

Fisken og havet, særnummer 2-2003
ISSN 0802 0620

Havets miljø 2003

Redaktører Lars Asplin og Einar Dahl

HAVFORSKNINGSINSTITUTTET, februar 2003

Forord	4
Prognoser for 2003	7
Prognose for 2003	8
Sammendrag	9
Summary	11
Kapittel 1	
Økosystemet i Barentshavet	13
1.1 Havklima <i>H. Loeng, R. Ingvaldsen og B. Ådlandsvik</i>	14
1.2 Plankton <i>A. Hassel</i>	18
1.3 Yngelproduksjon <i>P. Fossum</i>	22
Kapittel 2	
Økosystemet i Norskehavet	23
2.1 Havklima <i>K.A. Mork</i>	24
2.2 Plankton og næringsalter <i>B. Ellertsen, F. Rey og W. Melle</i>	30
2.3 Yngelproduksjon <i>P. Fossum</i>	34
Kapittel 3	
Økosystemene i Nordsjøen og Skagerrak	37
3.1 Havklima <i>E. Svendsen og D. Danielssen</i>	38
3.2 Plankton og næringsalter <i>J. Aure, D. Danielssen og E. Dahl</i>	44
Kapittel 4	
Økosystemene på kysten og i fjordene	47
4.1 Kystklima <i>J. Aure og D. Danielssen</i>	48
4.2 Plankton og næringsalter <i>E. Dahl, D. Danielssen, J. Aure og B. Bøhle</i>	52
4.3 Skadelige alger <i>E. Dahl</i>	57
Kapittel 5	
Kartlegging og overvåking av korallrev <i>J.H. Fosså og J. Alvsvåg</i>	73
Kapittel 6	
Forurensning	69
6.1 Oljeforurensning i fisk <i>J. Klungsøy</i>	70
6.2 Radioaktivitet <i>L. Føyn og I. Sværen</i>	71

Kapittel 7

Aktuelle tema	75
7.1 AMOEBE; økosystemdynamikk og ressursrådgivning <i>E. Svendsen</i>	76
7.2 Hvordan virker havklimaet på vekst og rekruttering til fiskebestandene? <i>S. Sundby</i>	80
7.3 Den nordatlantiske oscillasjon (NAO) og torskerekruttering <i>J.E. Stiansen, H. Loeng og G. Ottersen</i>	83
7.4 Naturlig eggdødelighet og dårlig miljøtilpasning på larvestadiet – svakheter hos den minste gytefisken <i>P. Solemdal, V. Makhotin, M. Fonn, M. Johannessen, K. Korsbrekke og A. Salthaug</i> ..	86
7.5 Varsling av alger i Skagerrak <i>M.D. Skogen</i>	92
7.6 Jens Eggvin – en pioner innen operasjonell oseanografi <i>R. Sætre</i>	94
7.7 Små og usynlige, men plagsomme maneter av arten <i>Muggiaea atlantica</i> <i>J.H. Fosså, P.R. Flood, A.B. Olsen og F. Jensen</i>	99
7.8 Kystsonen er under økende press. Havforskningsinstituttet – en kunnskapsleverandør for en bærekraftig forvaltning <i>E. Dahl, J. Gjøsæter og E. Moksness</i>	104
7.9 Marint biologisk mangfold og introduserte arter <i>A. Jelmert</i>	107
7.10 Veileder i marin-økologisk planlegging i kystsonen <i>B. Bøhle</i>	111
7.11 Marinbiologiske data – på full fart inn i kystzoneplanleggingen! <i>J.A. Knutsen</i>	114
7.12 Systematiske strandnotundersøkelser blir verdifull tidsserie <i>J. Gjøsæter og N.C. Stenseth</i>	117
7.13 Taskekrabbe – gammel ressurs med stort potensial? <i>A.K. Woll, G.I. van der Meeren og S. Tveite</i>	119

Havets miljø 2003 består av to hoveddeler. I den første delen, som omfatter kapitler 1-6, rapporteres det fra Havforskningsinstituttets faste miljøovervåkingsprogram. I den andre delen, kapittel 7, presenteres noen aktuelle temaer litt mer inngående. Vi vil også henvise til rapportene *Havets ressurser 2003* og *Havbruksrapport 2003*. Den førstnevnte gir en oversikt over tilstanden i de viktigste bestandene for norske fiskerier. Havbruksrapporten 2003 presenterer aktuelt stoff for havbruksinteresserte, inkludert temaer med relevans for kysten og fjordene.

Om innholdet i kapitler 1-6

Havforskningsinstituttets oppgave er gjennom forskning og overvåking å fremskaffe kunnskapsgrunnlaget for en bærekraftig forvaltning av det marine miljø og for en økologisk forsvarlig høsting av fiskebestandene og andre ressurser. De lange tidsseriene Havforskningsinstituttet har, viser at det er et nært samspill mellom havmiljøet og fiskebestandene. Variasjoner i havmiljøet virker inn på fiskebestandenes geografiske fordeling, vekst og rekruttering. Miljøtilstanden trekkes nå mer og mer inn når utviklingen i fiskebestandene vurderes, og i framtidig forvaltning av fiskeressursene blir det stadig klarere at en helhetlig økosystemtenkning må ligge til grunn. Videre tilføres havområdene betydelige mengder forurensninger, og det er viktig å overvåke forurensningsnivået, både for å kunne varsle om skadevirkninger og som en renhetsgaranti for norske fiskeprodukter. Miljøundersøkelser har derfor alltid hatt en fremtredende plass i Havforskningsinstituttets virksomhet.

I den senere tid er også problemstillinger knyttet til klimasvingninger og eventuelle menneskeskapte klimaendringer blitt svært aktuelle. Studier av klimasvingninger er noe Havforskningsinstituttet har drevet med i alle år, særlig siden vi er ansvarlig for observasjoner som representerer noen av de lengste tidsseriene i verden. Nettopp lange tidsserier er ekstremt viktige for å kjenne klima og klimaendringer. I dag er Havforskningsinstituttet medeier og aktiv samarbeidspartner i Bjerknessenteret som er et nasjonalt "senter for fremragende forskning" innenfor marint klima.

Prognosene

Havforskningsinstituttet har i flere år gitt prognoser for vekstforholdene for lodde i Barentshavet. I 1994 startet vi med varsler for klimaet i havområdene og på kysten for de nærmeste årene. Varslene blir gitt på bakgrunn av studier av de lange tidsseriene av temperatur og saltholdighet som Havforskningsinstituttet har samlet inn. Disse seriene viser at klimaet varierer mye, og at vi kan snakke om varme og kalde år i havet. Årsakene til variasjonene er vanskelige å fastslå, men de henger sammen med samspillet mellom hav og atmosfære over større områder. Prosessene

i havet skjer mye langsommere enn i atmosfæren, og åpner mulighetene for å varsle klimaet i havet lenger fram i tid enn det som er mulig for atmosfæren. Varslene fremkommer ved å bruke forskjellige statistiske metoder på de lange observasjonsseriene, kombinert med erfaring om utviklingen i tilsvarende klimatiske situasjoner. På bakgrunn av disse klimaprognoene, de hydrografiske forholdene, observasjoner av næringssalter, plankton, sildelarver og loddearver, forsøker vi også å forutsi både havklima og biologiske forhold. Siden 1999 er det også gitt prognose på sildas kondisjon et år fremover i tid.

Økosystemtilnærming i overvåkingen

Rapportens første del er inndelt etter en økosystemtenkning. Havklima, produksjonsforhold og rekruttering til fiskebestandene blir vurdert for hvert økosystem under ett. Følgende økosystemer er definert: Barentshavet, Norskehavet, Skagerrak og Nordsjøen samt kysten og fjordene. Disse fire økosystemene har karakteristiske fysiske, kjemiske og biologiske forhold som følges fra år til år.

Overvåkingen

Et omfattende nett av observasjoner i faste snitt og stasjoner er selve ryggraden i Havforskningsinstituttets miljøovervåking (Figur 0.1 og 0.2). I tillegg kommer overflatedekningen i havområdene gjennom toktvirksomhet knyttet til fiskebestandene. Hvert år dekkes også 44 fjorder fra og med Oslofjorden til Øst-Finnmark. Gjennom den såkalte termografjenesten blir temperatur og saltholdighet på strekningen Aberdeen-Rogaland og opp langs kysten til Varangerfjorden overvåket hele året ved hjelp av rutegående skip, bl.a. Hurtigruten.

I økosystemene i Barentshavet og Norskehavet er hovedvekten lagt på overvåking av havklima, dyreplankton og fiskelarver. Dette gir grunnlag for å vurdere miljøforholdene for vekst, fordeling og rekruttering for bestandene av lodde, torsk og sild. I Barentshavet ble overvåkingen av miljøgifter og radioaktivitet trappet opp etter 1991, og i 1994 ble det utført innledende undersøkelser av miljøgifter i Norskehavet.

I Skagerrak og Nordsjøen og økosystemene på kysten og i fjordene, er overvåkingen hovedsakelig knyttet til problemstillinger omkring havklima, antropogent tilførte næringssalter, skadelige alger og miljøgifter.

Nytt av året er en beskrivelse av Havforskningsinstituttets kartlegging og overvåking av korallrev. Havforskningsinstituttet startet med rutinemessig kartlegging og registrering av korallforekomster i 1997. Korallrevene i norske havområder har vært her i tusener av år, og antas å være viktige opp-

Denne rapporten refereres slik: This report should be cited:

L. Asplin og E. Dahl (red.), 2003. Havets miljø 2003. Fisken og havet, særnr. 2-2003.

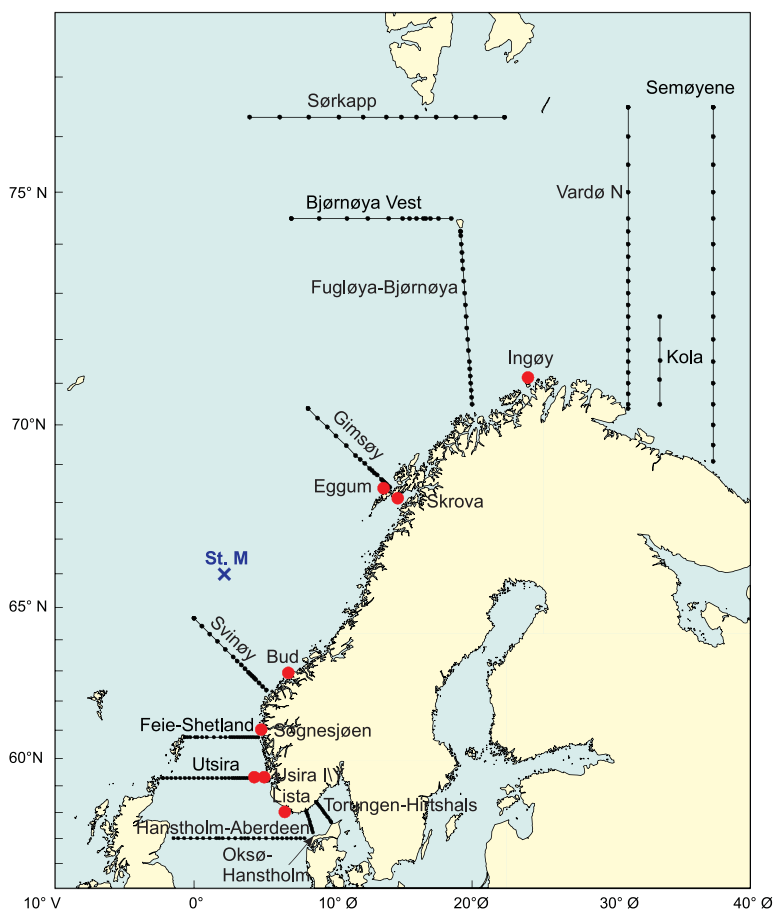
vekstområder for fisk. I dag er mange av korallrevene ødelagt som et resultat av menneskelig aktivitet, og det er nødvendig å forvalte disse områdene med omhu. Vinteren 2003 er det totalt registrert nærmere 800 korallforekomster i vår database.

Om innholdet i temadelen, kapittel 7

Artiklene i temadelen av Havets miljø 2003 gir et lite innblikk i hva forskerne ved Havforskningsinstituttet og samarbeidende institutter arbeider med. Det er to hovedtemaer: økosystembasert forvaltning og kystsonen.

I dag forvaltes fiskeressursene i stor grad basert på bestand, uten at påvirkningen fra klima og sammenhengen mellom bestandene, eller en bestands plass i det totale økosystemet, gis tilstrekkelig oppmerksomhet. Dette er tilsynelatende en grei strategi dersom en kun ønsker å gi et estimat for neste års bestand basert på kunnskap om årets fiskemengde, spesielt siden fiskekvotene også skal gjennomgå en nasjonal og internasjonal politisk prosess før de fastsettes. Ønsker en derimot å kunne forutsi og forstå utviklingen av bestander

flere år framover i tid, er det avgjørende at en inkluderer hele livsløpet til fisken, f.eks. for torsk, fra eggene gytes til den voksne torsken selv gyter. Her må en også ta hensyn til havklimaets direkte og indirekte påvirkning på fisken. I havet er det naturlige svingninger, slik at det noen år er gode forhold og andre år dårligere forhold for rekruttering og oppvekst av fisk. For torskens livsløp, i likhet med alle marine organismer, er det en hel del ulike faktorer som avgjør om forholdene er gode eller dårlige. Det er snakk om å spise eller bli spist (eller fisket) hvor tilbudet av mat (geografisk fordeling og mengde) i stor grad er bestemt av havklimaet. Skal en kunne forvalte fisket av torsk optimalt, f.eks. ti år fram i tid, vil det være nødvendig med gode prognoser for hvordan de naturlige svingningene i bestanden vil være disse årene. Før en kommer så langt som til å forutsi naturlige svingninger i torskebestandene ti år framover, er det mange grunnleggende spørsmål, ikke minst av biologisk og økologisk karakter, som fortsatt må besvares. Ved Senter for marint miljø arbeider vi med en del av disse spørsmålene; fra naturlige klimasvingninger i havet via planteplankton- og dyreplanktonproduksjon til kvaliteten på eggene som gytes



Figur 0.1
Faste oseanografiske snitt og stasjoner.
Fixed oceanographic sections and stations.

og rekruttering til fiskebestandene. De sju første artiklene i kapittel 7 tar for seg temaer som naturlig har en plass innenfor hovedtemaet økosystembasert forvaltning.

Sommeren 2002 hadde en rekke mennesker ubehagelige badeopplevelser. De opplevde svie på huden som om de var brent av brennmanet, men ingen brennmanet kunne ses. Det hele var mystisk, og gjenstand for spekulasjoner i media, inntil årsaken ble avdekket: den knøttlille, nærmest usynlige, kolonimaneten *Muggiaea atlantica*. Denne maneten forårsaket også en del fiskedød i oppdrettsnæringen, og er beskrevet nærmere i kapittel 7.

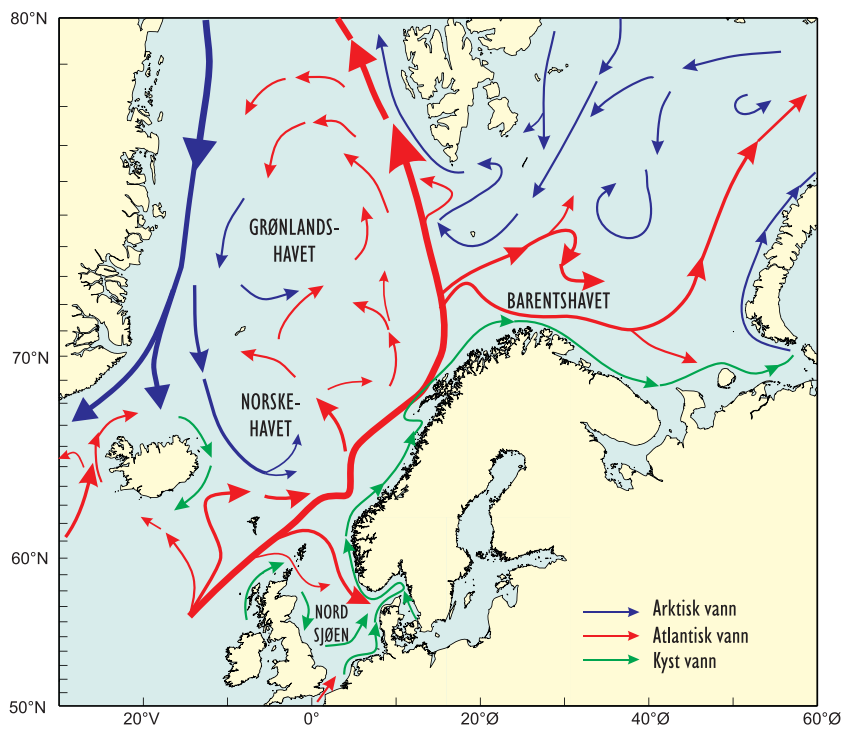
Kystsonen er en viktig del av Norge, med økende betydning for verdiskapingen i landet. Utfordringer knyttet til utviklingen i kystsonen krever økt oppmerksomhet. Havforskningsinstituttet styrker sin rolle som kunnskapsleveran-

dør for en bærekraftig forvaltning av kystsonen med dens muligheter. De seks siste temaartiklene gir et innblikk i noe av det vi arbeider med i denne sammenhengen.

Vi takker for at vi har fått anledning til å benytte data fra Geofysisk institutt, Universitetet i Bergen og Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography (PINRO), Murmansk. Innenfor algeovervåkingen takker vi for samarbeidet med Fiskeridirektoratet, OCEANOR, NIVA, Norges veterinærhøgskole, Næringsmiddelkontrollen i Midt-Rogaland og Statens næringsmiddeltilsyn.

Følgende personer har vært med i redaksjonen for "Havets miljø 2003":

Lars Asplin, Ingunn Bakketeig, Einar Dahl, Bjørnar Ellertsen, Karen Gjertsen, Berit M. Gullestad, Vibeke Kristiansen, Guri Nesje og Hege Iren Svensen.



Figur 0.2

Midlere strømforhold i Nordsjøen, Norskehavet, Grønlandshavet og Barentshavet. The mean current system of the North Sea, Norwegian Sea, Greenland Sea and Barents Sea.

Havklimaet

Det var forholdsvis varmt i Barentshavet i store deler av 2002, men den relativt sterke avkjølingen om høsten, og de forholdene som var tidlig i 2003, indikerer en temperaturnedgang i 2003. Dette gjelder særlig for første halvår. Usikkerhetsmomentet er størrelsen på innstrømningen av atlantehavsvann denne våren. Mest sannsynlig vil temperaturen fortsette å avta gjennom hele året.

I Norskehavet ventes det ikke noen vesentlig omlegging av varmetransporter og sirkulasjon i 2003 og 2004. I den østlige delen vil temperaturen i det innstrømmende atlantehavsvannet til Norskehavet forventes å ligge nær eller over normalen i 2003. Den sørvestlige delen vil fortsatt være under sterk innflytelse av arktiske vannmasser, mens det i den sentrale og nordlige delen forventes en fortsatt økt atlantisk innflytelse.

I Nordsjøen og langs kysten har det vært relativt varmt i 2002. En kraftig avkjøling mot slutten av året, med mindre innstrømning av atlantisk vann, vil føre til normale havklimaforhold i 2003.

Produksjonsforhold

Bestanden av dyreplankton i Barentshavet høsten 2002 (overvintringsbestanden) var litt høyere enn året før. Basert på dette og antagelser om noe redusert innstrømning, kan vi i 2003 regne med de samme eller muligens litt bedre produksjonsforhold enn i 2002. Dette antyder om lag det samme utgangspunktet for produksjon av lodde, sild og fiskekyngel i 2003 som i 2002.

Gytebestandene av sild og lodde, og derav produksjonen, ventes å bli noe redusert i 2003 sammenlignet med 2002. Gytebestandene av begge disse artene er imidlertid store nok til å produsere sterke årsklasser hvis miljøforholdene ligger til rette for det. Usikkerheten om hvor stor innstrømningen av atlantehavsvann vil bli i 2003 gjør det umulig å si noe om forventet årsklassestyrke av de to artene.

Fiskefordeling

Norsk vårgytende sild gyter på norskekysten hovedsakelig i området Møre-Halten, og det er lite gytesild på de tradisjonelle gyteområder sør for 61°N. De seneste årene har imidlertid Røstbanken blitt et stadig viktigere gytefelt, og halvparten av larvene fant vi i fjor nord for 68°N. Vi regner med at utviklingen med mer nordlig gyting vil fortsette også i år.

En av de viktigste klimaindikatorer i Nord-Atlanteren er den midlere nord-sørforskjell i lufttrykket mellom Island og Azorene. Denne indeksen er kjent som "Den nordatlantiske oscillasjon" (NAO). Utbredelsen av vannmasser i Norskehavet er knyttet til den gjennomsnittlige NAO-indeksen (dvs. sørvestlig vind) for vintermånedene. Tidligere undersøkelser (se *Havets miljø 2001*) har vist at biomassen av dyreplankton i Norskehavet er positivt relatert til NAO-indeksen om vinteren samme år og året før. Vinteren 2001-2002 var NAO-indeksen noe under gjennomsnittet for de siste 13 årene. Derfor forventes det en middels biomasse av dyreplankton sentralt og sør i Norskehavet i 2003, under forutsetning av at NAO-indeksen for vinteren 2002-2003 ikke blir uvanlig høy. Midtveis i perioden synes ikke det å bli tilfelle.

Kondisjonen hos sild som beiter på dyreplanktonet i Norskehavet har vist samme type korrelasjon med NAO-indeksene for inneværende og foregående år. Det forventes derfor en middels kondisjon hos norsk vårgytende sild etter beitesesongen 2003, dersom ikke NAO-indeksen for vinteren 2002-2003 blir uvanlig høy.

I de senere år har en sterk arktisk innflytelse i det sørvestlige Norskehavet via Østislandsstrømmen ført til dårlige beiteforhold for sild i disse områdene. I stedet har silda vandret langt nord i Norskehavet for å beite langs den arktiske fronten. De senere års transport av atlantehavsvann til det nordlige Norskehavet har medført en høy produksjon av sildas viktigste byttedyr, raudåte, i det nordlige området. Dermed er det fremdeles lite sannsynlig at silda vil oppsøke området utenfor Nord-Island på sin beitevandring. Vi forventer noenlunde samme beitevandring i Norskehavet i 2003 som i 2002.

Ocean climate

In 2002 the Barents Sea was warmer than average in most parts. However a relatively strong cooling in the fall and the conditions at the start of 2003 indicate a decrease of the temperature in the first half of 2003. The strength of the inflow of Atlantic water is a crucial and uncertain factor, but most likely the Barents Sea will experience a temperature decrease throughout the year.

In the Norwegian Sea no major changes in the main patterns for circulation or transport of heat are expected in 2003 and 2004. The inflow of Atlantic water to the eastern part is expected to be normal or higher in 2003. The south-western part will continue to be dominated by Arctic water. In the central and northern Norwegian Sea the influence of Atlantic water will increase.

The temperatures in the North Sea and the coastal areas were relatively high in 2002. A strong atmospheric cooling towards the end of the year with weaker inflow of Atlantic water than in 2002 will probably result in quite normal ocean climate conditions in 2003.

Ocean production

The biomass of zooplankton in the Barents Sea, including overwintering *Calanus finmarchicus*, during autumn 2002, was slightly higher than the year before. Based on this and an anticipation of reduced inflow from the Norwegian Sea, we expect similar or better ocean production in 2003 compared to 2002. The basis for production of capelin, herring and juvenile fish will be much the same as in 2003.

The spawning stocks of herring and capelin, including the egg production, will probably be reduced in 2003 compared to 2002. However, both stocks have sufficient abundance for producing strong year classes if the environmental conditions in 2003 turn out to be favourable. The uncertainty lies mainly in the amount of inflowing Atlantic water.

Fish distribution

The Norwegian spring spawning herring spawn along the Norwegian coast, mainly between Møre and Halten. Few larvae were found south of 61°N. In recent years the area of Røstbanken has become an important spawning ground, with half the observed herring larvae in 2002 found north of 68°N. We expect the tendency of more northerly spawning to be maintained.

One of the most important climate indices for the North Atlantic is the average north-south difference in air pressure between Iceland and the Azores, known as the "North Atlantic Oscillation" (NAO) index. The distribution of water masses in the Norwegian Sea is related to the mean NAO index for the winter months. It is shown that the biomass of zooplankton in the Norwegian Sea is directly correlated with the NAO index of the same winter and of the preceding year (see *Havets miljø 2001*). The NAO index for the winter of 2001-2002 was slightly below the mean of the past 13 years. Thus, we expect an average biomass of zooplankton in the central and southern part of the Norwegian Sea in 2003, unless the NAO index for 2002-2003 becomes unusually high. Since we are in the middle of this period, that seems unlikely.

The condition of the herring feeding on zooplankton in the Norwegian Sea has also shown a direct correlation with the NAO index for the present and preceding year. We expect an average condition of the herring in 2003 after the feeding season unless the NAO index for the winter 2002-2003 becomes unusually high.

In recent years the Arctic water masses in the south-western part of the Norwegian Sea have resulted in poor feeding conditions for the herring in these areas. The herring have instead migrated to feed in the northern areas of the Norwegian Sea. The high transport of *Calanus* (the favorite food of the herring) with the Atlantic water to the northern Norwegian Sea in recent years, indicates that the herring will continue to feed there and not north of Iceland. Thus, we expect a similar feeding migration pattern for the herring in the Norwegian Sea in 2003 as in 2002.

Rapporten presenterer resultater fra Havforskningsinstituttets miljøovervåkingsprogram i norske kyst- og havområder. Området er delt inn i fire store økosystemer: Barentshavet, Norskehavet, Skagerrak og Nordsjøen, kysten og fjordene. Disse økosystemene har karakteristiske fysiske, kjemiske og biologiske forhold som følges fra år til år. I økosystemene i Barentshavet og Norskehavet er hovedvekten lagt på overvåkning av havklima, dyreplankton og fiskelarver. Dette gir grunnlag for å vurdere miljøforholdene for vekst, fordeling og rekruttering for bestandene av lodde, torsk og sild. Havforskningsinstituttet har siden 1997 gjennomført en årlig feltundersøkelse for å kartlegge korallforekomster i norske havområder, og alle rapporterte forekomster registreres i en database. I Barentshavet ble overvåkingen av miljøgifter og radioaktivitet trappet opp etter 1991, og i 1994 ble det utført innledende undersøkelser av miljøgifter i Norskehavet. I Skagerrak og Nordsjøen, og økosystemet på kysten og i fjordene, er overvåkingen hovedsakelig knyttet til problemstillinger omkring antropogent tilførte næringsalter, skadelige alger og miljøgifter.

Barentshavet

Havklima. På årsbasis var 2002 blant de varmeste årene som er blitt observert siden 1977. Særlig sommertemperaturene var høye, med ca. 1 °C over langtidsmiddelet. Dette skyldes høye lufttemperaturer og stor innstrømning av atlantehavsvann. Utover høsten avtok temperaturen og nærmet seg langtidsmiddelet. Ismengden i 2002 var mindre enn normalt, og bare 2001 har hatt mindre is om sommeren.

Planktonproduksjon. I 2002 ble det observert mest plankton sør i Barentshavet. Fra 2001 til 2002 økte planktonbiomassen fra 5,85 til 6,88 g m⁻², men dette er bare litt over halvparten av det som ble observert i rekordåret 1994 (12,8 g m⁻²).

Loddelarver. Det var en østlig fordeling av loddelarver i 2002. Larvene ble funnet i et stort område fra 28 til 40°Ø og så langt nord som 73°N. Et så stort utbredelsesområde tyder på at gytingen og larveproduksjonen har vært vellykket. Det totale antallet loddelarver er beregnet til 22,4 x 10¹², ca. dobbelt så mye som i 2001.

Norskehavet

Havklima. Det relativt varme atlantehavsvannet som strømmer inn i Norskehavet i syd, medfører at det nordvestlige Europa har et meget mildt klima i forhold til sin geografiske bredde. Varmemengden som tilføres via havstrømmen er et resultat av både mengden vann i strømmen og temperaturen på dette vannet. I 2002 var det en kraftig økning i både temperatur og saltholdighet i det sørlige Norskehavet i forhold

til 2001, noe som tyder på at det har vært en økt transport av relativt varmt atlantehavsvann. Sommertemperaturen i Svinøysnittet var den høyeste som er observert, ca. 0,7 °C over middelet. Transporten av atlantisk vann gjennom Svinøysnittet har vært høy i hele 2002. Vinterverdien er den høyeste som er observert siden 1995, nesten dobbelt så mye som vinteren 2001. Nord i Norskehavet er det ikke observert noen temperatur- eller saltholdighetsøkning som i sør, snarere en liten nedgang i forhold til 2001.

Planktonproduksjon og sild. Produksjonen av planteplankton er i stor grad styrt av de fysiske forholdene, og i særlig grad faktorer som lysforhold og lagdeling i vannmassene. Ved værskipet Stasjon M har Havforskningsinstituttet gjennom elleve år observert våroppblomstringen av planteplankton, og i 2002 var denne svært tidlig (midt i april) og flere uker tidligere enn i 2001. Dyreplankton er en viktig føde for silda i Norskehavet, og i 2002 var dyreplanktonbiomassen i atlantisk vann og i kystvann høyere enn året før. Totalt sett var 2002 et normalår med hensyn til dyreplanktonbiomasse. Dette gjorde at silda i Norskehavet hadde gode beiteforhold og returnerte til overvintringsområdet på norskekysten med et noe høyere fettinnhold enn i 2001.

Sildelarver. Det ble i 2002 funnet sildelarver langs hele den norske sokkelen ned til Stad. Tyngdepunktet av larver var lenger nord enn vanlig for april. Det totale antallet larver funnet var lavere enn i 2001, men likevel blant de høyeste forekomstene som er registrert de siste 30 årene. Gjennomsnittslengden av larvene var 13,5 mm, som er det lengste som hittil er registrert.

Nordsjøen og Skagerrak

Havklima. Sirkulasjonen i Nordsjøen i 2002 var ganske normal, men med den nest høyeste innstrømningen gjennom Den engelske kanal i 1. halvår siden 1955. Overflatetemperaturen var gjennom det meste av året rundt en grad høyere enn normalt, og hele 2,5 °C høyere i august og september. I Skagerrak var også overflatetemperaturen høyere enn normalt, og i august ble det ved Forskningsstasjonen Flødevigen, Arendal, målt det varmeste vannet i 1 m dyp siden 1924.

Plankton og næringsalter. Det var mye nitrat i vannmassene langs danskekysten i april i forhold til 2001. Dessuten var det i likhet med 2001 lite fosfat og silikat, slik at forholdet mellom nitrat og fosfat (N:P-forholdet) var rekordhøyt. På den norske skagerrakkysten var næringssaltkonsentrasjonene normale gjennom hele året. Med hensyn til planteplankton i Skagerrak, var 2002 nokså normalt. Det ble ikke registrert spesielt store algeforekomster, og heller ingen uvanlige forekomster av potensielt skadelige alger. Innslaget av kiselalger var holdsvis betydelig gjennom sommerhalvåret. Det ble ikke

registrert større oppblomstringer av dinoflagellater. I den nordlige Nordsjøen ble det beregnet 10-20 % høyere årlig primærproduksjon i 2002 enn normalt.

Kysten og fjordene

Kystklima. Temperaturen langs kysten var i hele 2002 høyere enn normalt, bortsett fra helt på slutten av året hvor det fant sted en avkjøling som resulterte i nokså normale temperaturforhold. Særlig i august-september var overflate-temperaturen mellom Sognesjøen og Troms opptil 5 °C høyere enn normalt. I 150 m dyp var det forholdsvis varmt langs hele kysten fra Rogaland til Finnmark, eksempelvis med temperaturer nær ett standardavvik over normalen i lange perioder ved både Utsira og Skrova.

Plankton. I et bredt nasjonalt samarbeid presenteres løpende informasjon om planktonalgeoppblomstringer langs kysten, med særlig vekt på skadelige typer, på Internett (<http://algeinfo.imr.no>). Våroppblomstringen av kiselalger på kysten av Skagerrak var relativt kortvarig i 2002, med en markert topp i siste halvdel av mars. Algemengden gjennom året var for øvrig nokså normal, men med relativt mye i juli måned og relativt lite i perioden september-november. På kyststrekningen Rogaland-Finnmark foregikk våroppblomstringen i mars-april, tidligst og mest markert inne i fjordene. Våroppblomstringen på denne strekningen starter tidligst i sør og har en gradvis forsinket start nordover.

Organisk belastning. Forbruk av oksygen under terskeldypet i en fjord forteller noe om den organiske belastningen. I fjordbassengene på Skagerrakkysten og i Lysefjorden var det gjennom 2002 en gradvis forverring av oksygenverdiene, ned mot 2,0 ml l⁻¹, som er grensen for å opprettholde biologisk liv. Det var ingen utskifting av disse oksygenfattige vannmassene i 2002, og hvis dette heller ikke skjer i 2003, vil forholdene bli kritiske.

Skadelige alger. Det var alt i alt små problemer med alger som kan skade fisk og andre organismer langs hele norskekysten i 2002. Når det gjelder alger som gjør skjell giftige, ble det stedvis registrert konsentrasjoner høyere enn faregrensen.

Langs kysten av Skagerrak var problemet betydelig større enn vanlig, det skyldes først og fremst at algen *Dinophysis acuta* forekom tidligere enn normalt. Det ble registrert en opphopning av diaregigende gifter i skjell utover sommeren 2002 langs Skagerrakkysten og på strekningen Rogaland-Stad. Som vanlig økte giftmengdene i skjell innover i fjordene. Nordover fra Stad var problemet mindre.

Overvåkning og kartlegging av koraller. Havforskningsinstituttet har hatt årlige kartleggingstokt av koraller siden 1997. Undersøkelsene er konsentrert om området på kontinentalsokkelen og eggakanten mellom Stad og Lofoten. Nord for dette området er det til nå ingen dekning. Beregninger viser at mellom 30 og 50 % av norske korallområder kan være ødelagt eller påvirket av menneskelig aktivitet (særlig fiske med bunntål). Alle korallobservasjoner er samlet i en database, og teller tidlig i 2003 snaut 800 forekomster.

