

1.2.1 FYSIKK (SIRKULASJON, VANNMASSER OG KLIMA)

Randi Ingvaldsen

randi.ingvaldsen@imr.no

Trender og varsel

2007 var et varmt år i Barentshavet. I begynnelsen av året var det varmere enn noen gang og dessuten lite is. Utover året falt imidlertid temperaturen noe, og sett under ett var 2007 litt kaldere og hadde litt mer is enn rekordåret 2006. Dette skyldes sannsynligvis at innstrømmingen av atlantehavsvann i 2007 var kraftig redusert i forhold til årene før. Årene etter 2000 er den varmeste sammenhengende perioden som er observert siden 1900.

Innstrømmingen av atlantehavsvann økte med 50 % i perioden fra 1997 frem mot sommeren 2006. Denne trenden ble brutt av den særdeles lave innstrømmingen høsten 2006 og våren 2007. I løpet av denne 10-årsperioden har imidlertid temperaturen i det innstrømmende vannet økt med mer enn 1,5 °C. Oppvarmingen, og ikke minst de rekordhøye temperaturene i 2006 og januar 2007 sammen med de store isfrie områdene om vinteren, var større enn ventet.

Temperaturen på atlantehavsvannet som strømmer inn i Barentshavet, er først og fremst bestemt av temperaturen i Norskehavet, og ofte kan temperatursvingninger som ses ved Stad, observeres i Barentshavet 2–3 år senere. Siden temperaturen i Norskehavet har økt siden 2005, og fordi innstrømmingen til Barentshavet ventes å øke igjen etter den svake innstrømmingen i 2007, er det ventet at temperaturen vil forbli like høy eller høyere i 2008.

Klimavariasjoner

Varmeinnhold og isforhold i Barentshavet er karakterisert av store variasjoner fra ett år til et annet. Disse er delvis et resultat av klimavariasjoner i havområdene rundt, spesielt i Nord-Atlanten og Norskehavet, fordi dette gir variasjoner i det vannet som strømmer inn i Barentshavet. Varmemengden og isdekket er imidlertid også et resultat av forhold i Barentshavet, som lokale vindforhold og strømmer, sky- og isdekke, og omrøring av vannmassene.

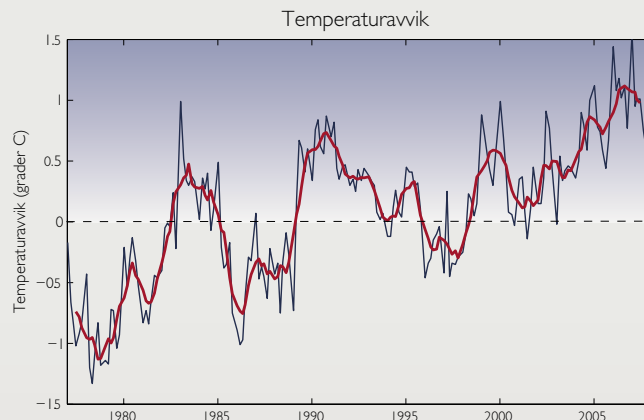
Den aller viktigste årsaken til klimavariasjonene i Barentshavet er endringer i temperaturen og mengden atlantehavsvann

som strømmer inn i havområdet. Sett i forhold til en middeltilstand svinger temperaturene mellom varme og kalde perioder. Mellom 1977 og 1997 var det tydelige avgrensede varme og kalde perioder som varte i 3–7 år. Etter dette har temperaturene holdt seg over langtidsnormalen, og spesielt i de siste seks årene har temperaturen økt mye (Figur 1.2.1.1). Generelt indikerer temperaturutviklingen en økning

siden 1977, men det er viktig å huske at denne måleserien startet på et tidspunkt hvor temperaturen var på et minimum på grunn av naturlig klimavariabilitet.

