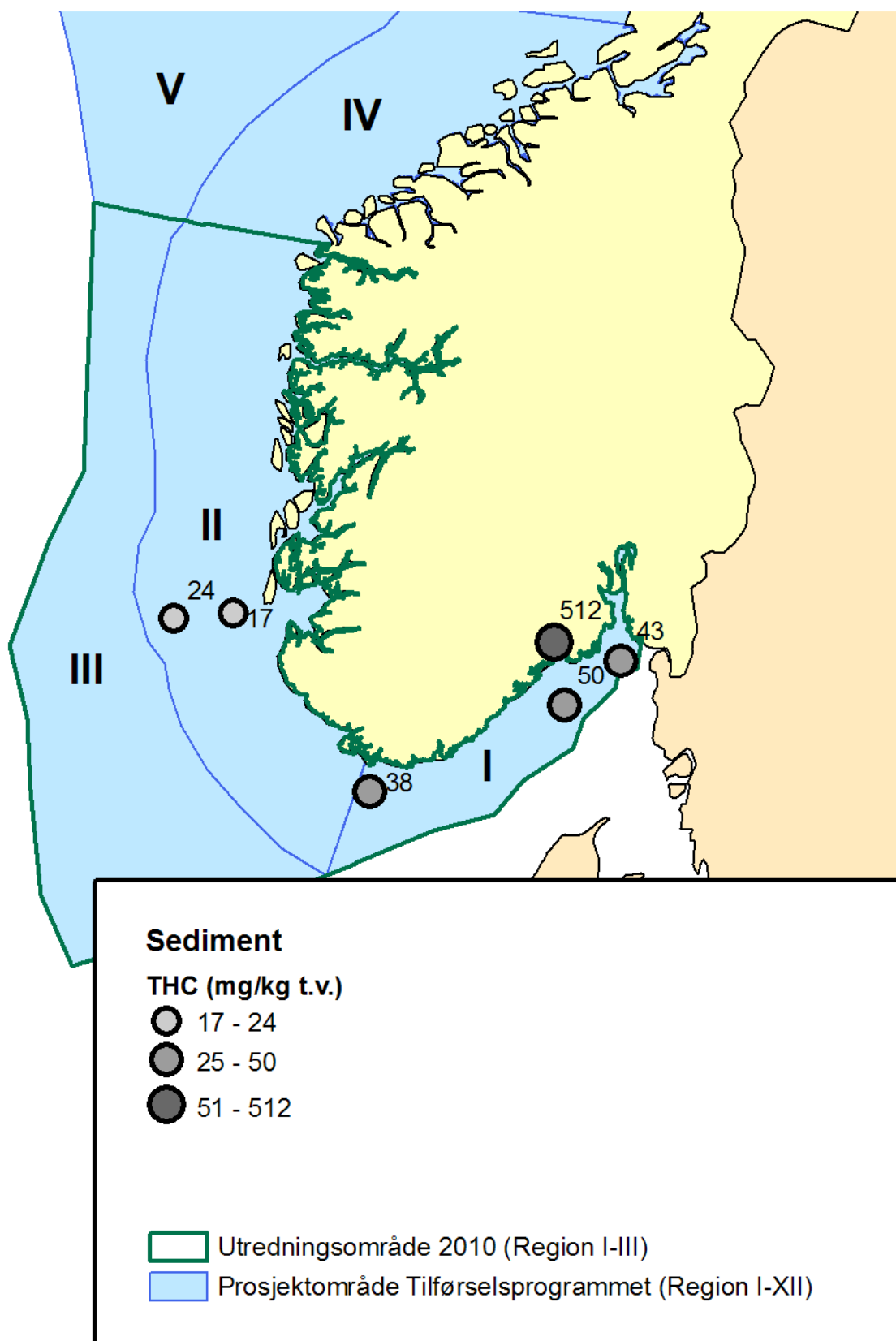
Figur 74. Gjennomsnittskonsentrasjoner av HCB i overflatesediment (µg/kg tørrvekt) og i torskelever (µg/kg våtvekt) i 2010.



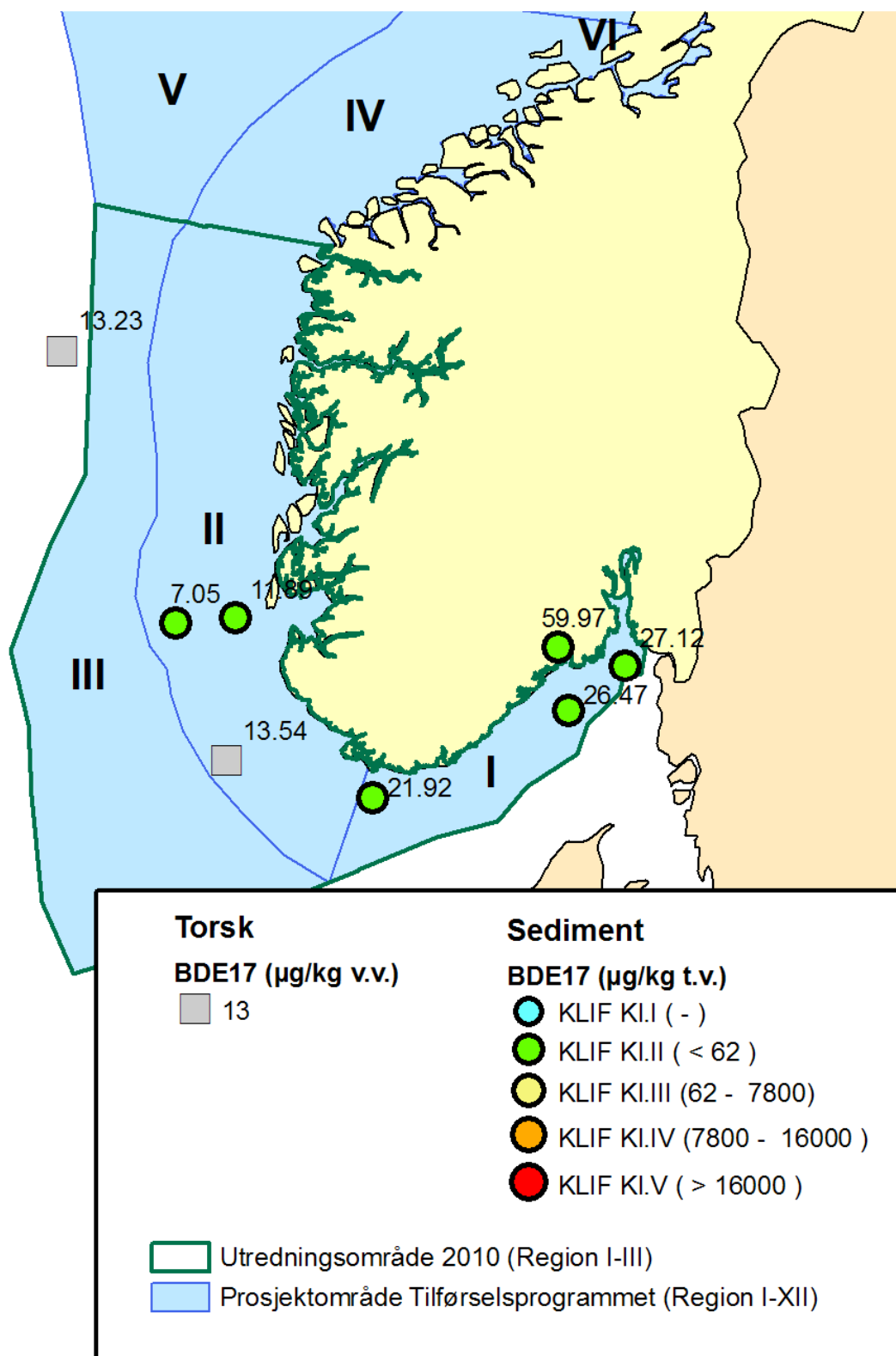
Figur 75. Gjennomsnittskonsentrasjoner av sum av 16 PAH (PAH16) i overflatesediment (µg/kg tørrvekt) i 2010.