Forurensning

Oljeforurensning i fisk. I regi av ICES er det blitt utført tester av ulike metoder for å påvise biologiske effekter av forurensning på organismer som lever i sjøen. Hensikten er å anvende metodene i en fremtidig overvåkning. Rigger med blåskjell og torsk i bur, samt utstyr for å ekstrahere forurensning fra sjøvannet, er utplassert i posisjoner nord (Staffjord) og sør (Tyskebukta) i Nordsjøen. Resultatene fra testene presenteres på Internett (<http://www.niva.no/pelagic/web>).

Radioaktivitet. Havforskningsinstituttet bidrar til det nasjonale overvåkningsprogrammet for radioaktivitet med inn-samling av prøver og kunnskap om det marine miljøet. I 2002 ble det hovedsakelig samlet prøver fra Barentshavet i august-september og i en rekke fjorder i november-desember (Nordsjøen ble dekket i desember 2001). Alle prøvene viste at radioaktivitetsnivået i biota og sedimenter er godt under tiltaksgrensen på 600 Bq kg⁻¹. Havforskningsinstituttet overvåker også eventuell radioaktiv lekkasje fra den havarerte undervannsbåten "Komsomolets", som ligger på 1660 m dyp sydvest for Bjørnøya. De observerte verdiene er ikke alarmerende.

Summary

The report presents results from the environmental monitoring programme in Norwegian coastal and ocean areas. The areas are divided into four large ecosystems: (i) the Barents Sea, the Norwegian Sea, the Skagerrak and the North Sea, and the coastal zone including the fjords. Physical, chemical and biological properties of all these ecosystems have been monitored. For the Barents Sea and Norwegian Sea emphasis was placed on the monitoring of ocean climate, zooplankton and fish larvae. This provides the basis for the consideration of the environmental conditions for growth, distribution and recruitment of capelin, cod and herring. Since 1997 there has been an annual registration and monitoring of coral reefs in Norwegian waters. Coral reef registrations are collected in a data base. In the Barents Sea the monitoring of organic contaminants and radioactivity was increased after 1991, and in 1994 the investigations of organic contaminants in the Norwegian Sea started. The monitoring of the Skagerrak and the North Sea, the coastal zone and the fjords has focussed on the anthropogenic nutrient loads, harmful algae and organic contaminants.

The Barents Sea

Ocean climate. The highest yearly mean water temperatures in the Barents Sea were found in 2002. The summer temperatures were particularly high at about 1 °C above the long term mean. The reason for this was high air temperatures and strong inflow of Atlantic water. Throughout the fall the temperature decreased towards the long term mean at the end of the year. The amount of sea ice in 2002 was less than normal, and only in 2001 has the summer ice extent been less.

Plankton production. The highest plankton biomass in 2002 was observed in the southern part of the Barents Sea. The total plankton biomass increased from 5.85 to 6.88 g m⁻², being only about half of the maximum observed in 1994 (12.8 g m⁻²).

Capelin larvae. In 2002 there was an easterly distribution of capelin larvae. The larvae were distributed over a large area from 28 to 40°E and as far as 73°N. Such a large distribution area indicates that the spawning and larvae production have been successful. The total amount of capelin larvae is 22.4 x 10¹², about twice that of 2001.

The Norwegian Sea

Ocean climate. The relatively warm Atlantic water flowing into the Norwegian Sea in the south contributes to the mild climatic conditions in northern Europe. The amount of heat in the ocean current is a result of both the volume transport and the water temperature. In 2002 both the temperature and the salinity of the southern Norwegian Sea increased

significantly compared to 2001, indicating a stronger inflow of relatively warmer Atlantic water. The summer temperatures at the Svinøy Section were at a record high, about 0.7 °C above the long term mean. The transport of Atlantic water through the Svinøy Section has been high all year, with the winter transport being the highest recorded since the observations started in 1995, and almost twice the transport of the winter of 2001. In the northern Norwegian Sea, no increase in temperature or salinity was observed; there was a small decrease compared to 2001.

Plankton production and herring. The primary production is largely controlled by physical factors such as the light conditions and water stratification. For the past 11 years the Institute of Marine Research has made observations of the spring bloom at weather station M. In 2002 the spring bloom occurred early (in April) which was several weeks earlier than in 2001. Zooplankton is an important prey for herring in the Norwegian Sea. In 2002 zooplankton biomass in the Atlantic watermasses and in the coastal waters was higher than in 2001. In total, the zooplankton biomass of 2002 was about normal. This resulted in good feeding conditions for the herring.

Herring larvae. In 2002 herring larvae were found along the whole continental shelf from Troms to Stad. The centre of the observed larvae distribution was further north than usual for April. The total amount of herring larvae found was less than in 2001, but still among the highest recorded in the past 30 years. The average length of the larvae was record high (13.5 mm).

The North Sea and Skagerrak

Ocean climate. The circulation in the North Sea for 2002 was quite normal except for the second highest inflow in the first six months through the English Channel since 1955. For most of the year the surface temperature was about one degree higher than normal, and as much as 2.5 °C higher than normal in August and September. In the Skagerrak the surface temperatures were also higher than normal, with the warmest water in August ever recorded at 1 m depth at Forskningsstasjonen Flødevigen, Arendal, since 1924.

Plankton and nutrients. The amount of nitrate in the water masses along the Danish coast was high in April compared to 2001. As for April 2001, the quantities of phosphate and silicate were low, giving a record high N:P ratio. Along the Norwegian coast the level of nutrients was normal in 2002. The phytoplankton conditions in Skagerrak were also normal in 2002. No unusually large algae blooms were observed, nor were any harmful algae blooms detected. The number of diatoms in Skagerrak was significant during summer. No large blooms of dinoflagellates were observed. In the

northern North Sea, a numerical simulation has calculated a 10-20 % increase of annual primary production in 2002 compared to normal.

The coast and fjords

Coastal climate. The temperatures along the coast in 2002 were above normal except for the late fall when a cooling resulted in normal conditions. During August-September the surface temperatures between Sognesjøen and Troms were up to 5 °C above normal. At 150 m depth the water was relatively warm along the coast from Rogaland to Finnmark in 2002, e.g. with temperatures at both Utsira and Skrova for long periods being one standard deviation above normal.

Plankton. In a national collaboration, updated information on algae blooms along the Norwegian coast is presented on the internet (<http://algeinfo.imr.no>). The emphasis is on harmful species. The spring bloom of diatoms along the Skagerrak coast was relatively short in 2002, with a pronounced maximum in the second half of March. The total number of algae was normal, but relatively high in July and below normal in September-November. Along the coast between Rogaland and Finnmark, the spring bloom occurs in March-April. As usual, the bloom is earlier and stronger inside the fjords than outside. In general, the spring bloom starts in the south and has a gradually delayed start towards the north.

Organic load. The consumption of oxygen below the sill depth in a fjord basin indicates the organic load in the system. In the fjord basins along the Skagerrak coast and in Lysefjorden the dissolved oxygen decreased throughout 2002. Values are getting near the limit for maintaining life of 2.0 ml l⁻¹. No exchange of basin water with oxygen rich ocean water took place in 2002, and the situation will be critical if no such exchange occurs in 2003 as well.

Harmful algae. In general, there were in 2002 small problems with harmful algae causing fish deaths along the whole Norwegian coast. As to algae causing mussels to become poisonous, several occurrences of dangerously high concentrations were registered. Along the Skagerrak coast

this problem was more severe than usual due to the early bloom of *Dinophysis acuta*. An accumulation of diarrhetic poison in mussels was registered during the summer along the coast from Skagerrak to Stad. As usual, the highest amounts were found in mussels inside the fjords. North of Stad there were fewer problems with poisonous mussels.

Registering and monitoring coral reefs

The Institute of Marine Research has been registering and monitoring coral reefs on annual cruises since 1997. The investigations are concentrated on the continental shelf and the shelf edge from Stad to Lofoten. The areas north of this have not yet been covered. Calculations show that between 30 to 50 % of all Norwegian coral reefs might be destroyed or affected by human activity. All observations of coral reefs are gathered in a data base and the number of registrations early in 2003 is close to 800.

Pollution

Oil contamination in fish. Under the direction of the ICES, tests have been performed to evaluate methods for tracing biological effects of contaminants on pelagic organisms. The purpose is to use these methods in future monitoring. Moorings with blue mussels and cod in cages together with equipment to extract contaminants from the water, were positioned north (Staffjord) and south (German Bight) in the North Sea. The results from these tests are available on the internet (<http://www.niva.no/pelagic/web>).

Radioactivity. The Institute of Marine Research contributes to a national monitoring programme on radioactivity by collecting samples from and with knowledge on the marine environment. In 2002 samples from the Barents Sea (August-September) and a number of fjords (November-December) were collected (samples from the North Sea were collected in December 2001). All samples show levels of radioactivity well below the critical value of 600 Bq kg⁻¹. The Institute of Marine Research also monitors possible leaks from the sunken submarine "Komsomolets" at 1660 m depth SW of Bear Island. No alarming leaks of radioactive material are found so far.

Kapittel 1

Økosystemet i Barentshavet



Foto: T. de Lange Werneck

Økosystemet i Barentshavet

1.1

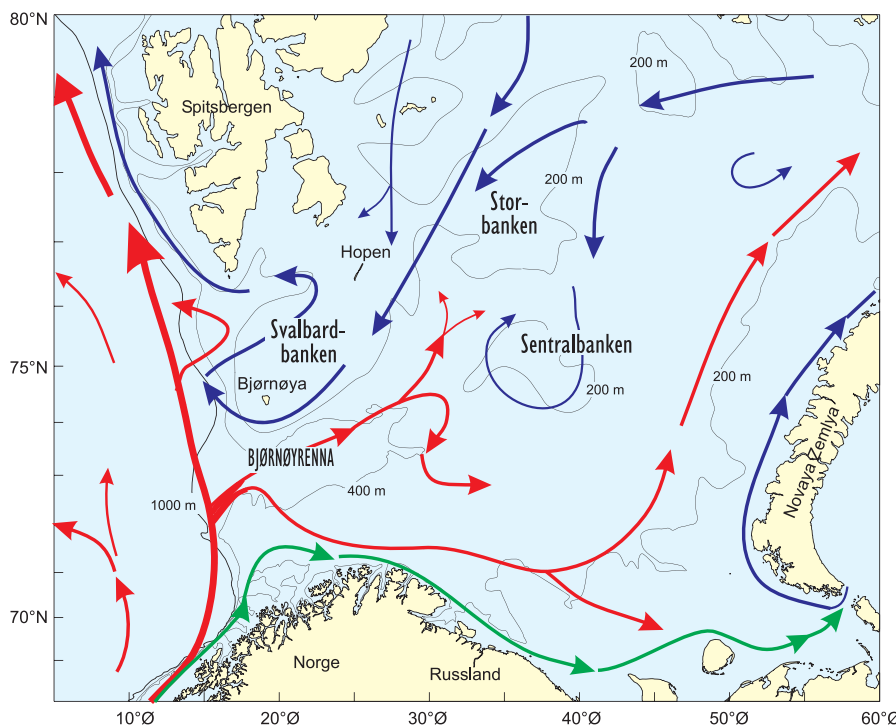
Havklima

Barentshavet er et sokkelhav på omtrent 1,4 millioner km² hvor størstedelen er grunnere enn 300 m og det midlere dypet er 230 m (Figur 1.1). Bunntopografien har stor innflytelse på fordeling og bevegelse av vannmassene. Innstrømningen av atlantehavsvann til Barentshavet skjer med Nordkappstrømmen, som deler seg i en nordlig og en sørlig gren. Strømmen av kaldt arktisk vann går fra nordøst mot sørvest. Barentshavet er karakterisert ved store variasjoner fra et år til et annet, både når det gjelder varmeinnhold og isforhold. Den viktigste årsaken til dette er endringer i mengden atlantehavsvann som strømmer inn i Barentshavet og temperaturen i dette vannet.

I perioden fra 1989 til 1995 var temperaturene i den vestlige del av Barentshavet høyere enn langtidsmiddelet for

perioden 1977-2000 (Figur 1.2). I slutten av 1995 avtok temperaturene i Barentshavet, lå stort sett under langtidsmiddelet fram til 1998, og har deretter vært høyere enn gjennomsnittet. I løpet av de tre første månedene i 2002 var temperaturen i atlantehavsvannet i de vestlige deler av Barentshavet lavere enn året før, men likevel 0,3 °C over langtidsmiddelet. Fra april økte temperaturen betydelig slik at temperaturen i juni var 1 °C over middelet. Dette er den høyeste junitemperaturen som er observert siden målingene startet regelmessig i 1977. Utover sommeren fortsatte temperaturen å være høy, men avtok noe i forhold til langtidsmiddelet, slik at oktobertemperaturen var 0,6 °C høyere enn middelet. På årsbasis var 2002 det femte varmeste året som har blitt observert. Bare årene 1983, 1990, 1991 og 1999 har hatt en høyere årstemperatur. Den høye temperaturen i 2002 skyldes to forhold: stor lokal oppvarming på grunn av høye lufttemperaturer, og dernest en stor innstrømning av atlantehavsvann (se avsnittet som forklarer Figur 1.5). I januar 2003 var temperaturen igjen helt identisk med langtidsmiddelet både i de vestlige og sentrale deler av Barentshavet. Dette skyldes en sterk avkjøling av vannmassene både lokalt og lenger sør på grunn av jevne lave lufttemperaturer fra midten av oktober 2002 til midten av januar 2003.

I sentrale deler av Barentshavet har temperaturutviklingen vært helt lik den lenger vest. Etter at temperaturen de tre første månedene hadde vært nær normalen, steg temperaturen kraftig fram mot sommeren. Utover sommeren og høsten avtok temperaturen noe i forhold til langtidsmiddelet. Lenger øst i Barentshavet var temperaturut-



Figur 1.1

De viktigste trekkene ved sirkulasjonsmønstre og dybdeforhold i Barentshavet. Røde piler: atlantisk vann. Blå piler: arktisk vann. Grønne piler: kystvann.
The most conspicuous features of the circulation and bathymetry of the Barents Sea.

viklingen identisk. I det første kvartalet var temperaturen like over langtidsmiddelet, men steg så til maksimum i august med 0,9 °C høyere enn langtidsmiddelet. Mot slutten av året hadde temperaturen avtatt og var på samme nivå som i 2001, bare 0,3 °C over middelet. Temperaturutviklingen i Barentshavet sett i et lengre perspektiv, er beskrevet i en temaartikkel av Loeng og Ingvaldsen i temadelen i fjorårets rapport.

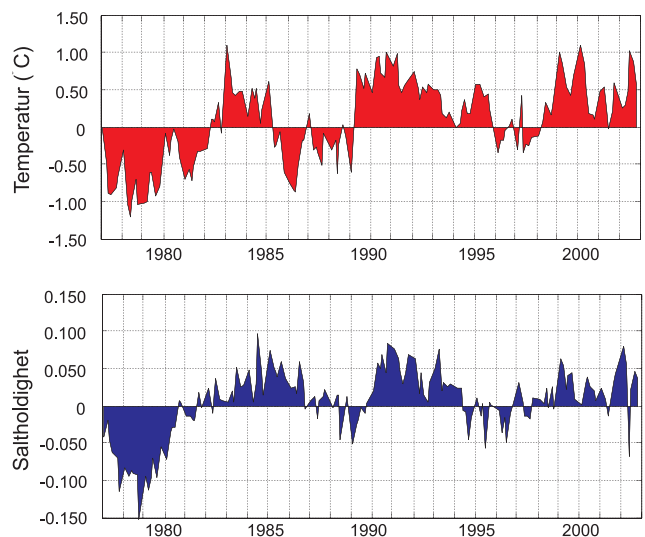
Figur 1.2 viser at saltholdigheten i snittet Fugløy-Bjørnøya i stor grad svinger i takt med variasjoner i temperaturen. Dette gjelder også resten av Barentshavet, som er influert av atlantehavsvann.

Figur 1.3 viser temperaturfordelingen i 100 m dyp i Barentshavet i august-september 2002 (øverst) og i et middelår (nederst). Den dårlige dekningen i sørøstlige deler skyldes at Havforskningsinstituttet ikke fikk tillatelse til å ta observasjoner i dette området. I 2002 var temperaturen i august-september høyere enn middelet i de sørvestlige deler av havet. I Hopendjupet, og spesielt i området mellom Storbanken og Sentralbanken, var temperaturen ubetydelig høyere enn middelet, men svært lik forholdene i 2001. Det kalde området sørøst for Sentralbanken hadde ikke endret seg i forhold til 2001, og var svært lik middelet. På figurene har vi markert den sørvestlige delen av Smutthullet, hvor størstedelen av det internasjonale fisket i Barentshavet foregår. I dette området vil en i varme år vanligvis finne fisk av alle størrelser hele året. I kalde år kan imidlertid dette området være fisketomt i perioder. Da vil fisken trekke lengre sør og vest. Årsaken er at denne delen av Smutthullet ligger i et område med store øst/vest-forskjeller i temperatur (polarfronten). Små øst/vest-forflytninger av vannmassene kan derfor gi store temperaturendringer i Smutthullet. Disse vannmasseforflytningene ser vi tydeligst mellom varme og kalde år i Barentshavet, men de kan også inntreffe på kortere tidsskalaer som uker. Temperaturen i Smutthullet var omtrent på samme nivå i 2002 som i de to tidligere årene, og lå i august-september på samme nivå som et middelår.

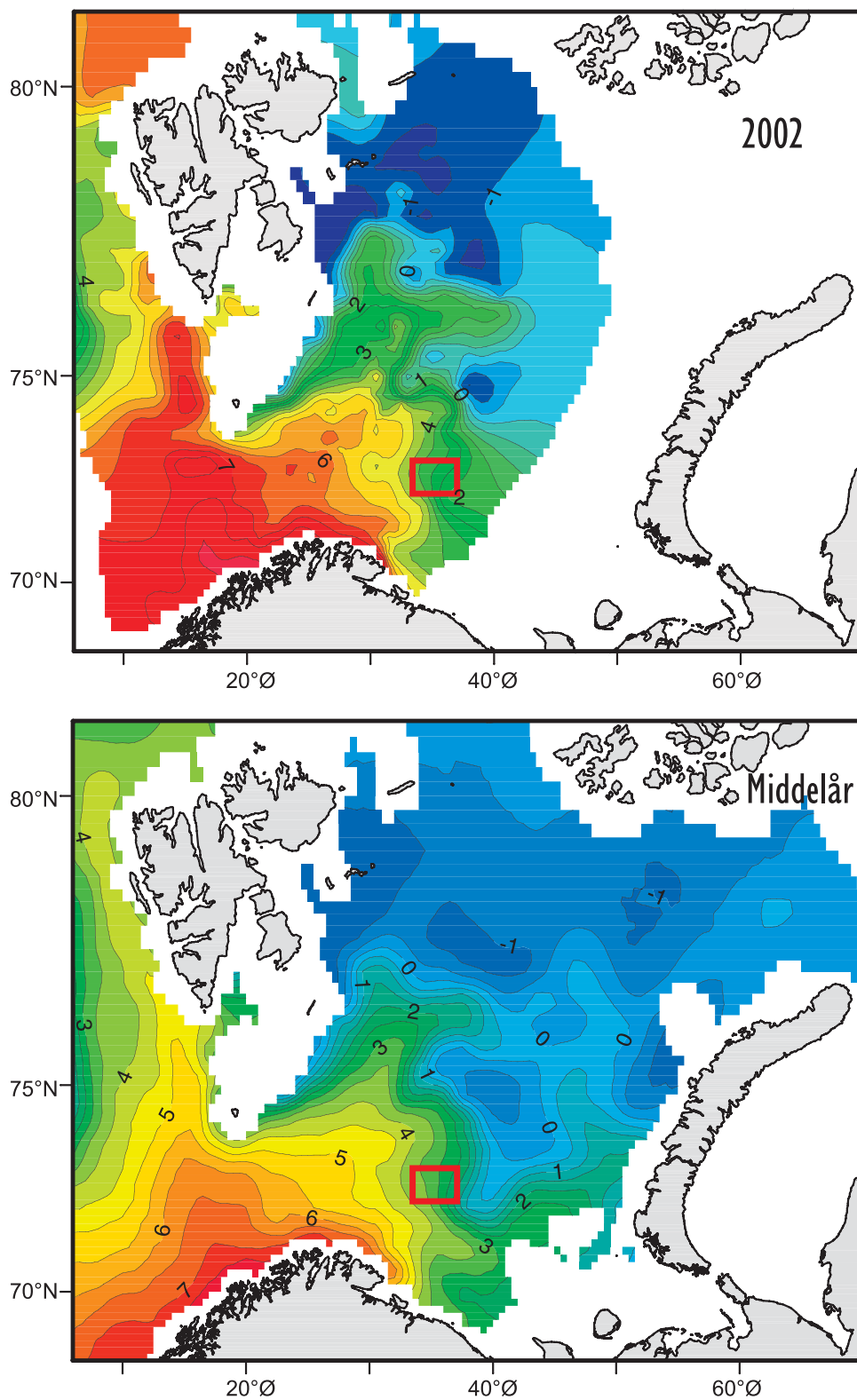
I 2002 var det ubetydelig mer is om vinteren enn året før. Isgrensen lå store deler av vinteren nord for 76°N, i enkelte områder også nord for 77°N, og tilsvarer forholdene i begynnelsen av 1990-årene. I løpet av sommeren 2002 var ismeltingen i Barentshavet stor, og bare fjoråret har totalt sett hatt mindre is enn 2002 (Figur 1.4). Det er ingen sammenheng mellom ismengden om vinteren og sommeren, fordi det er forskjellige prosesser som styrer disse forholdene. Om vinteren er det temperaturforholdene og utbredelsen av atlantehavsvann som hovedsakelig bestemmer hvor langt sør og vest isen kommer, mens det er atmosfæriske forhold som lufttemperatur og vind som bestemmer hvor stor avsmeltingen blir i løpet av sommeren. Den lave temperaturen utover høsten har ført til at det er noe mer is i Barentshavet ved årsskiftet 2002/2003 enn det har vært de

to forrige årene. For 2003 forventes det noe mer is i løpet av vinteren enn i 2002, men fortsatt med positiv isindeks (mindre is enn normalt).

I 1997 begynte Havforskningsinstituttet med strømmålinger fra faste rigger i snittet mellom Fugløy og Bjørnøya. Figur 1.5 viser transport av atlantehavsvann inn i Barentshavet for perioden fra september 1997 og fram til september 2002. Figuren viser at det er store variasjoner i transporten fra måned til måned, og forskjellen er mer enn 10 Sverdrup (1 Sverdrup (Sv) er 1 mill m³s⁻¹, noe som tilsvarer transporten av vannet i alle verdens elver til sammen). I gjennomsnitt transporteres det netto 2 Sv inn i Barentshavet, men i enkelte perioder strømmer det også betydelige mengder ut. Resultatene fra 2002 viser at det var en stor innstrømning av atlantehavsvann i begynnelsen av året sammenlignet med tidligere år. Denne økte innstrømningen ble observert to måneder tidligere i Svinøysnittet (Figur 2.6) ifølge målinger fra Universitetet i Bergen. Utover sommeren avtok innstrømningen igjen. Den store innstrømningen i begynnelsen av året er en av årsakene til at temperaturen steg kraftig, og reduksjonen i innstrømning utover sommeren bidro til lavere temperatur utover høsten. Den store innstrømningen i begynnelsen av året kom for tidlig til at den kunne frakte mye dyreplankton fra Norskehavet og inn i Barentshavet. Med tanke på gode oppvekstvilkår for fiskelarvene kom innstrømningen to måneder for tidlig.



Figur 1.2
Temperatur- og saltholdighetsavvik mellom 50 og 200 m dyp i snittet Fugløy-Bjørnøya i perioden 1977-2002.
Temperature and salinity anomalies between 50 and 200 m.

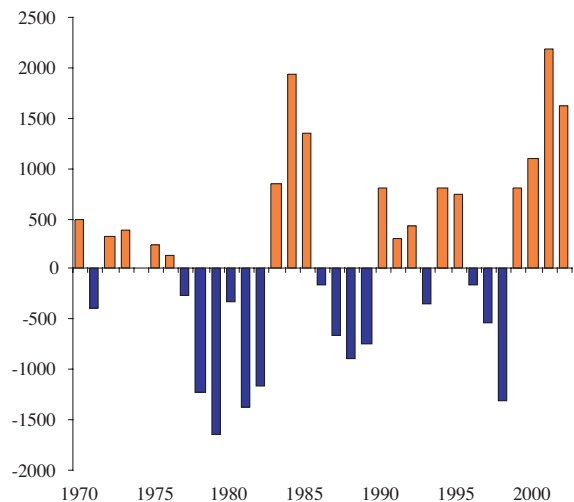


Figur 1.3

Temperaturfordelingen i Barentshavet i 100 m dyp for august-september. Øverst: 2002. Nederst: middelår. Den sørvestlige delen av Smutthullet er markert med rød firkant. Distribution of temperature at 100 m depth during August-September. Upper panel: 2002. Lower panel: mean temperature. The southwestern part of the Loophole is marked with the red square.

Figur 1.6 viser modellert innstrømning til Barentshavet i 2002 framstilt som avvik fra et middel for perioden 1955-2002. Denne figuren viser klart at innstrømningen de første to månedene var langt sterkere enn vanlig, men avvikene fra midlet var ubetydelige videre fram til november. I de to siste månedene av 2002 var det mindre innstrømning enn vanlig. Resultatene fra målingene og modellen er stort sett sammenfallende, med sterk innstrømning helt i begynnelsen av 2002 og senere med relativt lav aktivitet. Den reduserte innstrømningen i mai gjenspeiles både i observasjoner og resultatene fra modellen. Resultatene viser også en svak innstrømning i den perioden hvor det vanligvis er stor transport av dyreplankton og fiskelarver inn i Barentshavet, det vil si i perioden april-juni. Den lave innstrømningen på slutten av året er med på å forklare at temperaturen falt ned mot middelverdien ved årsskiftet 2002/2003.

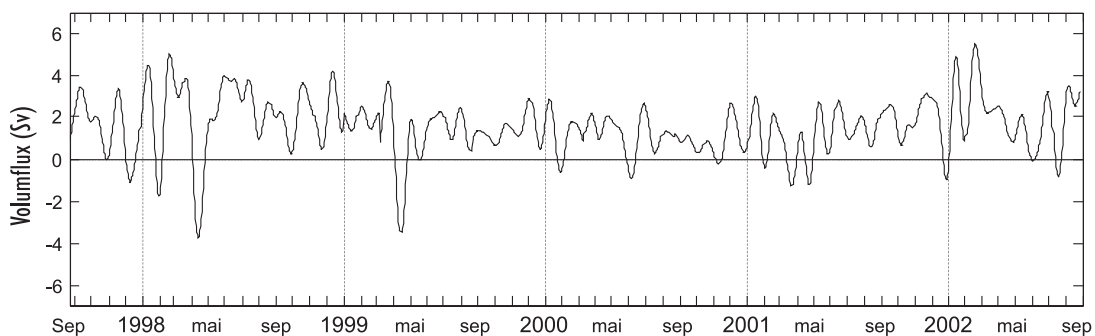
Analyser av lange tidsserier av temperaturforholdene i Barentshavet viser periodiske svinginger, med perioder fra to til omkring tjue år. Mye av den observerte variabiliteten kommer fra disse periodiske endringene, og vi kan derfor bruke statistiske metoder for å varsle de fremtidige temperaturfluktuasjonene i Barentshavet. Figur 1.7 viser at vi er inne i en periode hvor de observerte verdier ligger vesentlig høyere enn den kurvetilpasningen som bygger på de statistiske periodene som er funnet. I 2002 var således temperaturen betydelig høyere enn hva som ble antydnet i fjor. Årsaken til den høye temperaturen i 2002 er forklart ovenfor. Ser man tilbake i tid, vil man legge merke til at observasjonene har større utslag enn prognosene, men stort sett har variasjonsmønsteret vært noenlunde likt. De observasjonene vi har gjort i løpet av 2002 gir få eller ingen indikasjoner på utviklingen utover i 2003. Den sterke avkjølingen på høsten og forholdene tidlig i 2003 indikerer imidlertid en nedgang i temperaturen, spesielt i løpet av første halvår. Forskerne ved havforskningsinstituttet i



Figur 1.4

Isindeks for Barentshavet i perioden 1970-2002. Positive verdier betyr lite is, negative verdier indikerer mye is.
Ice index for the period 1970-2002. Positive values indicate little ice, while negative values show more severe ice conditions.

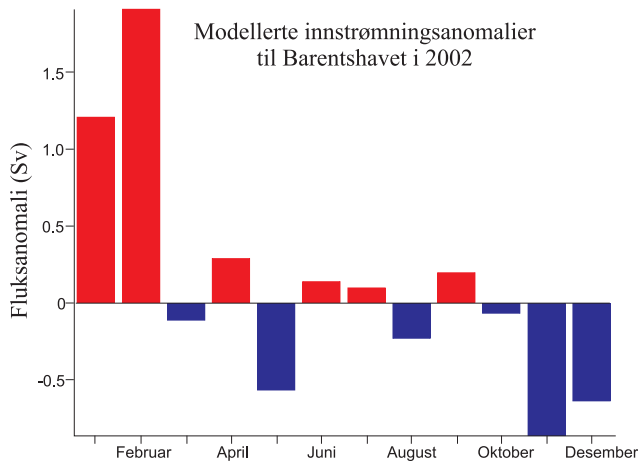
Murmansk (PINRO) har også laget en prognose fram til 2006. Denne følger i store trekk den utviklingen som er vist i Figur 1.7, og indikerer et minimum i temperaturen i 2003. Imidlertid kan vi ut fra tidligere erfaringer forvente oss en større innstrømning til Barentshavet enten i år eller i 2004. Derfor er usikkerheten for temperaturutviklingen større enn på lenge. Det hele vil avhenge av om vi kommer til å få en stor innstrømning av atlantehavsvann i løpet av våren 2003, men mest sannsynlig vil temperaturen fortsette å avta utover året, med påfølgende svak rekruttering av sild og torsk.



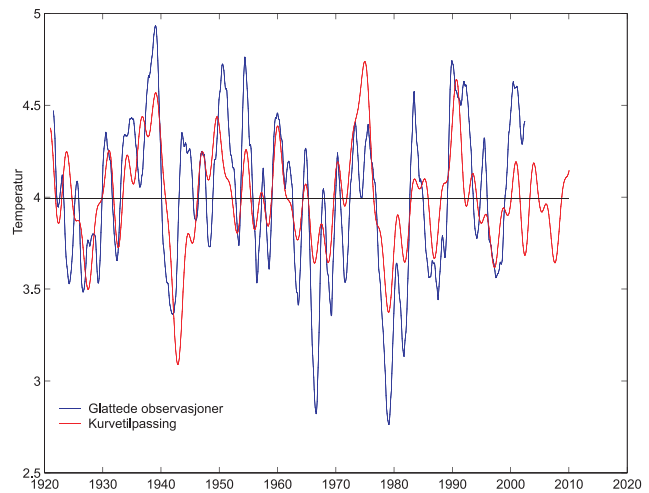
Figur 1.5

Månedsmiddel av observert transport av atlantehavsvann inn i Barentshavet for perioden september 1997–september 2002.

Monthly mean of measured transport of Atlantic water into the Barents Sea.



Figur 1.6
Modellert innstrømning til Barentshavet for hver måned i 2002, vist som avvik fra langtidsmiddelet 1955-2002.
Monthly anomalies of Atlantic inflow to the Barents Sea in 2002.



Figur 1.7
Observert og modellert temperaturutvikling i Kolasnittet i Barentshavet sammen med prognose for denne frem til 2010.
Observed and modelled development of the temperature in the Kola section together with temperature prognosis up to 2010.

1.2

Plankton

Barentshavet er et viktig oppvekstområde for lodde, torsk og sild, og den tette koblingen mellom plankton og fisk gjør at området har vært overvåket i en årrekke.

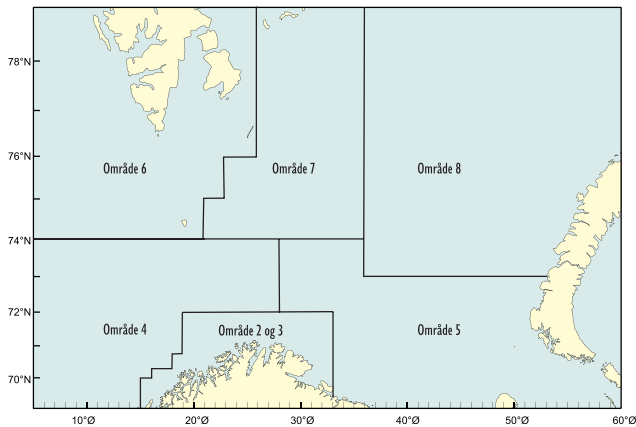
En rik planktonproduksjon opprettholdes ved innstrømning av atlantisk vann med plankton fra Norskehavet. Raudåta, *Calanus finmarchicus*, er en hoppekreps (kopepode) som står for den høyeste biomassen og årsproduksjonen av plankton. Den er det viktigste byttedyret for pelagisk fisk som sild og lodde. Om vinteren står raudåta i Norskehavet på dypt vann, og Den nordatlantiske strømmen bringer lite plankton inn i Barentshavet. Innstrømningsintensiteten og tidspunktet for innstrømning er viktig for mengden av transportert plankton når dette vandrer opp om våren. Fysiske forhold kan således bidra til årlige variasjoner i planktonet. Andre viktige mekanismer som regulerer planktonmengden er predasjon fra pelagisk fisk, men også fra evertebrater som maneter og kammaneter. Ved siden av kopepodene er krill og amfipoder de viktigste bidragsyterne til biomassen.