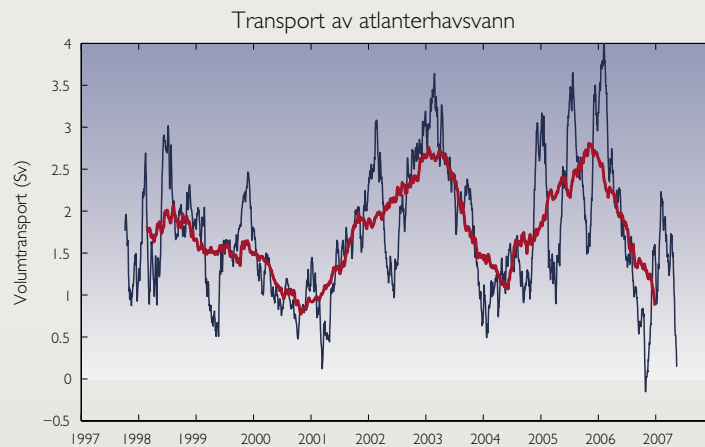
Mengden innstrømmende vann

Temperatur og mengde innstrømmende atlantehavsvann varierer ikke nødvendigvis i takt. Temperaturen er fortrinnsvis bestemt av variasjoner i Norskehavet,

**Figur 1.2.1.1**

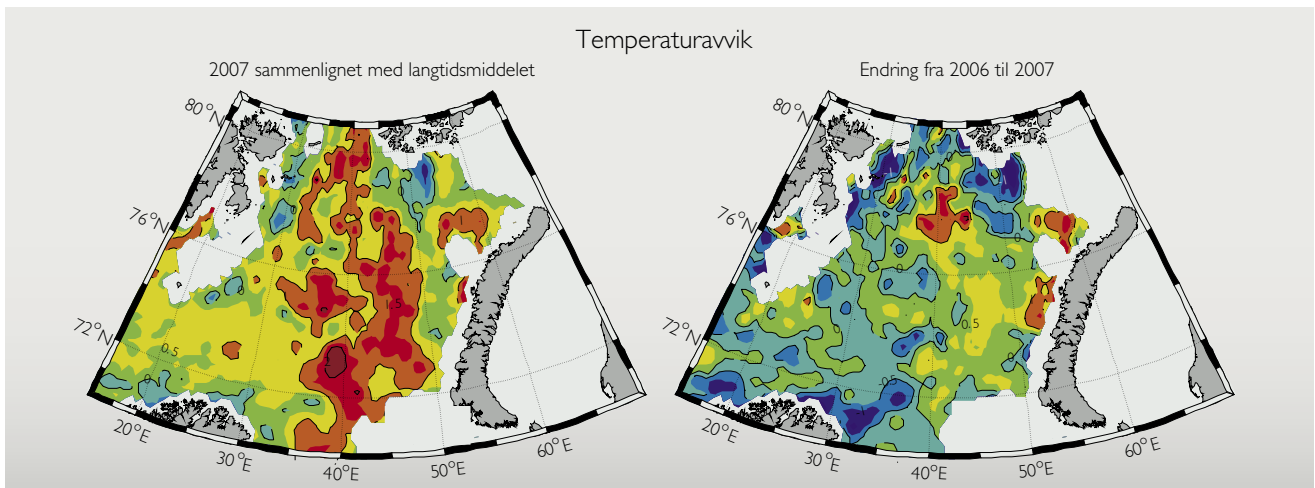
Temperaturavvik i kjernen av atlantehavsvannet som strømmer inn i Barentshavet mellom norskekysten og Bjørnøya (Fugløya–Bjørnøyasnittet). Verdiene er et gjennomsnitt av temperaturen mellom 50 og 200 m dyp og tilsvarer målte verdier (blå linje) og 1 års glidende middel (rød linje).

Temperature anomaly in the core of the Atlantic water flowing into the Barents Sea between Norway and Bear Island (the Fugløya–Bear Island transect). The series is mean temperature between 50 and 200 m. Observed values (blue line) and 1 year moving average are shown.

**Figur 1.2.1.2**

Transport av atlantehavsvann inn i Barentshavet målt i området mellom norskekysten og Bjørnøya (Fugløya–Bjørnøyasnittet). Transporten er gitt i Sverdrup (1 Sv = 1 million m³/s). 3 måneders (blå linje) og 1 års (rød linje) glidende middel er vist.