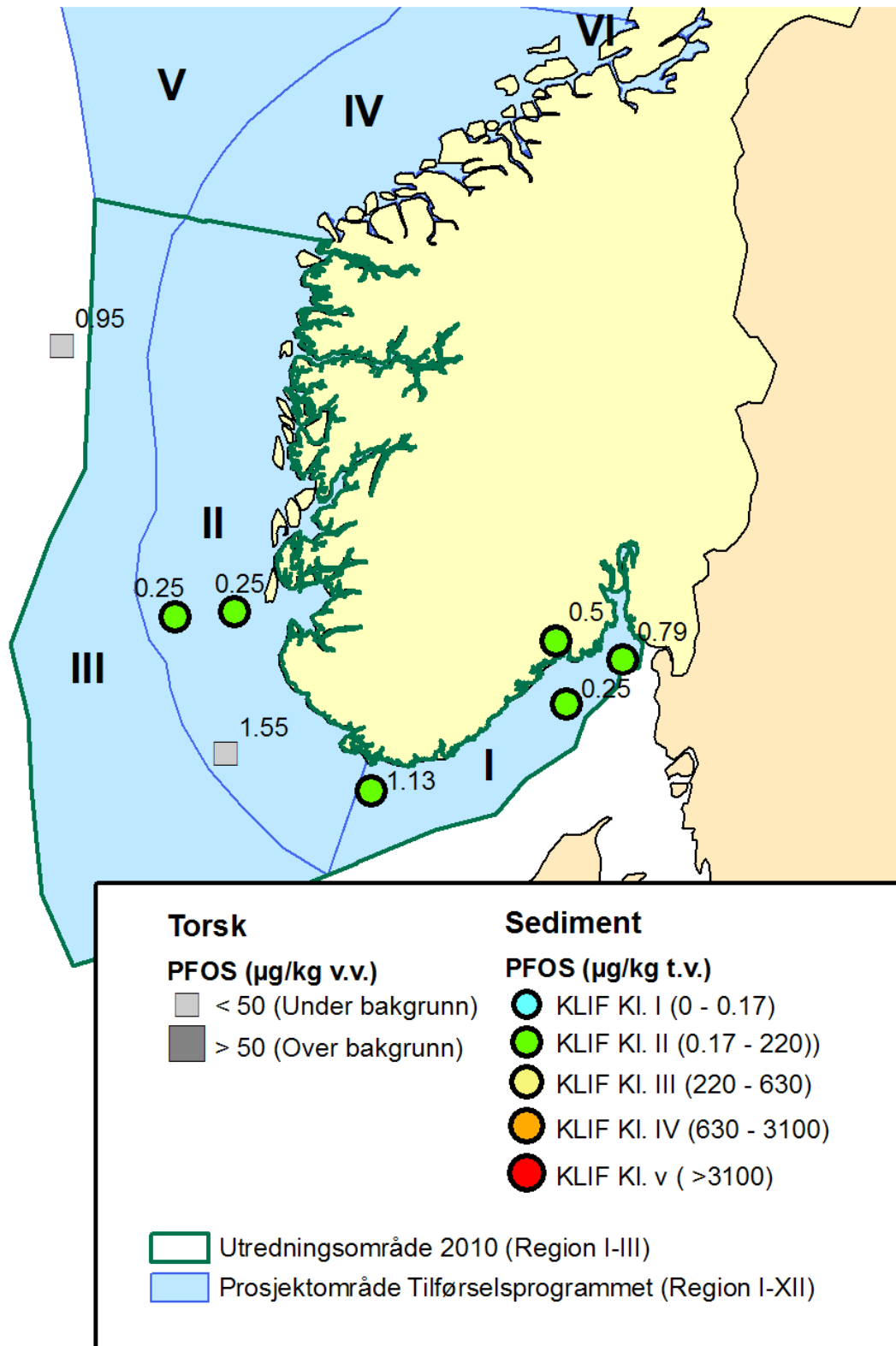
Figur 76. Gjennomsnittskonsentrasjoner av Benzo[a]pyrene (BAP) i overflatesediment (µg/kg tørrvekt) i 2010.



Figur 77. Gjennomsnittskonsentrasjoner av THC i overflatesediment (mg/kg tørrvekt) i 2010. Det er ingen klassifisering for THC.



Figur 78. Gjennomsnittskonsentrasjoner av PBDE (her ved BDE17) i overflatesediment (µg/kg tørrvekt) og i torskelever (µg/kg våtvekt) i 2010.



Figur 79. Gjennomsnittskonsentrasjoner av PFOS i overflatesediment (µg/kg tørrvekt) og i torskelever (µg/kg våtvekt) i 2010. NB: halvparten av deteksjonsgrense brukt. For sediment ble PFOS bare detektert på st.18, st. 23 og st. 24.

Vedlegg E Tilførsler fordelt på kilde og region - tabeller

Regionene I, II, og III i fokus

0

Oppdatert modellberegning i forhold til 2009 rapport om Barentshav og Lofotenområdet (se Green *et al.* 2010a)
 null tilførsler rapportert
 <blank celle> ukjent

Region	Beskrivelse	1000km ²
I	Skagerrak	18.858
II	Kyststrøm, Nordsjøen (sør for 62° N)	69.01
III	Nordsjøen (sør for 62° N) utenfor kyststrømmen	70.96
IV	Kyststrøm, Norskehavet (62- 64°N)	40.94
V	Norskehavet (62- 64°N) utenfor kyststrømmen	41.89
VI	Kyststrøm, Norskehavet (64-67 °N)	56.99
VII	Norskehavet (64-67 °N) utenfor kyststrømmen	106.37
VIII	Norskehavet (67-70 °N)	172.49
IX	Norskehavet (70-80 °N)	391.02
X	Barentshavet (70-75 °N) øst for 17 °Ø	360.68
XI	Barentshavet (75-80 °N) øst for 17 °Ø	283.51
XII	Norskehavet vest (vest for område VII og grense for forvaltningsplan Barentshavet)	623.55

Tilførsler fra kvikksølv fordelt på kilde og region.

Region	Kilde 1	Kilde 5	Kilde 7/8	Kilde 6	Kilde 2/4	Kilde 3	Totalt	pr. 1000
	Land kg/år	Offshore kg/år	Havbunn kg/år	Skip kg/år	Luft kg/år	Havstrømmer kg/år		kg/år
1	100				400	10047	10547	559.3
2	50	0.0035	14		900	54	1018	14.8
3	0	0.0035	32		1100	12012	13144	185.2
4	29	0.3			400		429	10.5
5	0				400		400	9.5
6	70				400		470	8.2
7	0	1.5	131		700		833	7.8
8	15.6				900		916	5.3
9	0				1100		1100	2.8
10	21				4900		4921	13.6
11	0				600		600	2.1
12	0				3500		3500	5.6

Tilførsler fra bly fordelt på kilde og region.

Region	Kilde 1	Kilde 5	Kilde 7/8	Kilde 6	Kilde 2/4	Kilde 3	Totalt	pr. 1000
	Land kg/år	Offshore kg/år	Havbunn kg/år	Skip kg/år	Luft kg/år	Havstrømmer kg/år		kg/år
1	4880				15100		19980	1059.5
2	1940	0.8515	25554		43300		70795	1025.9
3	0	0.8515	9949		51300		61250	863.2
4	1613	163			19600		21376	522.1
5	0				19400		19400	463.1
6	858	21.3			17500		18379	322.5
7	0	866	52459		28500		81825	769.2
8	2895				50300		53195	308.4
9	0				60300		60300	154.2
10	1350				48000		49350	136.8
11	0				30900		30900	109.0
12	0				130200		130200	208.8

Tilførsler fra kadmium fordelt på kilde og region.

Region	Kilde 1 Land kg/år	Kilde 5 Offshore kg/år	Kilde 7/8 Havbunn kg/år	Kilde 6 Skip kg/år	Kilde 2/4 Luft kg/år	Kilde 3 Havstrømmer kg/år	Totalt kg/år	pr. 1000 km ² Totalt kg/år
1	950				600	147828	149378	7921.2
2	320	0.007	311		1400	16095	18126	262.7
3	0	0.007	190		1500	296839	298529	4207.0
4	139	0.7			900		1040	25.4
5	0				600		600	14.3
6	65	0.2			1300		1365	24.0
7	0	2.9	690		1200		1893	17.8
8	156.7				3800		3957	22.9
9	0				1900		1900	4.9
10	200				3000		3200	8.9
11	0				2200		2200	7.8
12	0				4400		4400	7.1

Tilførsler fra krom fordelt på kilde og region.

Region	Kilde 1 Land kg/år	Kilde 5 Offshore kg/år	Kilde 7/8 Havbunn kg/år	Kilde 6 Skip kg/år	Kilde 2/4 Luft kg/år	Kilde 3 Havstrømmer kg/år	Totalt Kg/år	pr. 1000 km ² Totalt kg/år
1	15950				5800		21750	1153.4
2	5100	0.26	35219		15900		56219	814.7
3	0	0.26	14687		25400		40087	564.9
4	5883				14800		20683	505.2
5	0				9700		9700	231.6
6	1495				6100		7595	133.3
7	0		68594		12600		81194	763.3
8	2170				12500		14670	85.0
9	0				53000		53000	135.5
10	6990				11600		18590	51.5
11	0				8900		8900	31.4
12	0				103700		103700	166.3

Tilførsler fra arsen fordelt på kilde og region.