Siden 1986 har fordeling og sammensetning av dyreplankton i Barentshavet blitt undersøkt årlig i august–september. Hvert år har 100-200 stasjoner blitt tatt gjennom en vid dekning av området i forbindelse med Havforskningsinstituttets 0-

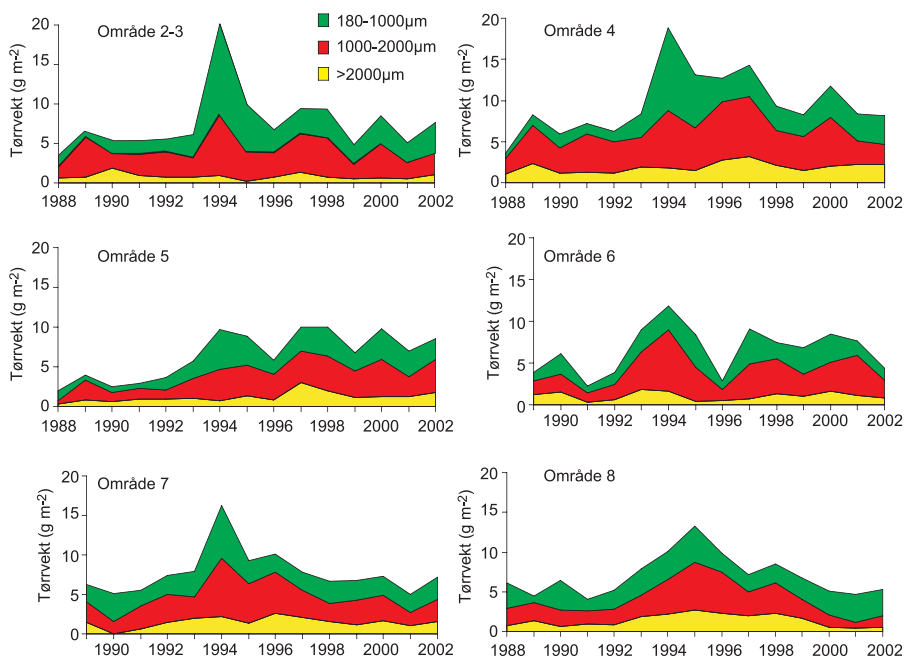
gruppe- og loddeundersøkelser. I september er isutbredelsen i Barentshavet minst, slik at et størst mulig område kan kartlegges. På denne tiden har også primærproduksjonen og beitepresset fra planktonspisende fisk avtatt, og dyreplanktonets biomasse er en god indikator på størrelsen av overvintringsbestanden.

Tidsserien fra 1988-2002 viser biomassen av dyreplankton fra bunn-0 m i forskjellige områder av Barentshavet (Figur 1.8 og 1.9). Data er basert på hal med WP2-håv som fanger raudåte og mindre plankton bra, men som underestimerer større og hurtigsvømmende former. Planktonet blir sortert etter størrelse ved siling på duk med forskjellig maskevidde før prøvene blir tørket og veid. Om høsten inneholder prøvene for det meste overvintrende raudåte i stadium IV-V, og disse dominerer i størrelsesgruppen 1000-2000 μm . Krill, amfipoder og pilormer er vesentlige bestanddeler i den største størrelsesgruppen $> 2000 \mu\text{m}$, mens småkopepoder og yngre raudåtestadier dominerer i 180-1000 μm -fraksjonen.

Fra 1991-94 var det en tydelig tendens til en økende biomasse i vannsøylen i alle deler av Barentshavet, og for område 8 fortsatte økningen videre til 1995. I årene etter har biomassen ligget på et lavere nivå på mellom 5 og 10 g m^{-2} . I 2002 var



Figur 1.8
Områdeinndeling av Barentshavet (tidligere "flerbestandsområder").
Division of the Barents Sea into subregions ("multispecies regions").



Figur 1.9
Middelverdier av størrelsesfraksjonert
dyreplanktonbiomasse, g m^{-2} (askefri tørrvekt 1988-1989 og tørrvekt 1990-2002), fra bunn-0 m i "flerbestandsområdene" 2-8. Askefri tørrvekt tilsvarer ca. 80 % av tørrvekt.
Mean values of size separated zooplankton biomass, g m^{-2} (ash free dry weight 1988-1989, dry weight 1990-2002), from bottom-0 m in the "multispecies" region 2-8. Ash free dry weight is about 80 % of dry weight.

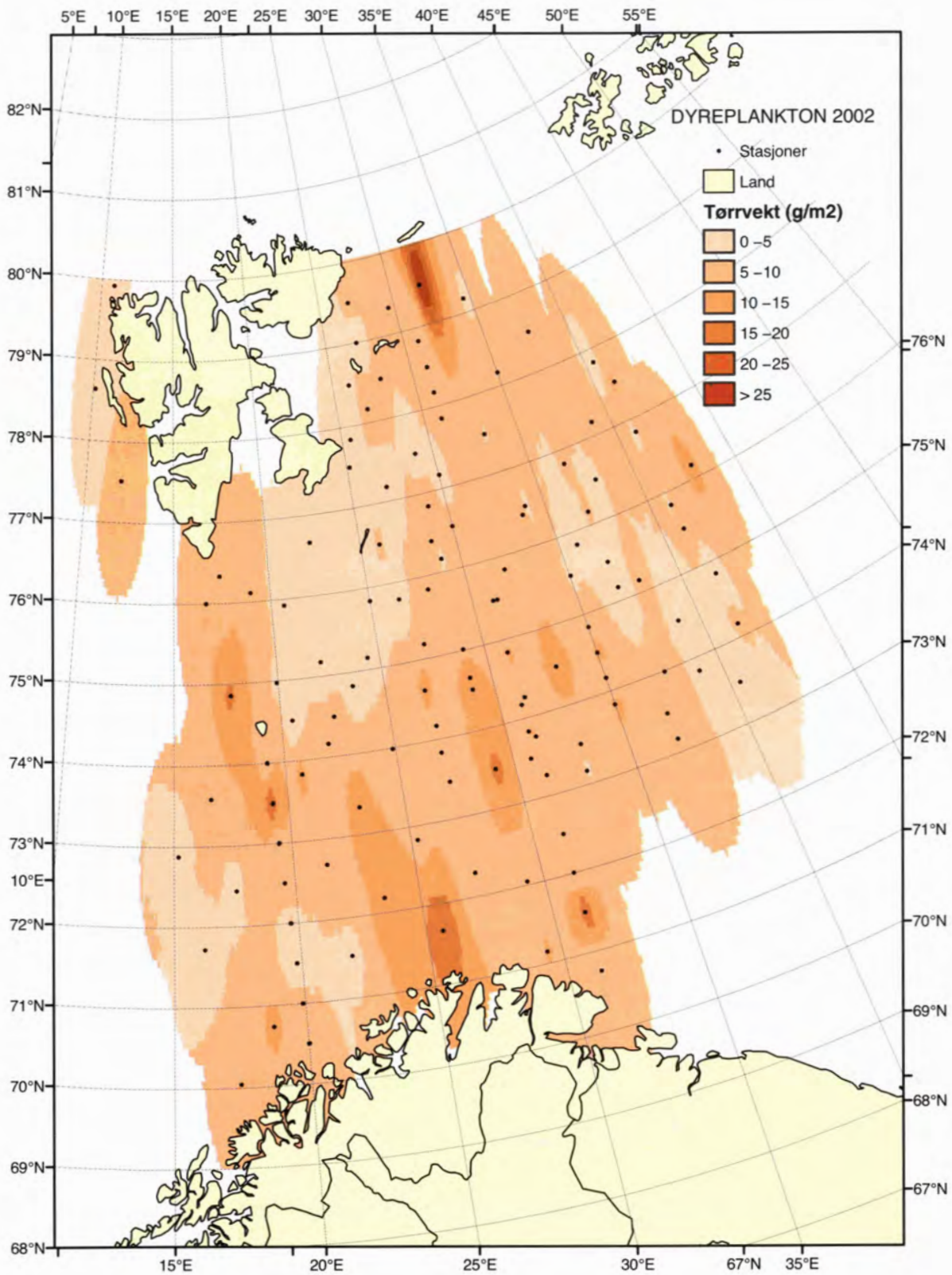
det minst plankton i nordøst i område 8 med $5,34 \text{ g m}^{-2}$, mens biomassen var $8,19$ og $8,54 \text{ g m}^{-2}$ i sør (område 4 og 5).

En vesentlig del av biomassen i område 8 var små former ($180-1000 \mu\text{m}$). I løpet av de siste fire årene steg andelen fra under 40 til over 70 %. Større former som overvintrende raudåte i stadium IV-V og andre store arter var tilsvarende underrepresentert, og dette kan ha en viss betydning for mattilbudet for planktonspisende fisk.

Oversiktskartet gir et mer nyansert bilde av planktonfordelingen i 2002 (Figur 1.10). Det er en svak tendens til at de høyeste planktonkonsentrasjonene finnes sør for 75°N , men

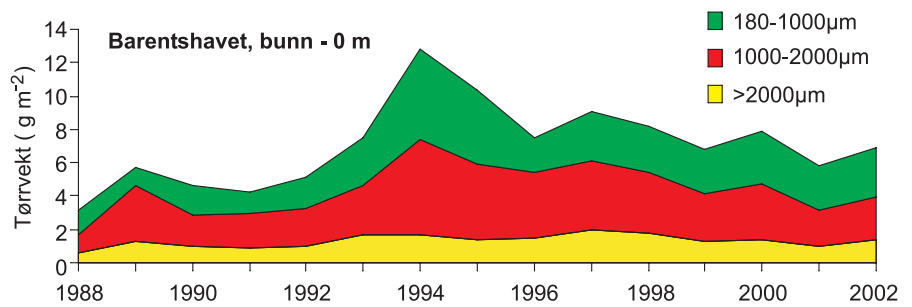
bildet er ikke på langt nær så markert som i "gode" år, for eksempel 1994, da sterk innstrømning bidro til en økt konsentrasjon av dyreplankton i sør og vest.

I Figur 1.11 er samtlige data fra toktene behandlet under ett. Den høyeste biomassen i Barentshavet var i 1994 med $12,8 \text{ g m}^{-2}$ (bunn-0 m, Figur 1.11 øverst). Fra 2001 til 2002 økte den fra $5,85$ til $6,88 \text{ g m}^{-2}$. Biomassen i de øverste 100 m (Figur 1.11 nederst) viser de samme svingningene som i bunn-0 m, men mengden er under halvparten av biomassen i hele vannsøylen. Planktonet i 100-0 m skiller seg ut med en langt høyere andel av små organismer. Dette kan forklares med at nedvandring av de

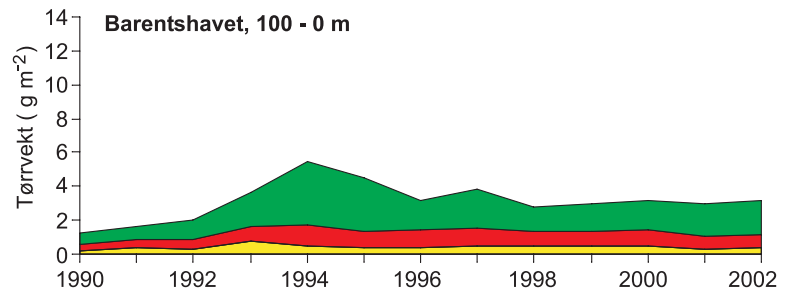


Figur 1.10

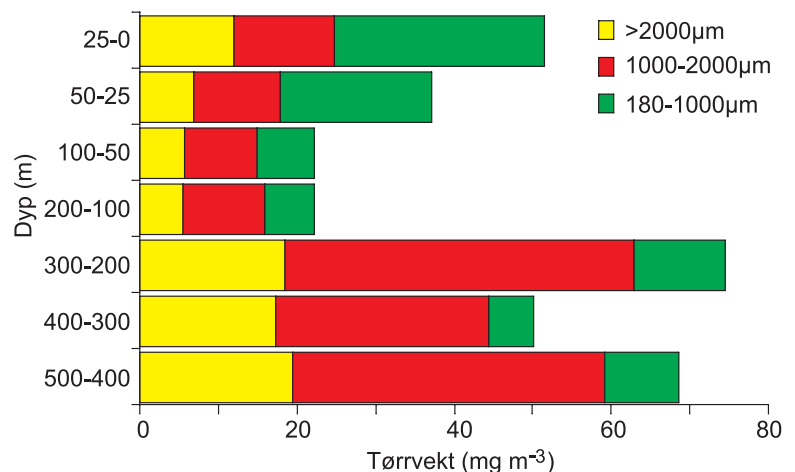
Fordelingskart av dyreplankton i Barentshavet høsten 2002.
 Distribution of zooplankton in the Barents Sea in 2002.

**Figur 1.11**

Middelverdier av dyreplanktonbiomasse for perioden 1988 til 2002 i hele Barentshavet fra bunn-0 m (øverst) og fra 100-0 m (nederst). Mean values of zooplankton biomass for the period 1988 to 2002 in the Barents Sea from bottom-0 m (top) and from 100-0 m (bottom).

**Figur 1.12**

Gjennomsnittlig vertikalfordeling av dyreplankton i Barentshavet basert på 44 hal med MOCNESS. Average vertical distribution of zooplankton in the Barents Sea, based on 44 hauls with MOCNESS-trawl.



eldre kopepodittstadiene har funnet sted, og at overflaten nå domineres av yngre stadier av raudåte, eller av andre mindre planktonorganismer.

Ved siden av WP2-trekkene benytter vi MOCNESS flerpøsehåv til å kartlegge vertikalfordelingen av dyreplanktonet. Dette er et relativt stort redskap som fanger større plankton mer effektivt enn vanlige håver. I 2002 ble det tatt 44 hal

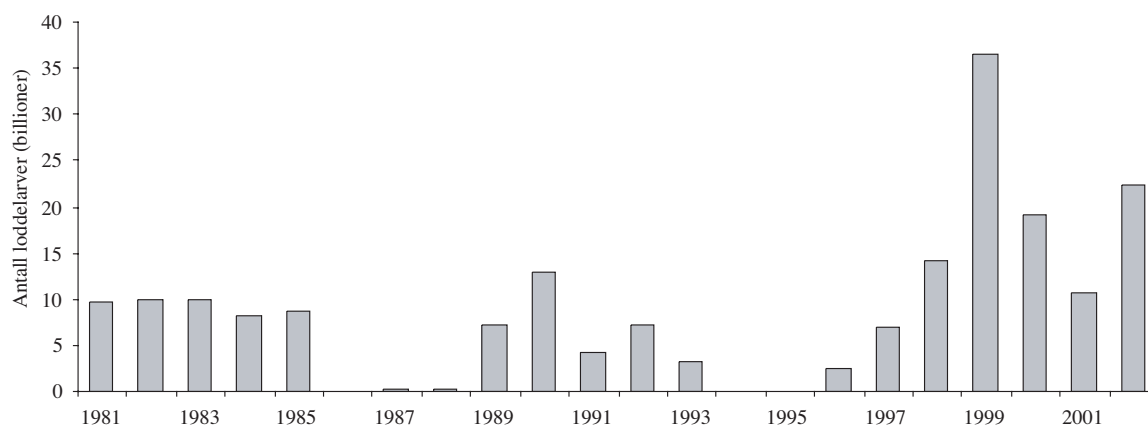
med MOCNESS i standarddyp fra overflaten og ned til bunnen. Vertikalfordelingen varierer fra sted til sted, men en gjennomsnittsfordeling fra samtlige stasjoner viser at de største konsentrasjonene av dyreplankton var i overflaten og på større dyp under 200 m (Figur 1.12). De minste planktonorganismene dominerte i overflaten, mens de større formene, spesielt overvintrende raudåte, var mest tallrike under 200 meters dyp.

Lodde

Det ble samlet inn loddelarver med FF "Michael Sars" i norsk sone i Barentshavet i perioden 7. juni-6. juli 2002 i regi av Senter for marine ressurser. Skipet fikk heller ikke i år uhindret adgang til russisk sone, så et fullstendig undersøkelserprogram lot seg ikke gjennomføre. For å kartlegge loddelarvefordelingen ble det tatt 246 stasjoner med Gulf III-planktonsamler. Det var en østlig fordeling av loddelarver i 2002. Disse ble funnet i et stort område fra 28 til 40°Ø, og så langt nord som 73°N. Et så stort utbredelsesområde tyder på at gytingen og larveproduksjonen har vært vellykket. De høyeste konsentrasjonene og de minste larvene ble funnet nær kysten. Det totale antallet loddelarver ble beregnet til 22.4

$\times 10^{12}$ (Figur 1.13). Larveforekomstene fortsatte inn i russisk sone, så det beregnede antall larver er et underestimat.

Under 0-gruppetoktet høsten 2002 ble det påvist 0-gruppe lodde i den sentrale og østlige delen av Barentshavet. Årsklassen av lodde kan karakteriseres som middels. Forholdet mellom larveestimatet og 0-gruppeindeksen har de siste årene vært relativt konstant, men overlevelsen mellom disse stadiene er redusert i forhold til de forutgående årene. Dette kan skyldes et høyere beitepress på larvene de siste årene. Prognoser for utviklingen i loddebestanden er nærmere beskrevet i Havets ressurser 2003.



Figur 1.13

Antall loddelarver for perioden 1981-2002.

The number of capelin larvae during the period 1981-2002.

Kapittel 2

Økosystemet i Norskehavet



Foto: H. Sagen

2

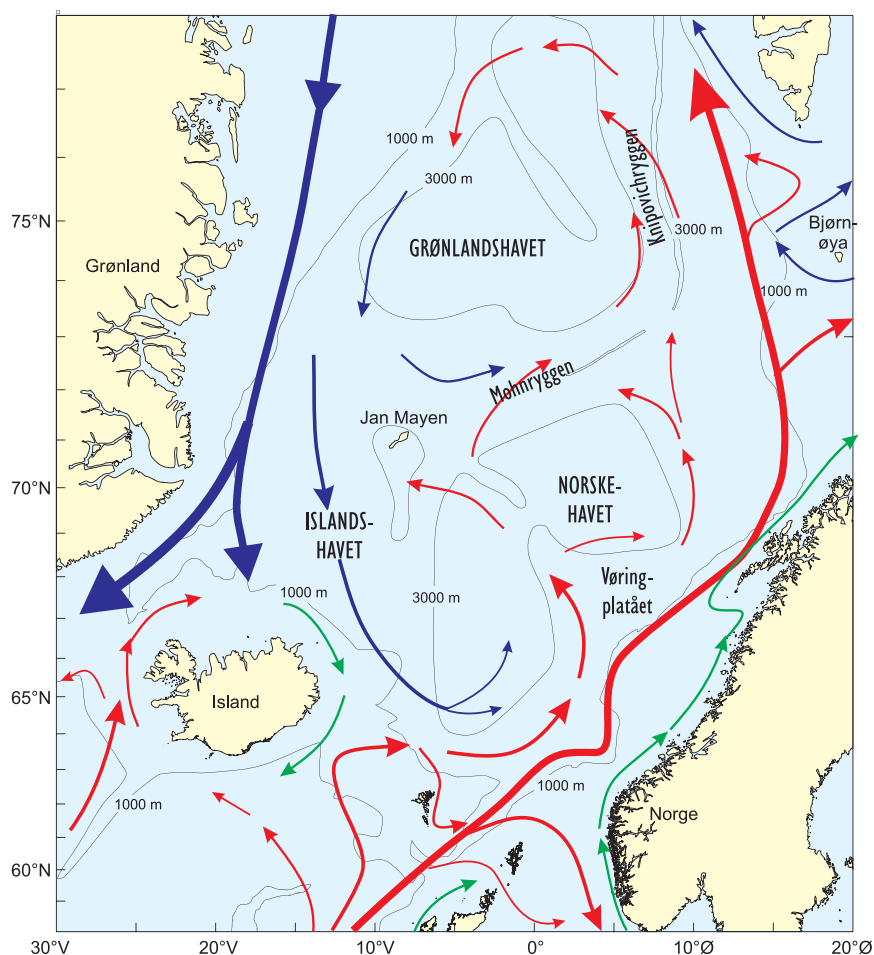
Økosystemet i Norskehavet

2.1

Havklima

Det varmeste og salteste vannet som kommer inn i Norskehavet fra Atlanterhavet går hovedsakelig gjennom Færøyna-Shetlandsrennen der det følger eggkanten nord av Skottland (Figur 2.1). En annen strømgren som også fører atlantehavsvann kommer inn nord av Færøyene, etter å ha krysset Grønland-Skottland-ryggen mellom Færøyene og

Island. Lenger vest er det innstrømming av atlantehavsvann til nordislandske kystfarvann. Atlanterhavsvannet som strømmer inn i Norskehavet avgir store varmemengder til atmosfæren, slik at det nordvestlige Europa har et meget mildt klima i forhold til sin geografiske bredde. Dette fører til at hele Norskehavet og store deler av Barentshavet er isfritt og åpent for biologisk produksjon.



Figur 2.1

De viktigste trekkene ved sirkulasjonsmønstre og dybdeforhold i Norskehavet, Islands-havet og Grønlandshavet. Røde piler: atlantisk vann. Blå piler: arktisk vann. Grønne piler: kystvann.

The main circulation pattern and bathymetry of the Iceland Sea, Norwegian Sea and Greenland Sea. Red arrows: Atlantic water. Blue arrows: Arctic water. Green arrows: Coastal water.

Variasjoner i transporten av atlantisk vann og de temperatur-svingningene som dette fører til, er en viktig økologisk faktor som virker inn på de biologiske forholdene i havet. Ofte rekrutteres store årsklasser av fiskebestandene i varme perioder. Temperaturvariasjonene er nødvendigvis ikke et mål for varmemengden som kommer inn i Norskehavet, fordi denne også avhenger av volumtransporten. Variasjoner i volumtransporten har vi langt mindre kjennskap til enn temperaturvariasjonene. Grunnen til dette er at transportmålinger er meget kostbare å gjennomføre.

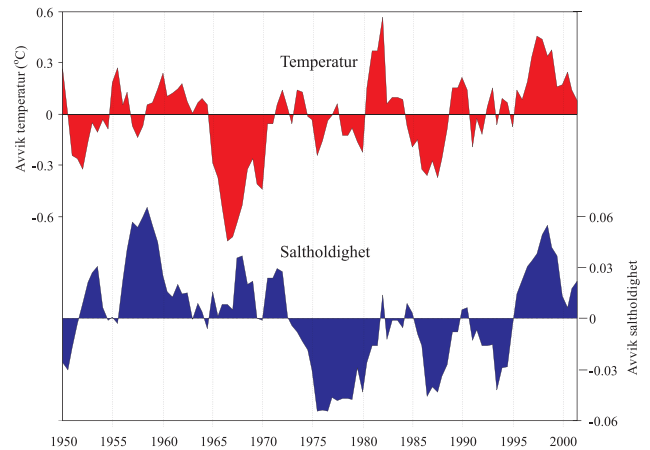
Langtidsserier

Atlantehavsvannet på den skotske siden av Færøy-Shetlandsrennen kommer i hovedsak inn i området sør av Færøy-banken, spesielt langs kontinentalskråningen vest av De britiske øyer (Figur 2.1). Temperaturen og saltholdigheten i dette vannet har vært målt siden 1902. Figur 2.2 viser målingene fra og med 1950 og til og med 2001. Måleserien viser flere perioder som enten har vært kalde eller varme. Den kaldeste perioden i måleserien var i siste halvdel av 1960-tallet. På det kaldeste var da temperaturen mer enn 0,6 °C under langtidsmiddelet fra 1950 til 2001. I samme periode var atlantehavsvannet litt saltere enn langtidsmiddelet. Fra 1973 til 1981 var atlantehavsvannet betydelig ferskere enn normalen. Dette relativt ferske atlantehavsvannet strømmet videre nordover, og kunne således ses i de hydrografiske snittene i Norskehavet. Siden 1995 har både temperaturen og saltholdigheten i det innstrømmende atlantehavsvannet vært bemerkelsesverdig høy, med en topp i 1998.

Figur 2.3 viser temperatur- og saltholdighetsvariasjoner fra 1978, i snittene Svinøy-NV, Gimsøy-NV og Sørkapp-V (se Figur 0.1 for posisjoner). Snittene viser forholdene i henholdsvis sørlige, sentrale og nordlige deler av det østlige Norskehavet. Verdiene representerer sommerforholdene, i kjernen av atlantehavsvann mellom 50 og 200 m dyp, like utenfor eggakanten. Dataene er basert på målinger som er tatt i perioden fra slutten av juli til begynnelsen av september. Noen likhetstrekk med forholdene nord av Skottland (Figur 2.2) forekommer også i disse snittene, som for eksempel lav saltholdighet på slutten av 1970-årene og perioden med lave temperaturer og saltholdighetsverdier på slutten av 1980-årene.

I det sørlige Norskehavet har både saltholdigheten og temperaturen vært relativt høy de siste seks årene, noe som er i samsvar med det som er observert i det innstrømmende vannet i Færøy-Shetlandsrennen (Figur 2.2). Siden 1996 har det derimot vært en saltholdighetsøkning for alle de tre snittene i Norskehavet. At svingningene ikke er de samme for alle tre snittene i Norskehavet, skyldes blant annet at det atlantiske vannet blir påvirket av andre tilstøtende vannmasser etter hvert som det strømmer nordover.

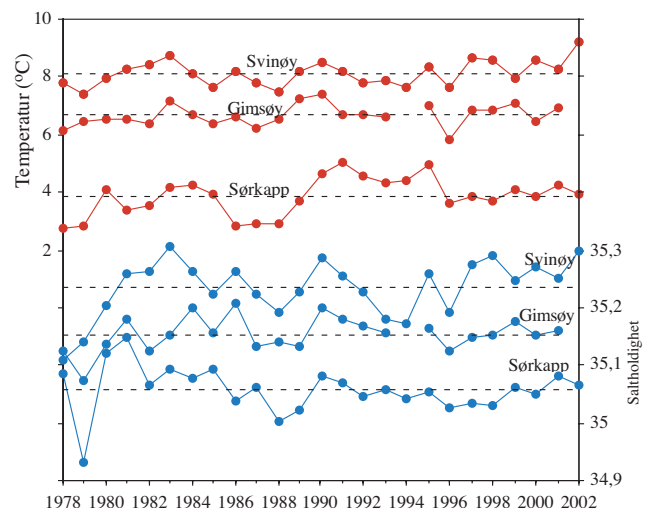
I 2002 var det en kraftig oppgang i både temperatur og saltholdighet i det sørlige Norskehavet, sammenlignet med 2001. Temperaturen var da den høyeste i hele tidsserien.



Figur 2.2

Tidsserier av temperatur og saltholdighet i atlantehavsvann over eggakanten nord av Skottland. Verdiene er vist som avvik der sesongvariasjonen er fjernet. Kurven viser 24 måneders glidende midler beregnet fra 6 månedersintervaller. Gjengitt med tillatelse fra Marine Laboratory, Aberdeen.

Time series of temperature and salinity in surface waters lying at the shelf edge north of Scotland. Values are presented as anomalies where the seasonal cycle has been removed. The curves are the result of 24 months centred running means, calculated at 6 months intervals. Courtesy of the Marine Laboratory, Aberdeen.



Figur 2.3

Temperatur og saltholdighet i kjernen av atlantisk vann for snittene Svinøy-NV, Gimsøy-NV og Sørkapp-V. Verdiene er midlet mellom 50 og 200 m dyp og er basert på målinger tatt i juli/august (1978-2002). (Lokalisering av snittene er vist i Figur 0.1).

Temperature and salinity, July/August in the core of Atlantic water in the sections Svinøy-NW, Gimsøy-NW and Sørkapp-W, averaged between 50 and 200 m depth (1978-2002). (Positions of the sections are indicated in Figure 0.1).

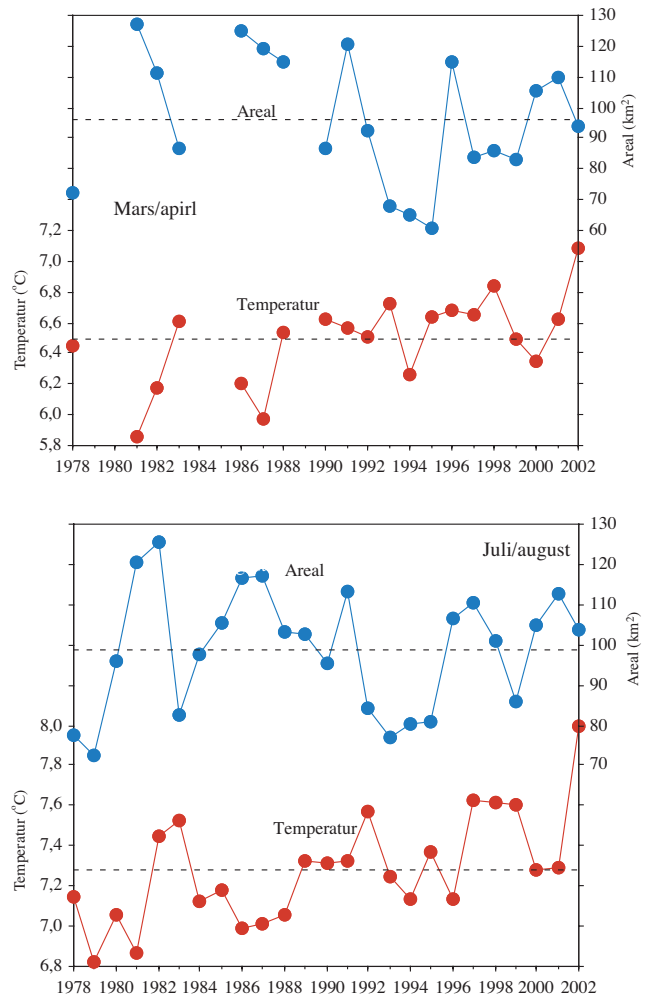
Økningen i både temperatur og saltholdighet for 2002 henger sammen med en økt transport av atlantisk vann fra Atlanterhavet og inn i Norskehavet. Dette har man sett ut fra strømmålinger som er gjort både på Svinøysnittet og i Færøy-Shetlandsrennen. Denne økningen i temperatur og saltholdighet er foreløpig ikke blitt observert i det nordlige Norskehavet der det, i forhold til 2001, var en liten nedgang i både temperatur og saltholdighet.

Variasjoner i vannmassefordeling

Variasjoner i areal og i middeltemperatur av atlantisk vann i Svinøysnittet om våren og sommeren er vist i Figur 2.4. Atlantisk vann er her definert som alt vann med saltholdighet høyere enn 35. Høye verdier av areal er et resultat av en større utbredelse av atlantisk vann i snittet. En større utbredelse kan forekomme ved at det atlantiske vannet har en mer vestlig utbredelse, eller ved at det har en dypere utstrekning i ett eller flere områder. Mye vestavind vil føre til at det atlantiske vannet blir presset østover, dvs. mindre vestlig utbredelse som gir et lavere areal i snittet. I perioden 1992-1995 var arealet av det atlantiske vannet i snittet langt lavere enn langtidsmiddelet fra 1978 til 2002 for både vår og sommer. De tre årene 1993-1995 hadde de laveste verdiene siden 1979 i begge tidsseriene. Temperaturen i det atlantiske vannet har hatt en oppadgående trend, og langtidstrenden viser at det atlantiske vannet har blitt ca. 0,5 °C varmere fra 1978 til 2002. I 2002 var temperaturen den høyeste som er observert i begge tidsseriene, 7,1 og 8 °C for henholdsvis vår og sommer. Sommertemperaturen økte betydelig med 0,7 °C fra 2001 til 2002. Derimot var arealet av atlantisk vann i 2002 nær langtidsmiddelet for begge tidsseriene.

Endringene i havklima og vannmassefordeling som er observert i Norskehavet, styres i hovedsak av den storstilte fordeling av atmosfæretrykk i den nordatlantiske sektoren og tilhørende vindforhold. En indeks for variasjon i trykkforskjellen mellom Azorene utenfor Portugal og Island er mye benyttet som et mål for intensiteten i vindsystemet over det nordlige Atlanterhavet. Denne trykkvariasjonen er kjent som "Den nordatlantiske oscillasjon" (NAO) og står i nær sammenheng med vindforholdene i Norskehavet, og dermed med utbredelsen av de ulike vannmassene. Med høy NAO som gir mye vestavind, blir påtrykket av arktiske vannmasser fra vest også større. Som et eksempel var det mye vestavind første halvdel av 1990-årene, noe som medførte en mindre vestlig utbredelse av atlantisk vann i Norskehavet. Dette kan ses i tidsseriene for areal av atlantisk vann i perioden 1992-1995 (Figur 2.4). Endringene mot mer arktiske og kaldere forhold i vestlige og sentrale deler av Norskehavet siden slutten av 1960-årene står således i forbindelse med årsakene til en økt NAO-indeks.

Siden 1995 har Havforskningsinstituttet gjennomført årlige tokt i Norskehavet fra slutten av april til begynnelsen av juni. Disse innbefatter målinger av hydrografi, dyreplankton og sild. Siden disse målingene dekker mesteparten av Norskehavet, er det mulig å lage årlige volumberegninger av de

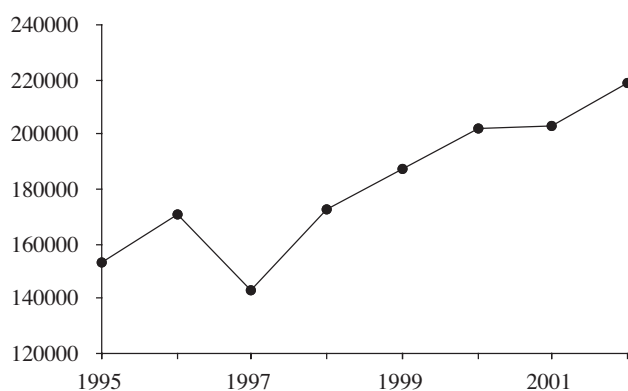


Figur 2.4

Areal (km²) og middeltemperatur av atlantisk vann i Svinøysnittet, observert i mars/april (øverst) og juli/august (nederst) fra 1978 til 2002. Atlantisk vann er her definert som vann med saltholdighet høyere enn 35. Høye verdier av areal er et resultat av en større utbredelse av atlantisk vann i snittet.

Area (km²) and averaged temperature of Atlantic water in the Svinøy section, observed in March/April (upper figure) and July/August (lower figure) from 1978 to 2002. Atlantic water is defined as water with salinity above 35. High values of area are results of a larger distribution of Atlantic water in the section.

nevnte parametrene. Her vil bare volum av atlantisk vann bli presentert. Figur 2.5 viser volum av alt atlantisk vann i Lofotenbassenget fra 68°N til 72°N. Atlantisk vann er her, som tidligere, også definert som alt vann med saltholdighet høyere enn 35. Siden 1995 har volumet økt hvert år, unntatt i 1997 da det var en nedgang. Denne økningen skyldes ikke først og fremst at atlantisk vann har spredd seg vestover, men heller en større vertikal utbredelse, dvs. at tykkelsen av det atlantiske vannet har økt. I 1995 var maksimums dyp av det atlantiske vannet ca. 400 meter, mens det i 2002 var mange områder med atlantisk vann på mer enn 700 meters dyp.



