

## 1.2

## Abiotiske faktorer

## 1.2.1 FYSIKK (SIRKULASJON, VANNMASSER OG KLIMA)

Randi Ingvaldsen  
randi.ingvaldsen@imr.no

**Trender**

2008 var et varmt år i Barentshavet, men sett under ett var det noe kaldere enn året før (figur 1.2.1.1). I begynnelsen av året var det varmere enn noensinne siden målingene startet i 1977, men utover året falt temperaturen sett i forhold til langtidsmiddelet. Når 2008 ble litt kaldere enn 2007 skyldes dette sannsynligvis at innstrømmingen av atlantehavsvann var kraftig redusert i forhold til årene før. Generelt indikerer temperaturutviklingen en økning siden 1977, men det er viktig å huske på at denne måleserien startet på et tidspunkt da temperaturene var på et minimum på grunn av naturlig klimavariabilitet.

**Klimavariasjoner**

Varmeinnhold og isforhold i Barentshavet er karakterisert av store variasjoner fra ett år til et annet. Disse variasjonene er delvis et resultat av klimavariasjoner i havområdene rundt, spesielt i Nord-Atlanteren og Norskehavet. Vannet herfra strømmer i neste omgang inn i Barentshavet. Fordi temperaturen på det innstrømmende vannet først og fremst er bestemt av temperaturen i Norskehavet, kan ofte temperatursvingninger som ses ved Stad, observeres i Barentshavet 2–3 år senere. Varmemengden og isdekket er imidlertid også et resultat av lokale forhold i Barentshavet; som varmetapet til luften om vinteren og omrøring av vannmassene.

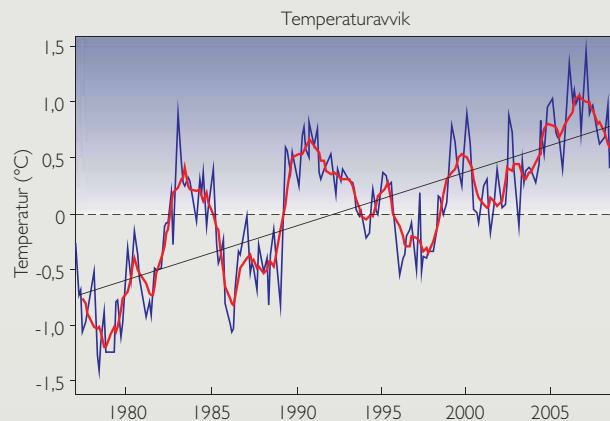
Sett i forhold til en middeltilstand svinger temperaturene mellom varme og kalde perioder. Mellom 1977 og 1997 var det tydelig avgrensede varme og kalde perioder som varte i 3–7 år. Etter dette har temperaturene holdt seg over langtidsnormalen, og spesielt i perioden 2001–2006 økte temperaturen mye (figur 1.2.1.1). 2006 var et ekstremår i Barentshavet, med rekordhøye temperaturer både sommer og vinter.

Mengden is om vinteren varierer mye i takt med variasjonene i temperatur på det innstrømmende vannet, men ofte med en forsinkelse på 1–2 år. Mengden is om sommeren er derimot avhengig bare av de meteorologiske forhold, og da spesielt av den økte solinnstrålingen.

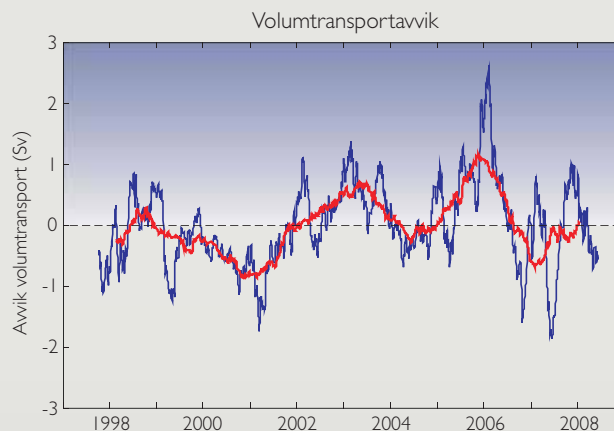
**Mengden innstrømmende vann**

Temperatur og mengde innstrømmende atlantehavsvann varierer ikke nødvendigvis i takt. Temperaturen er fortrinnsvis bestemt av variasjoner i Norskehavet, mens volumtransporten i stor grad avhenger av vindforholdene vest i Barentshavet. På grunn av vindens påvirkning er det store variasjoner i vanntransporten