Observed volume flux of Atlantic water into the Barents Sea between Norway and Bear Island (the Fugløya–Bear Island transect). The volume flux is given in Sverdrup (1 Sv = 1 million m³/s). 3 months (blue line) and 1 year (red line) moving average are drawn.



Figur 1.2.1.3

Figuren til venstre viser temperaturavvik i 100 m dyp i august–september 2007 i forhold til gjennomsnittet for perioden (1970–2007), mens figuren til høyre viser endringen i temperatur fra 2006 til 2007.

The left panel shows temperature anomalies at 100 m depth in August–September 2007 compared to the long-term mean (1970–2007) while the right panel shows change in temperature from 2006 to 2007.

mens volumtransporten i stor grad avhenger av vindforholdene vest i Barentshavet. På grunn av vindens påvirkning er det store variasjoner i vanntransporten (Figur 1.2.1.2). Om vinteren vil de kraftige sørvestlige vindene ofte føre til sterk innstrømning. Om sommeren vil svakere østlige vinder gi mindre innstrømning. Om våren er det ofte en 2–4-ukersperiode med nordavind som resulterer i lav innstrømning, eller faktisk at vannet strømmer fra Barentshavet til Norskehavet. Tidspunktet for dette minimumet kan ha stor betydning for transporten av dyreplankton inn i Barentshavet. I gjennomsnitt transporteres det 1,7 Sv atlantterhavsvann inn i Barentshavet. 1 Sverdrup (Sv) tilsvarer transporten av vannet i alle verdens elver til sammen.

2006 var et ekstremår hvor mengden atlantterhavsvann som strømmet inn mellom Fugløya og Bjørnøya, både var på sitt høy-

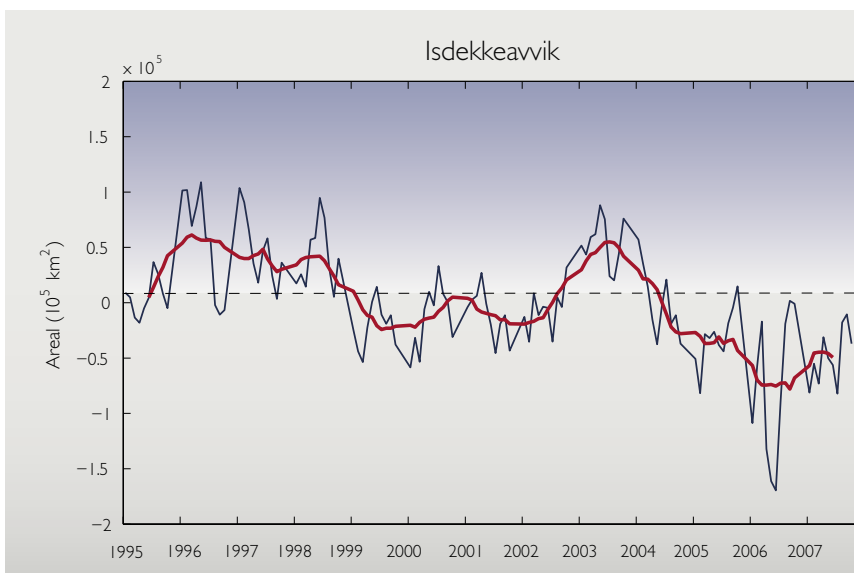
este (vinteren 2006) og sitt laveste (høsten 2006) siden måleserien startet i 1997. I løpet av vinteren 2007 økte innstrømningen til litt under gjennomsnittet, men hadde deretter et kraftig fall utover våren. Måleserien har foreløpig bare data tilgjengelig frem til begynnelsen av sommeren 2007, men det ser ut til at innstrømningen på grunn av vindforholdene var relativt svak også på sommeren og høsten. Siden innstrømningen i 2007 var svært lav i forhold til tidligere år, er det ventet at den vil øke noe i 2008.

Temperatur

Fugløya–Bjørnøyasnittet (Figur 6.3.1), som fanger opp alt atlantterhavsvann som går inn i Barentshavet i vest, hadde i januar 2007 en temperatur som var nesten 1,6 °C over langtidnormalen (Figur 1.2.1.1). Dette er det høyeste temperaturavviket som er målt siden tidsserien startet i 1977. Utover i 2007 holdt temperaturen seg høy,

men falt gradvis og var i oktober 0,6 °C over normalen. Nedgangen i løpet av året var såpass stor at selv om 2007 startet med en ny varmere rekord, blir året totalt sett litt kaldere enn rekordåret 2006.