Region	Kilde 1	Kilde 5	Kilde 7/8	Kilde 6	Kilde 2/4	Kilde 3	Totalt	pr. 1000
	Land kg/år	Offshore kg/år	Havbunn kg/år	Skip kg/år	Luft kg/år	Havstrømmer kg/år		kg/år
1	10500				2900		13400	710.6
2	4090	0.066	548162		11800		564052	8173.5
3	0	0.066	140721		13300		154021	2170.5
4	1673				8800		10473	255.8
5	0				8500		8500	202.9
6	1240				4400		5640	99.0
7	0				13900		13900	130.7
8	959				8700		9659	56.0
9	0				23900		23900	61.1
10	2410				9600		12010	33.3
11	0				5900		5900	20.8
12	0				46400		46400	74.4

Tilførsler fra TBT fordelt på kilde og region.

Region	Kilde 1	Kilde 5	Kilde 7/8	Kilde 6	Kilde 2/4	Kilde 3	Totalt	pr. 1000
	Land kg/år	Offshore kg/år	Havbunn kg/år	Skip ¹⁾ kg/år	Luft kg/år	Havstrømmer kg/år		kg/år
1				0			0	0
2				0			0	0
3				0			0	0
4				0			0	0
5				0			0	0
6				0			0	0
7				0			0	0
8				0			0	0
9				0			0	0
10				0			0	0
11				0			0	0
12				0			0	0

1) Det ble forbudt å påføre frisk TBT i 2003 og all gammel TBT skulle være fjernet i 2008- Mht TBT kan det derfor sette tilførslene fra skip til 0. (Klif, 1305_2011, pers.med. på vegne av Sjøfartsdirektoratet.)

Tilførsler fra PCB (sum PCB-7)¹⁾ fordelt på kilde og region.

Region	Kilde 1	Kilde 5	Kilde 7/8	Kilde 6	Kilde 2/4	Kilde 3 ²⁾	Totalt	pr. 1000
	Land	Offshore	Havbunn	Skip	Luft	Havstrømmer		kg/år
	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år
1	65.11				39	161	265	14.1
2	2.56				179	6	188	2.7
3	0		15		193	154	362	5.1
4	3				65		68	1.7
5	0				114		114	2.7
6	2.5				94		97	1.7
7	0				343		343	3.2
8	2.45				305		307	1.8
9	0				420		420	1.1
10	7.4				724		731	2.0
11	0				413		413	1.5
12	0				1216		1216	2.0

1) Sum av PCB-kongenerne: CB28, -52, -101, -118, -138, -153 og -180

2) Kan være noe variasjon i hvilke komponenter som er med og at dette skyldes tilgjengelige data.

Tilførsler fra PAH¹⁾ fordelt på kilde og region.

Region	Kilde 1	Kilde 5	Kilde 7/8	Kilde 6	Kilde 2/4	Kilde 3	Totalt	pr. 1000
	Land	Offshore	Havbunn	Skip	Luft	Havstrømmer		kg/år
	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	km ²
1	7.1				18000	4.5	18012	955.1
2	0.8	20634	1052		82000	0	103687	1502.5
3	0	41523	138054		88000	20	267597	3771.1
4	71				30000		30071	734.5
5	0				52000		52000	1241.3
6	36	417			53000		53453	937.9
7	0	4396	743		194000		199139	1872.1
8	0.01				173000		173000	1003.0
9	0				244000		244000	624.0
10	0.01				493000		493000	1366.9
11	0				282000		282000	994.7
12	0				826000		826000	1324.7

- 1) Omfatter i hovedsak sum av 18 PAHer, dvs i henhold til NS 9815: fenantren, antracen, pyren, fluoranten, benzo[a]fluoren, benzo[b]fluoren, krysen/trifenylen, benzo[a]antracen, benzo[b]fluoranten, benzo[k]fluoranten, benzo[e]pyren, benzo[a]pyren, dibenzo[a,h]antracen, ideno[1,2,3-c,d]pyren, benzo[g,h,i]perylene, benzo[a,e]pyren, dibenzo[a,h]pyren og dibenzo[a,i]pyren bortsett i fra for atmosfærisk tilførsel som omfatter kun biphenyl, acenaftylene, antracen, benzo[a]antracen, benzo[a]pyren, fenantren, fluoren, fluoranten og pyren, hvor de som er understrekket er ikke inkludert i forrige listen.
- 2) Kan være noe variasjon i hvilke komponenter som er med og at dette skyldes tilgjengelige data.

Tilførsler fra olje (THC) fordelt på kilde og region. (Merk enheter).

Region	Kilde 1	Kilde 5 ¹⁾	Kilde 7/8	Kilde 6	Kilde 2/4	Kilde 3	Totalt	pr. 1000
	Land	Offshore	Havbunn	Skip	Luft	Havstrømmer		kg/år
	t/år	t/år	t/år	t/år	t/år	t/år	t/år	km ²
1	7.5			0.2			8	408
2	3.5	356		956			1316	19062
3	0	1033		1756			2789	39304
4	93.5			140			234	5704
5	0			140			140	3342
6	38	205		140			383	6721
7	0	114		140			254	2388
8				232			232	1345
9				140			140	358
10				260			260	721
11				0			0	0
12				140			140	225

- 1) "Olje til sjø", (dvs.drenasjevann, jetting (olje på sand) og produsert vann) for 2009 Region I og II, kilde: Oljeindustri Landsforening – OLF. <http://www.olf.no/Publikasjoner/Miljorapporter/Miljorapport-2010/Feltspesifikke-utslippsrapporter-2010/>

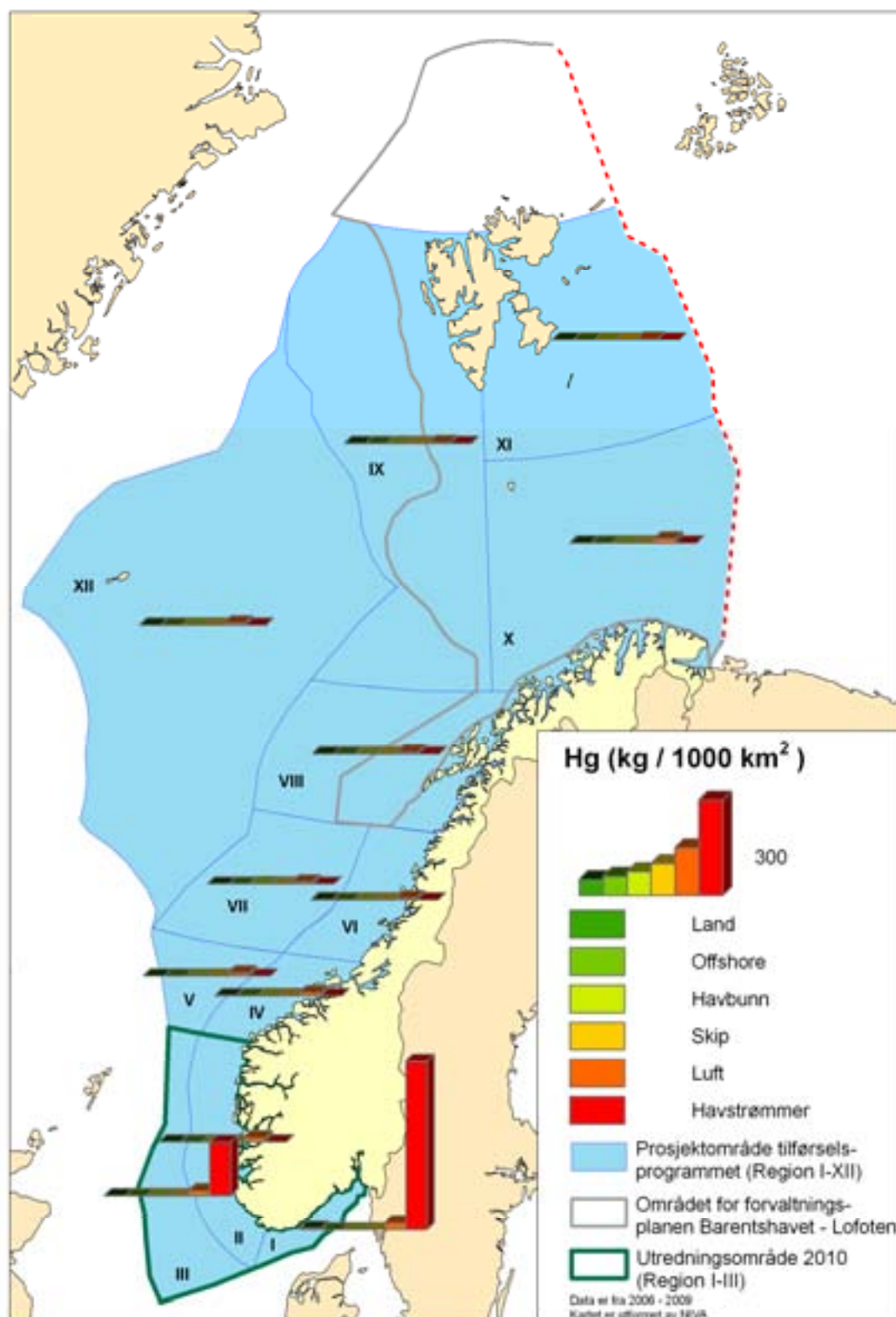
Tilførsler fra strontium-90 (^{90}Sr) fordelt på kilde og region.

