

1.2.1 FYSIKK (SIRKULASJON, VANNMASSER OG KLIMA)

Randi Ingvaldsen

randi.ingvaldsen@imr.no

Harald Loeng

harald.loeng@imr.no

Bjørn Ådlandsvik

bjoern.aadlandsvik@imr.no

Trender og varsel

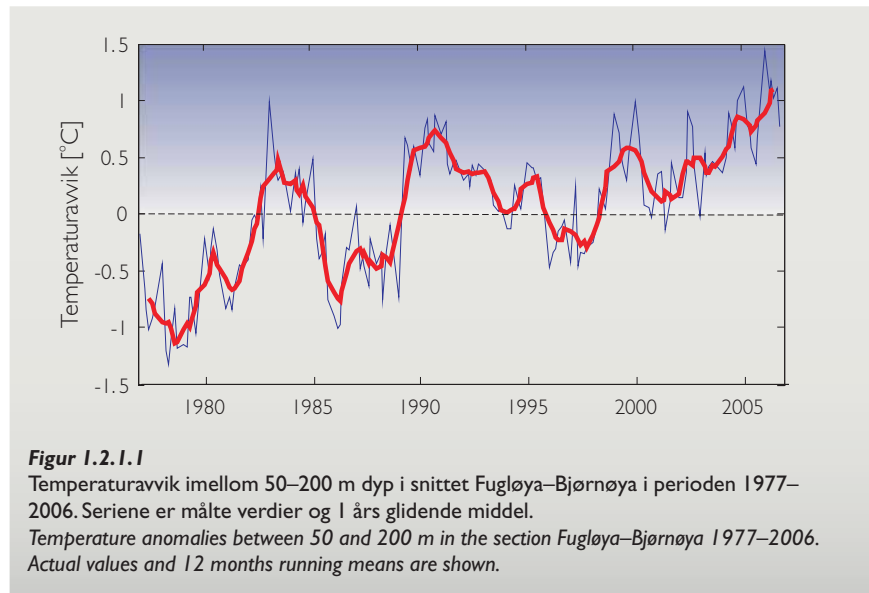
2006 var et svært varmt år i Barentshavet, med flere varmerekorder. Innstrømningen av atlantehavsvann var både varmere og sterkere enn noen gang tidligere, og det har aldri vært observert mindre is enn vinteren 2006. Årene etter 2000 er den varmeste sammenhengende perioden som er observert siden 1900.

Ifølge Havforskningsinstituttets beregninger økte innstrømningen av atlantehavsvann gjennom Fugløya–Bjørnøya-snittet med 50 % i perioden 1997–2006 (Figur 1.2.1.2). I samme periode økte temperaturen i det innstrømmende vannet med over 1 °C, og det varme vannet spredte seg gradvis østover. 1996 var et spesielt år med mye nordavind om vinteren som førte til liten innstrømning og lave temperaturer. Derfor venter vi at Barentshavet blir varmere etter et slikt år. De observerte trendene som har funnet sted etter 1997, og ikke minst de rekordhøye temperaturene i januar 2006, gir imidlertid en større oppvarming 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 avtok i perioden 2002–2005, og med tanke på temperaturutviklingen i Barentshavet i 2006, er det ventet at temperaturen vil forbli over gjennomsnitt, men synke noe i løpet av 2007. Det er imidlertid mulig at temperaturnedgangen vil motvirkes av den høye volumtransporten inn i Barentshavet.