Figur 2.5

Volum (10^3 km^3) av atlantisk vann i Lofotenbassenget fra 68°N til 72°N . Verdiene er basert på hydrografimålinger tatt fra slutten av april til begynnelsen av juni. Atlantisk vann er her definert som vann med saltholdighet høyere enn 35.

Volume (10^3 km^3) of Atlantic water in the Lofoten Basin from 68°N to 72°N . The values are based on hydrography stations during end of April to beginning of June. Atlantic water is defined as water with salinity above 35.

Klimaforhold og utbredelse av vannmasser har stor betydning for produksjon og fiskefordeling i Norskehavet. I flere år har for eksempel silda ikke vandret inn i islandsk sone på grunn av økt østlig utbredelse av kaldt arktisk vann. De siste årene har det om våren vært en stor tilførsel av arktisk vann til

det sørlige Norskehavet. Dette er kanskje forklaringen på at silda har hatt en nordøstlig utbredelse de siste somrene.

Volumtransport

Volumtransporten av atlantisk vann inn i Norskehavet er de siste årene blitt målt med strømmålere i Svinøysnittet. Målerne er plassert slik at de fanger opp variasjoner av strømmen i kjernen av det atlantiske vannet ved eggakanten. Målerne fanger derimot ikke opp strøm lenger ute i snittet. Figur 2.6 viser tre måneders og ett års glidende midler av transporten fra mai 1995 til september 2002. Innstrømningen er størst om vinteren og lavest om sommeren. Selv om tidsserien viser mange og raske svingninger, eksisterer det også langperiodiske svingninger. Fra 1999 var det en nedadgående trend frem til sommeren 2001, som hadde de laveste verdiene i hele tidsserien. Deretter var det en kraftig stigning av transporten frem til vinteren 2002, som hadde de høyeste verdiene i hele serien. Frem til september 2002, dvs. slutten av serien, har 2002 hatt en relativt høy transport av atlantisk vann inn i Norskehavet.

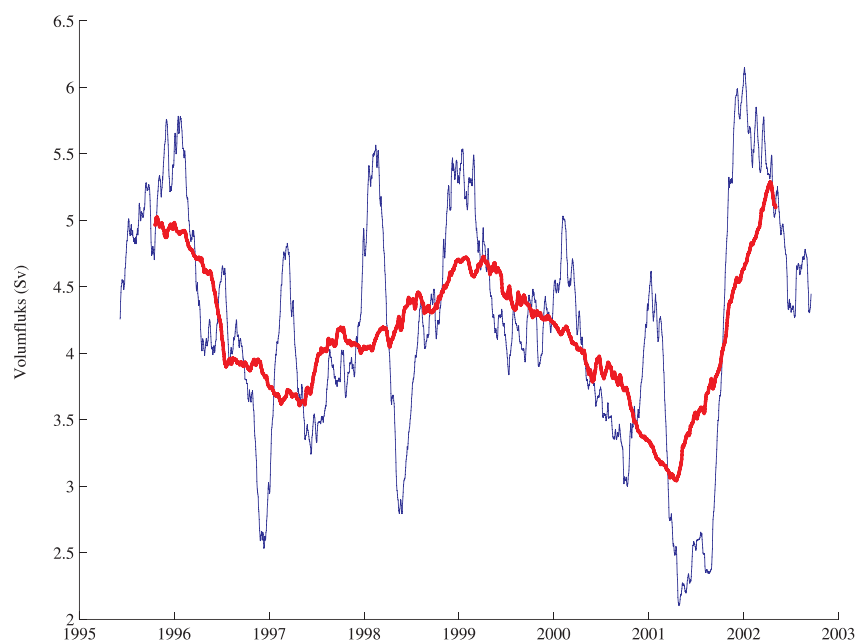
Bruk av ny teknologi: Argo-bøyer

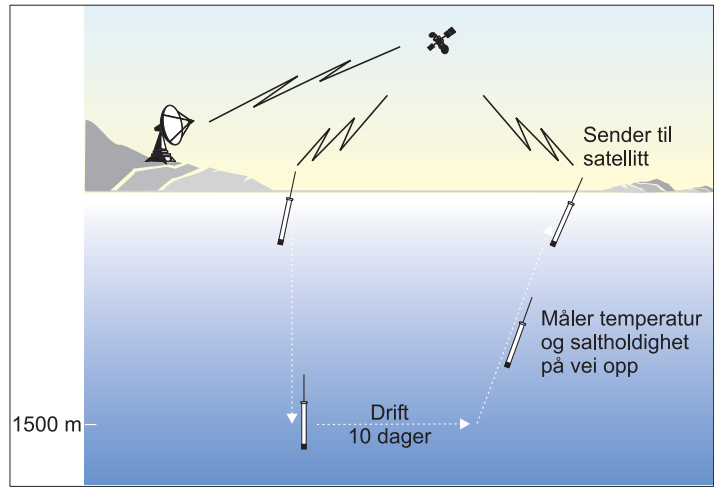
I juni 2002 ble ny teknologi tatt i bruk for å overvåke klimaet i Norskehavet. Havforskningsinstituttet utplasserte da tre Argo-bøyer sørvest i Norskehavet. Bøyene vil der drive fritt i 1500 m dyp, og hver tiende dag stige opp til overflaten mens de måler temperatur og saltholdighet. Dataene blir sendt via satellitt til land (se Figur 2.7). Dette gir oss anledning til en mer kontinuerlig overvåkning, samtidig som vi får ny og mer kunnskap over områder som vanligvis ikke er dekket med toktvirksomhet. En Argo-bøye har en levetid på 4-5

Figur 2.6

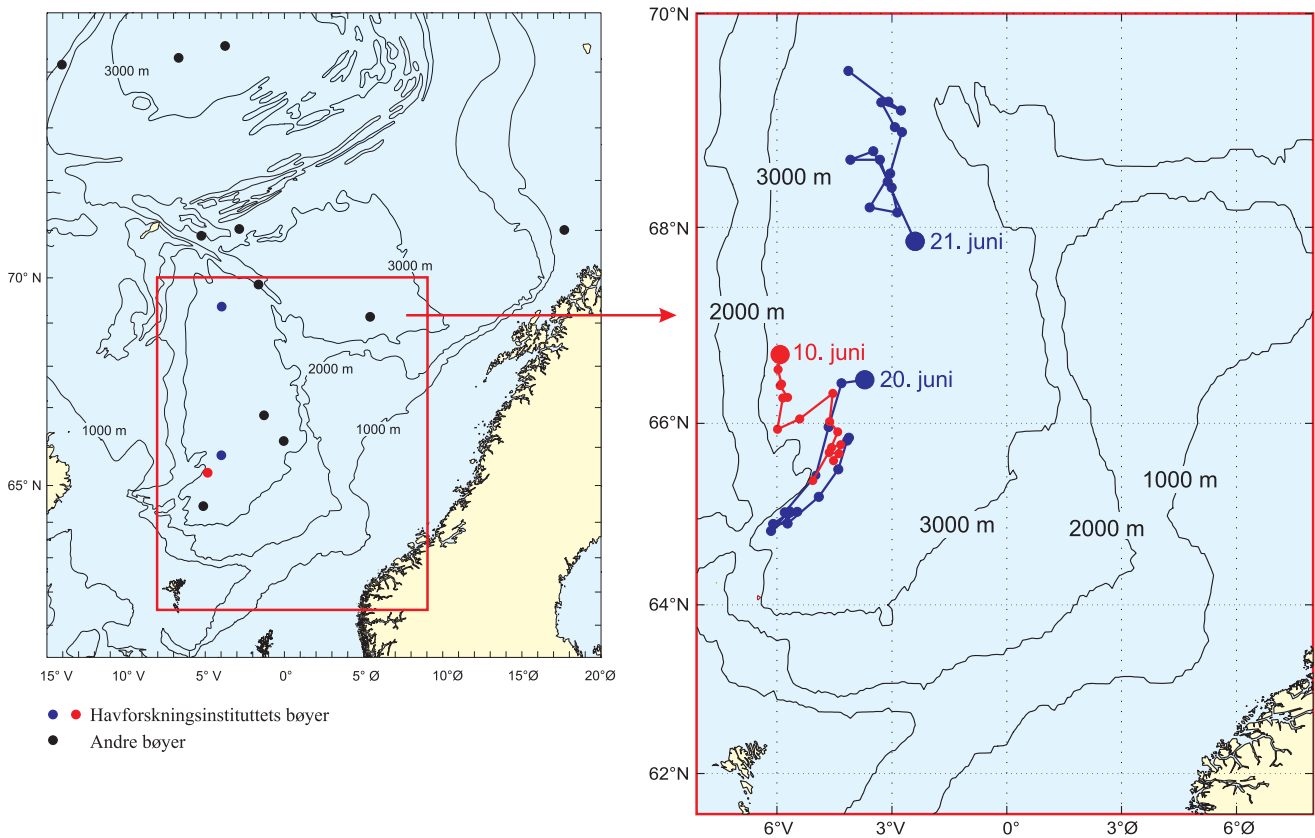
Volumtransporter av atlantisk vann fra mai 1995 til september 2002 ved eggakanten gjennom Svinøysnittet. Tidsseriene er tre måneders og ett års glidende midler av dataene. Verdiene er gitt i Sverdrup (en Sverdrup er $10^6 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$). Gjengitt med tillatelse fra Geofysisk institutt, Universitetet i Bergen.

Volume transports of Atlantic water from May 1995 to September 2002 at the shelf edge through the Svinøy section. The time series are three months and one year running means of the data. The values are in Sverdrup (one Sverdrup is $10^6 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$). Courtesy of the Geophysical Institute, University of Bergen.





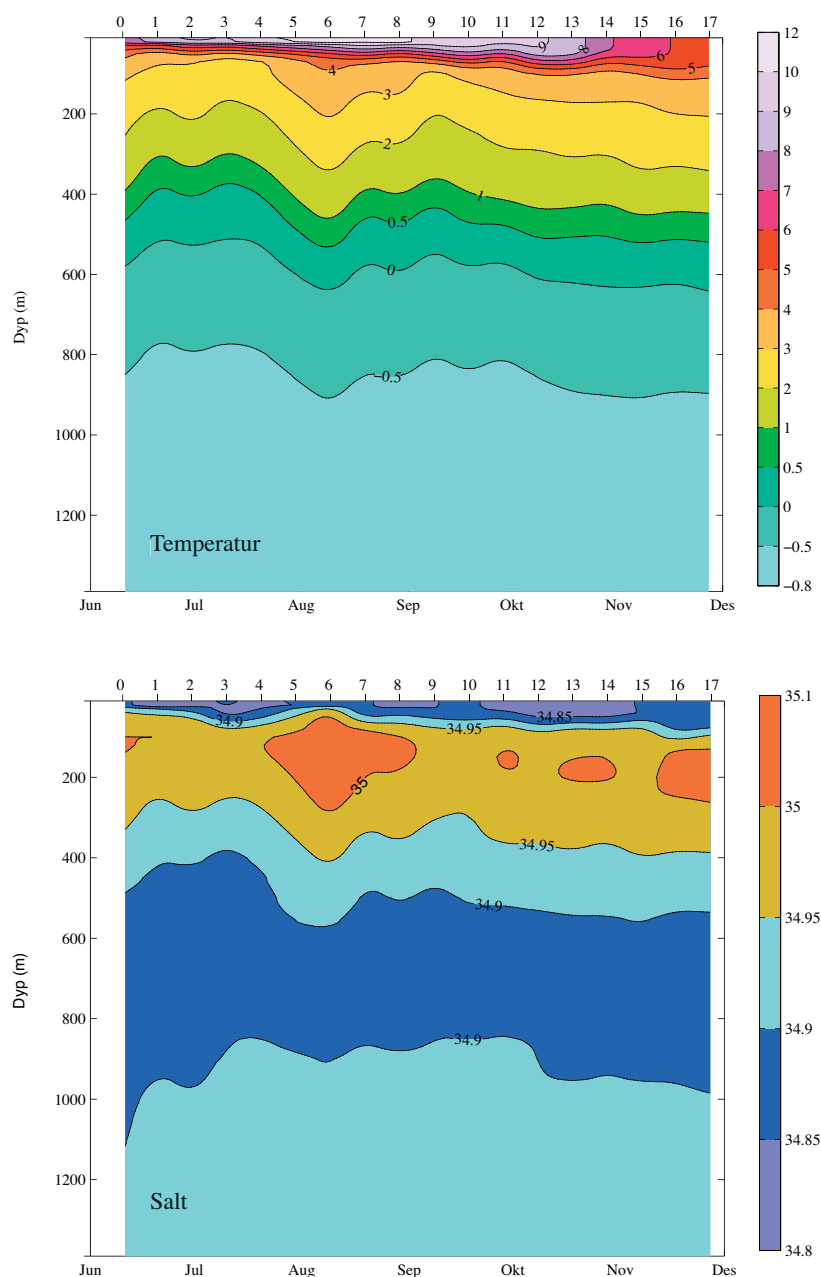
Figur 2.7
Skjematisk oversikt over en syklus til Argo-bøyen.
Schematic overview of a single cycle of an Argo float.



Figur 2.8
Oversikt over de siste registrerte posisjoner, oppdatert frem til 10. desember 2002, til alle Argo-bøyene i De nordiske hav. Havforskningens bøyer, som ble utplassert i juni 2002, har blå eller rød farge, og drivbanene til disse bøyene er vist i høyre figur. Det er 10 dager mellom hvert punkt, der stort punkt angir første måling.
Overview of the last registered positions, updated 10 December 2002, of all Argo floats in the Nordic Seas. The floats from the Institute of Marine Research, deployed June 2002, have blue or red colour. Their drift is showed in the right figure. There are ten days between each point, and a large point indicates first measurement.

år. Utsettingen av bøyene er en del av det internasjonale Argo-programmet med målsetning om å sette ut 3000 bøyer globalt innen 2-3 år. Til nå er det satt ut ca. 600 bøyer globalt, derav 14 bøyer i De nordiske hav (Norskehavet, Grønlandshavet og Islandshavet). Figur 2.8 viser hvor de 14 bøyene i De nordiske hav var frem til 10. desember 2002. Drivbanene til Havforskningsinstituttets tre bøyer er også vist. Det er ti dager mellom hver posisjon, markert som en prikk. For hver tiende dag får man da en vertikal profil av temperatur og saltholdighet, fra overflaten og ned til 1500 m dyp. Tidsutviklingen av temperatur og saltholdighet ned til 1400 m dyp for en drivbøye er vist i Figur 2.9. Denne bøyen er markert med rød farge i Figur 2.8. I de øverste 50 metrene er det utviklet et ferskt og varmt overflatelag som

blir kaldere med tiden på grunn av den sesongmessige avkjølingen. Et annet interessant trekk er et ca. 200 m tykt lag med saltholdighet høyere enn 34.95 som ligger rett under overflatelaget. Dette er atlantisk vann som har strømmet rundt Norskehavsbassenget og som nå strømmer sørover, på vestsiden av Norskehavsbassenget. Etter hvert som det strømmet rundt bassenget har det atlantiske vannet blitt ferskere pga. blanding med andre vannmasser. Et intermediaært lag med arktisk vann som har saltholdighet lavere enn 34.9, kan også ses mellom ca. 600 og 800 m dyp. Data som blir sendt fra Argo-bøyene er fritt tilgjengelige, og på internettsiden <http://www.coriolis.eu.org/cdc/argo.htm> kan man hente data og få informasjon fra alle eksisterende Argo-bøyer.



Figur 2.9

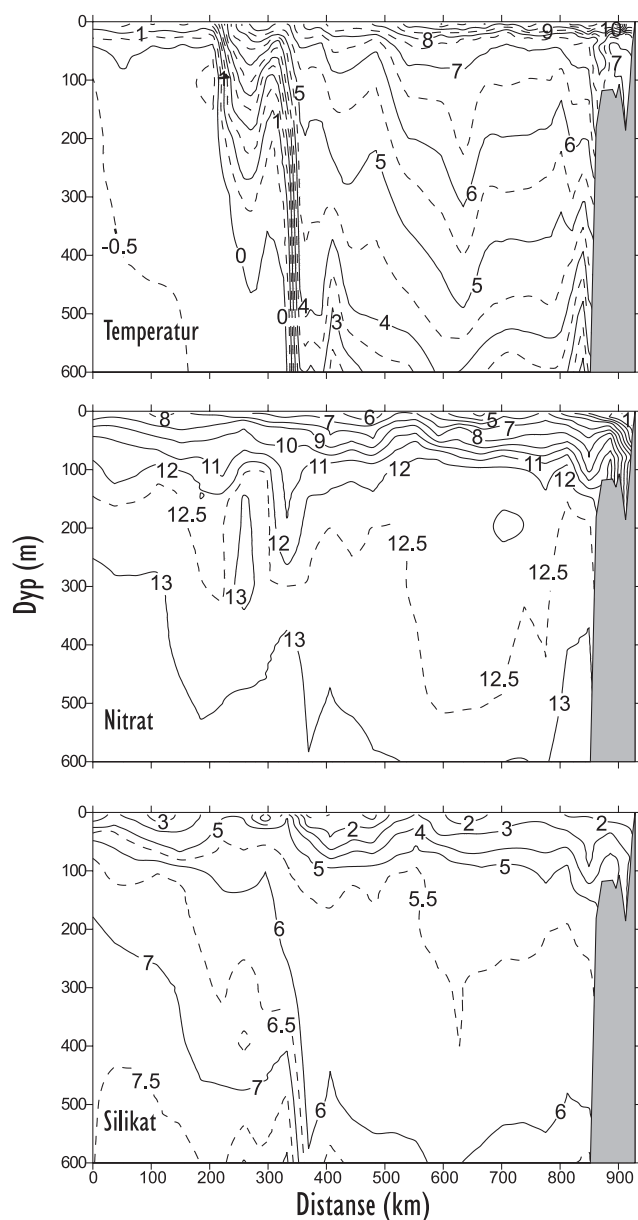
Tidsutvikling av potensiell temperatur og saltholdighet fra en av Argo-bøyene, markert med rød farge i Figur 2.8. Øvre akse angir når data er sendt til land via satellitt.

Time development of potential temperature and salinity from one of the Argo floats, marked with red colour in Figure 2.8. Upper axis indicates when data are transmitted to land via satellite.

Norskehavet og Grønlandshavet er to viktige områder for instituttets virksomhet. Norskehavet pga. sin betydning som beiteområde for viktige fiskeslag som sild, kolmule, makrell og laks, og Grønlandshavet som et område for dypvannsdannelse. Dypvannsdannelsen er regnet som en av flere viktige drivkrefter i strømsystemene i De nordiske hav. Havforskningsinstituttet har styrket overvåkingen i disse havområdene i de siste årene med et fast tokt i mai/juni. På disse toktene gjennomføres undersøkelser av fysikk, kjemi og biologi.

Noen av de viktigste faktorene for den biologiske produksjonen i Grønlandshavet er isutbredelsen om vinteren og våren, og ismeltingen om sommeren. Når isen smelter, dannes det et lett ferskvannslag i overflaten som er så stabilt at det ikke lett blandes med det saltare vannet under. Et slikt stabilt lag er en nødvendig betingelse for oppblomstring av planteplankton tidlig om våren. I områder som ikke blir dekket av is om vinteren, utvikler stabiliteten i overflatelaget seg mye langsommere, og da hovedsakelig som et resultat av oppvarmingen fra atmosfæren. Undersøkelsene gjennomført i perioden 1993-99 har vist at oppblomstringen begynner ved iskanten og deretter i de sentrale deler av Grønlandshavet. Som regel er oppblomstringen dominert av kiselalger (diatomeer). Utover våren blir kiselalgenes vekst hemmet av silikatmangel, og flagellaten *Phaeocystis pouchetii*, som ikke er avhengig av silikat, overtar. Utover sommeren forbruket denne algen det meste av nitraten i overflatelaget.

Etter mange års undersøkelser av næringsalter og planteplanktonvekst i Grønlandshavet og Norskehavet, kan man av erfaring si noe om forløpet av våroppblomstringen ved å betrakte mengden av næringsalter og temperaturforholdene i de forskjellige vannmassene. Figur 2.10 viser (ovenfra og ned) fordeling av temperatur, nitrat og silikat i juni 2002 langs et utvidet Gimsøy-NV-snitt fra norskekysten og ut til de sentrale delene av Grønlandshavet. Temperaturfiguren viser tydelig Den arktiske fronten (tette, nesten vertikale temperaturisoliner), som skiller de kalde vannmassene i Grønlandsbassenget fra de varme vannmassene i Norskehavet. Grunnen til at fronten viser seg skarpere enn tidligere år skyldes større stasjonstetthet i 2002 på tvers av fronten. Man ser også at en vertikal temperaturgradient (dvs. en forsterket lagdeling i overflatelaget), forårsaket av oppvarmingen av overflatelaget, er under utvikling over den norske kontinentalsokkelen og på vestsiden av Den arktiske fronten. Disse temperaturgradientene har stor betydning for planteplanktonoppblomstringen. Lave nitrat- og silikatverdier indikerer at næringsalter forbrukes og at oppblomstringen er i gang. Nedgangen i nitrat og silikat er som regel noenlunde



Figur 2.10

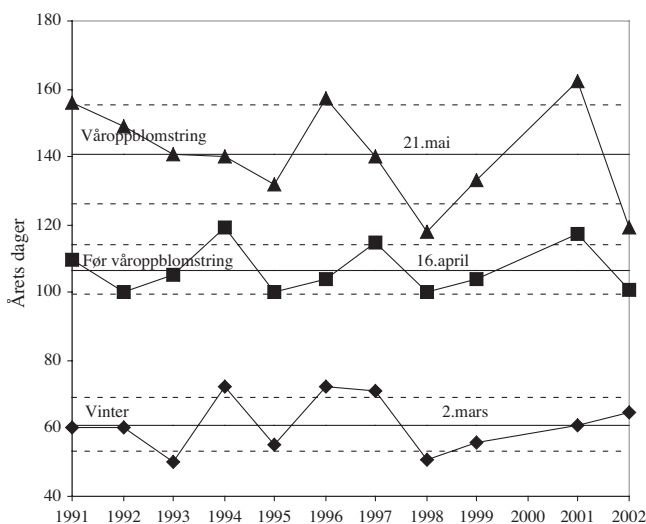
Vertikalfordeling av temperatur ($^{\circ}\text{C}$, øverste panel), nitrat ($\mu\text{mol kg}^{-1}$, midtpanel) og silikat ($\mu\text{mol kg}^{-1}$, nederste panel) i de øverste 600 m langs Gimsøy-NV-snittet i juni 2002.

Vertical distribution of temperature ($^{\circ}\text{C}$, upper panel), nitrate ($\mu\text{mol kg}^{-1}$, middle panel) and silicate ($\mu\text{mol kg}^{-1}$, lower panel) in the upper 600 m along the Gimsøy-NW-section in June 2002.

lik når planteplanktonsamfunnet består av en blanding av diatomeer og andre mikroalger. I juni 2002 ble det observert flere områder langs Gimsøysnittet hvor silikaten var nesten uttømt, mens det fortsatt var betydelige mengder av nitrat igjen. Disse områdene var nesten fullstendig dominert av diatomeer.

Værskipsstasjon M (66°N, 02°Ø)

Som nevnt tidligere har de fysiske forholdene i overflatelaget stor betydning for utviklingen av primærproduksjonen i Norskehavet. Viktigst i denne sammenheng er faktorer som lysforhold og lagdeling i vannmassene. Oseanografiske undersøkelser foretatt siden 1948 på Værskipsstasjon M (Mike) i Norskehavet (Figur 0.1), har bidratt til utforming av teorien om hvordan fysiske forhold påvirker utviklingen av planteplanktonets vekst om våren. Havforskningsinstituttet har siden 1990 utført regelmessige fysiske og biologiske observasjoner på Stasjon M i Norskehavet. Observasjonene tas fra værskipet MS "Polarfront". Innsamlingshyppigheten er avhengig av type parameter og har variert fra daglige til ukentlige målinger.



Figur 2.11

År-til-år-variasjoner i diverse faser i planteplanktonets utvikling ved Stasjon M i perioden 1991-2002. Sirkler: vinterperiode; firkanter: "prebloom"-periode; dianter: våroppblomstring. Hel linje representerer middel og stiplet linje ett standardavvik.

Year to year variation in the different phases of the development of phytoplankton at Ocean Weather Station Mike in the period 1991 to 2002. Circles: winter phase; squares: pre-bloom phase; diamonds: spring bloom. Continuous lines represents the average for each period. Broken lines represents one standard deviation for each period.

Tidsvariasjonene i konsentrasjonen av klorofylla (en indeks for algemengde) brukes for å anslå utviklingen i planteplanktonsamfunnet ved Stasjon M. I tidligere rapporter (se *Havets miljø 2000*) har vi sett at utviklingen av planteplanktonvekst i det første halvåret kan deles i tre faser. En vintersituasjon fram til månedsskiftet februar-mars, en "prebloom"-periode fra februar-mars til ca. midten av april, etterfulgt av våroppblomstringen som kulminerer i andre halvdel av mai.

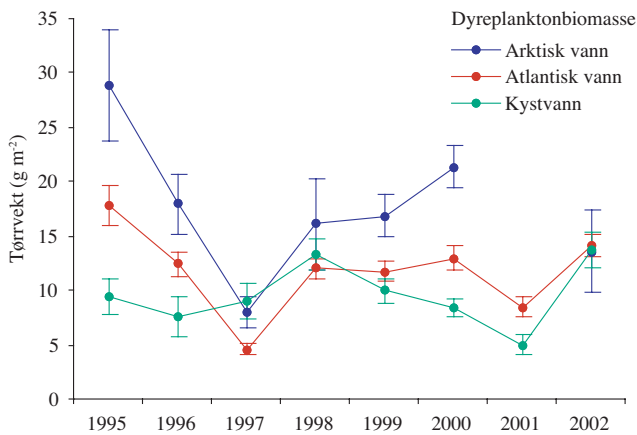
Den nå elleve år lange tidsserien av målinger ved Stasjon M (1991-2002) gir oss anledning til å se hvordan tidspunktet for våroppblomstringen varierer fra år til år i denne delen av Norskehavet. I Figur 2.11 er de tre fasene for planteplanktonets utvikling angitt. Vi ser at vinterperioden i et "normalår" varer fram til ca. 2. mars. I hele perioden lå varigheten av vinterperioden innenfor ett standardavvik fra det normale. "Prebloom"-perioden strekker seg i gjennomsnitt fra 2. mars til 17. april. Også her lå de årlige variasjonene som regel innenfor ett standardavvik. Selve våroppblomstringen starter normalt om lag 17. april og oppnår et maksimum ca. 21. mai, men her har de årlige variasjonene vært langt større og da særlig i de siste årene. I perioden 1991-1998, med unntak av 1996, så det ut til at våroppblomstringen har inntruffet tidligere for hvert år og har kortere varighet. Fra 1998 til 2001 har selve oppblomstringen vart lenger og kulminert senere. I 2002 var situasjonen fram til "prebloom"-perioden noenlunde som forventet, men våroppblomstringen tok til mye tidligere enn i 2001, nesten på samme tidspunkt som i 1998, som er tidligst i undersøkelsesperioden.

Årsaken til stadig tidligere våroppblomstringer i perioden 1991-1998 og 2002 er uklar, men mye tyder på at økt transport av arktisk vann til Norskehavet via Østlandsstrømmen kan ha vært en viktig faktor. Disse vannmassene har større vertikal stabilitet og kan ha redusert dybden på blandingslaget om vinteren. Dette kan medføre en raskere oppvarming om våren og en tidligere lagdeling i overflatelaget, med en tilsvarende tidligere våroppblomstring.

Dyreplankton

Innsamling av dyreplankton i Norskehavet er som tidligere år foretatt med en flerpose-planktonhåv (MOCNESS) og med en ordinær loddrett trukket planktonhåv, WP-2. I disse relativt små redskapene fanges hovedsakelig de mindre planktonorganismene, mens store organismer som krill og amfipoder fanges dårlig. Om våren og sommeren ble det derfor i tillegg tatt prøver med en pelagisk trål (Åkratrål med finmasket innernett) for å fange større planktonorganismer.

Dyreplanktonbiomassen i store deler av Norskehavet måles i mai med håv i de øvre 200 m. Når dataene presenteres deles Norskehavet inn i tre vannmasser basert på vår kunnskap om hydrografien. Dette er viktig, fordi produksjonsforholdene er svært forskjellige i de ulike vannmassene. Vannmassene i øst med en saltholdighet under 35 blir definert som norsk kystvann, vannmassene i det sentrale Norskehavet med en

**Figur 2.12**

Dyreplanktonbiomasse (g tørrvekt m⁻²) i ulike vannmasser i Norskehavet i mai 1995-2002. Zooplankton biomass (g dry weight m⁻²) in different water masses in the Norwegian Sea in May 1995-2002.

saltholdighet over 35 blir definert som atlantisk vann, og vannmassene i vest med en saltholdighet under 35 blir definert som arktisk vann.

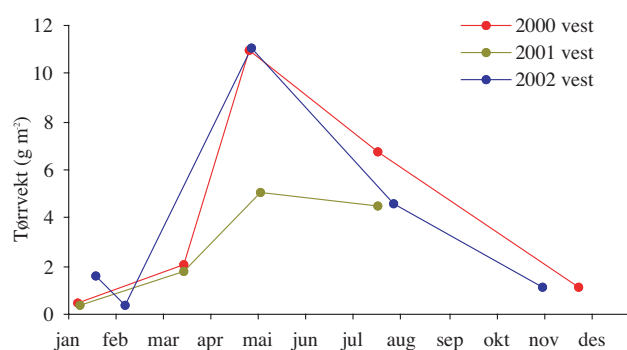
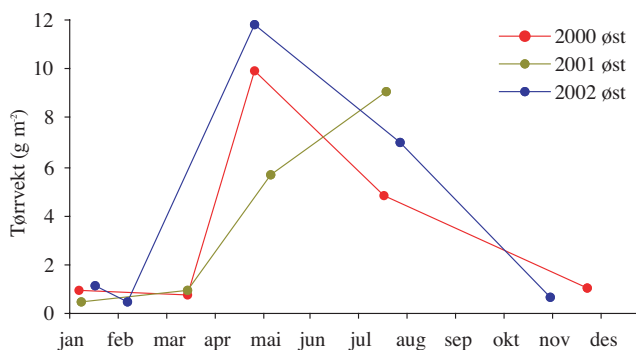
Dyreplanktonbiomassen er generelt høyest i arktisk vann, mens variasjonen i biomasse mellom år er relativt lik i atlantisk og arktisk vann (Figur 2.12). I begge vannmasser var biomassen høy i 1995, for så å avta til et minimum i 1997. Deretter økte biomassen igjen. I kystvannet var endringene i biomasse forskjellige fra det som ble observert

lenger vest i havet. Det synes altså som om prosessene som bestemmer dyreplanktonproduksjonen i de norske sokkelområdene er forskjellige fra prosessene lenger ute i havet. Dyreplanktonbiomassen i atlantisk vann og i kystvann i 2002 viste en klar oppgang sammenlignet med 2001. På grunn av redusert toktid kunne dyreplanktonbiomassen i arktisk vann ikke måles i 2001. I 2002 var biomassen i arktisk vann under middels.

I tillegg til innsamlingen i Norskehavet ble det også tatt planktonprøver på to snitt fra norskekysten og ut i Norskehavet, det ene ved Svinøy (Møre og Romsdal), det andre ved Gimsøy (Nordland) (Figur 0.1).

Miljøundersøkelser av denne typen har de senere årene vært gjenstand for en redusert prioritering ved Havforskningsinstituttet. Snittet ble dekket ti ganger i 1998, dette ga et relativt godt innblikk i planktondynamikken og de sesongmessige variasjonene i planktonmengde- og sammensetning. Totalantallet dekningsde påfølgende årene har variert mellom 4 og 6. I fjor ble Svinøy- og Gimsøysnittene dekket henholdsvis 5 og 4 ganger.

Figur 2.13 viser mengdene av dyreplankton i de øvre 200 meter på Svinøysnittet i 2000-2002 som et gjennomsnitt for henholdsvis de østlige og vestlige deler av snittet, basert på prøvetakingene med WP-2 håv. Den østlige delen omfatter stasjoner over kontinentalsokkelen og noe av kontinentalskråningen, og er i hovedsak karakterisert av kystvannmasser. Den vestlige delen av snittet strekker seg fra kontinentalskråningen og nordvestover mot den arktiske fronten, hovedsakelig i atlantiske vannmasser.

**Figur 2.13**

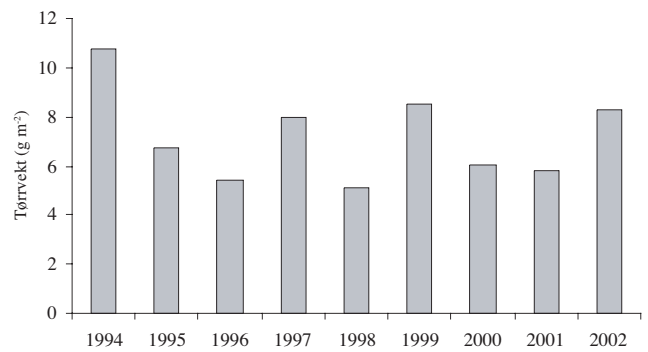
Dyreplanktonmengder (g tørrvekt m⁻²) på Svinøysnittet fra 2000 til 2002. Venstre: østlige del av snittet; sokkel og kontinentalskråning. Høyre: vestlige del av snittet, kontinentalskråning og dyphav. Zooplankton biomass (g dry weight m⁻²) at the Svinøy transect from 2000 to 2002. Left: Eastern part of the transect. Right: Western part of the transect.