Region	Pr. 1000 km ²				Totalt TBq
	Atmosfærisk nedfall TBq	Sellafield TBq	La Hauge TBq	Kattegat TBq	
1	5.51	1.41	0.26	17.1	24.28
2	18.3	7.43	0.47	14.7	40.90
3	7.94	2.94	0.242	10.58	21.70
4	20.1	15.7		65.9	101.7
5	13.4	5.5		4.4	23.3
6	41.2	31.3		61.7	134.2
7	19.3	6.2		5.1	30.6
8	44.8	22.5		54.3	121.6
9	37.1	12.2		6.1	55.4
10	13.5	9.2		25.3	48
11	0.9	0.4		0.1	1.3
12	19.2	7.2		1.3	27.7

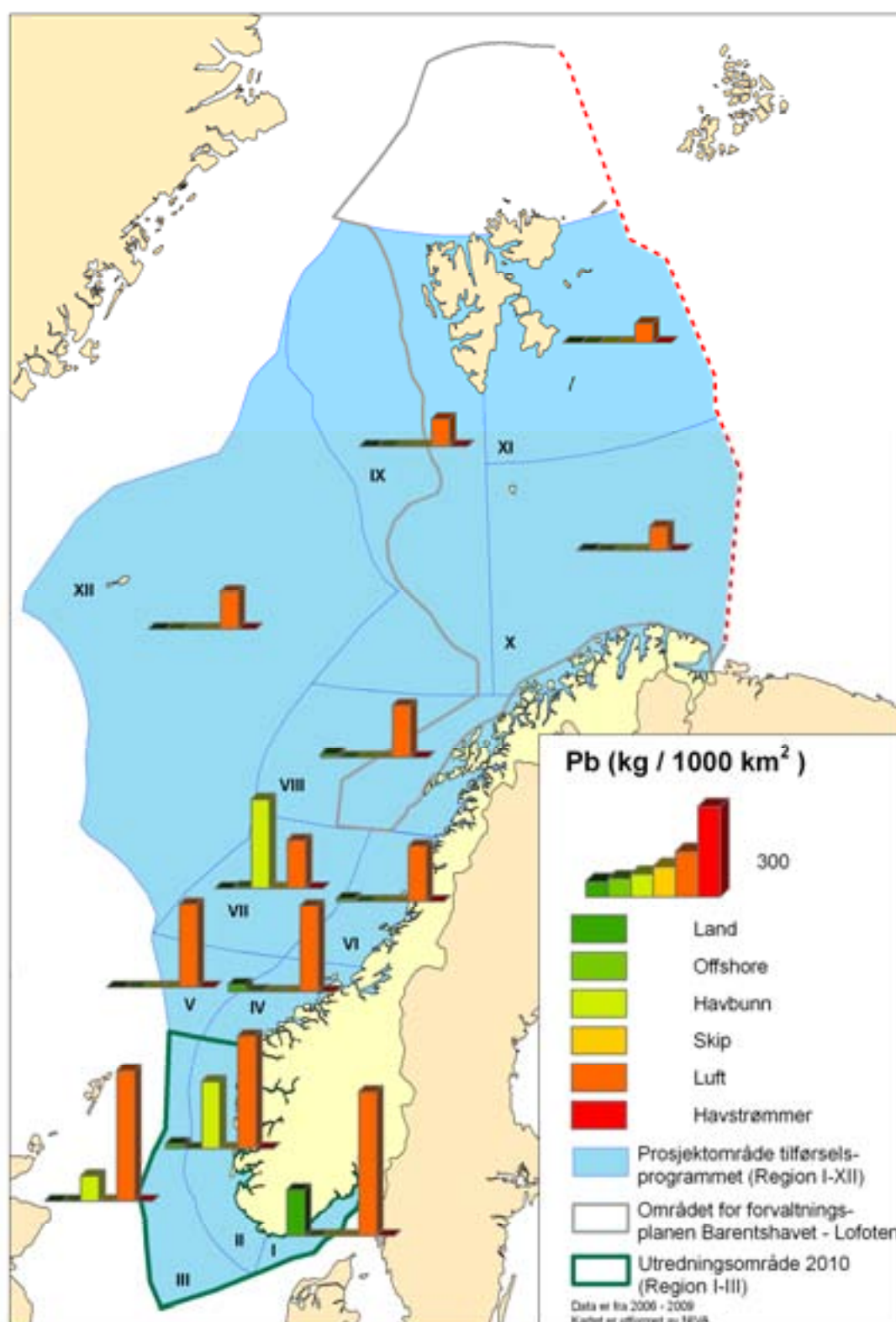
Tilførsler fra plutonium-239+240 ($^{239+240}\text{Pu}$) fordelt på kilde og region.

Region	pr. 1000 km ²				Totalt GBq
	Atmosfærisk nedfall GBq	Sellafield GBq	La Hauge GBq	Kattegat GBq	
1	164	45	1.2		210.2
2	605	255	1.6		861.6
3	165	54	0.1		219.1
4	312.1	3.8		0	315.9
5	326.7	1.6		0	328.3
6	783.1	5.4		0	788.5
7	493.9	1.7		0	495.6
8	793.4	5.5		0	798.9
9	942.8	3.3		0	946.1
10	198.3	1.7		0.0	200
11	29.8	0.2		0.0	30
12	476.8	1.9		0	478.7