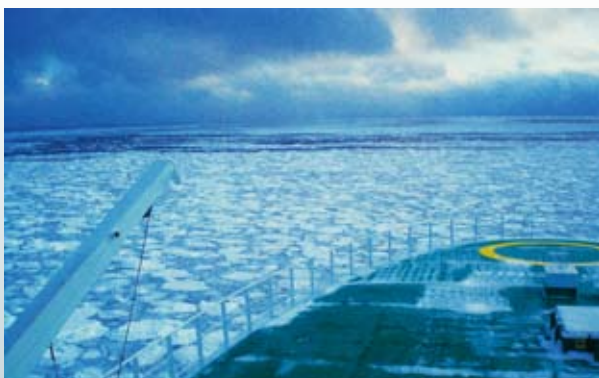
I målinger fra sensommeren 2007 viser avviket fra gjennomsnittlig temperatur på 100 m dyp at det stort sett var høye temperaturer i hele havområdet (Figur 1.2.1.3). Det var aller varmest i det sentrale Barentshavet med temperaturer 1–2 °C over gjennomsnittet. I sørvest var det omkring 0,5 °C varmere enn normalt, mens kyststrømmen som følger norskekysten inn i Barentshavet, lå omtrent på gjennomsnittet. Sammenlignet med rekordåret 2006 er det tydelig at den svake innstrømningen i 2007 førte til litt kaldere forhold i det sørvestlige Barentshavet, mens de høye temperaturene i starten av året gjorde de østlige områdene varmere. Dette gjaldt imidlertid bare atlantterhavsvannet. Både kyststrømmen og de arktiske vannmassene helt i nord var 0,5–1 °C kaldere i 2007 enn året før. Siden lufttemperaturen langs norskekysten i 2007 var mye lavere enn i 2006, opplevde kyststrømmen sterkere avkjøling. Årsaken til at de arktiske vannmassene i nord var



Figur 1.2.1.4

Avvik fra gjennomsnittlig isdekke i Barentshavet. Beregningen er foretatt for området 25–45°Ø, som har størst variasjon i isareal. Linjene viser månedsmiddel (blå linje) og 1 års glidende middel (rød linje) og er sett i forhold til middelet for perioden 1995–2007.

Ice area anomaly for the sector 25–45°E in the Barents Sea, which is the area with the highest variability in ice cover. Monthly mean (blue line) and 1 year moving average (red line) are shown relative to the mean ice area for the period 1995–2007.



“G.O. Sars” i pannekakeis vest av Bjørnøya i mars 2006.
RV G.O. Sars west of Bear Island in March 2006.

Satellittbilde som viser isen i det østlige Barentshavet i januar 1998. I nord og vest er det tett drivis (helt hvite felt) uten åpent vann. I midten av bildet er det drivis med lavere iskonsentrasjon og åpent vann mellom isflakene. Den åpne drivisen flytter seg raskt med vinden slik at det kan være store endringer i iskant og beregnet isutbredelse i løpet av få dager.

Satellite image showing the ice in the eastern Barents Sea in January 1998. In the middle of the picture, drift ice with open water in between is evident. This ice responds easily to wind, causing rapid and large changes in ice edge and ice concentration.



NASA Visible Earth (<http://visibleearth.nasa.gov/>)

kaldere enn året før kan skyldes at lavere iskonsentrasjon medførte større avkjøling av vannmassene vinteren 2007.

Is

Høy temperatur på innstrømmende atlantehavsvann fører vanligvis til store isfrie områder i Barentshavet, og i årene etter 2003 har isdekket minket kraftig (Figur 1.2.1.4). I 2006 var Barentshavet for første gang isfritt sør for 76°N gjennom hele vinteren. Vinteren 2007 lå iskanten omtrent like langt nord som vinteren før, men sett under ett var det noe mer is i 2007 enn i 2006, fordi iskanten lå ekstremt langt nord våren 2006.