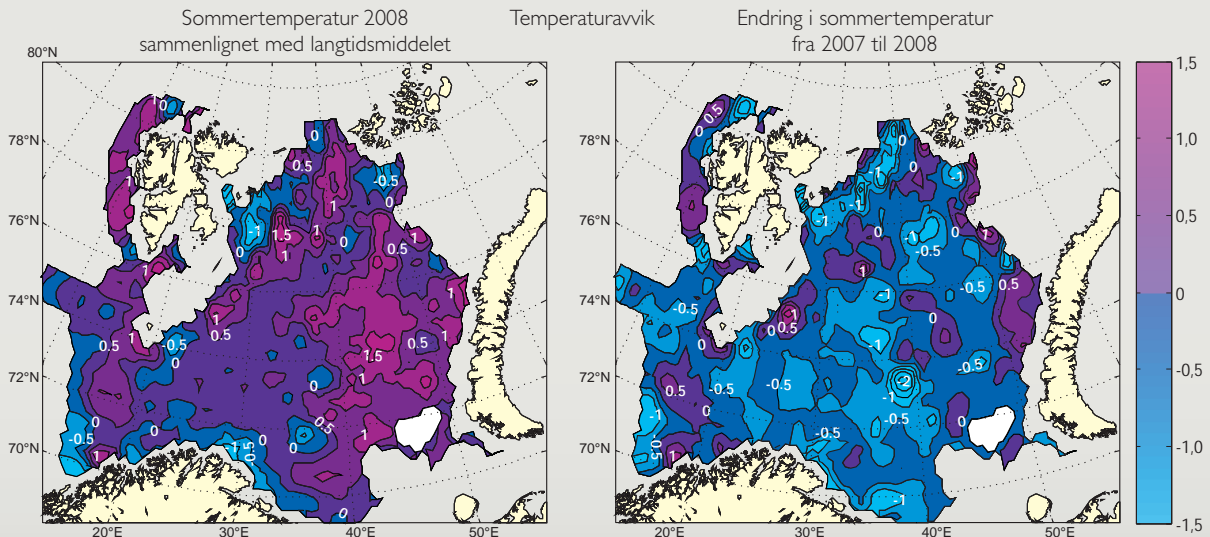
(figur 1.2.1.2). Om vinteren vil de kraftige, sørvestlige vindene ofte føre til sterk innstrømming. Om sommeren vil svakere østlige vinder gi mindre innstrømming. Om våren er det ofte en 2–4-ukersperiode med nordavind. Det gir lav innstrømming, eller vann som faktisk strømmer fra Barentshavet til Norskehavet. Tidspunktet for dette minimumet kan ha stor

**Figur 1.2.1.1**

Temperaturavvik i kjernen av atlantehavsvannet som strømmer inn i Barentshavet mellom norskekysten og Bjørnøya (Fugløya–Bjørnøya-snittet). Verdiene er avvik fra langtidsmiddelet mellom 50 og 200 m dyp og tilsvarer målte verdier (blå linje) og 1 års glidende middel (rød linje). Den heltrukne linjen viser en lineær trend over perioden. *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 are deviations from the long-term mean temperature between 50 and 200 m. Observed values (blue line) and 1 year moving average (red line) are shown. The straight line represents a linear trend over the period.*

**Figur 1.2.1.2**

Avvik i transporten av atlantehavsvann inn i Barentshavet målt i området mellom norskekysten og Bjørnøya (Fugløya–Bjørnøya-snittet). Transporten er gitt i Sverdrup (1 Sv = 1 million m<sup>3</sup>/s). 3 måneders (blå linje) og 1 års (rød linje) glidende middel er vist. *Observed volume flux anomaly 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 m<sup>3</sup>/s). 3 months (blue line) and 1 year (red line) moving average is drawn.*



**Figur 1.2.1.3**

Figuren til venstre viser temperaturavvik i 100 m dyp i august–september 2008 i forhold til langtidsmiddelet, mens figuren til høyre viser endringen i temperatur fra 2007 til 2008.