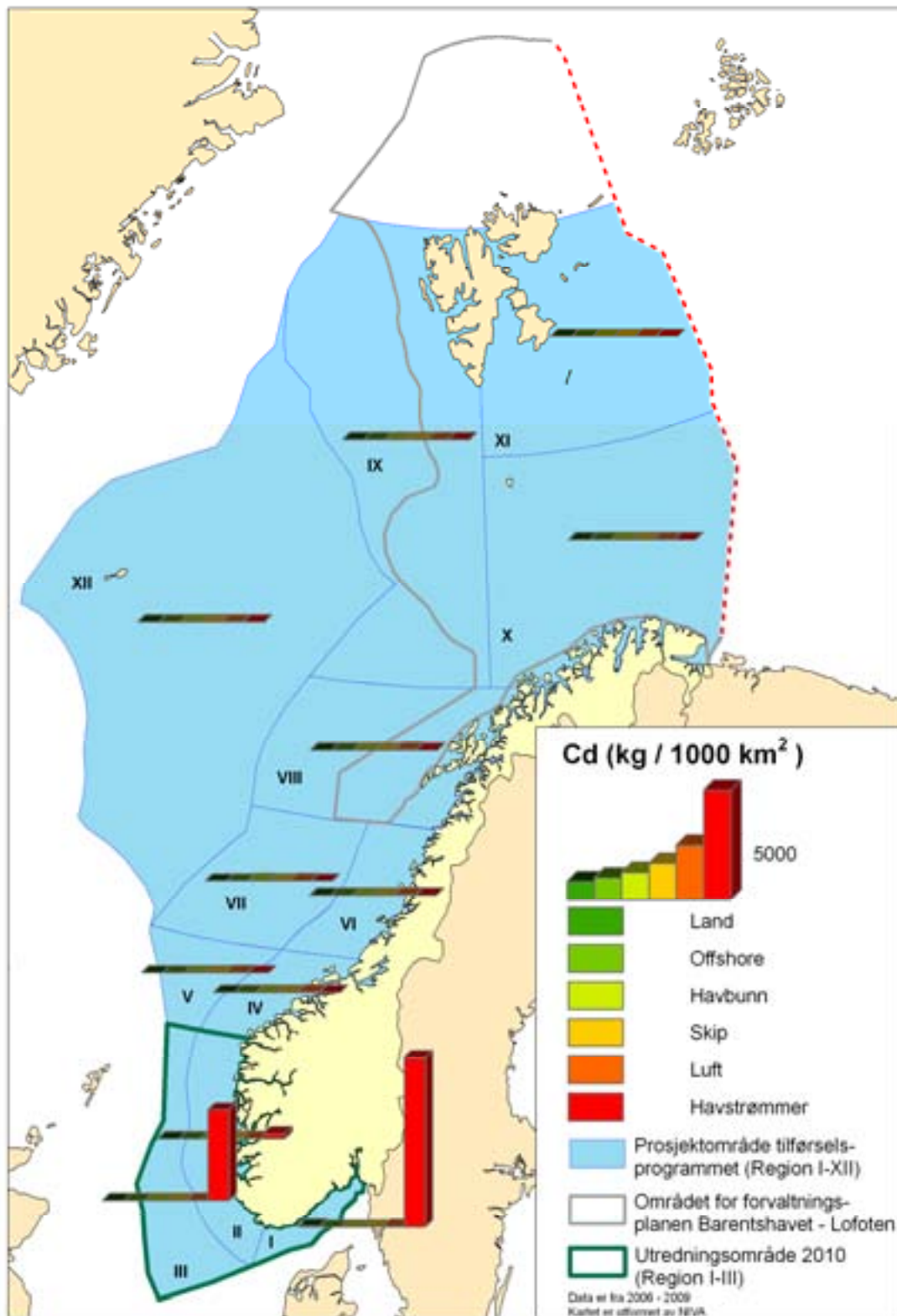
Vedlegg F Tilførsler fordelt på kilde og region – kart



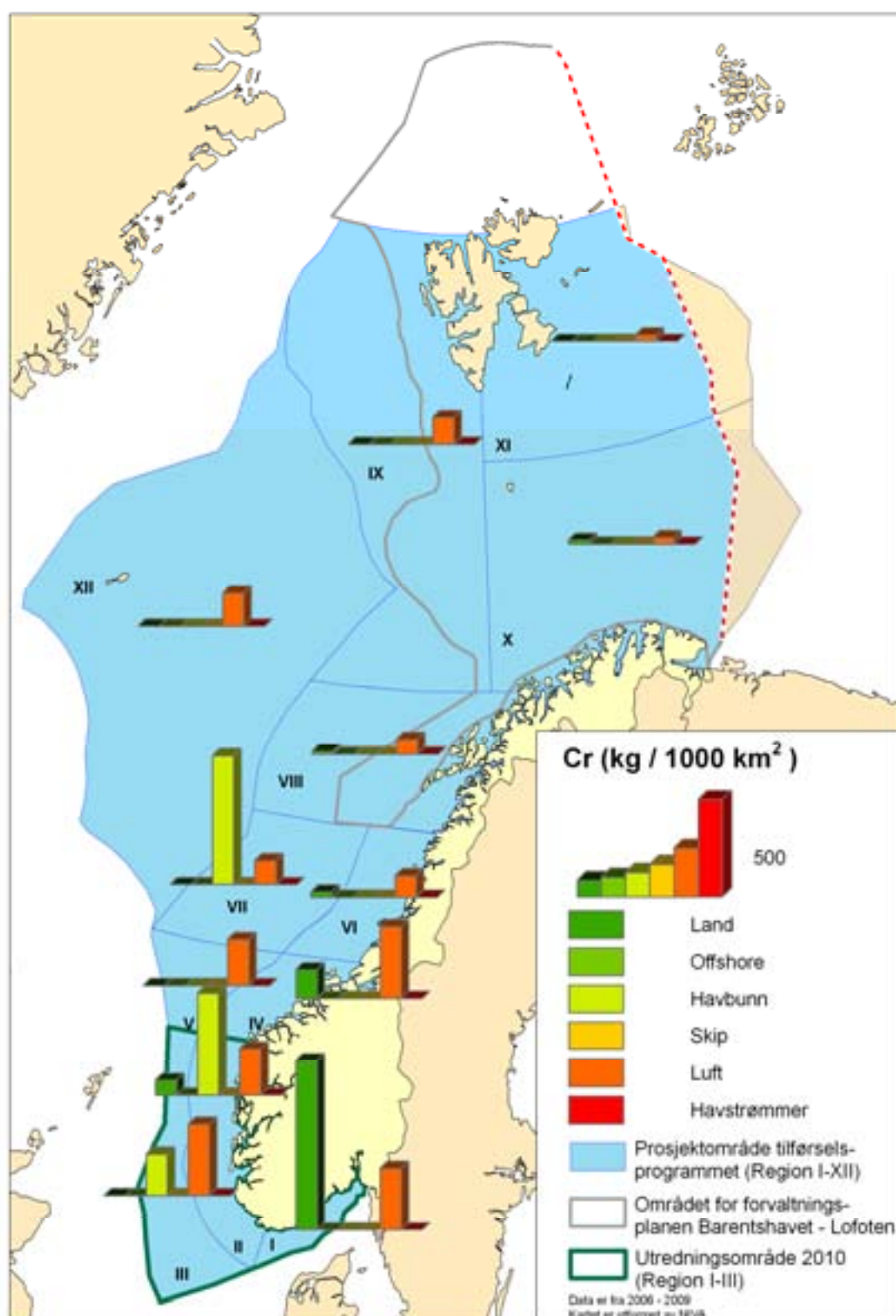
Figur 80. Tilførsler av kvikksølv (Hg) regnet pr. 1000 km² havoverflate pr. år. NB: tilførsler fra havstrøm ikke kan sidestilles med de øvrige data ettersom det representerer en omfordeling av de samlede tilførsler fra de øvrige kilder.



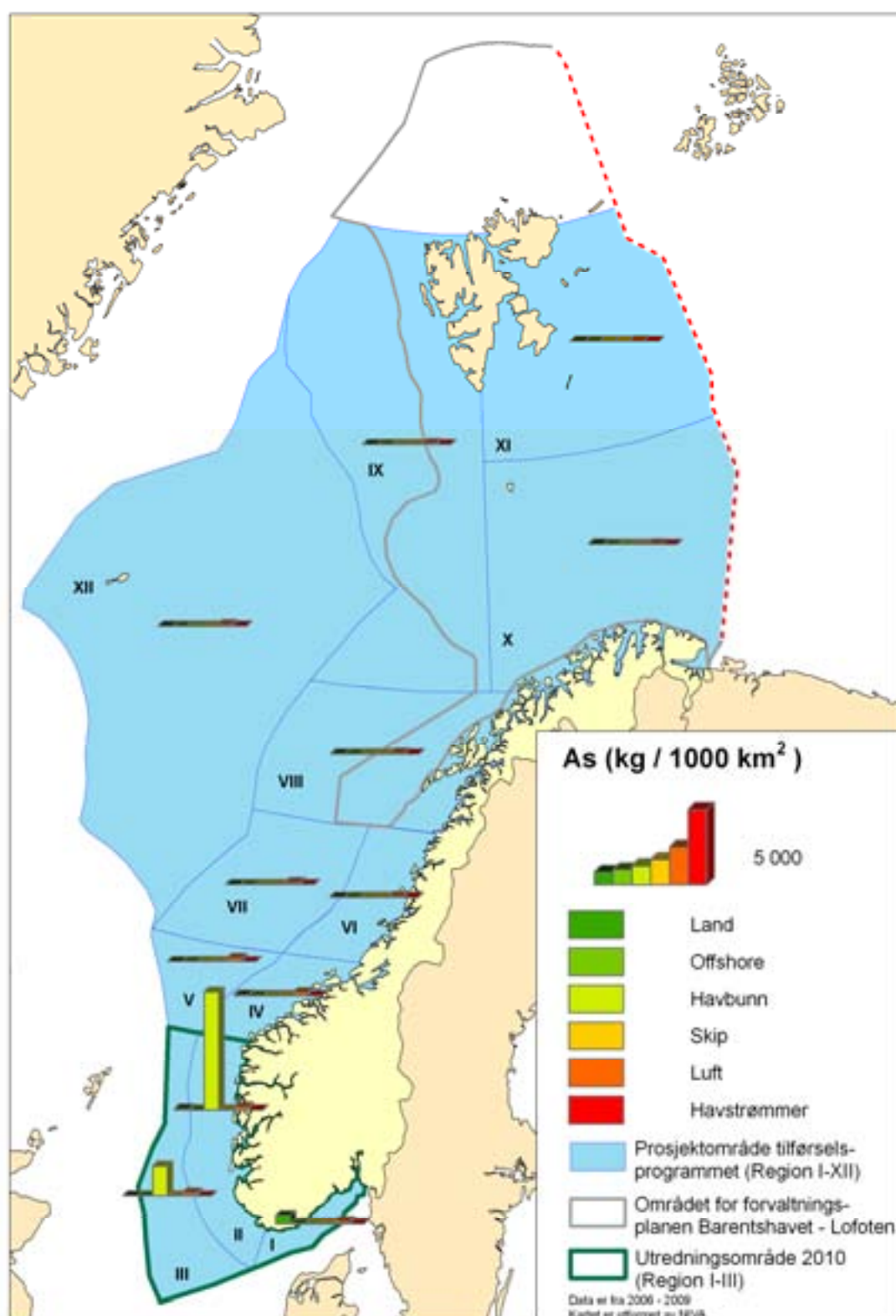
Figur 81. Tilførsler av bly (Pb) regnet pr. 1000 km² havoverflate pr. år.