Planktonmengdene var noe høyere tidlig i januar (vel 1 g m^{-2} både i østlige og vestlige del av snittet) enn under den andre dekingen av snittet tidlig i mars. I månedsskiftet april/mai ble det observert vel $11 \text{ g plankton m}^{-2}$ både i øst og vest. Dette er langt høyere enn året før, og av samme størrelse som på samme tid i 2000. Den fjerde dekingen tidlig i august viste at planktonmengdene var redusert til ca. 7 g m^{-2} i østlige del og til $4,6 \text{ g m}^{-2}$ i vestlige del. På dette tidspunkt var planktonmengdene i kystvannet og over kontinentalsokkelen lavere enn året før, mens i atlantehavsvannet ganske likt foregående år. Den femte og siste dekingen av snittet ble foretatt den første uken i november. I den østlige delen av snittet var biomassen $0,7 \text{ g m}^{-2}$. Lenger til havs var planktonmengden også lav, ca. $1,1 \text{ g m}^{-2}$. Disse verdiene kan ikke sammenlignes med fjorårets, siden siste deking i 2001 ble foretatt i august, men mengdene er lavere enn i november 1999 og 2000.

En relativt stor årlig variasjon mellom planktonbiomassene i overflatelaget om sommeren må forventes, siden stadietviklingen hos de viktigste planktonorganismene varierer noe i tid mellom årene, likeens tidspunktet da store deler av planktonmengden søker mot større dyp for overvintring. En lav dekningsgrad av disse undersøkelsene innebærer at en mellomårlig sammenligning er usikker.

Figur 2.14 viser gjennomsnittlig biomasse av dyreplankton i Norskehavet i juli-august fra 1994 til 2002. Planktonmengdene om sommeren varierer relativt mye fra år til år. Mens det i 1994 ble observert en gjennomsnittlig planktonmengde på ca. 11 g m^{-2} i Norskehavet, fant en i 1998 under 6 g m^{-2} . Fjoråret ga en verdi på $8,3 \text{ g m}^{-2}$, dette er noe høyere enn snittet for perioden 1994–2002 på $7,15 \text{ g m}^{-2}$. Imidlertid var prøvetakingen i fjor sommer spesielt mangelfull, og dataene er dermed usikre. Mens det i 2001 ble tatt vel 70 håvtrekk i området, var antallet i 2002 redusert til 24.

Totalt sett synes planktonsituasjonen i 2002 å være som i et normalår.



Figur 2.14

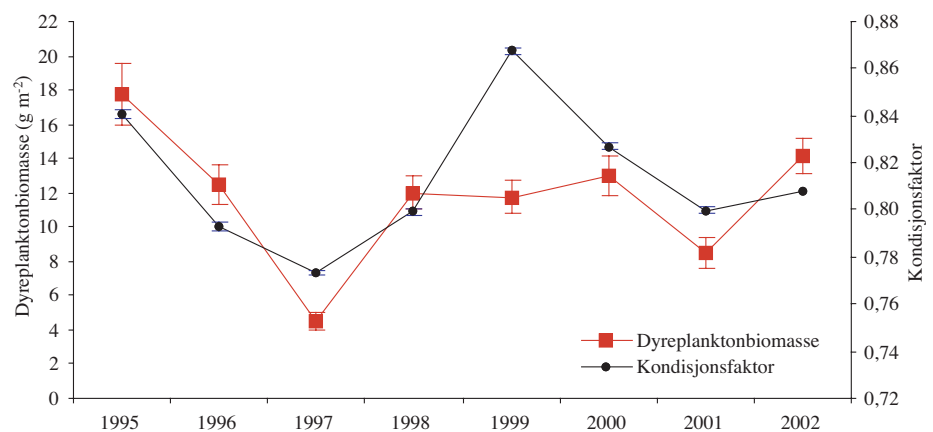
Midlere biomasse av dyreplankton (tørrvekt g m^{-2}) i Norskehavet i juli-august fra 1994 til og med 2002. Mean zooplankton biomass (g dry weight m^{-2}) in the Norwegian Sea in July-August 1994-2002.

Beiteforhold for sild

Silda beiter hovedsakelig i atlantisk vann og i blandingsvannmassene nær den arktiske fronten vest i Norskehavet. For å studere sildas mattilbud er det derfor naturlig å sammenligne veksten hos silda med dyreplanktonbiomassen i atlantiske vannmasser. Det ble funnet en god sammenheng mellom dyreplanktonbiomasse i atlantisk vann om våren og kondisjonen hos silda ved tilbakekomst til overvintringsområdet i desember (Figur 2.15). I 1999 så vi en klar endring i vandringsadferden hos silda, i og med at silda hadde en mer vestlig fordeling. Det året beitet derfor silda i større grad i arktiske vannmasser der dyreplanktonbiomassen er betydelig høyere. Det kan forklare den høye kondisjonen hos silda i 1999 i forhold til dyreplanktonbiomassen i atlantisk vann. Kondisjonen hos silda i 2001 var lavere enn de foregående år, som ventet ut fra den relativt lave dyreplanktonbiomassen i mai samme år. I mai 2002 var dyreplanktonbiomassen i atlantisk vann høy igjen. Silda hadde et godt beiteår i Norskehavet, og returnerte til overvintringsområdet på norskekysten med et noe høyere fettinnhold enn året før.

Figur 2.15

Dyreplanktonbiomasse (g tørrvekt m^{-2}) i atlantisk vann i Norskehavet i mai og kondisjonsindeks for silda målt i desember. Zooplankton biomass (g dry weight m^{-2}) in Atlantic water in the Norwegian Sea in May and condition factor for herring in December.

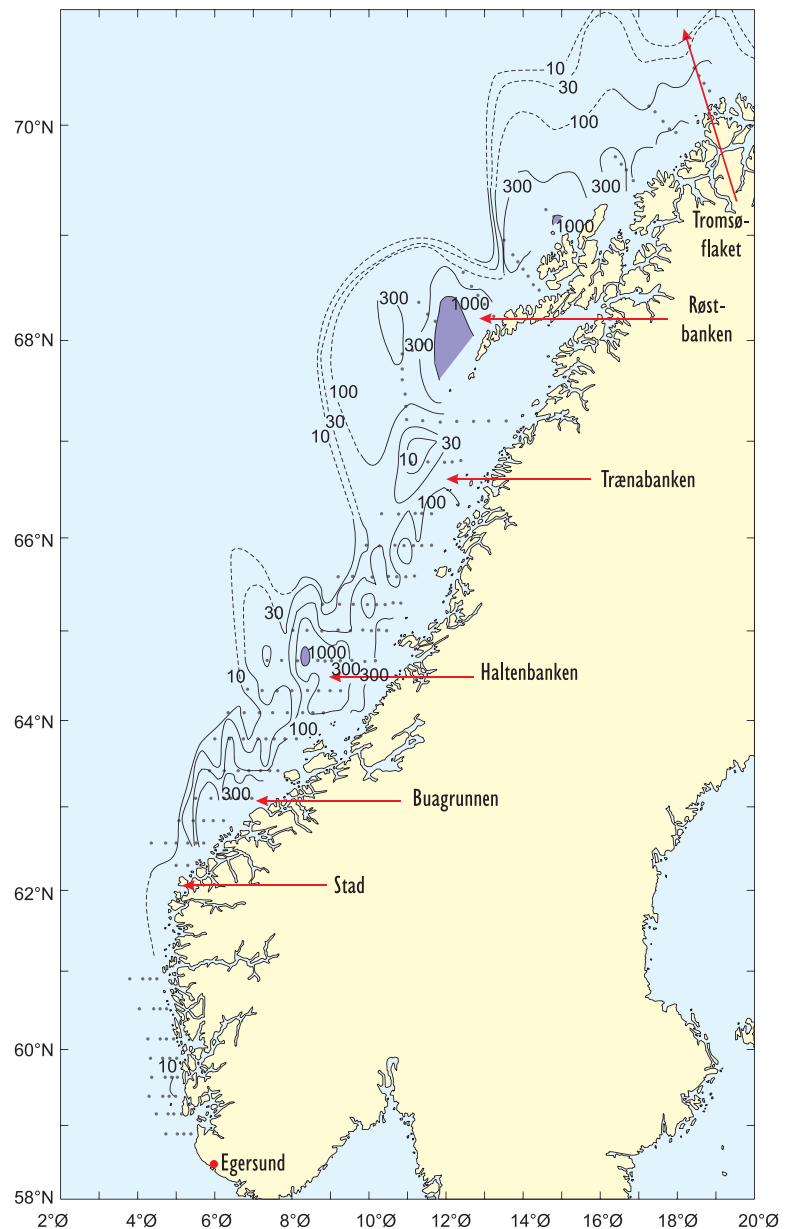


Sild

Årets sildelarvetokt startet fra Tromsø 8. april og ble avsluttet i Bergen 25. april 2002. Store deler av norsk sokkel fra Fugløybanken til Stavanger ble dekket med i alt 188 stasjoner. Det ble som Figur 2.16 viser, funnet et sammenhengende belte av sildelarver fra starten av undersøkelsen i nord til vi nådde Stad. Det ble funnet høye sildelarvekonsentrasjoner ($>1000 \cdot \text{m}^{-2}$) i den nordlige delen av undersøkelsesområdet, og tyngdepunktet av sildelarver var lenger nord enn det vi vanligvis finner på denne tiden av året. Det ble nesten ikke funnet sildelarver sør for Stad. Det ble funnet til sammen $27.1 \cdot 10^{12}$ sildelarver i april 2002, en nedgang siden i fjor (Figur 2.17), men i løpet av de siste 30 årene er det allikevel bare i årene 1996, 1997, 1998 og 2001 det har blitt funnet flere sildelarver. En stor del av larvene som ble fanget under toktet hadde hatt et vellykket første næringsopptak og begynt å vokse. Gjennomsnittslengden av larvene var 13,5 mm, det høyeste som er registrert siden man startet de pågående sildelarveregistreringene i 1985.

Resultatene fra undersøkelsene i 2002 viser at tyngdepunktet i larvefordelingen hadde flyttet seg nordover. Om dette skyldes tidlig klekking, rask drift av sildelarvene eller om selve gytingen hadde flyttet seg lenger nord, er vanskelig å si. Størrelsen på larvene og høy sjøtemperatur kan tyde på det første, men store mengder sildelarver på Røstbanken, utenfor Vesterålen og videre nordover kan tyde på at en høyere andel av gytebestanden gyter på Røstbanken. Det kan være at førstegangsgytere fra 1998-årsklassen, som er i ferd med å rekruttere til gytebestanden, er viktige i så måte.

Fangsten av fiskelarver er totalt dominert av sildelarver. Vi finner allikevel noen andre arter på sokkelen i april, og av dem er seilarver mest tallrike. Bankene utenfor Møre og Trøndelag er viktige områder for seilarver, og av disse er det Haltenbanken som peker seg ut som det viktigste funnstedet. Ellers er Røstbanken og bankene utenfor Vesterålen av en viss betydning, og det ble også funnet en del seilarver sør for 62°N . I



Figur 2.16

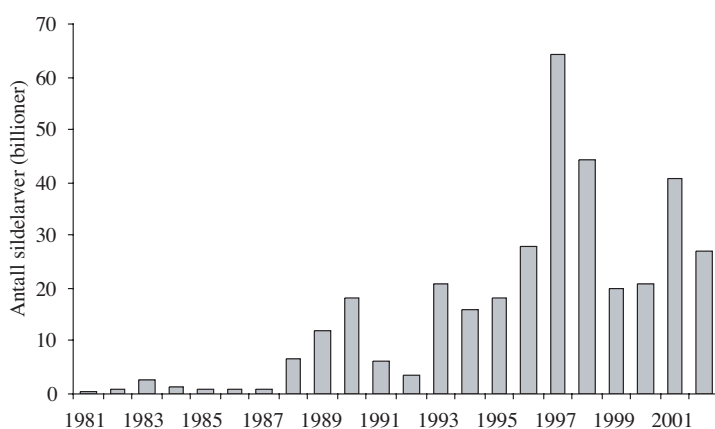
Utbredelsen av sildelarver (alle stadier) på sokkelen mellom 58°N og 71°N i april 2002.

Distribution og herring larvae in April 2002.

tillegg til silde- og seil larver ble det i april 2002 funnet ni andre arter fiskelarver. Det ble funnet flest øyepållarver, så følger tobis- og torskelarver i hyppighet. I tillegg til disse artene ble det funnet hyse, rødspette, sandflyndre, strømsild, ulke og ringbuk.

Under undersøkelsene i april 2002 ble det funnet et høyt antall sildelarver som var i god vekst. Mange faktorer må imidlertid falle på plass for at disse larvene kan skape en tallrik årsklasse. Larvene må finne gode oppvekstforhold på sokkelen utover våren og sommeren. Predasjon fra fisk,

sjøfugl og pattedyr på sokkelen og i Barentshavet må holde seg på et lavt nivå, og strømforholdene må være gunstige slik at larvene, yngelen og ungsilda blir ført inn i områder med gode oppvekstbetingelser. I 2002 så det ut til at det første næringsopptaket gikk fint, og at overlevingen utover våren og sommeren var god. Dette bygger på gode registreringer av sildeyngel i sommermånedene, og observasjoner av lundene på Røst, der ungene vokste med rekordfart. Situasjonen utover sommeren må imidlertid ha forverret seg, slik at sildeårsklassen 2002 på 0-gruppenivå bare ble karakterisert som middels.



Figur 2.17

Beregnet antall sildelarver på norsk sokkel, 1981-2002.

Calculated number of herring larvae on the Norwegian continental shelf, 1981-2002.

Kapittel 3

Økosystemene i
Nordsjøen og Skagerrak



Foto: M. Palmgren

3

Økosystemene i Nordsjøen og Skagerrak

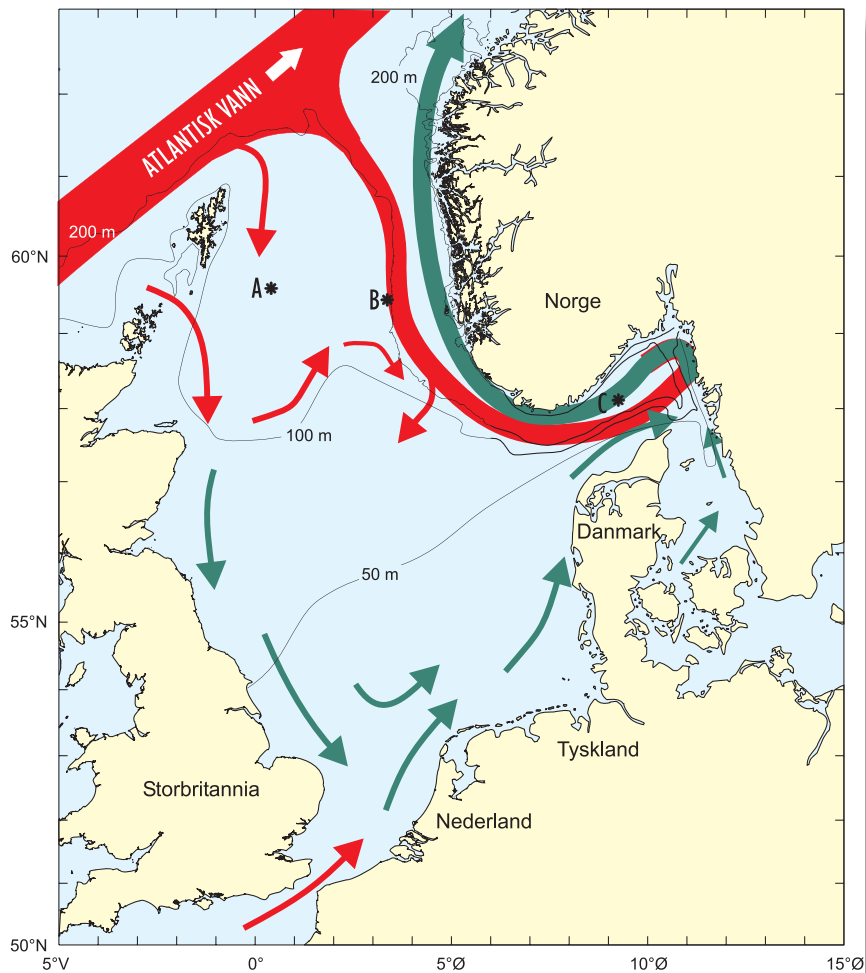
3.1

Havklima

Nordsjøen

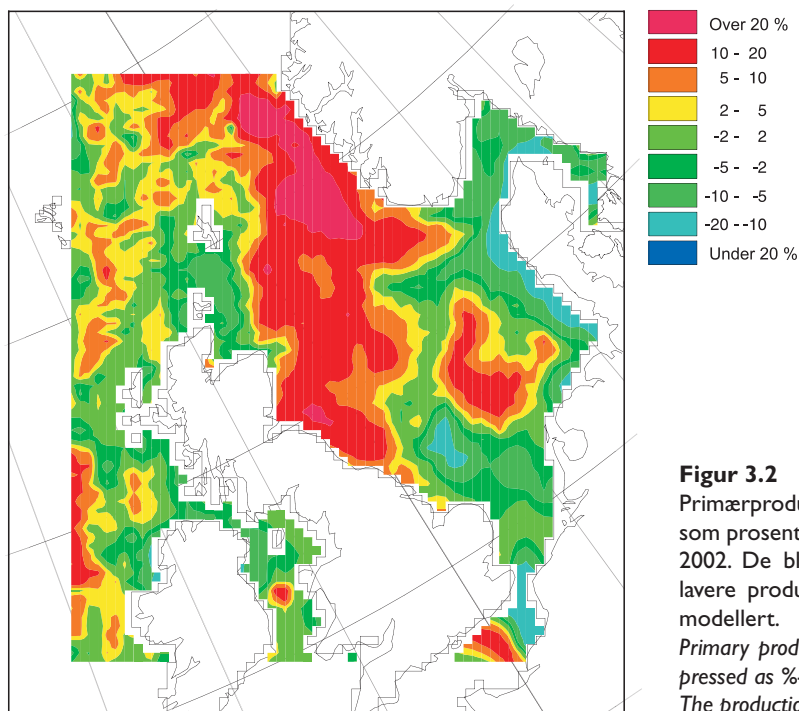
Sammenlignet med Norskehavet og Barentshavet er Nordsjøen et meget grunt hav. To tredjedeler av Nordsjøen er grunnere enn 100 m. Den dypeste delen er nær norskekysten i Norskerenna som har dybder på over 700 m. Dybdeforholdene er viktige for sirkulasjonen, da topografien i stor grad styrer vannmassenes bevegelse. Vannmassene i Nordsjøen har

sin opprinnelse i innstrømningen av atlantisk vann med høy saltholdighet fra Norskehavet og ferskvannstilførsel fra land (Figur 3.1). Om vinteren er vertikalblandingen stor i de grunne områdene, med små temperaturforskjeller mellom overflaten og bunnen. Oppvarmingen om sommeren resulterer i et markert temperatursprang i 20-50 m dyp.



Figur 3.1

De viktigste trekkene ved sirkulasjonsmønstre og dybdeforhold i Nordsjøen og Skagerrak. Lokalisering av stasjonene A, B og C. Røde piler: atlantisk vann. Grønne piler: kystvann.
The circulation and bathymetry of the North Sea and Skagerrak. Stations A, B and C. Red arrows: Atlantic water. Green arrows: Coastal water.



Figur 3.2

Primærproduksjonen i Nordsjøen i 2002. Produksjonen er vist som prosentvis forskjell i forhold til et middel for perioden 1985-2002. De blå områdene hadde høyere og de røde områdene lavere produksjon enn vanlig. Produksjonen er ikke målt, men modellert.

Primary production in the North Sea in 2002. The production is expressed as %-deviation from a mean based on the period 1985-2002. The production is modelled, not measured.

Vannmassene i Nordsjøen strømmer hovedsakelig mot klokken (Figur 3.1), og nesten alt vannet må innom Skagerrak før det forlater området nordover som en del av Den norske kyststrømmen. Strømbildet i Figur 3.1 viser en middelsituasjon. Variasjoner i dette bildet fra et år til et annet har stor innflytelse på økosystemet i Nordsjøen. De viktigste årsakene til variasjonene er endringer i innstrømming av atlantisk vann, vindforhold, varmeutveksling med atmosfæren og ferskvannstilførselen.

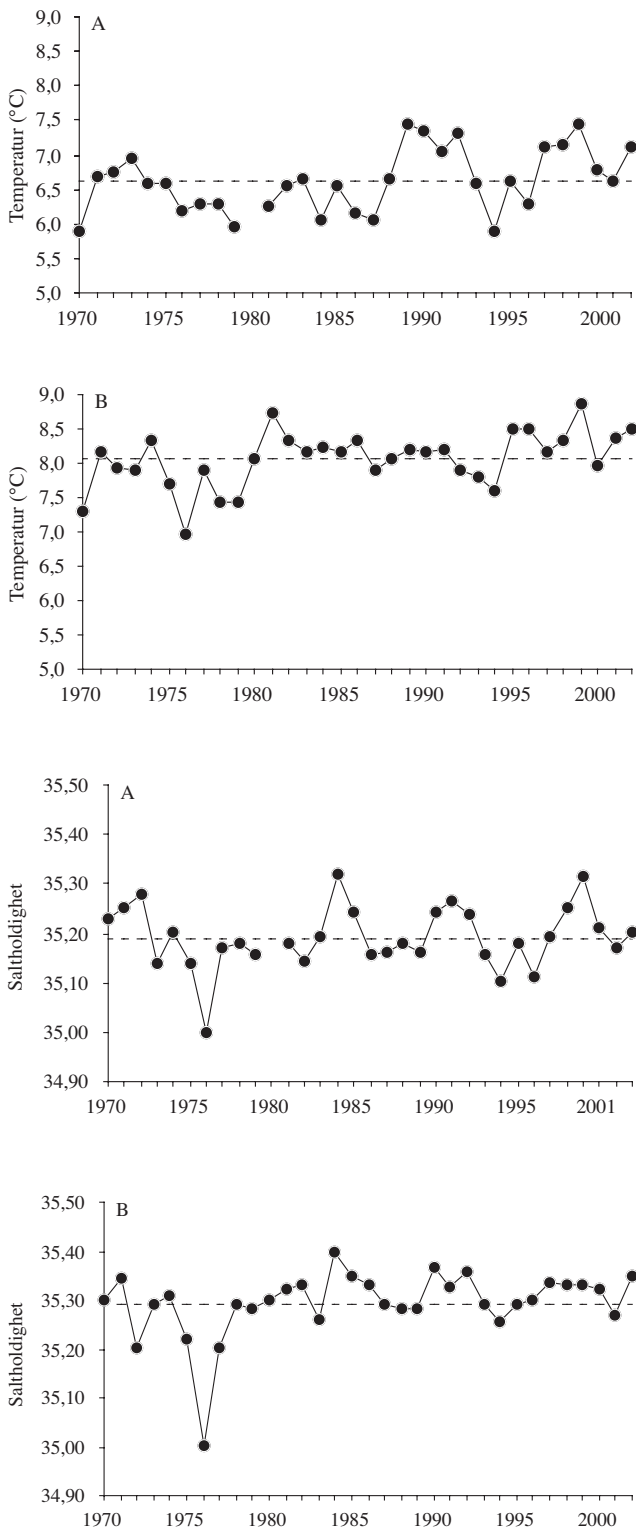
En numerisk havmodell viste at sirkulasjonen i Nordsjøen i 2002 var ganske normal gjennom hele året. I Den engelske kanal var derimot netto innstrømming i 1. halvår den nest største siden 1955, kun overgått av transporten i 2000. Innstrømmingen av atlantisk vann til den nordlige Nordsjøen var totalt sett ganske normal. Om våren (2. kvartal) var innstrømmingen sterkere enn normalt. For store deler av Nordsjøen og gjennom det meste av året var overflatetemperaturen rundt én grad høyere enn normalt, mens i august og september var det ekstremt 2,5 grader varmere i vannet enn normalt. Langs norskekysten var det på denne tid enda varmere, det varmeste vi har observert siden 1942. I august var det også ekstremt mye nedbør over Europa, og dette førte til en kortvarig ekstrem flom i Elbe. Kortvarigheten av flommen og de ekstra næringssaltene dette medbrakte så ut til kun å ha en effekt på primærproduksjonen lokalt i Tyskebukten og et stykke oppover vestkysten av Danmark.

Atlantiskhavsvannet fører mye næringsalter inn i Nordsjøen. Den noe sterkere innstrømmingen av atlantisk vann om våren vil derfor føre til mer næringsalter enn vanlig

i området (på en tid der næringen er begrenset) og sannsynligvis høyere primærproduksjon. Siden vi ikke har målinger av produksjonen, har vi beregnet denne med en modell. Resultatene viser at det var en høyere (10-20 g Cm⁻²) årlig primærproduksjon i den nordlige Nordsjøen i 2002 (Figur 3.2).

Figur 3.3 A viser tidsserier av sommermålinger av saltholdighet og temperatur i dypere lag av den nordlige Nordsjøen (posisjon A, Figur 3.1). Målingene er antatt å representere årets "vintervann" i den vestlige grenen av innstrømmende atlantisk vann, som i løpet av vinteren blir blandet med litt ferskere vann over Nordsjøplatået. Figur 3.3 B viser tilsvarende målinger fra en stasjon på vestskråningen av Norskerenna, i kjernen av innstrømmende atlantisk vann fra Norskehavet til Nordsjøen og Skagerrak (posisjon B, Figur 3.1). Gjennomsnittstemperatur og saltholdighet er vanligvis henholdsvis 1-2 og ca. 0,1°C lavere over Nordsjøplatået enn i kjernen av det innstrømmende atlantiske vannet i Norskerenna.

I årene 1989-92 var dypvannet i den nordlige del av Nordsjøen uvanlig varmt. Vintrene 1989 og 1990 var trolig de varmeste på 130 år (Figur 3.3 A). Etter 1992-93 sank temperaturen, og i 1994 lå både saltholdighet og temperatur under det normale for årstiden. Dette var et resultat av en noe redusert innstrømming av atlantisk vann høsten 1993 og økt lokal avkjøling. Fra 1995 snudde den synkende tendensen i temperatur og saltholdighet, i samsvar med økt innstrømming av atlantisk vann. Etter en forbigående nedgang i 1996 har det igjen vært en betydelig økning i temperatur og saltholdighet over Nordsjøplatået. Temperaturen i 1999 var om lag like



Figur 3.3

Temperatur og saltholdighet nær bunnen i den nordvestlige del av Nordsjøen (posisjon A) og i kjernen av atlantisk vann i vestskråningen av Norskerenna (posisjon B) om sommeren i årene 1970-2002. For lokalisering av posisjonene A og B, se Figur 3.1.

Temperature and salinity near bottom in the north-western part of the North Sea (A) and in the core of Atlantic Water (B) at the western shelf edge of the Norwegian Trench during the summers of 1970-2002 (Locations of A and B in Figure 3.1).

høy som i 1990, og saltholdigheten var blant de høyeste siden 1970. I 2000 og 2001 lå saltholdighet og temperatur nær det normale for årstiden, og i 2002 fikk vi en viss økning i temperaturen.

I Norskerenna har det vært en tilsvarende utvikling de siste årene som over Nordsjøplatået (Figur 3.3 B), og vi legger spesielt merke til at temperaturene i innstrømmende atlantisk vann i Norskerenna i 1999 var de høyeste siden 1970. I 2000 var temperaturen også her redusert ned mot normalen, med en liten økning i 2001 og 2002.

Den beregnede innstrømning av atlantisk vann til den nordlige og den sentrale Nordsjøen varierte i 2002 fra ca. 1,8 Sverdrup (Sv) i januar og ned til ca. 0,9 Sv om våren/sommeren (Figur 3.4). Figuren viser også at de ekstra høye temperaturene over Nordsjøplatået på slutten av 1980-tallet og første del av 1990-årene (Figur 3.3 A) var knyttet til unormalt stor innstrømning av atlantisk vann til Nordsjøen. Innstrømning gjennom Den engelske kanal var kraftig i første halvår og relativt normal i andre halvår 2002. I oktober ble det observert unormalt store mengder av atlantiske vannmasser langs den danske Skagerrakkysten helt opp til overflaten i et område som strakte seg ut til 20 nautiske mil (n.m.) av danskysten. Vi antar dette skyldtes en relativt kraftig vinddrevet lokal oppstrømning av de dypere vannmassene.

Atlantisk vann og fangst av hestemakrell

Beregnet innstrømning av atlantisk vann til Nordsjøen om vinteren har vist seg å ha stor sammenheng med fangst av hestemakrell den etterfølgende høst i Nordsjøen. Normal eller svak vinterinnstrømning av atlantisk vann førte til dårlig fiske i perioden 1976-1987 og i de to årene 1991 og 1996 (Figur 3.5). De øvrige år med relativt sterk innstrømning av atlantisk vann samsvarte med godt fiske av hestemakrell. Dette har gitt grunnlag for halvårsprognoser for fisket, som rutinemessig har blitt beregnet siden 1996. I 1999 samsvarte prognosen meget bra med den rapporterte fangsten på 44.000 tonn, mens sammenhengen sviktet helt i 2000. Årsaken til dette er trolig at bestanden av hestemakrell er sterkt nedfisket, og selv om det ut fra miljøforholdene skulle ligget til rette for et godt fiske, ble fangstene små. Den ekstremt svake innstrømningen vinteren 2001 samsvarte bra med et svakt fiske på 8.000 tonn. Også i 2002 var prognosen på 38.000 tonn godt samsvarende med det etterfølgende fiske på 32.000 tonn. Dette tyder på at hestemakrellens vandring til Nordsjøen fremdeles er styrt av innstrømningen av atlantisk vann.

Skagerrak og vestkysten av Danmark

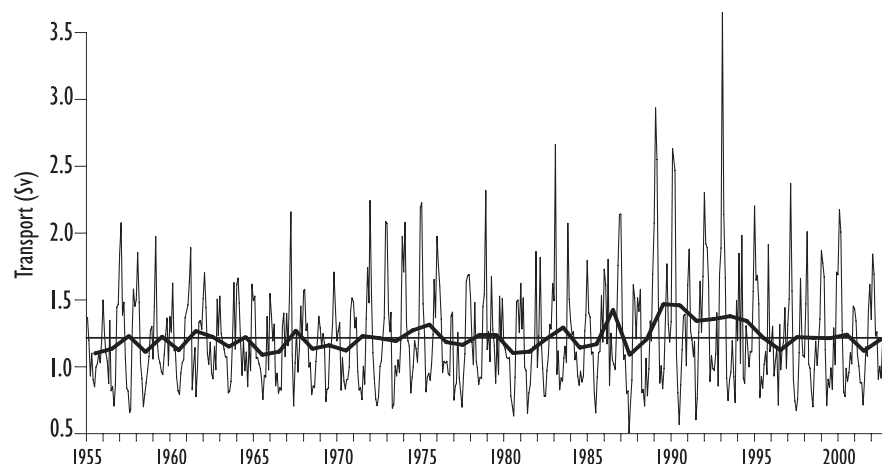
I Skagerrak finnes tre hovedvannmasser:

- Skagerrak-kystvann som har saltholdighet mellom 25,0 og 32,0 og temperatur mellom 0 og 20 °C.
- Skagerrakvann med saltholdighet mellom 32,0 og 35,0 og temperatur vanligvis mellom 3 og 16 °C.
- Atlantisk vann med saltholdighet over 35,0 og temperatur mellom 5,5 og 7,5 °C.

Figur 3.4

Tidsserier (1955-2002) av modellert årsmidlet (tykk strek) og månedsmidlet transport av atlantisk vann til den nordlige og sentrale Nordsjøen sørover mellom Orknøyene og Utsira. 1 Sv = $10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

Time series (1955-2002) of modelled annual mean (bold) and monthly mean volume transport of Atlantic water into the northern and the central North Sea southward between the Orkney Islands and Utsira, Norway. 1 Sv = $10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.



I tillegg er vann med saltholdighet lavere enn 25,0 definert som brakkvann, med opprinnelse fra Kattegat og Østersjøen og ferskvannsavrenning.

Skagerrak-kystvann er hovedsakelig en blanding mellom vann fra Kattegat og Østersjøen, ellevann og vann fra den sørlige og til dels sentrale Nordsjøen. Skagerrakvann har et større innslag av vannmasser fra den sentrale Nordsjøen. Atlantisk vann tilføres Skagerrak fra Norskehavet via den nordlige Nordsjøen, der det innlagres under det lettere Skagerrakvannet.

Utenfor Sørlandskysten var det i perioden fra april til juni til dels betydelige mengder brakkvann helt ned til 10–15 meter (Figur 3.6), betydelig mer enn i de siste årene. I august–september var det brakkvann ned til 5 meters dyp. Gjennom resten av året besto overflatevannmassene av Skagerrak-kystvann, hvis nedre grense varierte mellom 10 og 30 meter. Grensen mellom Skagerrak-kystvann og atlantisk vann lå dypere enn 75 meter hele året, bortsett fra i oktober og desember. Vinteren var uvanlig mild, med temperaturer på ca. 5 °C i hele vannsøylen ned til 75 m fra januar til midten av april, på samme måte som i 2000. En

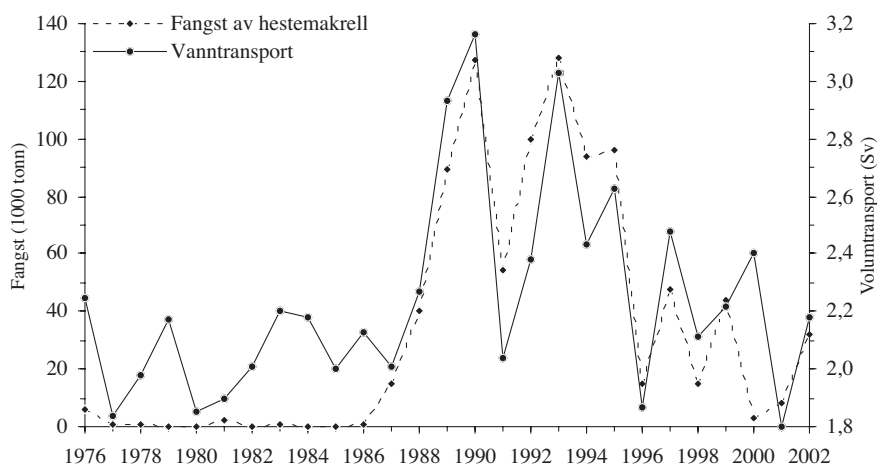
meget varm sommer fra midten av juli og ut til midten av september førte til en kraftig oppvarming av overflatelaget, med temperaturer langt over gjennomsnittet. Denne varme sommeren gav også den høyeste gjennomsnittstemperaturen i 1 meters dyp i august ved Forskningsstasjonen Flødevigen siden disse målingene startet i 1924. I november–desember oppstod det en kald stabil værtype som forårsaket en kraftig avkjøling i overflatevannmassene i kystvannet.