The left panel shows temperature anomalies at 100 m depth in August–September 2008 compared to the long-term mean, while the right panel shows change in temperature from 2007 to 2008.

betydning for transporten av dyreplankton inn i Barentshavet. I gjennomsnitt transporteres det nesten 2 Sverdrup (Sv) atlantehavsvann inn i Barentshavet. 1 Sv tilsvarer transporten av vannet i alle verdens elver til sammen.

Vanntransporten varierer også i perioder på flere år, og den var betydelig lavere i årene frem mot 2002 enn i årene 2003–2006. 2006 var et ekstremår hvor mengden atlantehavsvann som strømmet inn var på sitt høyeste (vinteren 2006) men også svært lav (høsten 2006). Etter dette

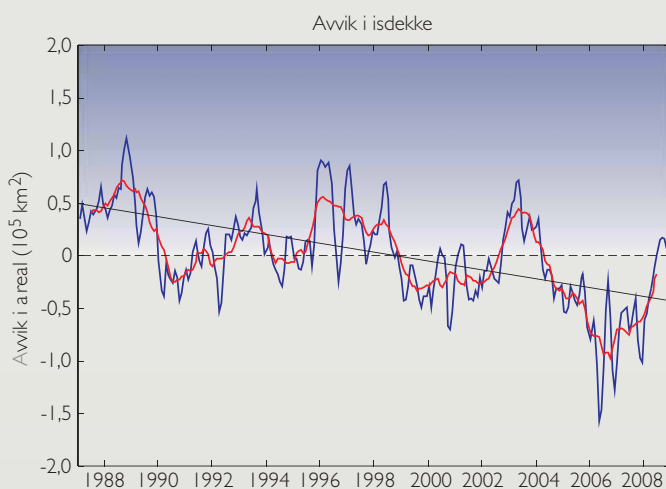
har innstrømningen vært forholdsvis lav, spesielt om våren og sommeren. Innstrømningen i 2008 var mye den samme som i 2007; moderat om vinteren og deretter med et kraftig fall utover våren. Tidlig på sommeren 2008 var vanntransporten omtrent som gjennomsnittet. Måleserien har foreløpig bare data tilgjengelig frem til sommeren, så det er ikke kjent hvordan innstrømningen har vært høsten 2008.

#### Temperatur

Fugløya–Bjørnøya-snittet (figur 6.3.1), som fanger opp alt atlantehavsvann som

går inn i Barentshavet i vest, hadde vinteren 2008 temperaturer som var 0,8–1 °C over langtidsmiddelet (figur 1.2.1.1). Noe lenger øst i havet, på Vardø–Nord-snittet, var det på samme tid 1,5 °C varmere enn normalt, og dette er det høyeste temperaturavviket som er målt siden tidsserien startet i 1977. De høye temperaturene sent på vinteren skyldes at atlantehavsvannet som strømmet inn i området var varmere enn vanlig kombinert med betydelig mindre luftavkjøling enn normalt. Vanligvis stiger temperaturen utover våren, men på grunn av en streng kuldeperiode i april og lav innstrømning økte temperaturen mye mindre enn vanlig, spesielt i de vestlige deler av Barentshavet. I august var snittene bare omkring 0,5 °C over langtidsmiddelet, og nedgangen i løpet av året var såpass stor at selv om 2008 startet med en ny varmerekord, blir året totalt sett litt kaldere enn de to siste årene.