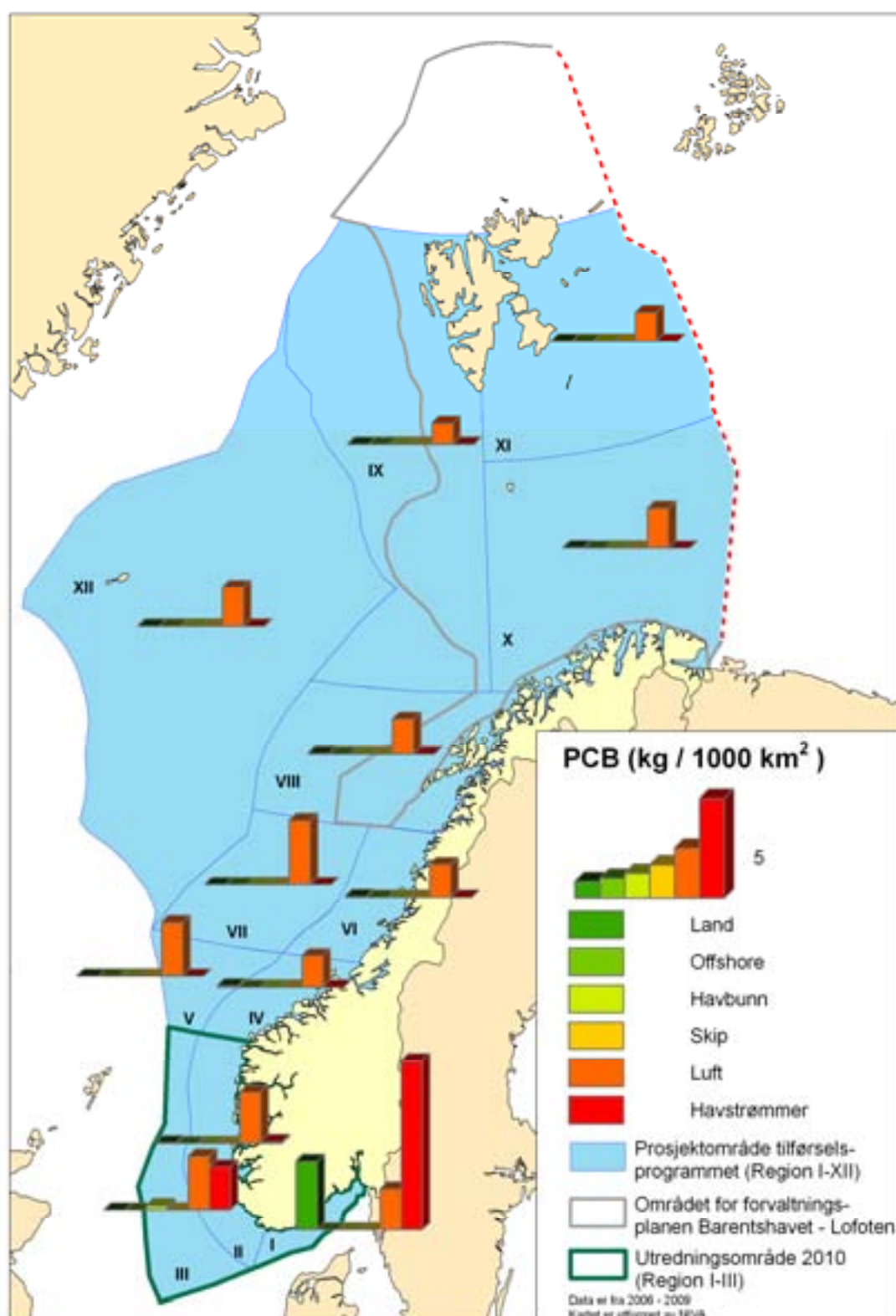
Figur 82. Tilførsel av kadmium (Cd) regnet pr. 1000 km² havoverflate pr. år. NB: tilførsler fra havstrøm ikke kan sidestilles med de øvrige data ettersom det representerer en omfordeling av de samlede tilførsler fra de øvrige kilder.



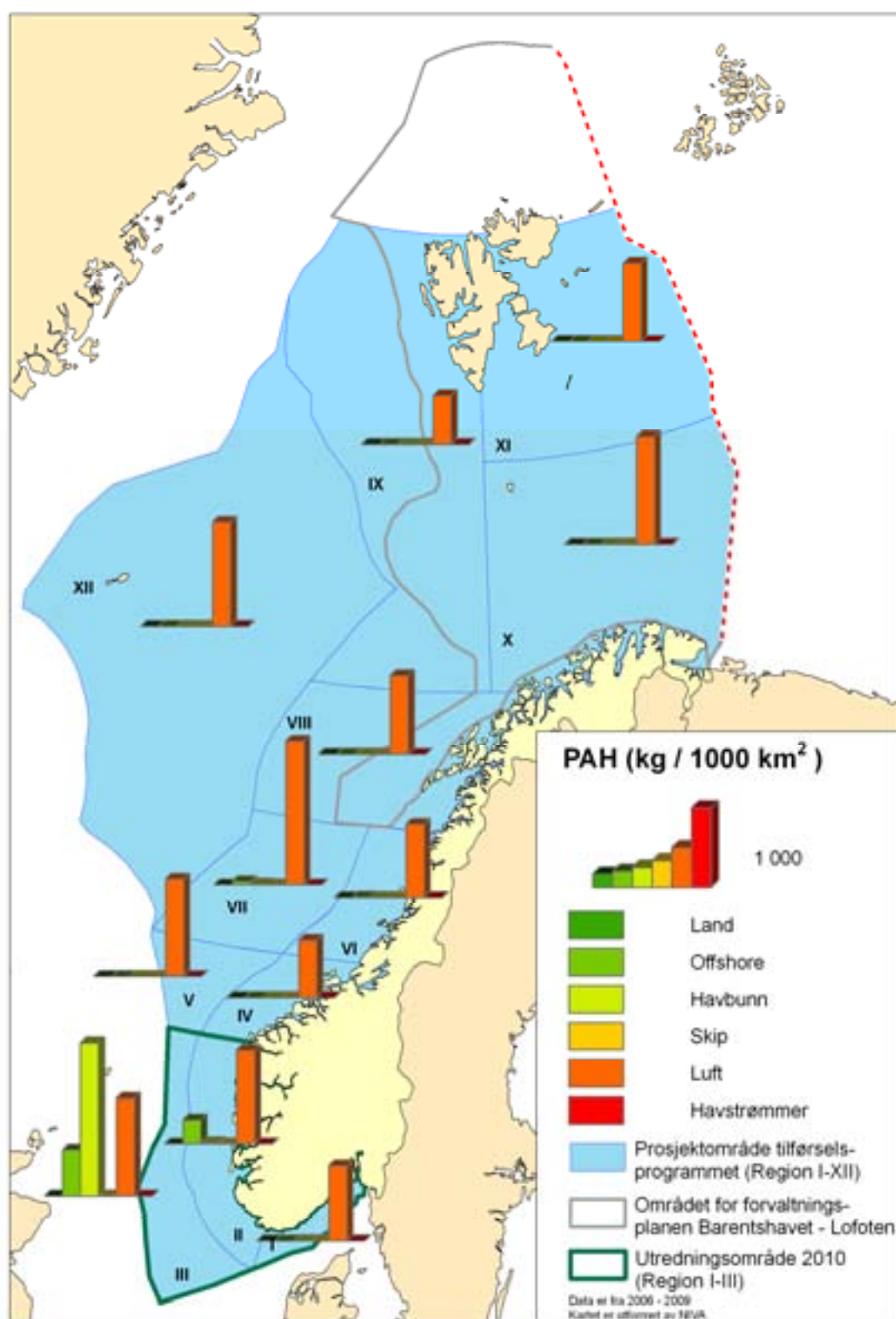
Figur 83. Tilførsel av krom (Cr) regnet pr. 1000 km² havoverflate pr. år.