Hva skjer når isen forsvinner?

I september 2007 ble det observert et minimum i isdekket i Arktis, og i Barentshavet har det aldri vært mindre is om vinteren enn de to siste årene. Dette kan ha stor betydning for klimaet og økosystemet i området.

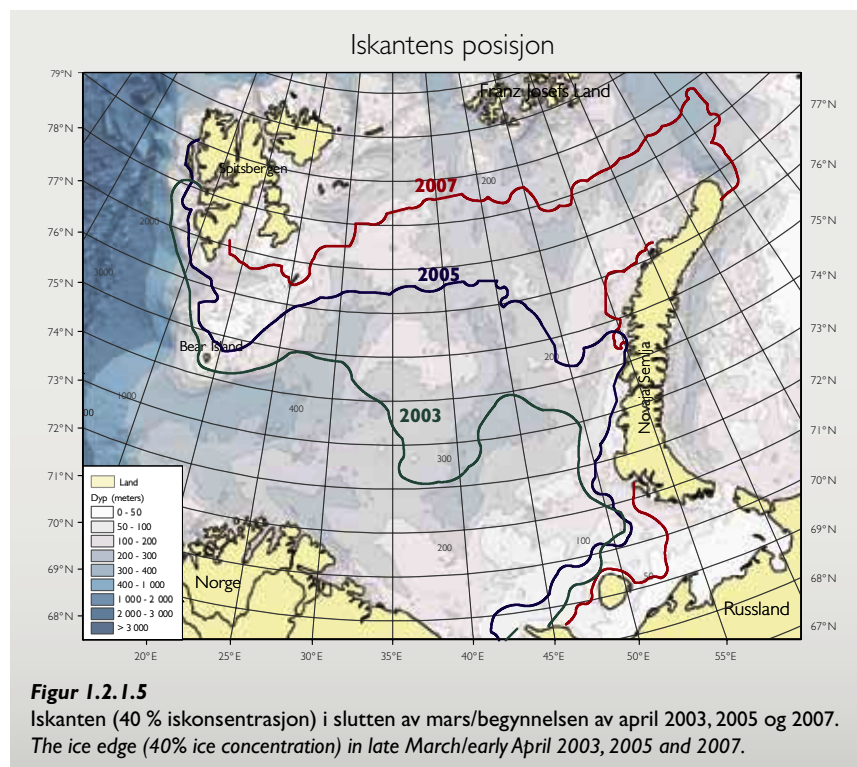
Overvåking av sjøis foretas nå vanligvis med satellitt, og målinger viser en tydelig nedgang i ismengden i Barentshavet etter 1979, spesielt i mars–april, som er tidspunktet på året med mest is. I slutten av 70-årene, da denne typen målinger startet, var det svært kaldt og dermed mye is, så en nedgang i isutbredelse etter det var ventet. Analyser Norsk Polarinstittutt har gjort av gamle iskart og russiske flymålinger, viser imidlertid at nedgangen har vart lenger enn det, og at iskanten senvinters har trukket seg nordøstover siden 1850. De største endringene har kommet de siste

årene. Bare siden 2003 har iskanten flyttet seg mellom 250 og 650 km nordover (Figur 1.2.1.5), og de to siste vintrene har faktisk størstedelen av Barentshavet vært isfritt også om vinteren. Nedgangen i havis er sannsynligvis en kombinasjon av naturlig klimavariabilitet og global oppvarming.

Viktig for klimaet og livet i havet

Fordi is på havoverflaten reflekterer mesteparten av strålingen fra atmosfæren, er

isdekket en særdeles viktig faktor for klimaet. Isen er også viktig fordi den begrenser varmetapet fra hav til luft om vinteren. Om sommeren blir det øvre vannlaget varmet av atmosfæren, om vinteren kjøles det ned. Fordi kaldt vann er tyngre enn varmt vann, synker det avkjølte vannet ned mot bunnen og blir erstattet av varmere vann som i sin tur avkjøles. For det relativt grunne Barentshavet betyr det at varmetapet i de isfrie områdene vil avkjøle vannet helt ned til bunnen om vinteren, mens oppvar-



mingen om sommeren vanligvis bare når ned til omkring 50 m dyp.