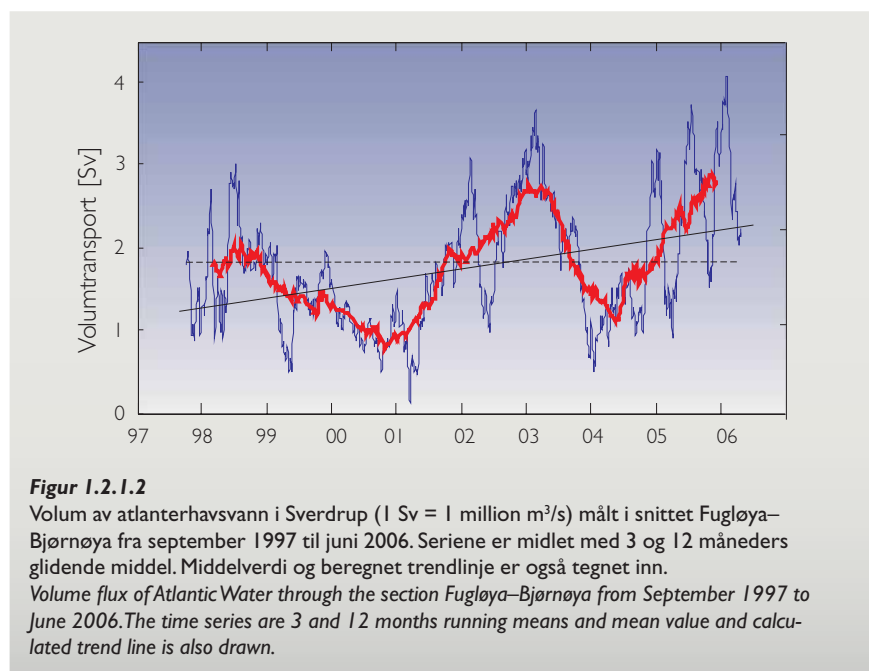
Klimavariasjoner

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,

**Figur 1.2.1.1**

Temperaturavvik imellom 50–200 m dyp i snittet Fugløya–Bjørnøya i perioden 1977–2006. Seriene er målte verdier og 12 års glidende middel.

Temperature anomalies between 50 and 200 m in the section Fugløya–Bjørnøya 1977–2006. Actual values and 12 months running means are shown.

**Figur 1.2.1.2**

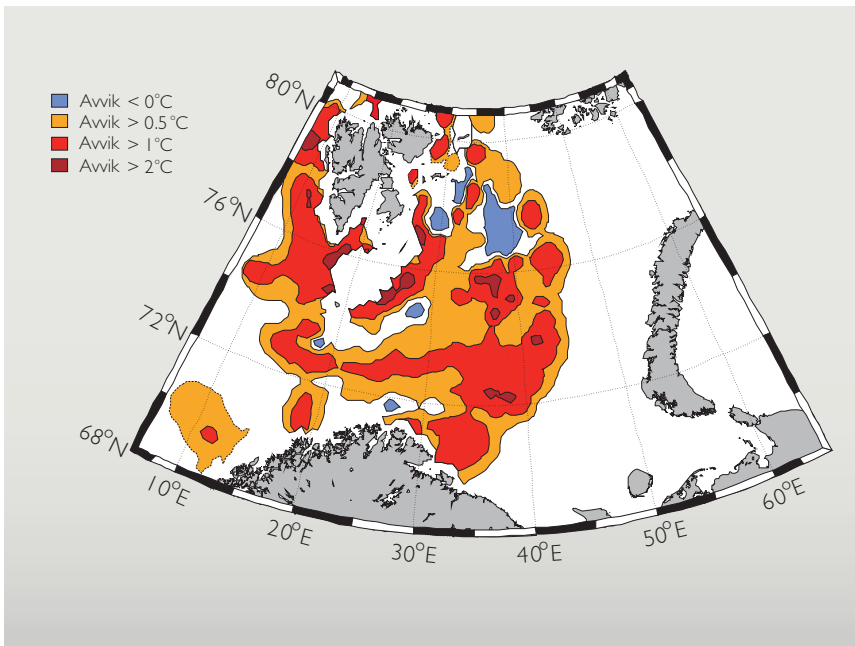
Volum av atlantehavsvann i Sverdrup (1 Sv = 1 million m³/s) målt i snittet Fugløya–Bjørnøya fra september 1997 til juni 2006. Seriene er midlet med 3 og 12 måneders glidende middel. Middelverdi og beregnet trendlinje er også tegnet inn.

Volume flux of Atlantic Water through the section Fugløya–Bjørnøya from September 1997 to June 2006. The time series are 3 and 12 months running means and mean value and calculated trend line is also drawn.