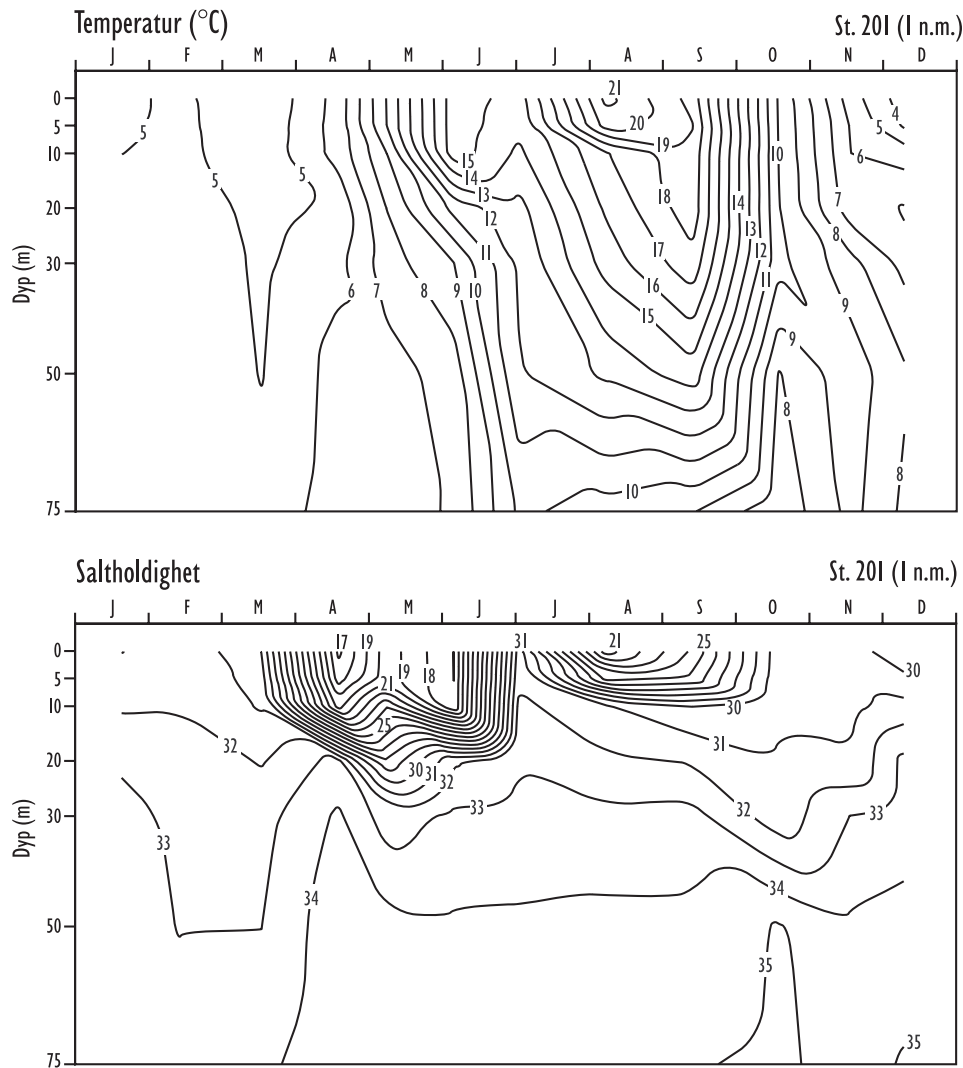
Figur 3.7 viser tidsserier av temperatur, saltholdighet, tetthet og oksygen på 600 meters dyp i Skagerrakbassenget utenfor Sørlandskysten (posisjon C, Figur 3.1). Det fant sted en storstilt utskifting av vannmassene i Skagerrakbassenget i 1991. Dette inntraff etter en lang stagnasjonsperiode, med de laveste oksygenkonsentrasjonene i bassenget som noen gang er observert ($4,8 \text{ ml l}^{-1}$). Temperaturene i 1990/91, like før innstrømningen, var de høyeste siden målingene startet i 1947. De unormalt høye temperaturene i Skagerrakbassenget holdt seg fram til ca. 1994, da innstrømning av kjøligere vann fra Nordsjøplatået medførte et markert temperaturfall. Etter en ny innstrømning av relativt kaldt og oksygenrikt vann fra Nordsjøplatået vinteren 1996, økte temperaturen gradvis igjen til ca. 1,4 °C over normalen.

Figur 3.5

Middelet for første kvartal av modellert total vanntransport sørover i Nordsjøen gjennom et snitt fra Utsira til Orknøyene i perioden 1976-2002. Fangst av hestemakrell etterfølgende høst i Nordsjøen.

Modelled time series (1976-2002) of the mean (1st quarter) transport of Atlantic water into the North Sea between Utsira and the Orkney Islands. Capture of horse mackerel in the North Sea the following autumn.





Figur 3.6

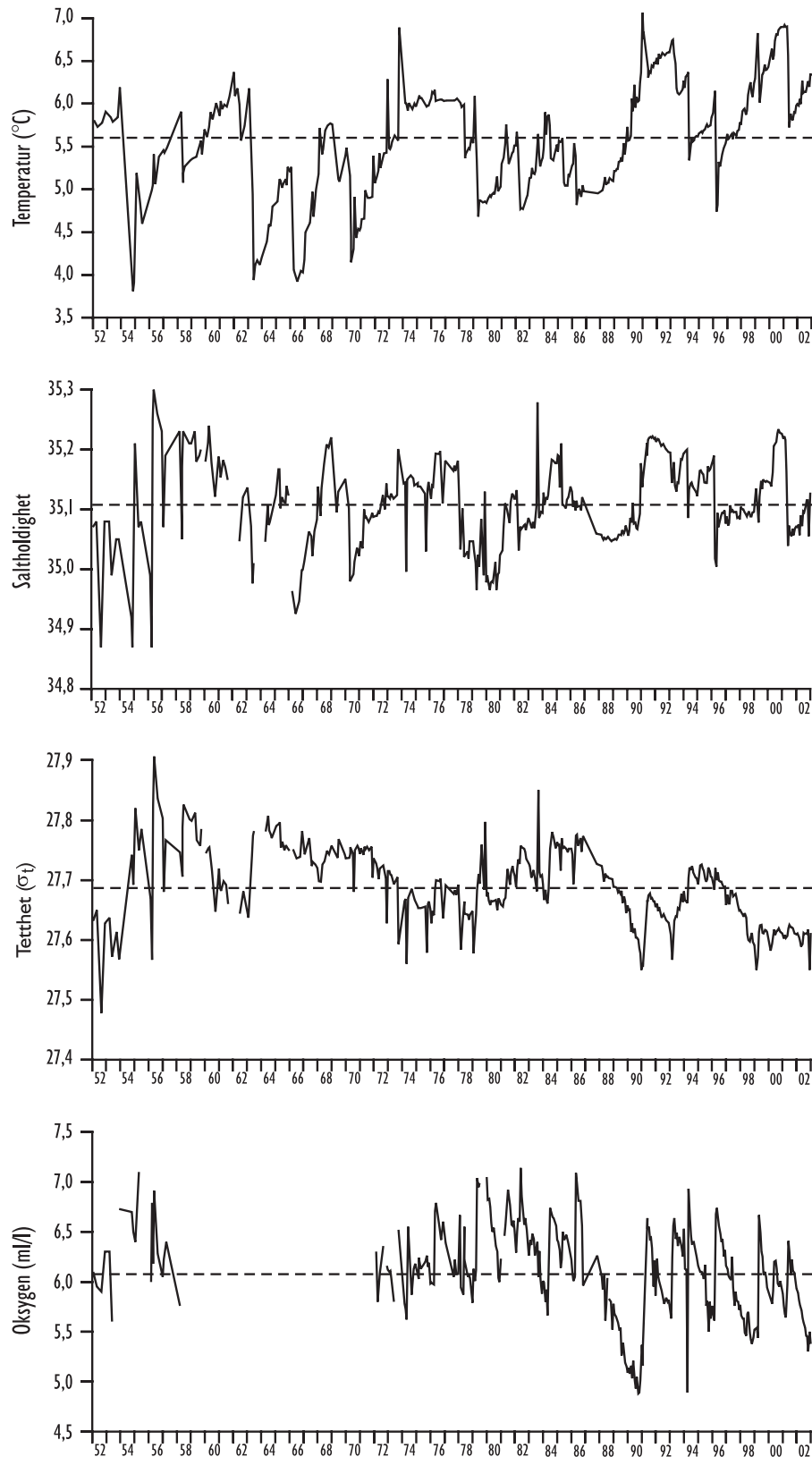
Temperatur og saltholdighet i 2002 i de øverste 75 m, ca. 1 nautisk mil utenfor Torungen fyr ved Arendal (St. 201).

Temperature and salinity in 2002 for the upper 75 m at St. 201, 1 n.m. outside Torungen lighthouse near Arendal.

Temperaturøkningen gjorde vannet lettere og la forholdene til rette for en utskiftning av bassengvannet i Skagerrak. Det var en innstrømming til Skagerrakbassenget av noe kaldere og oksygenrikt vann fra Nordsjøplatået tidlig om våren 1999. Også i 2000 var det en viss utskiftning av bunnvannet, men denne gangen med relativt varmt og salt vann fra Norskerenna. Temperaturen i 2000 var om lag like høy som i den varme perioden i begynnelsen av 1990-årene. Tettheten var fortsatt lav, og vi forventet derfor ny innstrømming til Skagerrakbassenget i løpet av 2001. Dette skjedde i april-mai med kalde og relativt ferske vannmasser fra Nordsjøplatået, som hadde noe høyere oksygeninnhold, men omtrent samme tetthet. Disse vannmassene gikk helt til bunns i den dypeste delen av Skagerrakbassenget. I 2002 har vi hatt en gradvis synkende oksygenkonsentrasjon uten utskiftning av vann-

massene. De hydrografiske forholdene ligger til rette for en ny utskiftning sannsynligvis tidlig i 2003.

På 90-tallet har det gjennom en rekke år vært observert lave oksygenkonsentrasjoner i innstrømmende nordsjøvann i august/september. Dette tyder på at det er en unormalt høy omsetning av organisk materiale i deler av Nordsjøen. I 2002 ble det observert innstrømming av oksygenfattig vann fra Nordsjøen til Skagerrak, som i 30 til 75 meters dyp både på danske- og norskekysten hadde oksygenverdier på ca. 4,7 ml l⁻¹ i september, omtrent som året før. Inne ved danskekysten var de nede i 3,9 ml l⁻¹. I 2000 ble det på denne tiden registrert betydelig lavere konsentrasjoner utenfor norskekysten på 30–75 m, helt ned mot 3,5 ml l⁻¹, noe man antok skyldtes den store oppblomstringen av *Chattonella* tidligere på året den gang.

**Figur 3.7**

Temperatur, saltholdighet, tetthet og oksygen på 600 m dyp i Skagerrakbassenget for årene 1952-2002 (Posisjon C, Figur 3.1).

Temperature, salinity, density and oxygen of the bottom water (600 m depth) in Skagerrak for the years 1952-2002.

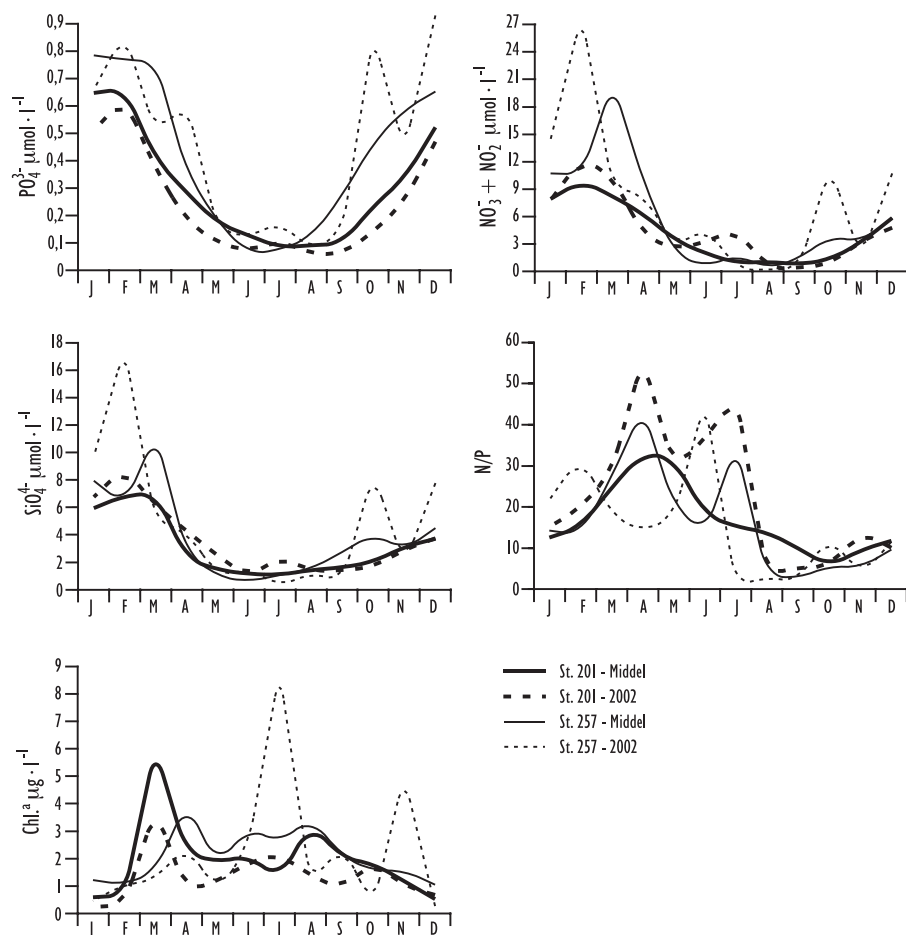
Skagerrak og vestkysten av Danmark

Næringsalter

Etter syttiårene har det vært en betydelig økning i tilførslene av menneskeskapt næringsalter, i hovedsak nitrogen, til Skagerrak fra sørlige Nordsjøen og Kattegat. Tilførslene er særlig store i år med milde vintrer og kraftig nedbør over Nord-Europa. Nedbøren i seg selv er nitrogenrik, men viktigere er det at det vaskes ut mye næringsalter fra jordsmonnet. Det meste kommer til kysten via store elver som Elbe. I milde vintrer med mye nedbør er i tillegg den dominerende vindretningen ofte sørlig, og da føres vannmasser fra sørlige Nordsjøen hurtigere og mer direkte inn i Skagerrak.

Næringsalter og planteplanktonbiomasse i form av klorofyll samt hvilke alger som dominerer, er overvåket i Skagerrak

ved månedlige snitt mellom Torungen ved Arendal og Hirtshals i Danmark med 12 stasjoner siden 1981 (Figur 0.1). Næringsalter måles i standarddyp fra overflaten til bunnen, mens klorofyll måles i de øvre 50 m. Algeanalysene baserer seg på en blandingsprøve med like deler vann fra 0, 5, 10, 20 og 30 m (0-30 m-prøve), samt et overflatehåvtrekk fra tre stasjoner: en ved kysten av Norge, en midt i Skagerrak og en ved kysten av Danmark. En tidsserie fra 1981 har gitt grunnlag for å beregne middelerverdier eller hva vi kan kalle "normale" verdier i Skagerrak (Figur 3.8). Fordi hyppigheten på snittene bare er en gang per måned, og algeoppblomstringer kan komme og gå i løpet av en - to uker, kan det foregå oppblomstringer som vår prøvetaking ikke fanger opp. De store trekkene i algebildet synes likevel å fremtre også ved månedlige tokt. I tillegg til de månedlige snittene mellom Torungen og Hirtshals, har hele Skagerrak, deler av Kattegat og vestkysten av Danmark blitt overvåket hvert år i april



Figur 3.8

Månedsmidler for de øvre 30 m utenfor Torungen fyr ved Arendal (St. 201) og de øvre 25 m utenfor Hirtshals (St. 257) i 2002 for fosfat, nitrat+nitritt, silikat, forholdet mellom nitrat+nitritt og fosfat (N/P) og klorofylla (stiplede linjer). De heltrukne linjene viser langtidsmiddelet for 1980-1995 på St. 201, unntatt for silikat, hvor langtidsmiddelet er for 1988-1995, og på St. 257 hvor langtidsmiddelet er for 1988-1995 for alle størrelsene.

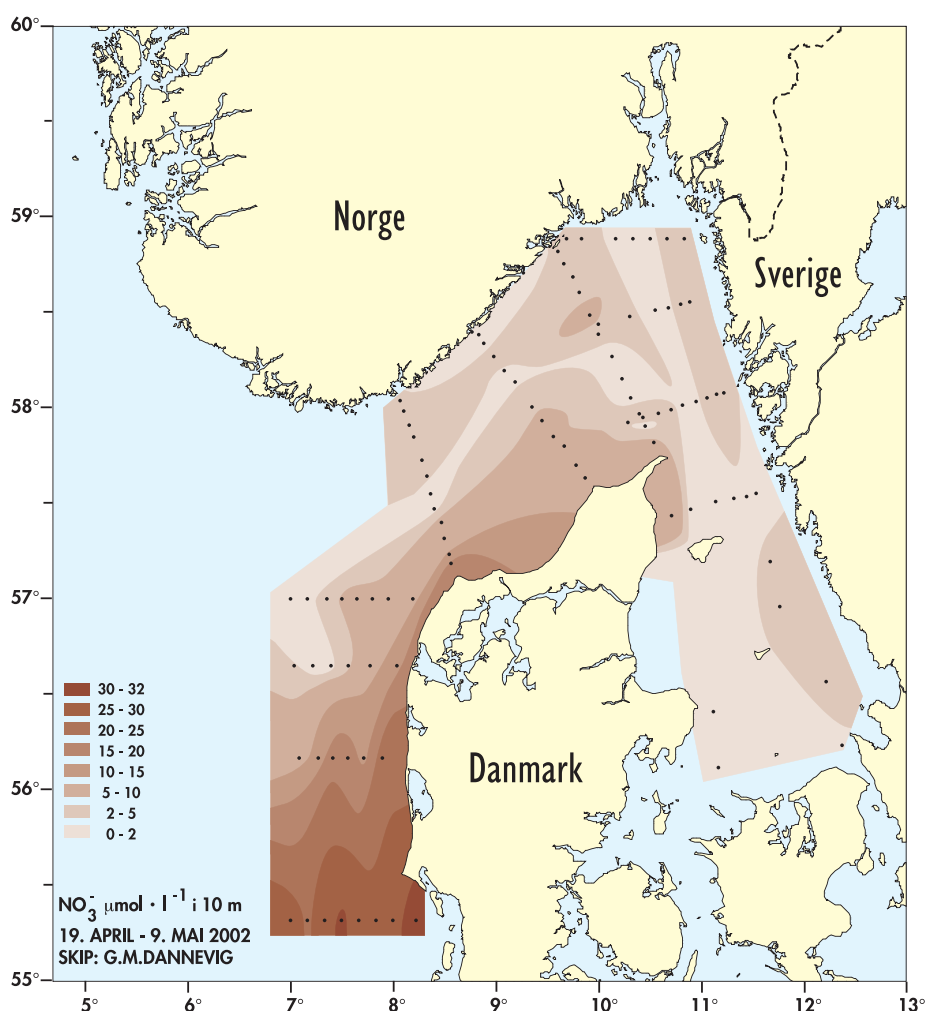
Monthly means in the upper 30 m outside Torungen lighthouse near Arendal (St. 201) and the upper 25 m at St. 257 outside Hirtshals in 2002 for phosphate, nitrate+nitrite, silicate, N:P ratio and chlorophylla (dotted lines). The solid lines show the long term mean for the period 1980-1995 at St. 201 except for silicate where the mean is for the period 1988-1995, and at St. 257 where the long term mean is for the period 1988-1995 for all parameters.

siden 1988 for å se på næringssaltsituasjonen og algebildet over et større område etter at våroppblomstringen vanligvis er avsluttet langs vår kyst.

Temperaturen i overflatelaget sydover langs den danske vestkysten var meget høy i april 2002. Bare en gang tidligere siden denne undersøkelsen startet i 1988 er det målt så høye temperaturer, og det var i 1990. I 2002 lå temperaturen hele 4-5 °C høyere enn året før og 1,5-2 °C høyere enn vanlig. Dette skyldtes den milde vinteren over kontinentet. I Skagerrak var også temperaturen høyere enn normalt. Det var større mengder med nitrat i de jyllandske kystvannmassene langs den danske vestkysten og langs den danske Skagerrakkysten i 2002 (Figur 3.9) enn i 2001, samtidig som det ikke var noe fosfat og silikat til stede. Dette ga rekordhøye N:P-forhold i området, i likhet med i 2001. I dette området, spesielt sydover

langs den danske vestkysten, var det noe klorofyll til stede, og dette var stort sett rester etter våroppblomstringen. I resten av det undersøkte området var våroppblomstringen avsluttet, og det var lite klorofyll til stede, og mulige skadelige alger ble dette året bare registrert i meget små mengder.

På den norske Skagerrakkysten fulgte næringssaltkonsentrasjonene gjennom året langtidsnormalen, men dette var ikke tilfelle på danskesiden (Figur 3.8). Her lå nitrat- og silikatkonsentrasjonene i februar betydelig over langtidsmiddelet i perioden 1980-95. Dette skyldtes en betydelig avrenning til Tyskebukten pga. en mild vinter med mye nedbør over kontinentet. Det samme ble observert der på slutten av året i oktober og desember, og da var det også mye fosfat tilstede. Dette var imidlertid atlantiske vannmasser med normale næringssaltkonsentrasjoner, og ikke som



Figur 3.9

Horizontal fordeling av nitrat i 10 m dyp i Nordsjøen og Skagerrak i april 2002.

Horizontal distribution of nitrate at 10 m depth in the North Sea and Skagerrak in April 2002.

på vinteren hvor det var jyllandske kystvannmasser med tilførsler fra kontinentet. Situasjonen i oktober var ganske uvanlig, med en kraftig innstrømming av atlantiske vannmasser langs den danske Skagerrakkysten helt opp til 0 meter i et område som strakte seg ut til 20 n.m. av kysten.

Planteplankton

På toktene i Skagerrak mellom Arendal og Hirtshals, som foregikk midt i januar og februar 2002, ble det observert lave algekonsentrasjoner, som er det normale om vinteren. Under toktet 18. mars var imidlertid kiselalgenes våroppblomstring godt i gang, med store algeforekomster fra kysten av Norge til godt og vel halvveis over mot Danmark. Nærmere kysten av Danmark hadde våroppblomstringen ennå ikke begynt. Det er vanlig at våroppblomstringen først starter langs kysten av Norge og senere ved kysten av Danmark. Dette fordi lagdelingen er mest markert, og derved vertikalblandingene mindre, ved kysten av Norge på grunn av ferskvannstilførsler fra Østersjøen og de store norske elvene. De vanligste artene under våroppblomstringen i mars var *Chaetoceros* spp., særlig arten *C. socialis*, *Skeletonema costatum* og *Thalassiosira nordenskiöldii*. Under toktet 19. april var våroppblomstringen over på norsk side av Skagerrak. Det var noe kiselalger på dansk side, men ikke våroppblomstringsmengder. Trolig var våroppblomstringen utenfor Danmark stort sett ferdig før vårt tokt 19. april. I mai var det relativt lite alger i Skagerrak, men tidlig i juni var det igjen relativt mye kiselalger ved kysten av Norge. Vanlige arter og slekter var *Chaetoceros* spp., *Dactyliosolen fragilissimus*, *Pseudo-nitzschia* spp., *Skeletonema costatum*

og *Thalassionema nitzschioides*. Da var også kalkflagellaten, *Emiliana huxleyi*, tallrik i hele Skagerrak. Den er vanlig i løpet av sommerhalvåret hvert år. I 2002 forekom den i moderate mengder. Midt i Skagerrak og mot dansk side var store dinoflagellater, særlig ulike Ceratier, relativt tallrike i juni. I juli var algebildet fortsatt preget av kiselalger, og nær kysten av Danmark var det store mengder av *Leptocylindrus danicus* (drøye 2 millioner celler L⁻¹ i 0-30m prøven) og også en del av kiselalgen *Proboscia alata*. Disse algene var også vanlige utenfor kysten av Norge, men ikke på langt nær så tallrike som ved kysten av Danmark. Midt i Skagerrak var store dinoflagellater mest fremtredende i håvtrekksprøven. I august var det fortsatt en del kiselalger ved kysten utenfor Norge og lite ved kysten av Danmark, ellers hadde store dinoflagellater en fremtredende rolle. Midt i september var det på ny relativt mye kiselalger utenfor kysten av Norge, og mye ved kysten av Danmark hvor *Chaetoceros* spp. dominerte. Også i oktober var algebildet preget av kiselalger. I november var det relativt mye kiselalger ved kysten av Danmark for årstiden; ellers var algemengdene i ferd med å avta mot vinterminimum, og i desember var det lite alger i hele Skagerrak.

I sum var algeåret 2002 i Skagerrak nokså normalt. Det ble ikke registrert spesielt store algeforekomster, og heller ingen uvanlige forekomster av potensielt skadelige alger. Innslaget av kiselalger var forholdsvis betydelig gjennom sommerhalvåret, mens vi ikke registrerte større oppblomstringer av dinoflagellater.

Kapittel 4

Økosystemene på
kysten og i fjordene



Foto: Jan Aure

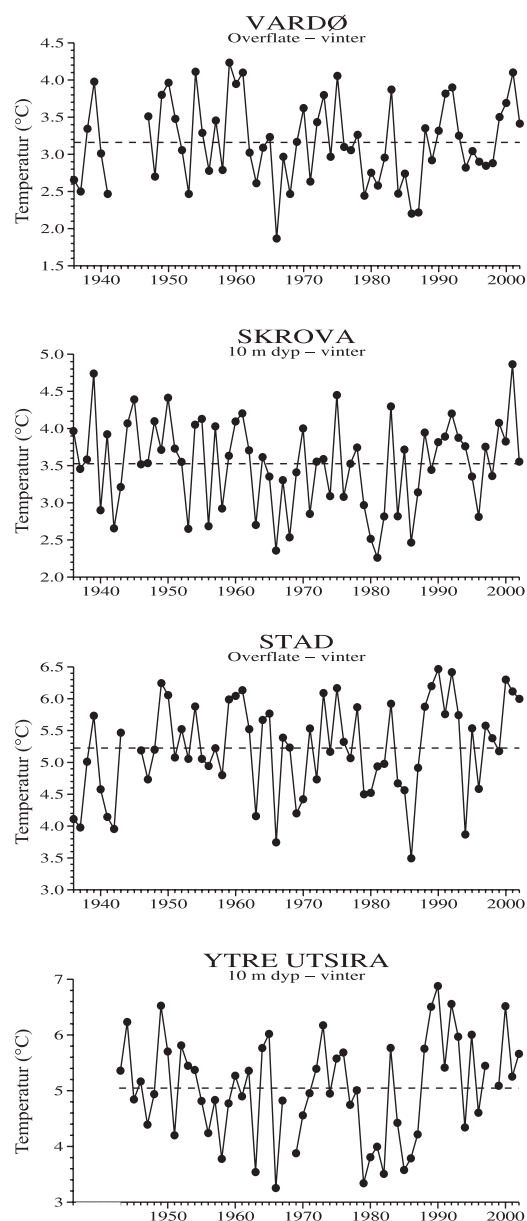
Klimatilstanden i kystfarvannene observeres regelmessig på faste hydrografiske stasjoner fra Lista til Ingøy to til fire ganger per måned (Figur 0.1). Temperatur og saltholdighet blir observert i standarddyp fra overflaten til bunnen. Målinger i overflatelaget blir tatt fra Hurtigruten ved en rekke lokaliteter mellom Bergen og Kirkenes (termografjenesten).

Langtidsendringer

Langtidsendringer i havklimaet i øvre lag av kystvannet oppdages best ved å studere vintertemperaturene. De laveste vintertemperaturene i overflatelaget i perioden etter 1936 ble observert i 1966 og i 1986-87. Ved Skrova og Utsira var det også kaldt omkring 1980 (Figur 4.1). Det var varme vintrer omkring 1960, i første del av 1970-årene og i 1988-93/94. Temperaturforskjellen mellom kalde og varme vintrer i denne perioden var 1,5-3 °C. På midten av 1990-tallet var det noe kaldere enn normalt i øvre lag av kystvannet, mens det etter 1999 igjen har vært en temperaturøkning og da særlig fra Stad og nordover. Midlere vintertemperaturer nord for Stad i 2001 var på nivå med de varme vintrene i begynnelsen av 1990-årene. Vinteren 2002 var det fortsatt varmere enn normalt i øvre lag av kystvannet fra Utsira til Vardø.

Temperaturforholdene i dypere lag av kystvannet, her representert ved observasjoner i 150 m dyp ved Skrova og ytre Utsira om sommeren, viser de storstilte variasjonene i tilførsler av atlantisk vann til kystområdene (Figur 4.2). Etter en kald periode omkring 1980, med reduserte tilførsler av atlantisk vann, økte temperaturen i 1990-91 til det høyeste nivået som er observert siden målingene startet i 1936. Dette gjenspeiler de milde vintrene i perioden fra 1988 til 1993, med betydelig økte tilførsler av varmt atlantisk vann til kystområdene. De laveste temperaturene i dypere lag av kyststrømmen ble observert i begynnelsen av 1940-årene og omkring 1970, og lå da om lag 2 °C lavere enn i de varme årene 1990 og 1991. Etter en markert temperaturnedgang i 1993/94 har temperaturen igjen økt, og i 2002 lå middeltemperaturen for juli-september ca. 0,7 °C over normalen, både ved ytre Utsira og ved Skrova.

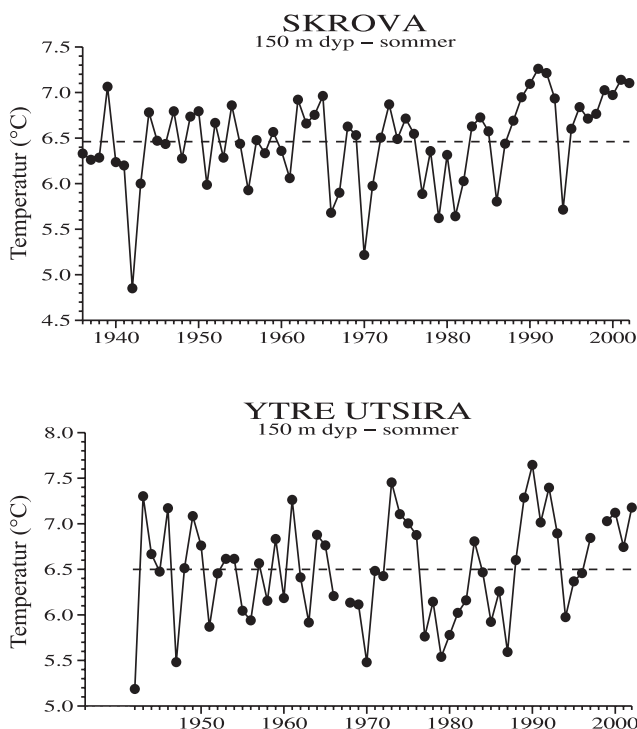
Figur 4.3 viser at det etter 1988 også har vært en rekke varme vintrer i Skagerrak, med uvanlig høye vintertemperaturer i 1989 og 1990, hele 4 °C over normalen. Perioden etter 1988 var også den varmeste siden målingene startet i 1924 og trolig i de siste 100 år. Etter tilnærmet normale vintrer i 1994 og 1996, har det i årene fra 1997 til 2001 igjen vært



Figur 4.1

Overflatetemperaturene i januar-mars ved Vardø, Skrova, Stad og ytre Utsira i årene 1936-2002 (se Figur 0.1). Prikket linje angir middelverdien.

Surface temperature in January-March at Vardø, Skrova, Stad and outer Utsira through 1936-2002 (see Figure 0.1). The dotted line represents the mean value.



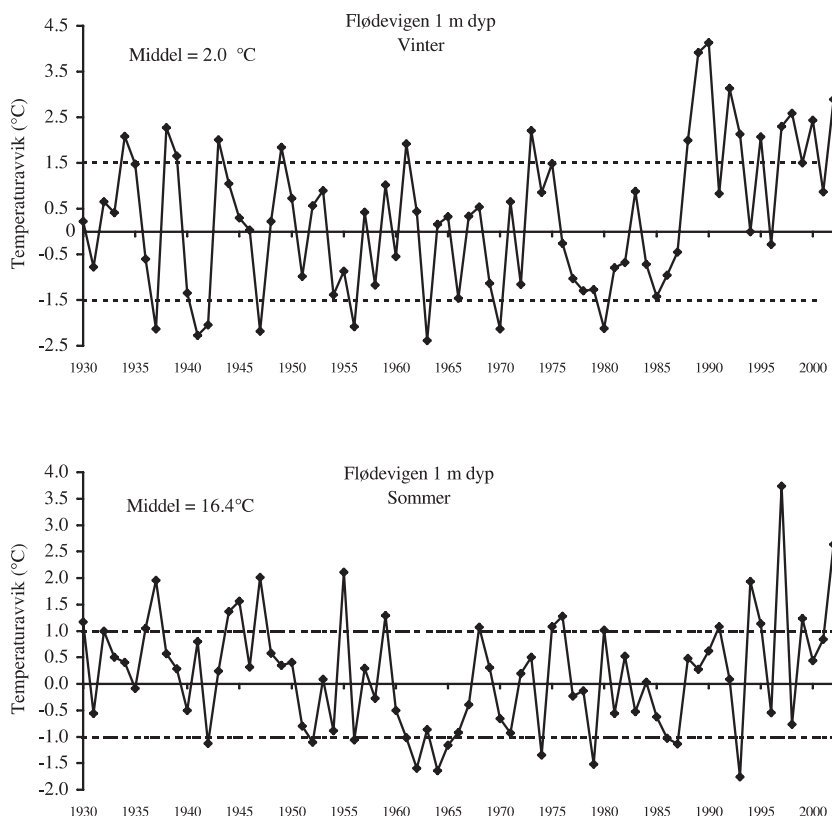
Figur 4.2
 Temperaturen på 150 m dyp på sensommeren (juli-september) ved Skrova og ytre Utsira i årene 1936-2002. Prikket linje angir middelverdien.
Temperature at 150 m depth late summer (July-September) at Skrova and outer Utsira through 1936-2002. The dotted line represents the mean value.

forholdsvis varmt i Skagerrak, med temperaturer fra 1,0 til 2,5 °C over det normale for årstiden. I 2002 var det enda en varm vinter med middeltemperatur ca. 2,9 °C over normalen. Vi må tilbake til 1985 sist det var en kald vinter i Skagerrak. Det har også vært en rekke varme somre etter 1990 hvor somrene 1997 og 2002 skiller seg ut som de varmeste siden 1930.