Smelting av is om våren har stor betydning for produksjonen av planteplankton fordi den danner et stabilt overflatelag som legger til rette for våroppblomstringen. Denne er helt nødvendig for at neste nivå på næringskjeden, dyreplanktonet, skal kunne ha sin våroppblomstring, som igjen er nødvendig for at fiskelarvene skal ha noe å beite på. Dessuten finnes det alger som lever i isen, fiskearter som er knyttet til isen hele eller deler av året (for eksempel polartorsk og lodde), og pattedyr som sel og isbjørn som er avhengig av isen. Sel beiter på fisk som ikke nødvendigvis er knyttet til isen, og lodde er svært viktig føde for torsken i Barentshavet. Dermed har isen betydning for livet også i de isfrie delene av havområdet.

Kan få store konsekvenser

Ifølge FNs klimapanelers rapport fra 2007 vil sommerisen i Arktis forsvinne innen utgangen av dette århundret fordi temperaturene øker. Dette fremheves som svært avgjørende, fordi det da vil bli en større oppvarming av Arktis om sommeren og temperaturøkningen vil forsterkes. For Barentshavet blir situasjonen annerledes,

fordi dette havområdet har en stor sesongmessig variasjon i isdekket. Om sommeren er det i utgangspunktet lite is. Økte lufttemperaturer vil riktignok gjøre det øvre vannlaget noe varmere, men effekten vil bli større om vinteren. Da vil deler av eller all vinterisen forsvinne, og varmetapet fra hav til luft vil øke betydelig i de områdene som før var dekket av is. Isreduksjonen vil altså ha motsatt effekt enn i Arktis.

Barentshavet vil likevel bli varmere, fordi atlantehavsvannet som strømmer inn i området blir varmere, og fordi lufttemperaturene øker. Oppvarmingen vil imidlertid bli noe dempet av redusert isdekke, i motsetning til i Arktis.

For livet i havet kan konsekvensene av et isfritt Barentshav bli store. Tidspunktet for våroppblomstringen i det nordlige Barentshavet kan endres, fordi det ikke er nok is til å danne det nødvendige stabile vannlaget. I dag er økosystemet balansert ved at produksjonen på ett nivå i næringskjeden kommer litt før produksjonen på neste nivå, slik at de ulike artene har noe å spise. En forskyvning i tidspunkt for når næringen blir tilgjengelig for de ulike nivåene i næringskjeden, kan få store konsekvenser for økosystemet.

En del arter i havet kan trolig tilpasse seg moderate klimaendringer, men det er mulig de trenger tid for å gjøre det. De vil kunne klare tilpasningen hvis klimaendringene ikke skjer for raskt. Noen arter kan derimot ikke tilpasse seg et isfritt hav og vil enten dø ut eller flytte seg til et annet område dersom det er muligheter for det. Isbjørnen er et velkjent eksempel på en slik art. Selv om en isreduksjon i Barentshavet vil få motsatt effekt på klimaet i forhold til i Arktis, vil altså effekten på økosystemet likevel kunne bli stor.

Oceanography

The temperatures in the Barents Sea were record high in January 2007 but the anomalies decreased throughout the year, and by autumn it was colder than the year before. Considering annual means, the temperature was a little lower and the ice cover a little higher than in 2006. The main reason is that the inflow of Atlantic water was strongly reduced compared to the previous years. The years after 2000 have been the warmest period observed after 1900.

1.2.2 FORURENSNING

Overvåking av marint miljø har de siste tiårene blant annet undersøkt organiske fremmedstoffer i fisk. Disse kan være produsert i store mengder og ender opp i det marine miljøet som følge av utslipp, allmenn bruk og diffuse tilførsler. Havforskningsinstituttet undersøker dessuten forurensning i vann og sedimenter. Her er et bilde på noen nivåer av organiske miljøgifter funnet i torsk fra flere norske havområder samt noen resultater av sedimentanalyser fra Barentshavet.