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, skydekke, isdekke og omrøring av vannmassene.

Den aller viktigste årsaken til klimavariasjonene er endringer i mengden atlantehavsvann som strømmer inn i Barentshavet, og temperaturen i dette vannet. Sett i forhold til en middeltilstand svinger tempera-

turene 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 langtidsmiddelet, og spesielt i de siste fem årene har temperaturen økt mye. Generelt indikerer temperaturutviklingen en økning siden 1977, men det er viktig å huske at måleserien startet på et tidspunkt hvor temperaturen var på et minimum på grunn av naturlig klimavariabilitet.



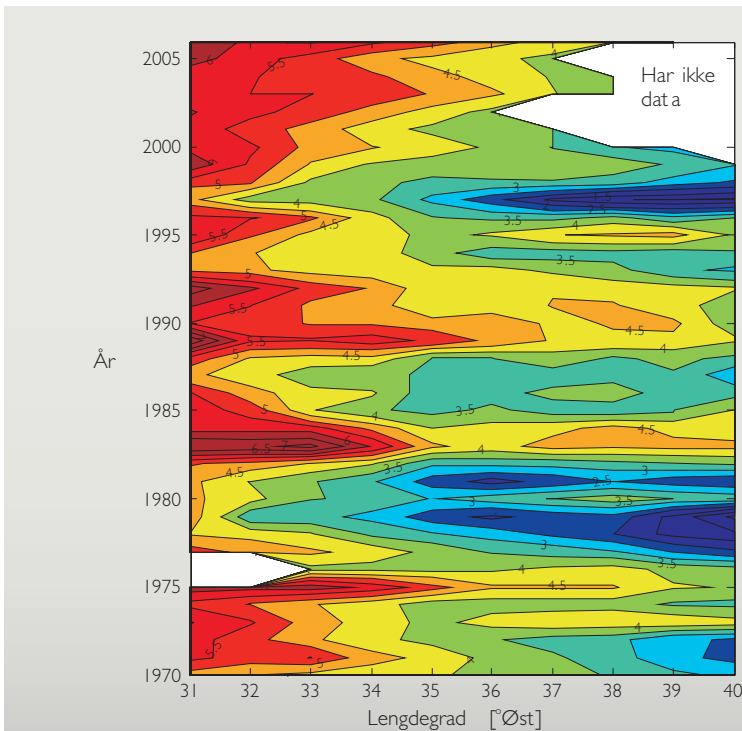
Figur 1.2.1.3

Temperaturavvik i 100 m dyp i august–september 2006. Positive avvik over 0 °C er tegnet. I østlige deler av Barentshavet har vi ikke data.
 Temperature anomalies in 100 m in August–September 2006. Positive deviations above 0 °C are drawn. No data are available in the eastern Barents Sea.

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 sterke sørvestlige vindene føre til sterk innstrømming, om sommeren vil svakere østlige vinder gi svakere innstrømming. Om våren er det ofte en 2–4 ukersperiode med nordavind som resulterer i lav innstrømming, 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 1,8 Sv atlantehavsvann inn i Barentshavet. 1 Sverdrup (Sv) tilsvarer transporten av vann i alle verdens elver til sammen.

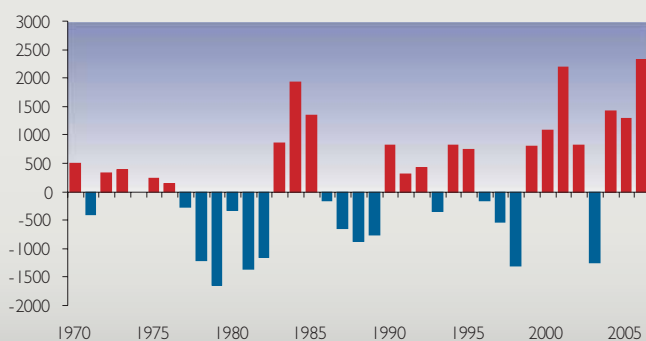
Vinteren 2006 var mengden atlantehavsvann som strømmer inn gjennom Fugløy-Bjørnøya-snittet den høyeste siden



Figur 1.2.1.4

Målt temperatur i 100 m dyp i august–september hvert år fra 1970 til 2006. Snittet går fra vest mot øst i den sørøstlige delen av Barentshavet. Figuren gir en visuelt inntrykk av varmeinnhold og hvor langt øst atlantehavsvannet når. Rød farge viser varmt vann, og hvor langt mot høyre i figuren rødfargen strekker seg viser hvor langt øst det varme vannet når.