Målinger fra sensommeren 2008 viser at temperaturen på 100 m dyp stort sett var over langtidsmiddelet i hele havområdet (figur 1.2.1.3). I sørvest var det omkring 0,5 °C varmere enn normalt, mens kyststrømmen som følger norskekysten inn i Barentshavet var 0,5–1 °C kaldere enn langtidsmiddelet. Det var varmest i det østlige Barentshavet med temperaturer 1–1,5 °C over langtidsmiddelet. Sammenlignet med 2007 er det tydelig at den svake innstrømningen i 2008 førte til kaldere forhold i mesteparten av Barentshavet, også i kyststrømmen. Unntaket var i nordøst hvor temperaturene var 0,5 °C over langtidsmiddelet.



**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 1987–2007. Den heltrukne linjen viser en lineær trend over perioden.

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 1987–2007. The straight line represents a linear trend over the period.

## Is

Høy temperatur på innstrømmende atlantehavsvann fører vanligvis til store, isfrie områder i Barentshavet, og i perioden 2003–2006 minket isdekket kraftig (figur 1.2.1.4). I 2006 var Barentshavet for første gang isfritt sør for 76°N gjennom hele vinteren. Vinteren 2008 var det omtrent like mye is som året før, men figuren antyder en betydelig økning i forhold til gjennomsnittet om våren og sommeren 2008. Dette skyldes hovedsakelig forflytning av is og ikke en økning av total mengde is. Isen flytter seg lett med vinden, og på grunn av mye nordavind om sommeren og høsten ble det flyttet mye is mot området øst av Svalbard. Lenger øst i Barentshavet, og også dersom man ser hele Arktis under ett, var det mindre is enn vanlig, men noe mer enn i 2007.

## Bunnvannsdannelse

Atlantehavsstrømmen bringer varmt og salt vann nordover mot Arktis. I polare strøk avkjøles vannet og saltinnholdet endres. Vannet strømmer så sørover igjen som kaldt vann på større dyp. Dette er en del av den nødvendige globale varme-transporten. Jordkloden mottar mest varme fra solen ved ekvator, og denne varmen må fordeles ut på jorden. Det varme vannet blir gradvis avkjølt og oppblandet på vei nordover. Noen områder i Arktis endrer vannets temperatur og saltinnhold mer effektivt enn andre. Barentshavet er ett av disse områdene. Noe av vannet som omdannes der kan synke ned til store dyp og bidra til den storskala sirkulasjonen i Atlanterhavet (figur 1.2.1.5).

## Avkjøling

Kaldt vann er tyngre enn varmt vann, og salt vann er tyngre enn ferskt vann. Kaldt, salt vann er derfor aller tyngst, og det er vann med disse egenskapene som synker helt ned til bunnen og transporterer vannet sørover igjen. Slike strømmer som oppstår fordi vannets temperatur og/eller saltmengde endres, kalles for øvrig termohalin sirkulasjon.

Om vinteren blir sjøvannet i polare områder avkjølt fordi temperaturen i luften er svært lav. Dersom vannet i utgangspunktet er ganske salt, slik en del av atlantehavsvannet er, vil avkjøling alene være nok til at det skal bli tungt nok til å synke ned til bunnen. Denne prosessen foregår i Barentshavet, men det er usikkert om vannet som produseres er tungt nok til å nå ned til store dyp når det strømmer ut av det grunne Barentshavet og ned i det mye dypere Polhavet.

## Isfrysing

I noen områder er avkjølingen så sterk at sjøvannet blir kaldt nok til å fryse til is. Når vann fryser faller mesteparten av saltet ut, slik at saltmengden i sjøvannet under isen øker. Vannet vil da holde en temperatur på omkring  $-1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ , som er frysepunktet for vann med denne saltmengden. Ofte dannes dette svært tunge vannet i såkalte polynyaer. En polynya er et område av åpent vann som er omgitt av is og som ville vært dekket av is om det ikke var for spesielle forhold. Den vanligste årsaken er at vind eller tidevannsstrømmer hele tiden flytter den isen som dannes bort fra en kyst.