Jarle Klungsoyr

jarle.klungsoyr@imr.no

Stepan Boitsov

stepan.boitsov@imr.no

Et navn som ofte brukes på denne gruppen forurensninger, er persistente organiske miljøgifter. Typiske egenskaper ved disse stoffene er at de er lite nedbrytbare i naturen og forblir i miljøet i lang tid; de har lav vannløselighet og høy fettløselighet, og de tas opp og anrikes i marine næringskjeder. Stoffene er også giftige og kan dermed være skadelige for mennesker og dyr.

På oppdrag fra Statens forurensningstilsyn har NIVA laget et klassifiseringssystem for miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann med fem tilstandsklasser, fra I: ubetydelig–lite forurenset til V: meget sterkt forurenset. Hovedmålet er å identifisere forurensningsnivåer (klasse II og høyere) som kan gjøre det aktuelt å iverksette tiltak.

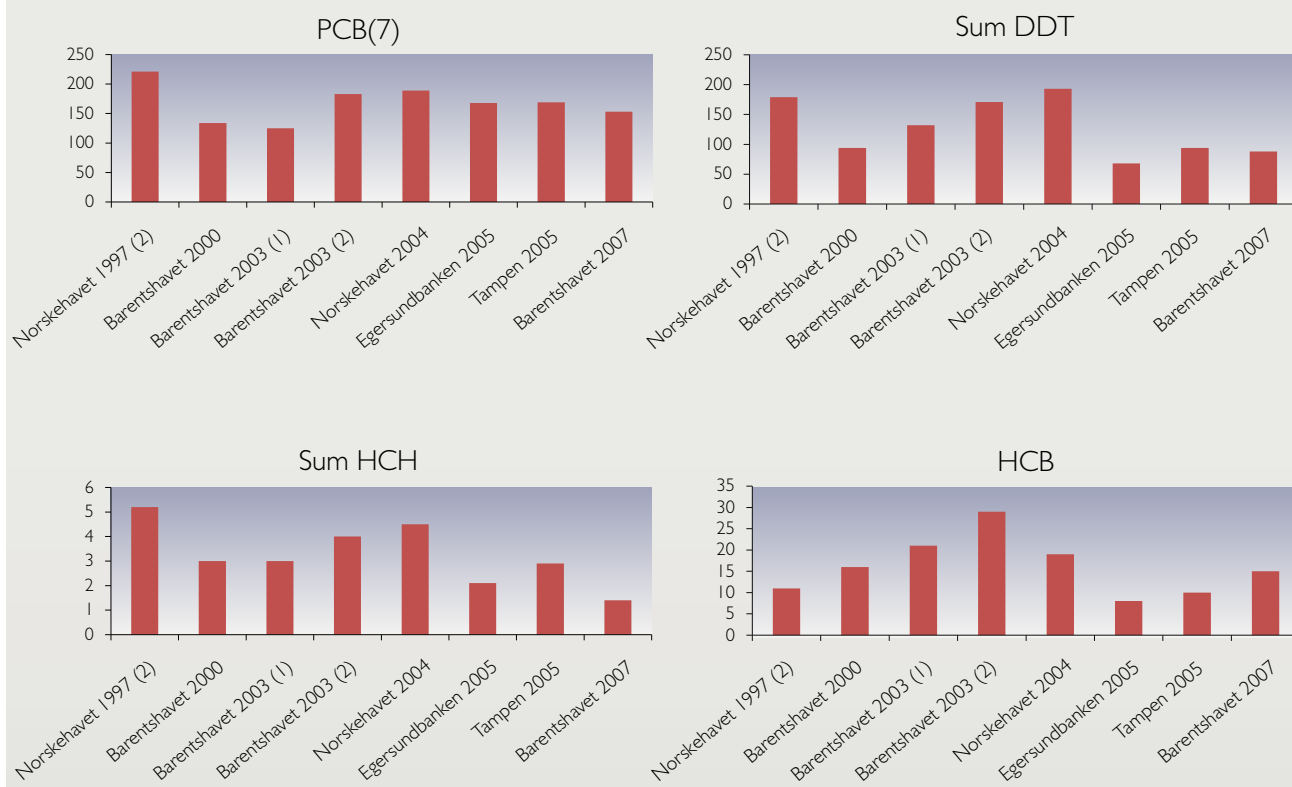
I 2007 analyserte Havforskningsinstituttet organiske miljøgifter i torsk fra Oslo-