Observed temperature in 100 m in August–September each year from 1970 including 2006. The transect runs from west to east in the southeastern Barents Sea. The figure gives an indication of the heat content and how far east the Atlantic water reaches. Red colors show warm water, and how far towards the right in the figure the red color goes show how far east the warm water reaches.



Figur 1.2.1.5

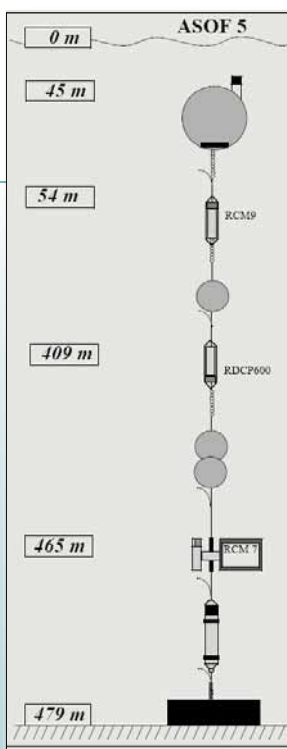
Isindeks for Barentshavet for perioden 1970–2006. Positive verdier betyr store isfrie områder (lite is), mens negative verdier betyr mye is. Indeksen er beregnet som et gjennomsnitt gjennom et år.
 Ice index 1970–2006. Positive values indicate small amounts of ice while negative values show more severe ice conditions.

Figur 1.2.1.7

Akustiske strømmålere i trålsikre rammer. Instrumentene plasseres på bunnen og er såkalt profilerende, det vil si at de måler hele vannsøylen på en gang. Rekkevidden på disse instrumentene kan være opptil 500 m.

Acoustic current meters in trawl proof frames.

The instruments are deployed on the bottom and is profiling, that is they measure the entire water column. The range of the current meters is up to 500 m.

**Figur 1.2.1.6**

Eksempel på en strømrigger. Mellom ankeret og toppbøyen er det montert inn strømmålere og oppdriftskuler. Riggene går ikke helt til overflaten, både på grunn av skipstrafikk og fordi vind og bølger kan ødelegge riggen. *An example of a current meter mooring. Current meters and smaller buoys are deployed between the top buoy and the anchor. The top of the mooring is below the surface due to ship traffic and because wind and waves may destroy the mooring.*

Å måle strømmen inn i Barentshavet

Klimaet i Barentshavet avhenger i stor grad av strømmen av kystvann og atlantehavsvann inn i vest. Dette vannet bringer også med seg dyreplankton fra Norskehavet og fiskeegg og -larver fra Lofotenområdet. I tillegg er innstrømningen en av tilførselsårene for forurensning til dette havområdet, selv om verdiene er lave og Barentshavet er et rent havområde. Å kunne si noe om variasjonen i strømmen er derfor viktig.

Siden 1997 har Havforskningsinstituttet ved hjelp av faste rigger målt hvor mye varmt atlantehavsvann som strømmer inn i Barentshavet. Det naturlige stedet å måle innstrømningen er helt i vest, i snittet mellom Fugløya og Bjørnøya. Her strømmer atlantehavsvann inn på et relativt smalt område, i motsetning til lenger inne i Barentshavet hvor strømmen har delt seg i flere grener (Figur 1.1.1). Dessuten dekker dette snittet utstrømning av kaldt vann fra Barentshavet mot Norskehavet.