Vanlig sjøis blir ikke mer enn 1–1,5 meter tykk fordi isen da isolerer mot videre varmetap. I polynyaer flyttes isen som fryser hele tiden bort slik at vannet holdes åpent og det kan fryse ny is. I disse områdene kan det derfor fryse is som tilsvarer en tykkelse på 3–4 meter i løpet av en vinter. Noen beregninger antyder at en polynya som var vanlig vest av Novaja Semlja i det østlige Barentshavet, kunne fryse opptil 10 meter is i ekstremt kalde vintre. I de siste vintrene har dette området vært helt isfritt, men avkjøling og isfrysing over de grunne områdene har likevel funnet sted.

Det er stor usikkerhet om hva som skjer med bunnvanndannelse når havet blir varmere og isdekket minker. I forbindelse med Polaråret 2007–2008 er Havforskningsinstituttet med i et prosjekt som skal undersøke bunnvannsdannelsen i Arktis og Antarktis. Dette vil gi oss noen flere svar på denne enormt viktige prosessen og hvordan den påvirker den storskala termohaline sirkulasjonen i Atlanterhavet.

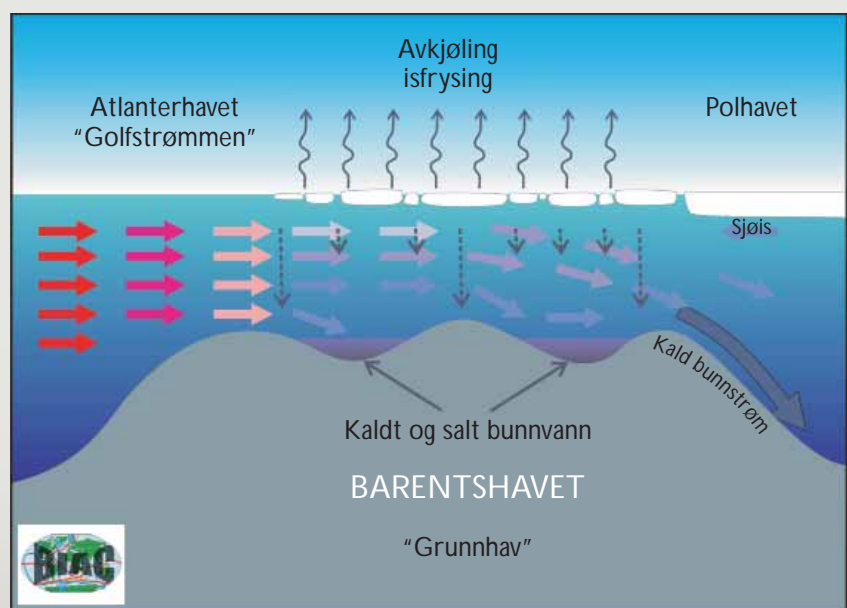
## Oceanography

The temperatures in the Barents Sea were record high in February 2008, 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 2007. The main reason is that the inflow of Atlantic water was strongly reduced compared to the previous years.

Figur 1.2.1.5

Bunnvannsdannelse i Barentshavet. På grunn av avkjøling og isfrysing omformes det varme atlantehavsvannet til tungt bunnvann som strømmer ned i store dyp i Polhavet før det fortsetter sørover i Nord-Atlanteren.

*Bottom water formation in the Barents Sea. Cooling and brine-release during freezing transform the warm Atlantic Water to cold bottom water flowing into large depths in the Arctic Ocean contributing to the large-scale circulation in the North-Atlantic.*



Figur: Svein Østerhus

## 1.2.2 FORURENSNING

Havforskningsinstituttet har gjennom mange år overvåket forurensning i Barentshavet. Radioaktiv forurensning overvåkes i sedimenter, vann og fisk. Organiske miljøgifter overvåkes i utvalgte fiskearter. Hydrokarboner og metaller overvåkes i sedimenter. Målingene viser at nivåene av forurensning i Barentshavet er generelt lave.