Temperaturforholdene i 2002

Resultatet av temperaturmålingene fra Hurtigruten i 2002, sammen med avviket fra et middelår, er vist i Figur 4.4. Her ser vi hvordan temperaturforholdene i overflatelaget langs kysten fra Sognesjøen til Varangerfjorden har variert gjennom årets 12 måneder (øverst). Langs hele kysten lå temperaturene vinteren og våren fra 0,0 °C til 1,0 °C over normalen. Fra slutten av mai til september var det unormalt høye temperaturer fra Sognesjøen til Troms, med temperaturer periodevis 4-5 °C over det normale for årstiden. Unntaket var i juli, da dårlig sommervær førte til forholdsvis normale sjøtemperaturer (nederst). Utover høsten og fram til årsskiftet førte det kalde høstværet til en rask avkjøling, med temperaturer omkring det normale for årstiden langs hele kysten fra Hordaland til Finnmark.

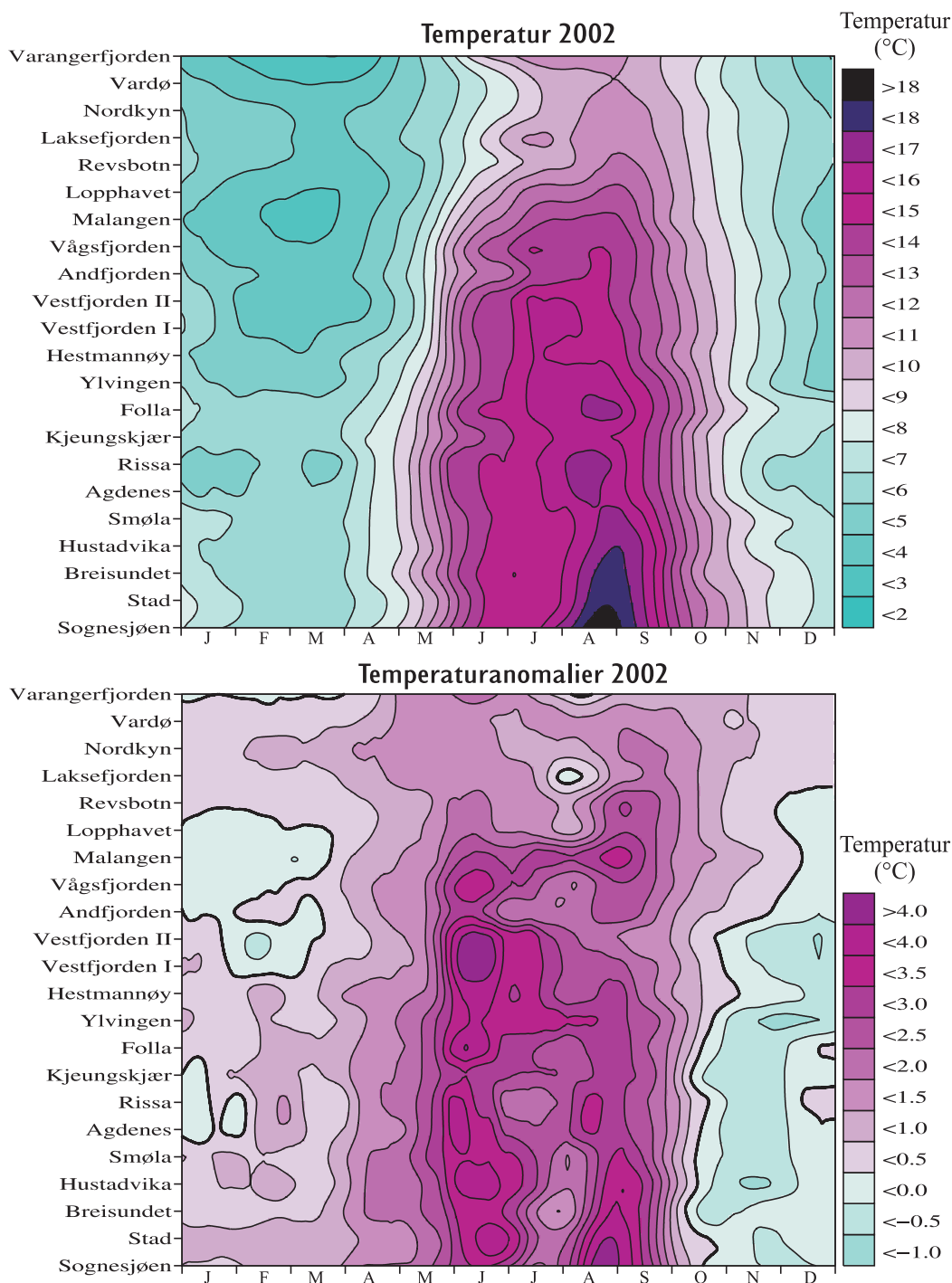
Figur 4.5 viser temperaturvariasjonene i overflatelaget (10 m) og på 150 m dyp ved ytre Utsira og Skrova i 2002. Ved Skrova var det normale vintertemperaturer i overflatelaget i 2002. Fra april til november lå temperaturene over det normale for årstiden, med en ekstra varm periode fra juni til september. Ved Utsira var det forholdsvis høye sjøtemperaturer fra februar til november i 2002. Det var varmt i mai/juni og i august/september med temperaturer opp til 5 °C høyere enn



Figur 4.3
 Avvik fra midlere vintertemperatur (februar-mars) og sommertemperatur (juli-august) i 1 m dyp i Flødevigen, Arendal, 1930-2002. Heltrukket linje angir middelverdien, og prikket linje angir +/- ett standardavvik.
Winter and summer temperature anomalies in the surface layer of Flødevigen Bay, Arendal, 1930-2002. The solid line represents the mean value, and the dotted lines +/- one standard deviation.

HURTIGRUTEN

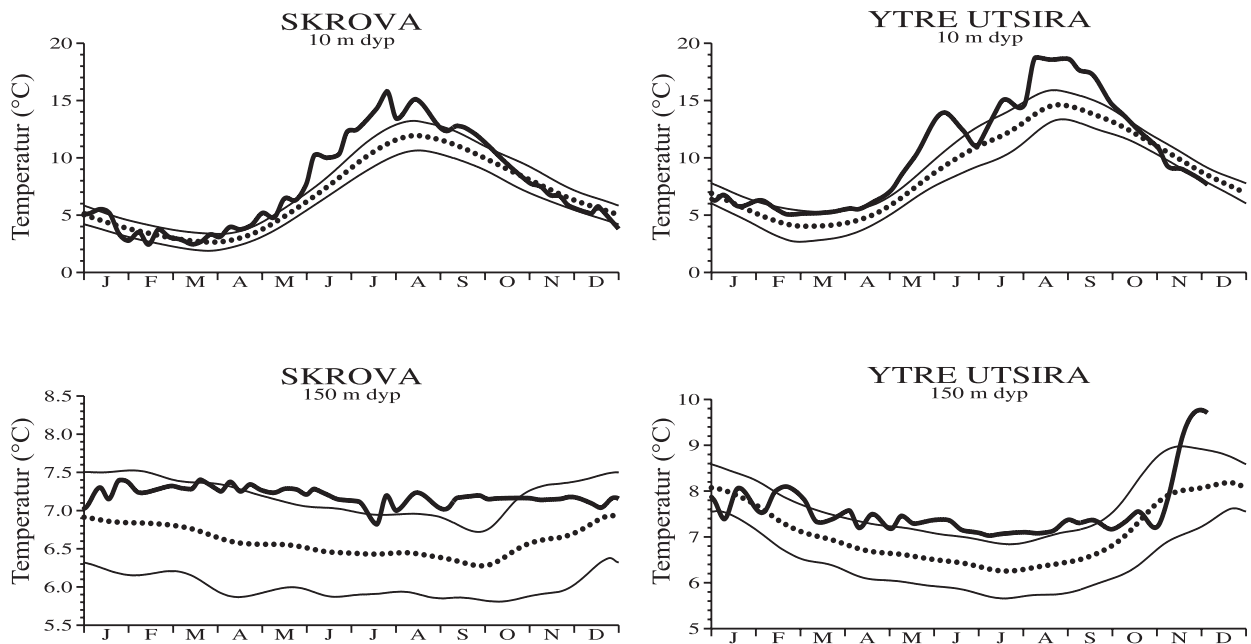
Månedsmidler fra termografstasjoner



Figur 4.4

Øverst: Temperaturen i overflatelaget langs kysten mellom Sognesjøen og Varangerfjorden i 2002, målt fra Hurtigruten. Nederst: Temperaturanomalier (avvik) i 2002 i forhold til langtidsnormalen. I = januar, I2 = desember.

Upper panel: Temperature of the surface layer along the coast between Sognesjøen and Varangerfjorden in 2002 based on observations from the coastal express steamer. Lower panel: Temperature anomalies in 2002. I = January, I2 = December.



Figur 4.5

Temperatur fra Skrova og ytre Utsira i 2002. Tykk linje er temperatur i 10 og 150 m dyp, målt ca. hver 10. dag. Prikket linje er midlere årsvariasjon, og tynn linje er ett standardavvik.

Temperature at Skrova and outer Utsira in 2002. Thick solid line is temperature at 10 and 150 m depth, measured about every 10th day. Dotted lines represent mean annual variation. Thin lines represent one standard deviation.

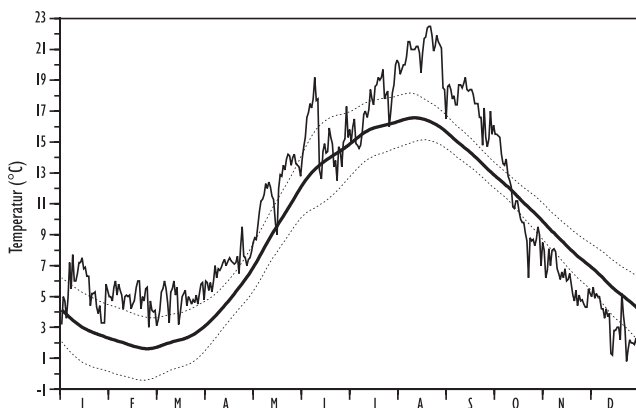
normalen. I forbindelse med det kalde været på senhøsten sank temperaturene langs kysten (Utsira og Skrova) under det normale fra november og ut året.

I 150 m dyp var det forholdsvis varmt langs hele kysten fra Rogaland til Finnmark i 2002. Ved Utsira og Skrova lå f.eks. temperaturene, med unntak for en periode tidlig på året og sent på høsten 2002, nær ett standardavvik over normalen.

Ved Forskningsstasjonen Flødevigen ved Arendal, har det vært utført daglige målinger av temperaturene i overflatelaget siden 1924. Selv om de årlige variasjonene og avvikene i temperatur er større i overflatelaget ved Flødevigen enn i åpne kystområder utenfor, er variasjonene representative også for de øvre vannlagene i Skagerrak. I 2002 var det igjen

en forholdsvis varm vinter med temperaturer 2-3 °C over normalen (Figur 4.6). Fra april til november var det også varmt og da særlig fra august til midten av oktober, med sjøtemperaturer i begynnelsen av september opp mot 23 °C. I november og desember var det et betydelig temperaturfall knyttet til lave lufttemperaturer i Skagerrak-området.

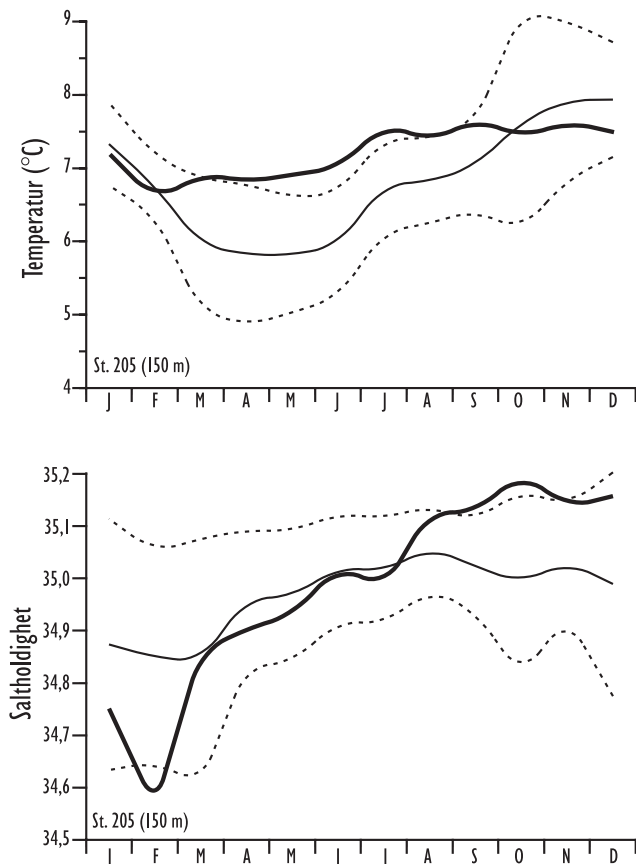
I de dypere lag langs Skagerrakkysten (150 m dyp) var det økende bidrag av innstrømmende atlantisk vann (saltholdighet høyere enn 35,0) fra mars til desember 2002 (Figur 4.7). Økningen i saltholdighet og tetthet i dypere lag av kystvannet fra mars og ut året førte imidlertid ikke til innstrømning til fjordbassengene i Skagerrak i 2002 (se Figur 4.11 og 4.12). Temperaturene i dypereliggende vannlag langs Skagerrakkysten var forholdsvis høye fra mars til oktober 2002.



Figur 4.6

Daglige temperaturer på 1 m dyp i 2002 i Flødevigen, Arendal. Den tykke linjen viser glattet middeltemperatur og tynne linjer standardavviket, begge for 30-årsperioden 1961-90 samme sted.

Daily temperature at 1 m depth in 2002 in Flødevigen Bay, Arendal. The thick line shows the smoothed mean temperature and the thin lines show the standard deviation, both for the period 1961-90.

**Figur 4.7**

Temperatur og saltholdighet i 150 m dyp ca. 10 km utenfor Torungen fyr ved Arendal i 2002, basert på målinger ca. en gang per måned (tykk heltrukken linje). Langtidsmiddel (tynn heltrukken linje) og standardavvik (stiplet linje) for perioden 1961-90.

Temperature and salinity at 150 m depth 10 km off Torungen lighthouse near Arendal in 2002 based on monthly observations (thick solid line). Long term mean (thin solid line) and the standard deviation (dotted lines) for the period 1961-90.

4.2

Plankton og næringssalter

Langs norskekysten utføres det mange undersøkelser av miljøforhold i sjøen. Havforskningsinstituttet står bare for en del av disse. I den foreliggende rapporten legges hovedvekt på hva Havforskningsinstituttet gjør og har tilgjengelig av data, men informasjon fra samarbeidspartnere og andre er også trukket inn for å komplettere bildet av miljøforholdene i 2002. Løpende data om planktonalger, med vekt på de skadelige typene, produseres i et bredt samarbeid mellom Havforskningsinstituttet, Norges Veterinærhøgskole, OCEANOR, NIVA, Fiskeridirektoratet og Statens Næringsmiddeltilsyn (SNT) med underliggende enheter. Den landsdekkende rutineovervåkingen i regi av SNT foregikk i 2002 ukentlig fra slutten av mars til ut i oktober på 26 stasjoner fra Østfold til Finnmark. I ukentlige nyhetsbrev på internett (<http://algeinfo.imr.no/>), kalt "algeinfo", er det informert om den aktuelle algesituasjonen langs hele kysten, bortsett fra på vinteren. I 2002 ble det utgitt 41 "algeinfo". I det følgende er denne informasjonen summert opp på årsbasis.

Alger på kyststrekningen Østfold - Vest-Agder

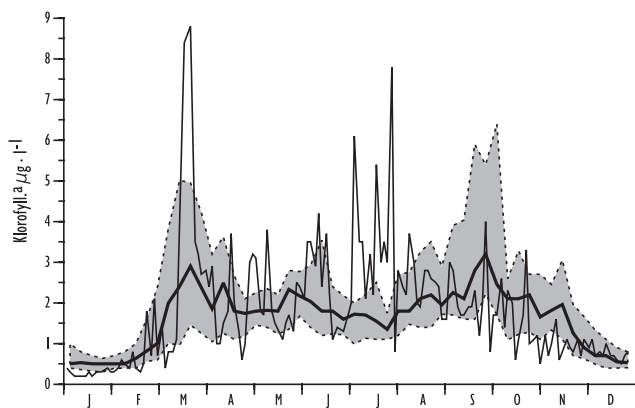
På denne delen av kysten utfører Havforskningsinstituttet en utstrakt overvåking. I Flødevigen ved Arendal er det særlig hyppig prøvetaking. Her tas algeprøver tre ganger per uke, og etter vår erfaring gjenspeiler prøvene fra Flødevigen i store trekk situasjonen langs hele Sørlandet (Telemark - Vest-Agder). Ved Torungen fyr, like utenfor Arendal, tas hydrografiske prøver og næringssalter ca. hver 14. dag med støtte fra Statens forurensningstilsyn.

I februar ble det målt mer enn $13 \mu\text{mol l}^{-1}$ av nitrat i de øvre vannlag ved Torungen fyr. Det er noe høyere enn sjøens naturlige vinterkonsentrasjoner, og skyldes påvirkning fra land. I løpet av mars ble næringssaltnivåene i de øvre 5-10 m redusert betydelig gjennom kiselalgenes våroppblomstring. Utover våren og frem til først i juli var det likevel relativt mye nitrat igjen i de øvre 10-20 meter, og derved gjennomgående et noe høyt N:P-forhold. Fra slutten av juli og frem til tidlig

i oktober var det lite næringssalter i de øvre vannlag, men i løpet av oktober begynte nivåene langsomt å stige mot vinterverdier.

Algemengden gjennom året i form av klorofyll i Flødevigen (Figur 4.8) var nokså normal, men likevel med relativt mye algebiomasse i juli måned og gjennomgående relativt lite i perioden september-november.

Våroppblomstringen av kiselalger på kysten av Skagerrak var relativt kortvarig i 2002, med en markert topp i siste halvdel av mars (Figur 4.8). De dominerende artene var *Chaetoceros socialis* og *Thalassiosira nordenskiöldii*. Vår-oppblomstring nummer to, som også ofte preges av kisel-



Figur 4.8

Klorofylla i Flødevigen, 0-3 m dyp. Tynn heltrukken linje er målinger i 2002. Tykk heltrukken linje er medianer (normaler) for hver uke basert på alle data i perioden 1989-2002. Stiplede linjer er første og tredje kvartiler (naturlig variasjonsbredde). Chlorophylla in Flødevigen Bay, 0-3 m depth. The thin line is data from 2002. The thick line is medians for every week based on all data for the period 1989-2002. Dotted lines are first and third quartiles.

alger, foregikk i juni, og vanlige arter var *Dactyliosolen fragilissimus*, *Leptocylindrus danicus*, *Skeletonema costatum* og ulike *Chaetoceros*. Gjennom juni var det også en del av kalkflagellaten *Emiliania huxleyi*, som er en vanlig alge langs kysten i sommerhalvåret. I Flødevigen ble det registrert ca. 2 millioner celler l^{-1} på det meste, noe som kan karakteriseres som moderate mengder av denne algen. I juli bidro ulike *Ceratium* spp. og andre store dinoflagellater til uvanlig høy biomasse en periode, særlig var arten *Ceratium furca* tallrik den 29. juli (75 000 celler l^{-1}). Resten av året forekom ulike algegrupper i blanding og ingen typer nådde opp i særlig høye konsentrasjoner, selv om enkeltarter kunne være relativt tallrike (se eks. om *Dinophysis acuta* i kapittel om skadelige alger).

I fjord- og skjærgårdområder, som står i begrenset sirkulasjonsmessig kontakt med kysten utenfor, kan lokale hydrofysiske og kjemiske forhold gi grobunn for lokale algeoppblomstringer. På kysten av Skagerrak er slike områder indre Oslofjord, Hvaler-området og deler av Telemarkskysten. Algeovervåkning i indre Oslofjord i 2002 avdekket spesielt en stor oppblomstring av *Skeletonema costatum* i oktober-november. For Hvaler-området har overvåkingen over år vist at det der ofte er en relativt høy algebiomasse og et stort mangfold av planktonalger. Det var tilfellet i 2002 også. En årvisst art i dette området, dinoflagellaten *Prorocentrum minimum*, var vanlig på sensommeren 2002 og forårsaket episoder med brun sjø i deler av skjærgården både i Østfold og Vestfold.

Alger på kyststrekningen

Rogaland - Sogn og fjordane

Våroppblomstringen i 2002 på denne strekningen foregikk i mars. Ofte kommer den tidligere og mer markert inne i fjordene enn ute i skjærgården, noe det også var tendens til i 2002. De vanligste kiselalgene var *Skeletonema costatum*, *Pseudo-nitzschia* sp. og *Thalassiosira* spp. Etter mars var det mer varierende algeforekomster, noe som ikke er uventet langs en så lang og komplisert kyststrekning, både topografisk og hydrografisk. Gjennom sommerhalvåret, til ut i oktober, var ulike kiselalger stadig tallrike på en eller flere av overvåkningsstasjonene, og vanlige slekter var *Arcocellulus*, *Cerataulina*, *Chaetoceros*, *Dactyliosolen*, *Leptocylindrus*, *Pseudo-nitzschia*. Kalkflagellaten *Emiliania huxleyi*, som kan gi turkis farge til sjøen langs Vestlandet om sommeren, var vanlig også i 2002, men likevel mindre tallrik enn den ofte opptrer. Fra utpå sommeren til utpå høsten var også ulike store dinoflagellater fremtredende på deler av strekningen Rogaland - Sogn og Fjordane. De vanligste slektene var *Ceratium* og *Prorocentrum*.

Alger på kyststrekningen

Møre og Romsdal - Nord-Trøndelag

Våroppblomstringen på denne strekningen kommer vanligvis litt senere enn lenger sør, men i noen fjorder i Møre- og Romsdal var den i 2002 godt i gang tidlig i mars. Vanlige arter var kiselalgene *Chaetoceros socialis* og *Skeletonema costatum*. På denne strekningen er det i tillegg ofte et betydelig innslag av gelealgen *Phaeocystis pouchetii* om våren, så også i mars 2002. Utover i mars og tidlig i april blomstret etter hvert kiselalgene i Trøndelag og nordover mot Nordland, med *Chaetoceros* og *Skeletonema* som vanligste slekter. Kiselalger var vanlige innover i en del fjorder gjennom mye av april, før det gjennomgående ble lite alger i overgangen fra april til mai. Fra slutten av mai var igjen kiselalger tallrike, særlig i Trondheimsfjorden. Gjennom sommeren var kyststrekningen som helhet preget av vekslende algesammensetning og mengder. Vanlige kiselalger var *Chaetoceros* spp. og *Skeletonema costatum*, mens store dinoflagellater, som ble vanlig utpå sommeren, særlig tilhørte slektene *Ceratium* og *Prorocentrum*. Kalkflagellaten, *Emiliania huxleyi*, var også vanlig langs denne

kyststrekningen gjennom sommeren, uten at den dannet særlig store bestander.

Alger på kyststrekningen Nordland - Finnmark

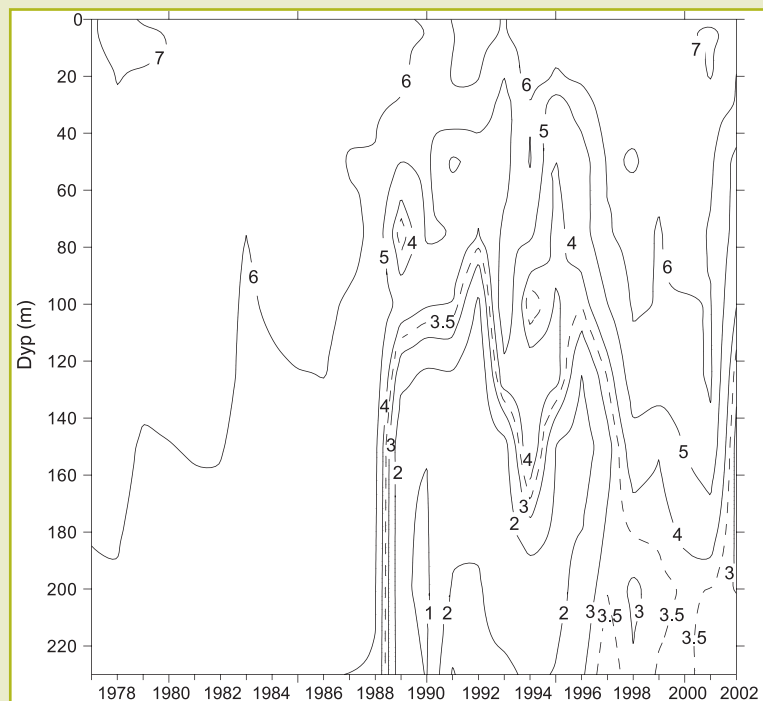
På denne strekningen preget gelealgen *Phaeocystis pouchetii* våroppblomstringen, selv om noe *Chaetoceros* også bidro. Oppblomstringen foregikk gjennom slutten av mars og første del av april, litt forsinket i Troms og Finnmark i forhold til i Nordland. På denne kyststrekningen er det gjennomgående noe mindre algebiomasse enn lenger sør. Gjennom sommerhalvåret var det et variert algesamfunn, og periodevis betydelig innslag lokalt av kiselalger, som *Chaetoceros*, *Pseudo-nitzschia* og *Skeletonema*. Større dinoflagellater er vanligvis mindre tallrike så langt nord, men er likevel vanlig i håvtrekk utover sommeren og på høsten. Fra slutten av juli til ut i august preget kalkflagellaten *Emiliania huxleyi* store

Ofofjorden

Etter at sommerbeitesesongen er over i Norskehavet, vandrer den norske vårgytende silda til overvintringsområdene hvor den danner tette konsentrasjoner. I disse områdene blir silda inntil gytevandringen begynner igjen tidlig på vinteren. I de siste 40 år har man kunnet identifisere flere overvintringsområder. I løpet av 1950-årene da bestanden var stor (omkring 10 millioner tonn), overvintret silda i et område øst for Island. I 1963-1966 var bestanden redusert til 3-4 millioner tonn, og mesteparten av silda overvintret utenfor norskekysten i de nordlige deler av Norskehavet. Etter at bestanden brøt sammen på slutten av sekstitallet, overvintret restene av bestanden i flere fjorder langs norskekysten. Under gjenoppbygging av bestanden i de siste år, hvor 1983-årsklassen var den dominerende, har silda siden 1987 overvintret i indre deler av Vestfjorden, Ofofjorden og

Figur 4.9

Vertikalfordeling av oksygen (ml l^{-1}) i Ofofjorden utenfor Narvik i perioden 1977-2002. Vertical distribution of oxygen (ml l^{-1}) in the Ofofjord outside Narvik in the period 1977-2002.



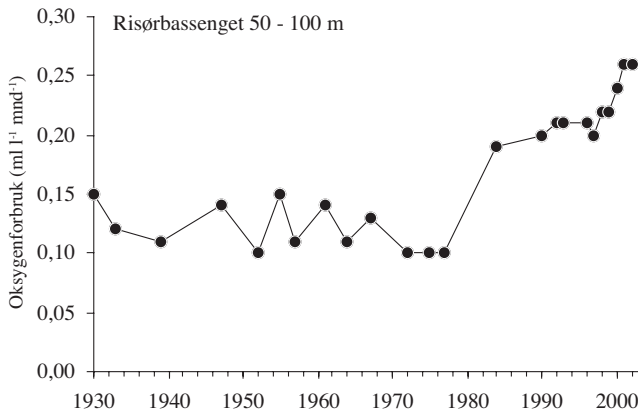
deler av denne kyststrekningen da den ble påvist i mengder på opptil 6 millioner celler l^{-1} .

Fjorder

Havforskningsinstituttet overvåker miljøforholdene i fjorder langs hele norskekysten fra Oslofjorden til Kirkenes, bl.a. i forbindelse med brisling- og sildeundersøkelser og rekrutteringsundersøkelser langs Skagerrakkysten om høsten. I det følgende beskrives oksygenforholdene i Ofofjorden, utvalgte fjorder på Skagerrakkysten og i Lysefjorden, Rogaland. For å opprettholde viktige tidsserier utførte Havforskningsinstituttet også i 2002 miljøundersøkelser i en del utvalgte forurensede fjordområder i indre Skagerrak.

til dels i Tysfjorden. Den store konsentrasjonen av sild har ført til en betydelig reduksjon av oksygeninnholdet i disse fjordområdene om høsten og vinteren.

Havforskningsinstituttet har fulgt miljøutviklingen med prøvetaking hvert år i november. Observasjonene av oksygenforholdene i Ofofjorden på en stasjon utenfor Narvik viser en kraftig nedgang i oksygenkonsentrasjonene under ca. 100 meters dyp etter 1988, med konsentrasjoner ned til like under $1,0 \text{ ml l}^{-1}$ i 1990 (Figur 4.9). De lave oksygenkonsentrasjonene i de dypere delene av fjorden har vedvart de siste årene. Som regel inntreffer de laveste oksygenverdiene i januar måned, når silda begynner sin



Figur 4.10

Oksygenforbruk (ml l⁻¹ per mnd.) i 50-100 m dyp i Risørbassenget fra 1930 til 2002.

Oxygen consumption at 50-100 m depth in the Risør basin from 1930 to 2002.

vandring ut av fjordsystemet. I de siste tre-fire årene har en større andel av silda overvintret også i deler av Tysfjorden og indre deler av Vestfjorden, og en svakere reduksjon av oksygeninnholdet er blitt observert der. I november 1996 og 1997 var det for første gang etter 1990 en markert forbedring i de dypeste vannlagene, da oksygenkonsentrasjonen steg til omkring 3,0 ml l⁻¹. Denne trenden fortsatte også i perioden 1998-2001 og da særlig i de øverste 180 meter. Det er verdt å merke seg at for første gang siden 1988 ble det i 2001 observert oksygenkonsentrasjoner høyere enn 5 ml l⁻¹ ved 150 meters dyp ved Narvik. I 2002 var det igjen en forverring av oksygenforholdene fra ca. 100 meter dyp og til bunnen med oksygenkonsentrasjoner lavere enn 3 ml l⁻¹ fra 140 til 200 meter. Det er ennå uklart hva årsaken til denne nedgangen er, men siden sildas overvintringsbestand i 2002 ikke var særlig annerledes enn i 2001, tyder det på liten tilførsel av oksygenrikt vann fra kysten i løpet av 2002.

Fjorder på Skagerrakkysten

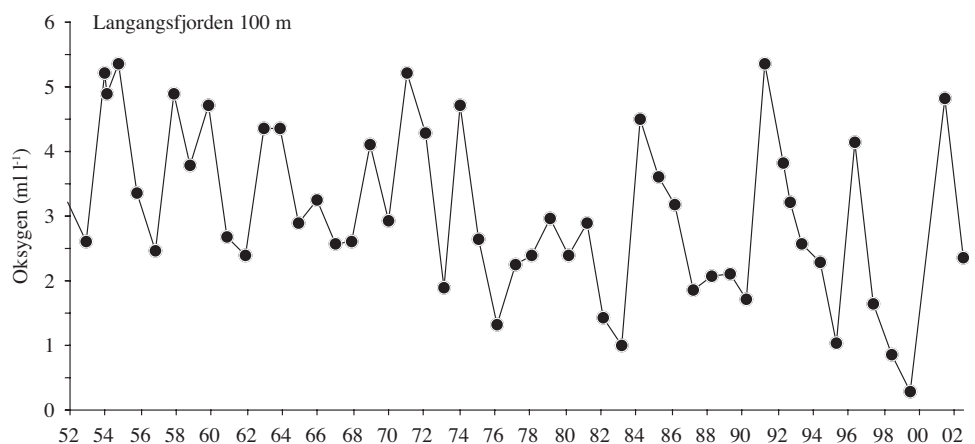
Risørbassenget er benyttet som referansebasseng for overvåkning av den organiske belastning fra kystvannet på terskelbasseng i indre Skagerrak. Figur 4.10 viser at oksygenforbruket og den organiske belastning i Risørbassenget (og andre fjorder på Sørlandskysten) har økt betydelig etter ca. 1980. Det midlere oksygenforbruk i Risørbassenget i 1990-2002 lå ca. 80 % høyere enn i perioden 1930-1975. Figur 4.10 viser at det også har vært en økning av oksygenforbruket etter 1997. Det økte oksygenforbruket har ført til forverrede oksygenforhold i en rekke fjord- og kystbasseng langs Skagerrakkysten.

Figur 4.11 viser at oksygenverdiene i f.eks. dypvannet i Langangsfjorden i Langesunds-området ble betydelig lavere fra midten av 1970-årene, og at oksygenminimum høsten 1999 på ca. 0,2 ml l⁻¹ var det laveste som var observert siden målingene startet i 1950-årene. De stadig lavere oksygenverdiene i dypvannet er forårsaket av økte tilførsler av menneskeskapt næringssalter og organisk materiale fra sørlige Nordsjøen, Kattegat og indre Skagerrak. En tendens til lengre stagnasjonsperioder for fjordbassengene, trolig forårsaket av klimatiske endringer, kan også ha bidratt til de lavere oksygenverdiene. I enkelte fjorder har også lokale utslipp betydning.