Riggene er forankret i bunnen og står opp i vannsøylen med strømmålere montert inn i riggen (Figur 1.2.1.6). Strømmåleren måler bare i det punktet den står, men fordi strømmen i dette området vanligvis har samme fart og retning i hele vannsøylen, er det tilstrekkelig med relativt få instrumenter på hver rigg. Strømmålerne registrerer fart og retning i tillegg til temperatur, trykk og i noen tilfeller saltholdighet.

Bunnmonterte akustiske målere brukes der rigger er problematisk pga. fiskeriakti-

vitet (Figur 1.2.1.7). Disse instrumentene måler strømmen i hele vannsøylen på en gang. Rammene instrumentene står i er laget slik at en bunntål kan passere over uten at verken trålen eller strømmåleren blir skadet.

Store variasjoner

Strømmålingene har vist at atlantehavsvannet inn i Barentshavet generelt har store variasjoner. Strømførholdene kan endre seg fra dag til dag, og i kortere perioder er strømmen i store deler av dette snittet snudd, slik at strømmen går fra Barentshavet og inn i Norskehavet. Variasjonene i strømmen er først og fremst bestemt av variasjoner i de lokale vindforholdene og ikke av strømmen eller vinden i Norskehavet. Dette gjør det vanskelig å gi sesongvarsel for hvordan strømmen vil bli, fordi vi ikke har pålitelige sesongvarsel for vindforholdene.

Strømmålingene i Fugløya-Bjørnøya-snittet vil fortsette som nå i 2007. Spesielt med tanke på de høye temperaturene og den store transporten som har blitt observert i 2006 er denne overvåkingen viktig. I forbindelse med Det internasjonale polaråret skal også strømmen som går ut av Barentshavet i øst mellom Novaja Semlja og Frans Josefs Land, måles. Det vil si noe om hvilke andre prosesser enn atlantehavsvannet som er viktig for klimaet i Barentshavet. Dessuten kan de belyse hvordan atlantehavsvannet fordeler seg i havområdet, og hvordan fremtidige klimaendringer vil påvirke de østlige delene av dette havområdet.

måleserien startet høsten 1997. Måleserien har foreløpig bare data tilgjengelig frem til begynnelsen av sommeren 2006, men det ser ut til at innstrømningen var relativt høy også i sommermånedene. På grunn av vindforholdene var trolig innstrømningen relativt høy også om høsten.

Temperatur

Fugløya–Bjørnøya-snippet, som fanger opp alt atlantehavsvann som går inn i dette havområdet i vest, hadde i januar 2006 en temperatur som var nesten 1,5 °C over langtidsnormalen (Figur 1.2.1.1). Dette er det høyeste temperaturavviket som er målt siden tidsserien startet i 1977. Utover i 2006 holdt temperaturen seg høy, men falt gradvis, og var i oktober 0,8 °C over normalen.

De høye temperaturene forplantet seg innover i Barentshavet, og sent på våren 2006 ble temperaturavvik på 1,3 °C observert på det russiske Kola-snippet. Dette er høyeste avvik noensinne observert på dette snippet, som for øvrig har regelmessige observa-

sjoner siden 1921. På sensommeren 2006 viser avviket fra gjennomsnittlig temperatur i 100 m dyp at det da stort sett var høye temperaturer i hele den delen av havområdet hvor Havforskningsinstituttet har data (Figur 1.2.1.3). Det var aller varmest i den nordvestlige delen, med temperaturavvik på mer enn 2 °C over normalt, men i store deler av det sentrale Barentshavet var temperaturene 1 °C høyere enn normalen. De ekstremt varme forholdene i 2006 spredte seg imidlertid ikke helt øst i Barentshavet. Temperatur og østlig utbredelse av det varme atlantehavsvann er vist i Figur 1.2.1.4. I 2006 hadde vann med temperaturer over 4,5 °C nådd omtrent til midten av snippet, men flere ganger tidligere (som i 1983, 1989 og 1992) hadde like varmt vann nådd helt til enden av snippet ved 40°Ø. I disse årene var dessuten temperaturen i dette snippet høyere enn i 2006. Figuren viser for øvrig en gradvis oppvarming og økt østlig utbredelse etter 1997. Dette har sammenheng med trendene i temperatur og volumfluks som ble observert i samme tidsrom.