Jarle Klungsoyr  
jarle.klungsoyr@imr.no

Hilde Elise Heldal  
hilde.heldal@imr.no

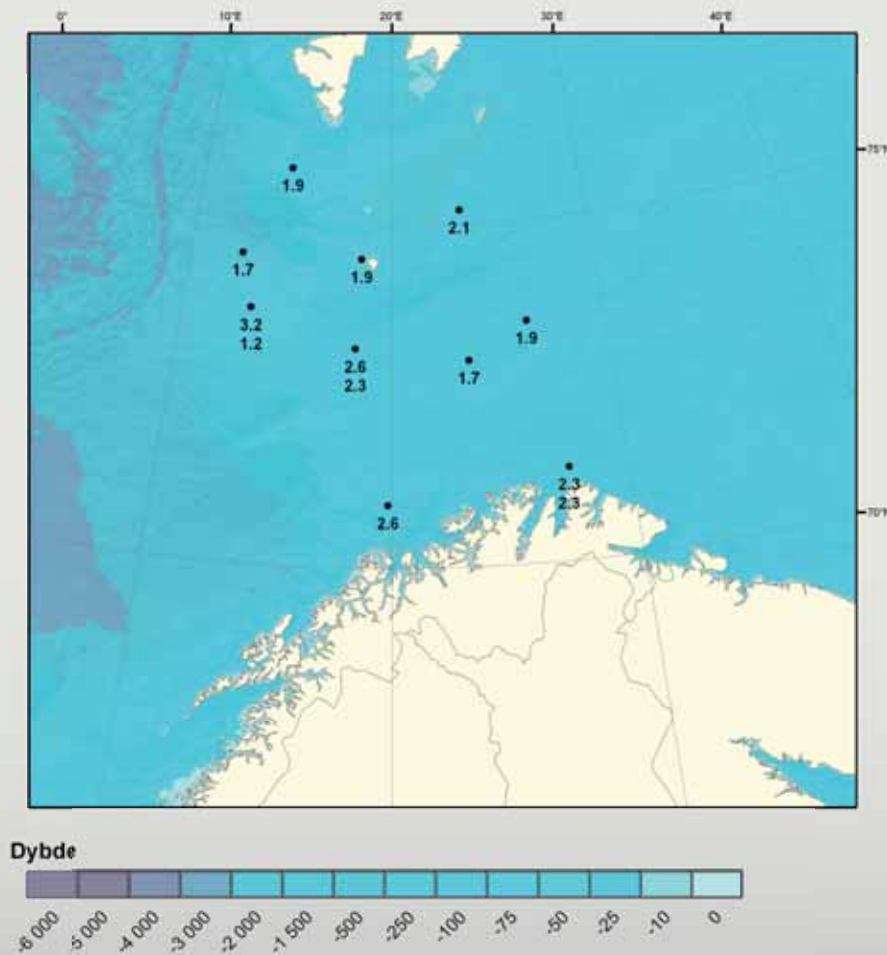
### Radioaktiv forurensning

Barentshavet har gjennom mange år blitt tilført radioaktiv forurensning. De viktigste kildene er nedfall fra kjernefysiske prøvesprengninger på 1950- og 1960-tallet, utslipp fra europeiske gjenvinningsanlegg for brukt kjernefysisk brensel (Sellafield og La Hague) og Tsjernobylulykken. Radioaktivt avfall som er dumpet i Barents- og Karahavet, og vraket av den russiske atomubåten K-159, som ligger utenfor Kolakysten, utgjør også potensielle kilder for radioaktiv forurensning. Blant de viktigste menneskeskapt radioaktive stoffene er cesium-137 (Cs-137) og technetium-99 (Tc-99).

I 1999 startet et nasjonalt overvåkingsprogram for radioaktiv forurensning i det marine miljø, der Havforskningsinstituttet er en vesentlig bidragsyter. Programmet koordineres av Statens strålevern.