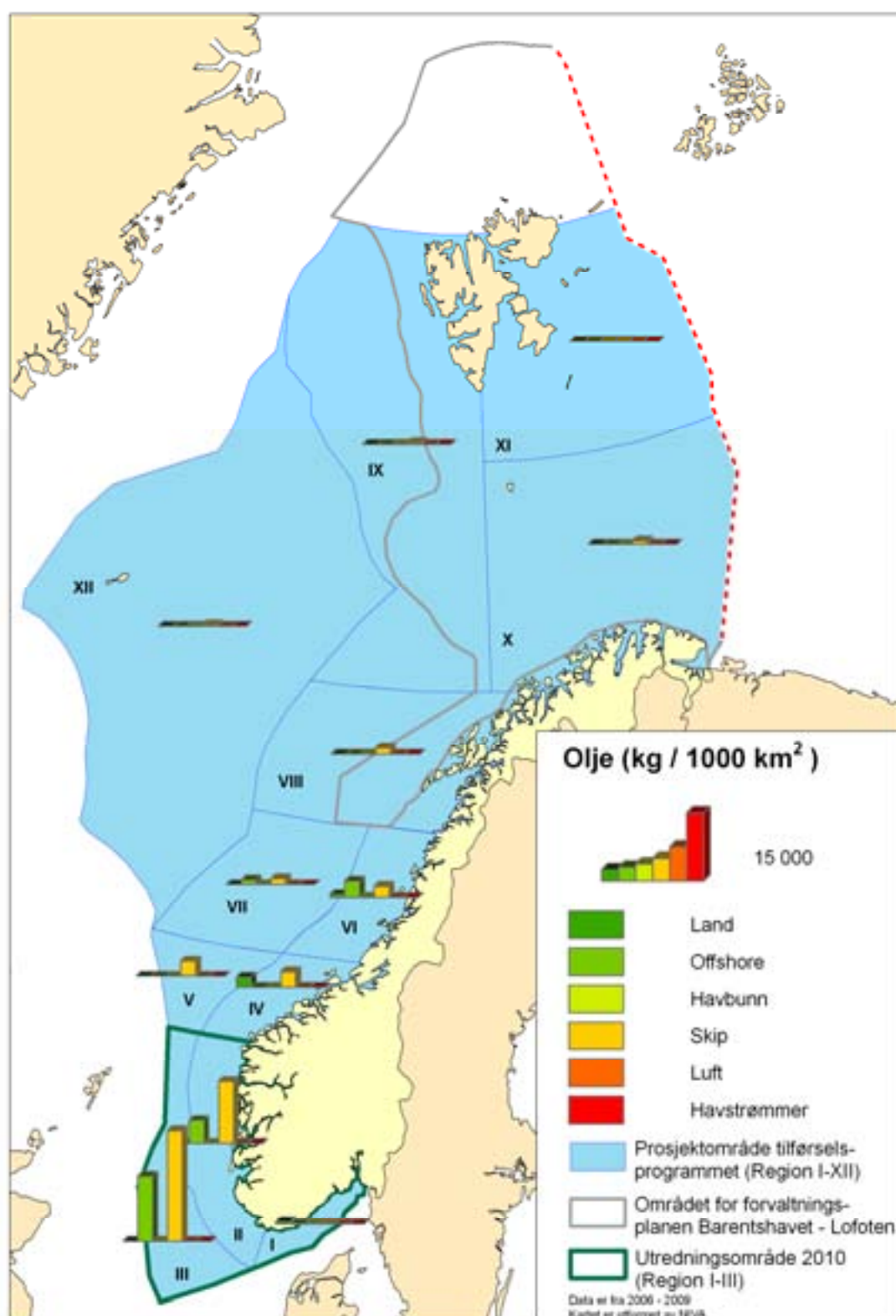
Figur 84. Tilførsel av arsen (As) regnet pr. 1000 km² havoverflate pr. år.



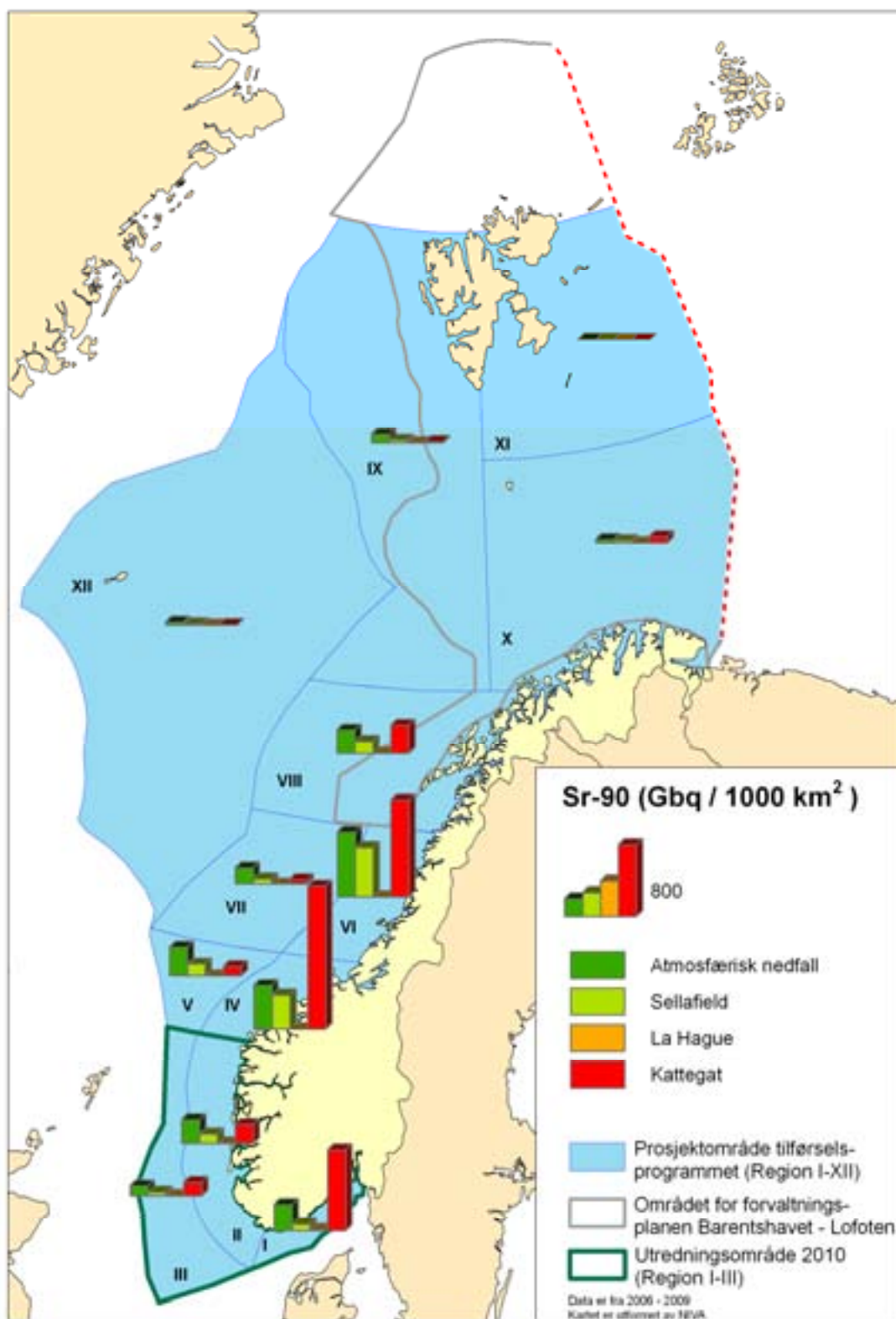
Figur 85. Tilførsel av polyklorerte bifenyler (PCB – sum av kongenerne: CB28, -52, -101, -118, -138, -153, -180) regnet pr. 1000 km² havoverflate pr. år. NB: tilførsler fra havstrøm ikke kan sidestilles med de øvrige data ettersom det representerer en omfordeling av de samlede tilførsler fra de øvrige kilder.