Is

Stor mengde og høy temperatur på det innstrømmende atlantehavsvannet fører vanligvis til store isfrie områder, og beregnet isindeks viser at det i 2006 var lite is i Barentshavet (Figur 1.2.1.5). Siden tidsserien startet i 1970 har det ikke vært mindre is i dette området, og vinteren 2006 var første gang Barentshavet var isfritt sør for 76°N gjennom hele vinteren. Det er vanskelig å peke på noen trend i utviklingen av isforholdene i Barentshavet, bortsett fra at isgrensen om vinteren ligger noe lenger nord enn i begynnelsen av observasjonsperioden.

The Barents Sea

The temperatures in the Barents Sea were very high during 2006. The inflow of Atlantic water was both warmer and stronger than earlier, and there has never been observed less ice than in the winter of 2006. The years after 2000 have been the warmest period observed after 1900.

1.2.2 FORURENSNING

Fisk fra Barentshavet inneholder lave mengder tungt nedbrytbare organiske fremmedstoffer som PCB, DDT, HCH og Toksafen. Nivået av radioaktiv forurensning i sedimentprøver er svært lavt, men spores i alle prøvene fra området. Målinger av radioaktivt cesium i fiskemuskel viser svært lave verdier.

Jarle Klungsoyr

jarle.klungsoyr@imr.no

Ingrid Sværen

ingrid.svaeren@imr.no

Vurderinger av forurensningssituasjonen i Barentshavet og andre nordlige havområder har vært foretatt både av OSPAR-kommisjonen og av "Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP)". Konklusjonene er at nivåene av miljøgifter generelt er lavere enn i mer tempererte områder. Noen arter av bl.a. sjøfugl og sjøpattedyr har imidlertid forholdsvis høye konsentrasjoner av enkelte organiske fremmedstoffer (miljøgifter) – hvorav høyt innhold av PCB kanskje er det best kjente eksempelet. Men det er vanskelig å si noe om betydningen av disse fremmedstoffene i en organisme. Nivåene av organiske miljøgifter øker ofte med alder. På grunn av bioakkumulering antas det at dyr på toppen av den marine næringskjeden har størst risiko for å bli påvirket av forurensning.

Nivåene av radioaktive forbindelser i Barentshavet er svært lave, selv om elementer som cesium (Cs-137) og technetium (Tc-99) kan spores. Heller ikke tungmetallene viser konsentrasjoner særlig over naturlig bakgrunnsnivå. Det er mulig at kvikksølv som avsettes fra atomsfæren, kan bli tilgjengelig for arktiske dyr, men

dette er ennå ikke påvist i Barentshavet. Olje- og gassvirksomhet i området forutsetter nullutslipp av skadelige stoffer, så her utgjør uhellutslipp fra oljeindustrien og skipstrafikk den største trusselen.

Havforskningsinstituttet har et ansvar for å analysere fremmedstoffer i det marine miljøet for å bidra med dokumentasjon om renheten av norske kyst- og havområder, og påpeke problemer med forurensning. Overvåking og analyser foregår i samarbeid med flere andre miljøer, blant annet Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning (NIFES), Norges geologiske undersøkelse (NGU) og Statens strålevern. Havforskningsinstituttet samler inn og analyserer prøver av vann, sedimenter og marine organismer som fisk og skalldyr, for å vurdere innholdet av radioaktivitet og tungt nedbrytbare organiske fremmedstoffer (miljøgifter). Analyser av kvikksølv og noen andre metaller som kan være giftige utføres av andre samarbeidende institutter.

Organiske miljøgifter

Figur 1.2.2.1 viser de gjennomsnittlige konsentrasjonene av organiske fremmedstoffer i lever av torsk, hyse og sei. Prøvene ble innsamlet i 2004 og består av 25 enkeltfisk fra hver stasjon. Nivåene i lever er lave, men ønsket situasjon er tilnærmet null forekomst av slike fremmedstoffer i sjømat. Disse miljøgiftene har en tendens til samle seg opp i fettrike organer, det er