På økosystemtoktet i Barentshavet i 2008 ble det samlet inn prøver av en rekke marine organismer. Konsentrasjonene av cesium-137 i torsk, lodde, blåkveite, flekksteinbit, gapeflyndre, kolmule, snabeluer og nordlig knurrulke var på rundt 0,1 Becquerel (Bq)/kg fersk vekt. Uer, hyse, gråsteinbit, reker, sjøanemone, sjøstjerne, viftesvamp og sjøpølse inneholdt ikke målbare verdier (under måleinstrumentenes deteksjonsgrense). Konsentrasjonene av Cs-137 i marine organismer i Barentshavet er noenlunde lik det som er målt tidligere år. Verdiene er svært lave. Konsentrasjonene av Cs-137 i marine organismer i Nordsjøen er til sammenligning litt høyere (se kapittel 3.2.2 om forurensning i Nordsjøen). EUs grenseverdi for eksport og import av sjømat er i dag på 600 Bq/kg fersk vekt.

Konsentrasjonene av Cs-137 i overflatevann i det vestlige Barentshavet har vært ganske stabile og ligget på rundt 2–3 mBq/L de siste ti årene. Figur 1.2.2.1 viser konsentrasjoner funnet i 2007. Prøver samlet inn i 2008 blir analysert i første halvdel av 2009.



Figur 1.2.2.1

Konsentrasjoner av cesium-137 (Cs-137) (mBq/L) i sjøvann i Barentshavet i 2007. På tre stasjoner er det tatt prøver av overflatevann og bunnvann. På disse stasjonene representerer den øverste og nederste verdien konsentrasjonen i henholdsvis overflatevann og bunnvann.

Concentrations of caesium-137 (Cs-137) (mBq/L) in sea water in the Barents Sea in 2007. Samples of both surface and bottom water were taken at three stations. At these stations, the upper and lower value represent the concentration in surface and bottom water, respectively.

Når det gjelder Tc-99 venter vi en reduksjon i konsentrasjonene av denne radionuklidene i alle norske havområder etter at Sellafield reduserte utslippene i 2003 og 2004. I 2006 lå konsentrasjonene av Tc-99 i overflatevann i det vestlige Barentshavet på 0,1–0,2 mBq/L (se figur i kapittel 2.2.2 om forurensning i Norskehavet). Disse konsentrasjonene er lavere enn de vi fant sent på 1990-tallet og tidlig på 2000-tallet. Prøver samlet inn i 2007 og 2008 blir analysert i første halvdel av 2009, og vil gi svar på om konsentrasjonene har gått ytterligere ned.

Figur 1.2.2.2 viser resultater fra målinger av Cs-137 i sedimenter i Barentshavet og fjorder i Troms og Finnmark i 2007. Konsentrasjonene varierer fra under deteksjonsgrensen til 14,0 Bq/kg tørrvekt, og er generelt høyest i fjordene. Dette skyldes sannsynligvis avrenning fra land. To prøver tatt i det åpne havområdet skiller seg litt ut med verdier på 11,2 og 12,4 Bq/kg tørrvekt. Det er vanskelig å peke på årsaken til at disse konsentrasjonene er ti ganger høyere enn mange av de andre prøvene fra samme område. Informasjon om kornstørrelsesfordeling i prøvene kan

gi mer informasjon om dette. Enkelte leirmineraler er kjent for å ta opp cesium, og et høyt innhold av leire i prøven kan derfor gi høyere konsentrasjoner av Cs-137.

#### Organiske miljøgifter

Organiske miljøgifter utgjør en sammensatt gruppe forurensning med global spredning. Typisk for stoffene er at de er lite nedbrytbare i naturen. De har som oftest lav vannløselighet og høy fettløselighet med en egen evne til å anrikes i marine næringskjeder. Flere av stoffene er giftige og kan være skadelige for mennesker og dyr.