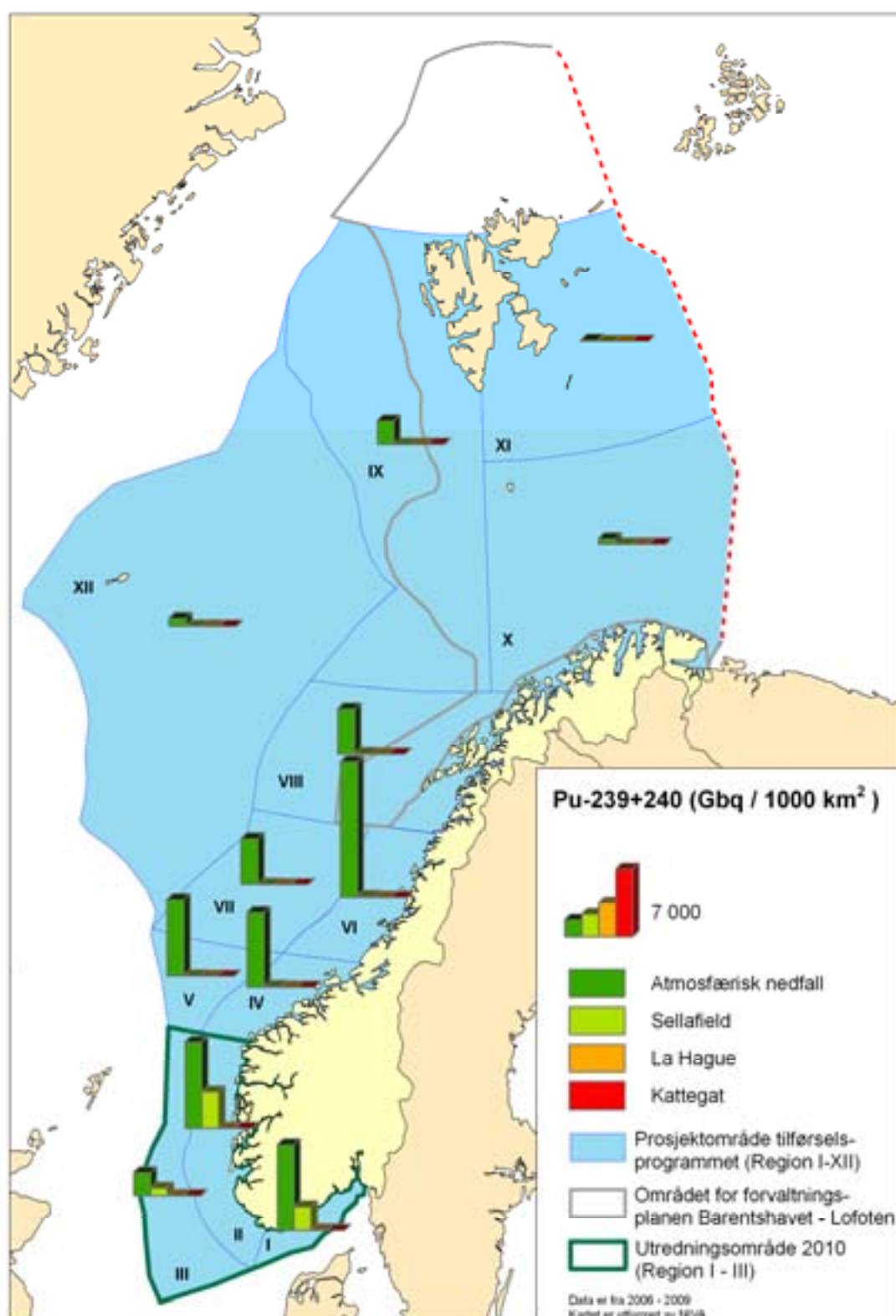
Figur 86. Tilførsel av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH – sum av 16 forbindelser) regnet pr. 1000 km² havoverflate pr. år.



Figur 87. Tilførsel av olje (THC = total hydrocarbon) regnet pr. 1000 km² havoverflate pr. år.



Figur 88. Tilførsel av Strontium-90 regnet pr. 1000 km² havoverflate pr. år. Merk at kun Regionene VIII – XI har blitt oppdatert i forhold til Fase II (Molvær et al. 2008) med tall for 2008.



Figur 89. Tilførsel av plutonium-239+240 regnet pr. 1000 km² havoverflate pr. år. Merk at kun Regionene VIII – XI har blitt oppdatert i forhold til Fase II (Molvær et al. 2008) med tall for 2008.

Tilførsler til norske havområder



Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif)
 Postboks 8100 Dep, 0032 Oslo – Besøksadresse: Strømsveien 96
 Telefon: 22 87 34 00 - Telefax: 22 67 67 06
 E-post: postmottak@klif.no – Internett: www.klif.no

Utførende institusjon Norsk institutt for vannforskning		ISBN-number 978-82-577-5922-3	
Prosjektleder Norman W. Green		Klifs kontaktperson Christine Daae Olseng	
		TA-number 2810/2011	
		År 2011	Sider 251
		Klif's kontrakt nummer 5011020	
Utgiver Norsk institutt for vannforskning (NIVA), NIVA-rapport 6187-2011		Prosjektet finansiert av Klima- og forurensningsdirektoratet, Klif	
Forfattere Norman W. Green ¹⁾ , Hilde Elise Heldal ²⁾ , Amund Måge ³⁾ , Wenche Aas ⁴⁾ , Torbjörn Gäfvert ⁵⁾ , Corinna Schrum ¹⁾ , Stepan Boitsov ²⁾ , Knut Breivik ⁴⁾ , Mikhail Iosjpe ⁵⁾ , Evgeniy Yakushev ¹⁾ , Morten Skogen ²⁾ , Tore Høgåsen ¹⁾ , Sabine Eckhardt ⁴⁾ , Anne Bjørkenes Christiansen ¹⁾ , Kjersti L. Daae ¹⁾ , Dominique Durand ¹⁾ , Elena Debloskaya ¹⁾		¹⁾ Norsk institutt for vannforskning (NIVA) ²⁾ Havforskningsinstituttet (IMR) ³⁾ Nasjonalt institutt for ernærings og sjømatforskning (NIFES) ⁴⁾ Norsk institutt for luftforskning (NILU) ⁵⁾ Statens strålevern (NRPA)	
Tittel Tilførselsprogrammet 2010. Overvåking av tilførsler og miljøtilstand i Nordsjøen.			
Sammendrag Det er utført nye beregninger av tilførsel av olje, miljøgifter og radioaktive stoffer til den norske delen av Nordsjøen (inkludert Skagerrak). Hovedinntrykket er at det her er relativt liten tilførsel av miljøfarlige stoffer. Tilførsel fra luft gir det største bidrag av PAH, kvikksølv og bly til mer sentral del av Nordsjøen. Skipstrafikk dominerer mht. tilførsel av olje og tributyltinn, mens det til Skagerrak er tilførsler fra land (elver) som gir størst bidrag av PAH, kvikksølv, bly og tributyltinn. Bidrag av radionukliden strontium-90 er størst fra Østersjøvannet via Kattegat, mens plutonium-239+240 kommer som atmosfærisk nedfall. Kjemikalier i sediment og torsk viste i hovedsak lave til moderate konsentrasjoner. Konsentrasjonen av radioaktive stoffer i vann, sediment og torsk var på samme nivåer som registrert på de øvrige overvåkingsstasjonene i Nordsjøen. Det er fortsatt store kunnskapsmangler og usikkerheter både i datagrunnlag og i estimatene av tilførsler. Det er spesielt viktig å få forbedrede tall for tilførsler til havområdene via luft og forbedring av de marine transport- og spredningsmodellene.			
4 emneord Miljøgifter Radioaktive stoffer Overvåking Nordsjøen		4 subject words Contaminants Radionuclides Monitoring North Sea	

Klima- og forurensningsdirektoratet

Postboks 8100 Dep,
0032 Oslo
Besøksadresse: Strømsveien 96

Telefon: 22 57 34 00
Telefaks: 22 67 67 06
E-post: postmottak@klif.no
www.klif.no

Om Statlig program for forurensningsovervåking

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. Klima- og forurensningsdirektoratet er ansvarlig for gjennomføringen av overvåkingsprogrammet.

SPFO-rapport 1097/2011
TA 2810/2011