fjorden. Gjennomsnittlig nivå av PCB7 i torskelever her var ca. 1300 µg/kg våtvekt, noe som tilsvarer tilstandsklasse II; moderat forurenset. Nivåene av HCB og sum HCH tilsvarte tilstandsklasse I; ubetydelig–lite forurenset. Til sammenlikning ligger nivåene av PCB7 i torskelever fra fisk fanget i åpent hav langt lavere. Torskelever fra to områder i Nordsjøen viste gjennomsnittlig PCB7 på 170 µg/kg i 2005, mens prøver fra Norskehavet innsamlet i 1997 og 2004, viste at PCB7 varierte fra 70 til 220 µg/kg. I prøver fra Barentshavet innsamlet i 2000, 2003 og 2007 lå nivåene av PCB7 mellom 120 og 180 µg/kg.

Figur 1.2.2.1 gir en oppsummering av innholdet av en del organiske miljøgifter i torskelever fra de ulike områdene. Gjennomsnittsverdiene er basert på analyser av 25 enkeltfisk fra hvert område. Alle verdiene som er oppgitt på torsk fra åpent hav, ligger i SFTs tilstandsklasse I; ubetydelig–lite forurenset.

Havforskningsinstituttet og Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning

Organiske miljøgifter i torskelever



Figur 1.2.2.1

PCB7, sum DDT, sum HCH og HCB i torskelever fra ulike havområder (µg/kg våtvekt). PCB7 er summen av PCB nr. 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180. DDT er summen av pp'-DDT og nedbrytningsproduktene pp'-DDD og pp'-DDE. Sum HCH oppgis som sum av alfa-, beta- og gamma-HCH.

PCB7, sum DDT, sum HCH og HCB in cod liver from different sea areas (µg/kg wet weight). PCB7 is the sum of PCB no. 28, 52, 101, 118, 138, 153 and 180. DDT is the sum of pp'-DDT and the degradation products pp'-DDD and pp'-DDE. HCH is the sum of alpha-, beta- og gamma-HCH.

samarbeider om regelmessig overvåking av fremmedstoffer i fisk og skalldyr. På www.nifes.no kan en hente ut data på ulike fiskearter fra ulike områder.

Forurensning i sedimenter

I regi av MAREANO (Kapittel 4.4), som i perioden 2007–2010 kartlegger havbunnen i det sørlige Barentshavet og Lofoten-området, ble det gjennomført et tokt på Tromsøflaket i mai–juni 2006. Her ble det blant annet tatt prøver av korte sedimentkjerner for å få informasjon om den historiske utviklingen av forurensningsbelastningen i sedimentasjonsbasseng. Fra prøvene ble konsentrasjonene til 20 enkelte polyaromatiske hydrokarboner (PAH) og åtte grupper alkylerte PAH analysert og konsentrasjonsprofilene for hver kerne bestemt. I tillegg ble det blant annet målt totalt hydrokarboninnhold (THC).

Resultatene viser generelt lave nivåer av PAH og THC i overflatesedimenter overalt i det studerte området, med noe økning i eldre sedimenter fra enkelte steder. Endelige konklusjoner om de observerte nivåene er ikke ferdig før konsentrasjonsprofilene for de studerte kjerner er tolket i detalj og sett i sammenheng med data på kornstørrelse, TOC (Total Organic Carbon) og radiodatering. Resultatene vil bli publisert i 2008 i samarbeid med Norges geologiske undersøkelse.

Contaminants

IMR routinely carries out monitoring of contaminants in the marine environment. This includes sampling of sea water, sediments and marine biota along the coast and in open parts of the Barents Sea, Norwegian Sea and North Sea. The analyses include different hydrocarbons, persistent organic contaminants (POPs) and radionuclides. The coastal zone receives higher inputs of contaminants resulting in slightly higher concentrations also in marine biota living in fjords and coastal areas. In this year's report, we present some examples of levels of selected POPs (PCB, DDT, HCH, HCB) in cod liver supporting the general picture: low levels in the open sea and slightly elevated levels in cod from the coast (Oslo Fjord).