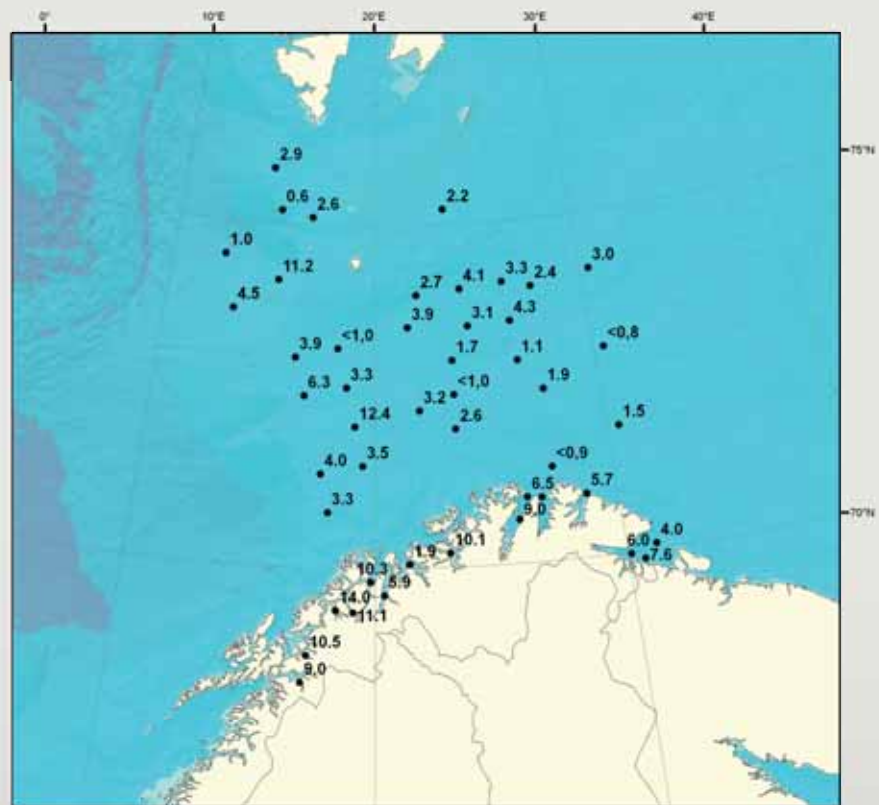
Havforskningsinstituttet samlet i 2007 inn prøver av torsk, sei, hyse, uer, blåkveite, gapeflyndre og kolmule fra Barentshavet og analyserte innholdet av polyklorerte bifenylter (PCB) og klorerte plantevernmidler i lever fra fisken. I tillegg ble hel lodde og øyepål analysert for de samme stoffene.

De høyeste konsentrasjonene (ng/g våtvekt) av sum PCB7 ("Seven Dutch"), sum DDT, HCB og sum HCH ble funnet i torskeliver med gjennomsnittsverdier på

henholdsvis 153 µg/kg, 88 µg/kg, 15 µg/kg, og 1 µg/kg. Statens forurensningstilsyn (SFT) har fått laget et klassifiserings-system med fem tilstandsklasser som også omfatter verdier i torskeliver. Klassene går fra klasse I: ubetydelig/lite forurenset til klasse V: sterkt forurenset. All fisken som ble målt i Barentshavet ble funnet å ligge i klasse I.

#### Contaminants

IMR routinely carries out monitoring of contaminants in the Barents Sea. This includes sampling of sea water, sediments and marine biota. The analyses include different hydrocarbons, persistent organic contaminants (POPs) and radionuclides. In this year's report we present some examples of levels of radionuclides in seawater, sediments and marine biota, and selected POPs (PCB, DDT, HCH, HCB) in cod liver. Our examples illustrate that the contamination levels are generally low in the Barents Sea.



**Figur 1.2.2.2**  
Konsentrasjoner av cesium-137 (Cs-137) (Bq/kg) i sedimenter i Barentshavet i 2007.  
Concentrations of caesium-137 (Cs-137) (Bq/kg) in sediments in the Barents Sea in 2007.