I 2002 var det ikke innstrømning av nytt vann til dypvannet i Nordfjorden ved Risør, i Håøyfjorden eller i Frierfjorden i Langesundsområdet (Figur 4.12). Oksygenverdiene avtok derfor gradvis gjennom året, og i desember 2002 var oksygenverdiene nær eller under 2,0 ml l⁻¹ som er grensen for å opprettholde biologisk liv i fjordbassengene.

Lysefjorden i Rogaland

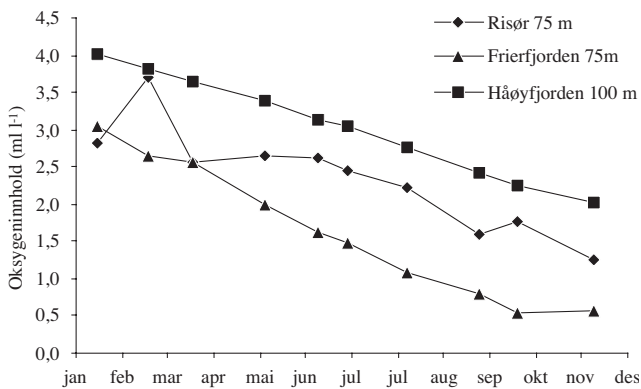
I Lysefjorden er oksygenforholdene om høsten blitt observert siden 1975. Lysefjorden er en forholdsvis innestengt fjord med terskeldyp på ca. 14 m og største bunndyp på ca. 450 m. Observasjonene i 300 m dyp viser at oksygenforbruket, i motsetning til i fjordene langs Skagerrakkysten, ikke er



Figur 4.11

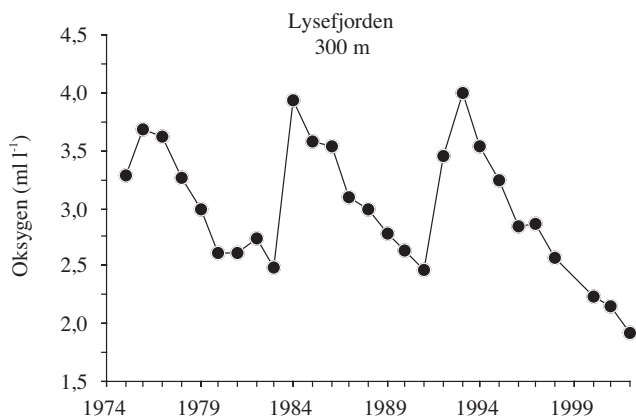
Oksygenverdiene (ml l⁻¹) i 100 m dyp i Langangsfjorden i Langesundsområdet i perioden 1952-2002.

Oxygen concentrations at 100 m depth in Langangsfjorden, Telemark, from 1952 to 2002.

**Figur 4.12**

Oksygenverdiene (ml l⁻¹) i bassengvannet i Nordfjorden (Risør), Håøyfjorden og Frierfjorden i 2002.

Oxygen concentrations in the basin water of Nordfjorden (Risør), Håøyfjorden and Frierfjorden in 2002.

**Figur 4.13**

Oksygenverdiene (ml l⁻¹) i 300 m dyp i Lysefjorden om høsten i perioden 1975-2002.

Oxygen concentrations at 300 m depth in Lysefjorden, Rogaland, from 1975-2002.

endret nevneverdig siden 1975 (Figur 4.13). De spesielle topografiske forhold med lite terskeldyp og stort bassengvolum, fører til at det går lang tid mellom hver innstrømming av oksygenrikt vann til de dypeste delene av fjorden. Tidsrommet mellom hver innstrømming til de dypeste delene av Lysefjorden var ca. sju år før 1993, og oksygenminimum i 300 m dyp var ca. 2,5 ml l⁻¹. I 2002 var oksygenverdien i 300 m dyp redusert til ca. 2,0 ml l⁻¹. De ekstra lave oksygenverdiene i 2002 var ikke forårsaket av økt oksygenforbruk, men av at stagnasjonsperioden i fjordbassenget var økt fra tidligere sju år til foreløpig åtte år. Hvis det ikke skjer en innstrømming i løpet av vinteren 2003, kan oksygenforholdene bli kritiske for invertebrater og fisk i de dypeste delene av Lysefjorden.

Maneter på Skagerrakkysten

Siden 1992 har det vært gjennomført daglige registreringer av brennmanet (*Cyanea capillata*) og glassmanet (*Aurelia aurita*) i Flødevigen. Det gjøres ved at observatøren teller

hvor mange maneter som kan ses i sjøen under en flate på ca. 10 x 10 m utenfor kaien. I tillegg noteres tilnærmet størrelse på manetene. Metoden har den åpenbare svakhet at muligheten til å observere nedover i vannet varierer med lys, planktonforekomst og bølger.

På Skagerrakkysten opptrer stormaneter nær sjøoverflaten så å si bare i sommerhalvåret. De er avhengige av vindretning og strøm. Derfor kan mengden variere meget fra dag til dag. I enkelte år har vi registrert små brennmaneter en kort periode om vinteren. Også godt ut på høsten kan små brennmaneter forekomme i korte perioder. Ved fralandsvind kommer gjerne manetene til overflaten. Når det senere blir pålandsvind kan maneter samles i store grupper i bukter og fjorder.

Om sommeren kommer glassmanetene gjerne til syne først og kan opptre i store tettheter. Store forekomster av brennmaneter viser seg litt senere, men holder seg i overflatevannet desto lenger utover ettersommeren og høsten.

I 1998 ble det registrert forholdsvis flere maneter enn i 1997 (Figur 4.14). Glassmanetene kom i første halvdel av mai, men forsvant i første halvdel av juli. I mars ble det et par dager observert meget høy konsentrasjon av små brennmaneter. Ellers opptrådte brennmanetene varierende og spredt utover hele sommeren, til og med september.

I 1998 var det en voldsom konsentrasjon av glassmaneter 15. mai. I 1999 ble det registrert færre stormaneter enn året før, spesielt gjaldt det for brennmaneter. Glasmanetene kom noe senere i 1999 og holdt seg i de øvre vannmasser lenger ut i juli enn tidligere år. Etter ca. 15. september er det vanligvis ikke registreringer av stormaneter.

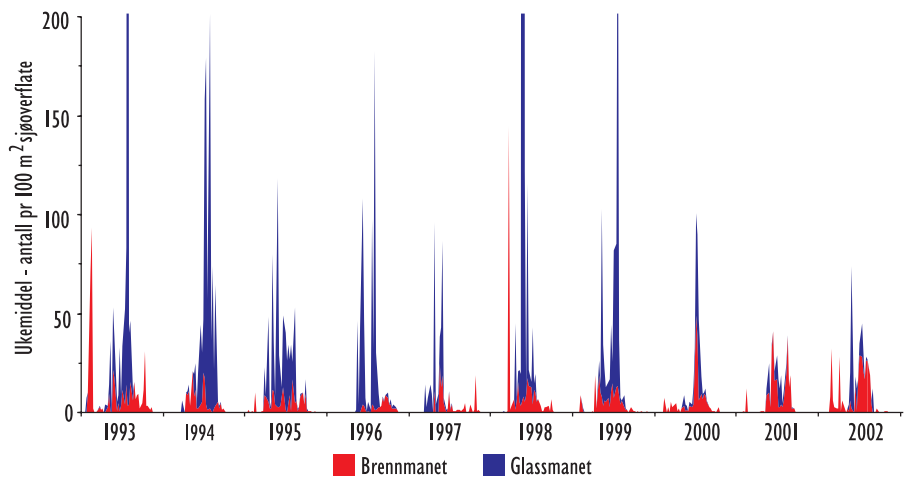
År 2000 var litt uvanlig idet brennmanetene viste seg før glassmanetene. Totalt sett ble det observert langt færre glassmaneter enn de foregående år. Varigheten av den "sesongen" glassmanetene ble observert var også forholdsvis kort. Temperaturen i overflatelagene om vinteren og sommeren var gjennomgående høyere enn normalt, og dette kan ha innvirket på manetforekomstene.

I 2001 var totalt antall observerte glassmaneter det laveste siden vi begynte observasjonene i 1992. Det var noen "topper" i mai og begynnelsen av juni, men denne arten forsvant etter dette. Totalt antall brennmaneter var i 2001 i størrelsesorden det samme som de foregående år. Fordelingen i tid bestod av markerte forekomster i en periode i slutten av mai og en periode i begynnelsen av august. I 2001 (august) ble det også observert unormalt mange "blåmaneter" (*Cyanea lamacki*).

Også i 2002 ble det observert forholdsvis få glassmaneter. De fordelte seg på de ulike måneder som i 2001, med flest i mai og avtagende gjennom sommeren. Antall observerte individer av brennmanet har vært noenlunde konstant siden 2000. I 2002 var forekomst av brennmaneter i Flødevigen sterkt konsentrert til juni og juli, og unormalt få ble observert i august. Dette kan skyldes at temperaturen i overflatevannet fra midt i juni og ut juli var forholdsvis lav og tilsvarende høy i august og september. Også i 2002 ble det observert en del "blåmaneter".

Figur 4.14

Forekomst (ukemiddel) av brennmanet (*Cyanea capillata*) og glassmanet (*Aurelia aurita*) i Flødevigen 1992-2002. Occurrence (weekly mean) of *Cyanea capillata* and *Aurelia aurita* in the Flødevigen Bay 1991-2002.



4.3

Skadelige alger

For å kunne varsle fiskeoppdrettere og skjelldyrkere langs kysten om risiko for skadelige planteplanktonforekomster før problemer oppstår, har Havforskningsinstituttet siden 1981 overvåket *Karenia mikimotoi* (tidligere navn: *Gyrodinium aureolum*) som kan gi brun sjø og fiskedød, og siden 1984 også slekten *Dinophysis*, som er hovedårsaken til problemene med diaréfremkallende gift i skjell. Etter en stor og dramatisk oppblomstring i mai 1988 av *Chrysochromulina polylepis*, som forårsaket dødelighet blant en lang rekke organismer langs kysten, kom også *Chrysochromulina*-slekten med i overvåkningsprogrammet. Fra midt på 1990-tallet har vi også registrert forekomsten av algeslekten *Alexandrium*. *Alexandrium*-celler kan inneholde farlige, lammende (paralyserende) gifter, og deres forekomst brukes til å vurdere risiko for giftopphopning i skjell. De siste årene har nye, potensielle skadealger kommet på listen av alger som vi ser spesielt etter. Det inkluderer representanter for algeklassen Raphidophyceae (slektene *Chattonella* og *Heterosigma*), som kan gi fiskedød, kiselalgeslekten *Pseudo-nitzschia* som kan være kilde til ASP (Amnesic Shellfish Poisoning eller skjellforgiftning med hukommelsestap), og dinoflagellatene *Gonyaulax grindleyi* og *Lingulodinium polyedrum* som kan være kilder for yessotoksin (YTX), som også kan opphopes i skjell og gjøre dem uegnet til konsum.

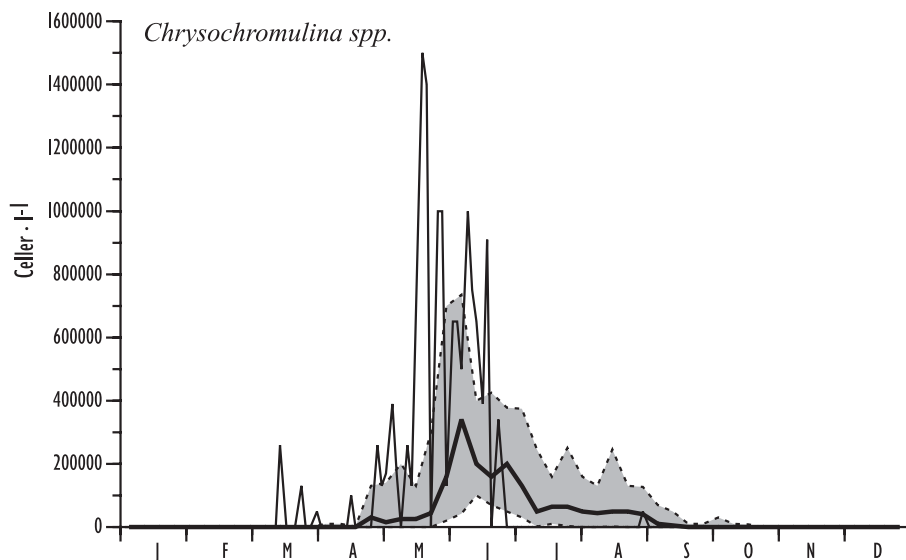
Foruten å være grunnlag for en løpende informasjon og varsling om algesituasjonen, har algeovervåkingen over tid også generert viktige tidsserier over algeforekomster. Slike tidsserier er nyttige og interessante både for forvaltnings- og forskningsformål. Man akkumulerer eksempelvis kunnskap som kan belyse om oppblomstringer av skadelige

alger skjer hyppigere enn tidligere. Videre kan man vinne innsikt i om slike oppblomstringer kan skyldes påvirkninger av menneskets aktiviteter, eller om de er en del av naturens luner. Erfaringsmessig har de fleste større, skadelige algeoppblomstringer langs kysten av Norge startet i Skagerrak, for eventuelt å bli spredd med kyststrømmen rundt Lindesnes og nordover. En overvåkning i Skagerrak, hvor kyststrømmen starter, har derfor gitt et grunnlag for også å si noe om mulig opptreden av disse algene på Sørvest- og Vestlandet.

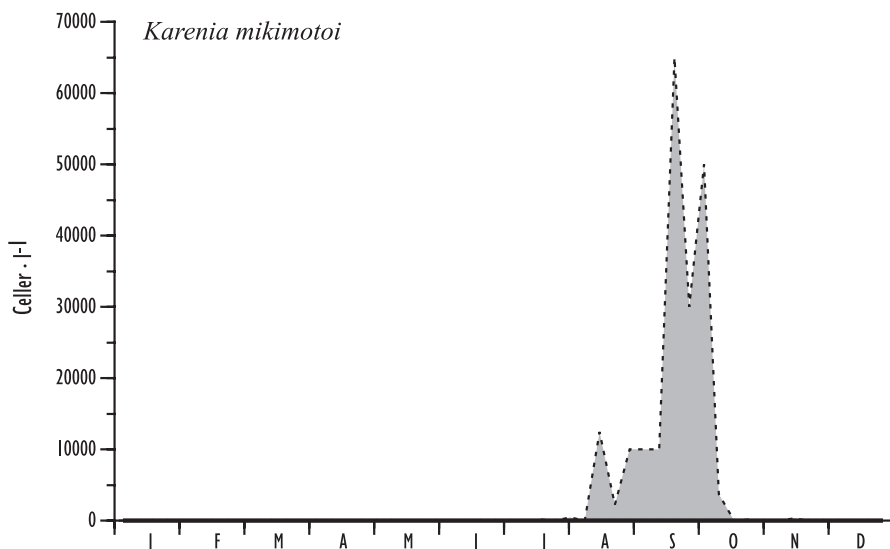
Havforskningsinstituttets eget algeovervåkningsprogram bygget i 2002 på følgende prøvesett: 1) vannprøver i et snitt på tvers av Skagerrak ca. hver måned, snittet Torungen-Hirtshals, 2) vannprøver (0-3 m dyp) annenhver dag fra Flødevigen og 3) mer tilfeldige prøver fra andre prosjekter og fra publikum og næring.

Kyststrekningen Østfold - Vest-Agder Alger som kan skade fisk og andre organismer

Forekomsten av algeslekten *Chrysochromulina*, som har ført til fiskedød på kysten av Skagerrak, var nokså normal i 2002. Likevel var den noe mindre tallrik enn vanlig i juli og august (Figur 4.15). Ingen effekter av denne algeslekten ble registrert. En annen alge som har gitt brun sjø og fiskedød, *Karenia mikimotoi*, ble bare registrert i små mengder (Figur 4.16) og skapte følgelig ingen problemer i 2002. Representanter fra algeklassen Raphidophyceae, som slektene *Chattonella* og *Heterosigma*, som førte til betydelige fiskedød blant oppdrettsfisk på Skagerrakkysten i mars 2001, ble funnet utover våren 2002, særlig i mars

**Figur 4.15**

Chrysochromulina spp. i Flødevigen, 0-3 m dyp. Tynn heltrukken linje er målinger i 2002. Tykk heltrukken linje er medianer (normaler) for hver uke basert på alle data i perioden 1989-2001. Stiplede linjer er første og tredje kvartiler (naturlig variasjonsbredde). *Chrysochromulina* spp. in the Flødevigen Bay, 0-3 m depth. The thin line is data from 2002. The bold line is medians for every week based on all data for the period 1989-2001. Dotted lines are first and third quartiles.

**Figur 4.16**

Karenia mikimotoi i Flødevigen, 0-3 m dyp. Tynn heltrukken linje er målinger i 2002. Tykk heltrukken linje er medianer (normaler) for hver uke basert på alle data i perioden 1989-2001. I 2002 er mengden observert så liten at kurven ikke har utslag i grafen. Stiplede linjer er første og tredje kvartiler (naturlig variasjonsbredde). *Karenia mikimotoi* in the Flødevigen Bay, 0-3 m depth. The thin line is data from 2002. The bold line is medians for every week based on all data for the period 1989-2001. Dotted lines are first and third quartiles.

og april, men bare i mindre mengder. Algen *Noctiluca*, vår vanligste morild-alge, som i store mengder kan danne røde striper i sjøen, var tallrik en periode på sommeren, slik at både kraftig morild og rødlige striper i sjøen ble observert av mange personer. Selv om denne algen har forårsaket fiskedød i oppdrettsanlegg i andre land, har vi ikke hatt det problemet langs vår kyst.

Alger som gjør skjell giftige

Kilde til diarégivende algegifter i skjell langs vår kyst er representanter fra algeslekten *Dinophysis*. Arten *Dinophysis acuta* er mest potent. Opphopning av diarégivende algegifter i skjell er et årlig tilbakevendende problem langs kysten av Skagerrak, men omfanget varierer mye fra år til år. I 2002 var problemet betydelig større enn vanlig, og det skyldtes først og fremst at *D. acuta* forekom tidligere enn normalt (Figur 4.17). Allerede i juni var den tallrik og forårsaket opphopning av diarégivende gift i skjellene langs store deler av kysten. Problemet holdt seg ut året, selv om det

var mindre en periode fra august til oktober. De ytre deler av Skagerrakkysten og deler av Hvaler-området var hardest rammet, og problemet var noe mindre innover i Oslofjorden og minst i indre Oslofjord. De andre *Dinophysis*-artene hadde en mer normal forekomst, selv om *D. acuminata* var relativt tallrik i mars-april og i juni-juli (Figur 4.17).

Lammende gifter ble bare påvist i skjell fra Oslofjorden en kort periode i april i 2002, og nivåene som ble målt var moderate. I slutten av mai ble yessotoksin (YTX) påvist i konsentrasjoner på såvidt over faregrensen i indre og ytre Oslofjord, ellers var ikke denne gifttypen noe problem. Azaspiracid (AZA), som i 2002 for første gang ble overvåket med kjemiske metoder, forekom i spormengder langs kysten av Skagerrak fra slutten av oktober. Hva som er kildeorganismer til azaspiracid er ennå uklart, men dino-flagellatslekten *Protoperidinium* er i søkelyset. Heller ikke i 2002 ble det påvist noe ASP-gift i skjell langs kysten fra Oslofjorden til Rogaland.

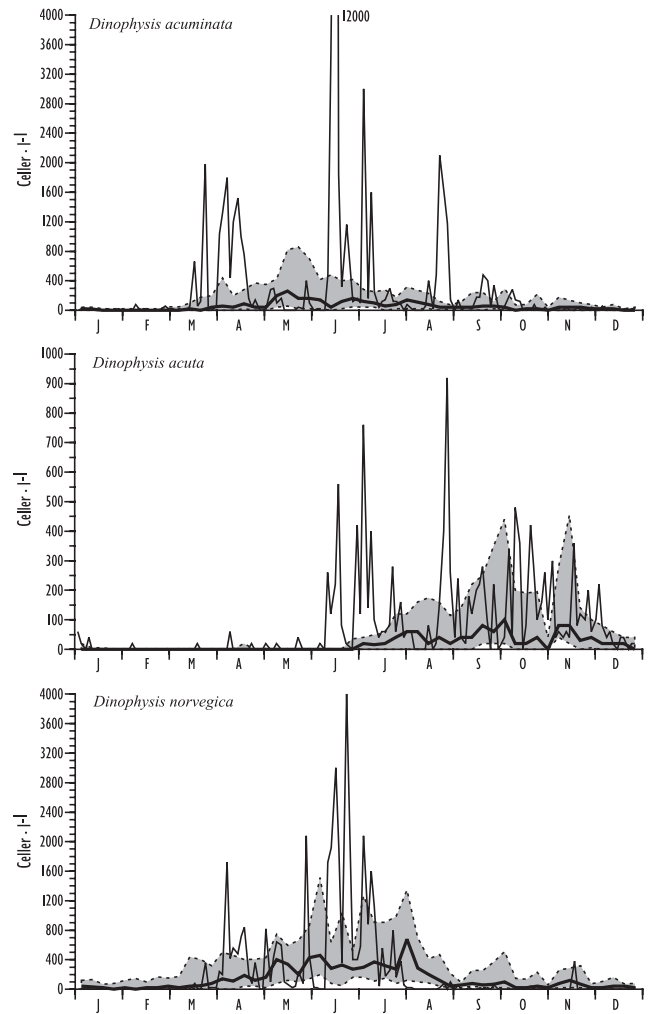
Kyststrekningen Rogaland - Finnmark

Alger som kan skade fisk og andre organismer

I Sandsfjordsystemet i Rogaland ble det i 2002 registrert relativt lite av *Prymnesium*, (ca. 30 000 celler l⁻¹ tidlig i august), og derved ingen fiskedød. *Karenia mikimotoi* ble i løpet av 2002 funnet i spormengder enkelte steder langs Vestlandet og skapte følgelig heller ingen problemer. *Chattonella*-lignende celler ble også registrert flere steder, særlig på Vestlandet, men bare i relativt små mengder slik at ingen effekter på fisk ble rapportert. Som på kyststrekningen Østfold-Vest-Agder, forårsaket algen *Noctiluca* både morild og rødstripet sjø langs Vestlandet, men ingen fiskedød. I sum skapte alger lite problemer for fisk i oppdrettsanlegg langs kysten fra Rogaland til Finnmark i 2002, mens innsig av maneter førte stedvis til nokså betydelig tap for enkeltanlegg.

Alger som gjør skjell giftige

Dinophysis-arter ble stedvis registrert i konsentrasjoner høyere enn veiledende faregrenser for opphopning av diarégifter i skjell på hele kysten fra Rogaland til Finnmark i løpet av 2002, med 800 celler l⁻¹ av *Dinophysis acuta* i Alta den 2. september som høyeste påviste konsentrasjon i nord. Mange steder var det opphopning av diarégivende gifter i skjell utover sommeren, mest massivt fra Rogaland til Stad. I Møre og Romsdal og Trøndelag var problemet mindre, og fra Nordland og nordover lite. I de store fjordene på Vestlandet fikk man forsterket det tidligere bildet av at diarégiftproblemet er større innover i fjordene enn i de ytre deler og i skjærgården utenfor. PSP-faren var som vanlig størst i Romsdal, hvor skjellene lokalt var kraftig giftige i april-mai, men det ble også påvist mye paralytiske gifter i skjell på Trøndelagskysten (Åfjord) midt i april. Ellers ble det påvist relativt lite paralytiske gifter i skjell fra andre deler av kysten Rogaland-Finnmark, selv om *Alexandrium* stedvis var vanlig. Ved et par anledninger ble yessotoksiner (YTX) påvist over faregrensen, som i Sognefjorden i mai og i Trondheimsfjorden i juli, ellers var det ikke noe stort problem. Azaspiracid (AZA), som i 2002 for første gang ble overvåket med kjemiske metoder, ble ikke påvist ved rutineundersøkelsene på strekningen Rogaland-Finnmark i 2002. Heller ikke ASP-gift ble funnet, selv om *Pseudo-nitzschia*, som kan være kilde til denne giften, ble registrert i mengder opp til 5 millioner celler l⁻¹ noen steder på Vestlandet.



Figur 4.17

Dinophysis acuminata, *D. acuta* og *D. norvegica* i Flødevigen, 0-3 m dyp. Tynn heltrukken linje er målinger i 2002. Tykk heltrukken linje er medianer (normaler) for hver uke basert på alle data i perioden 1989-2001. Stiplede linjer er første og tredje kvartiler (naturlig variasjonsbredde).

Dinophysis acuminata, *D. acuta* and *D. norvegica* in the Flødevigen Bay, 0-3 m depth. The thin line is data from 2002. The bold line is medians for every week based on all data for the period 1989-2001. Dotted lines are first and third quartiles.

Kapittel 5

Kartlegging og
overvåkning av korallrev



Foto: PB Mortensen

Korallkartleggingene ble initiert av en henvendelse fra Sunnmøre Kystfiskarlag, som pekte på at områder som tidligere var rike på fisk og koraller, var i ferd med å forsvinne på grunn av bunntåling. De mente også at disse korallområdene var viktige oppvekstområder for fisk. På samme tid hadde oljeselskapene begynt å kartlegge havbunnen på kontinentalsokkelen bl.a. med miniubåt med videokameraer. Dette førte til at vi fikk de første videofilmene som viste hvor store korallrev som fantes på sokkelen.

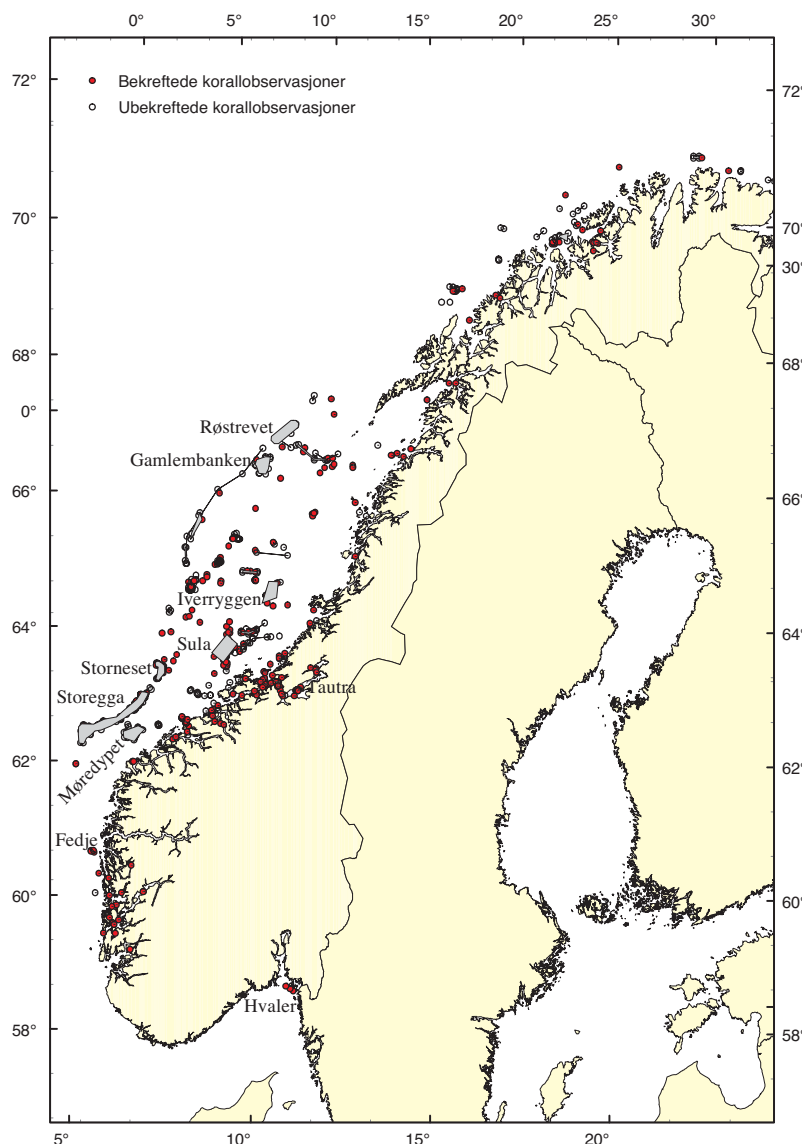
Disse to forholdene gjorde at vi på Havforskningsinstituttet begynte å ane at korallrevene kunne utgjøre et betydelig og viktig habitat i norske havområder, og at revene kunne være i fare for å bli redusert i antall eller forsvinne.

Havforskningsinstituttet begynte korallkartleggingene i 1997. Siden den gang har vi hatt årlige kartleggingstokt. Vi har arbeidet mest på kontinentalsokkelen og eggakanten mellom Stad og Lofoten. Områdene nord for Lofoten har vi ennå ikke dekket.

Korallrevene er sårbare

Foruten å kartlegge forekomsten av korallrev, har vi også dokumentert skader på revene. Det er først og fremst bunntåling som er problemet. Både i arbeidet med kartleggingen og dokumenteringen av skader har vi i stor grad bygget på opplysninger fra fiskere.

Det er ikke mulig å gi noe eksakt svar på hvor mye koraller som finnes i Norge og hvor mye som eventuelt er skadet eller blitt borte. Vi har likevel utført beregninger for å få en antydning om skadeomfanget. Det er flere feilkilder i beregningene, som f.eks. usikkerhet omkring artsbestemmelsen, at fiskerne bare rapporterer fra der de selv har vært og at det er et begrenset antall fiskere som har gitt oss informasjon.



Figur 5.1

Kjente forekomster av korallrev i norske farvann per 20.12.2002. Det er skilt ut ti korallområder som blir særskilt kommentert i teksten.

Occurrence of Lophelia pertusa in Norwegian waters per 20.12.2002. Ten major coral areas have been named and are commented upon in the main text.

Vi har beregnet at mellom 30 og 50 % av korallområdene kan være ødelagt eller påvirket. Selv om vi har usikre tall, mener vi at det har vært viktig å foreta disse beregningene for å få en peiling på størrelsen på problemet.

Forvaltning av korallrevene

Som en konsekvens av at Havforskningsinstituttet dokumenterte at spesielt bunntråling ødela korallrev, fastsatte Fiskeridepartementet 11. mars 1999 en forskrift til beskyttelse av koraller under saltvannsfiskeloven og lov om Norges økonomiske sone.

Forskriften forbyr bevisst ødeleggelse av korallrev og krever aktsomhet ved fiske i nærheten av kjente korallrev. Bruk av bunntrål kan også forbyes på nærmere angitte steder.

Selv om man har en forskrift til beskyttelse av korallrev i Norge, er det en del usikkerhet med hensyn til hvordan forvaltningen av korallrevene skal foregå i praksis. Derfor har Fiskeridepartementet nedsatt en arbeidsgruppe med representanter fra berørte forvaltningsmyndigheter som skal identifisere og foreslå tiltak som kan gi bedre beskyttelse for de gjenværende korallrevene.

Oversikt over forekomst

Alle korallobservasjoner er nå samlet i en database og kan visualiseres med geografiske informasjonssystemer (GIS, Figur 5.1). Det gir oss muligheter til å kople korallforekomster sammen med andre georefererte opplysninger, f.eks. substrat, dyp, fiskerivirksomhet, oljefelt, rørledninger. Databasen er under stadig bearbeiding, og vi vil arbeide spesielt med

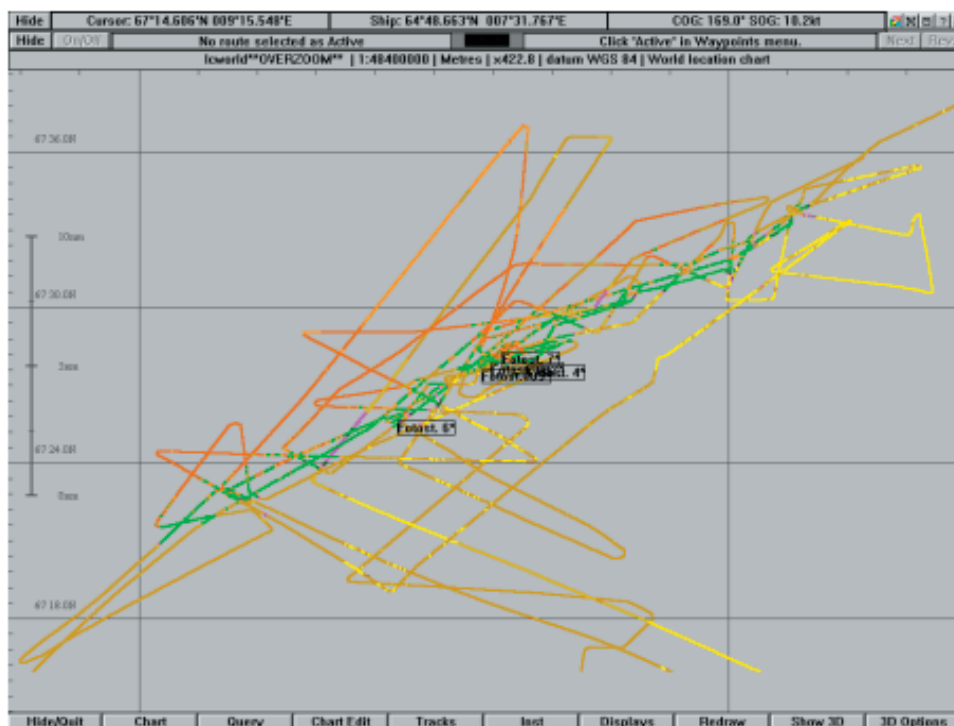
kommentarene som skal følge enkeltobservasjonene. Alle kommentarene er ikke lagt inn ennå. Totalt består databasen per 20.12.02 av 768 enkeltobservasjoner.

Havforskningsinstituttet har laget en ny oversikt over alle kjente korallrev i norske farvann i desember 2002. Vi har revidert oversikten fra 2000 (Fisken og havet nr. 2-2000) og supplert med resultater fra de senere års kartlegginger. Ny informasjon er innhentet fra blant annet fiskeri- og oljesektoren henholdsvis gjennom Fiskeridirektoratets regionkontorer og Oljedirektoratet.

Det er skilt ut ti korallområder med forskjellig forvaltningsstatus (Figur 5.1):

- *Korallfelt som er gitt spesielt vern etter korallforskriften:* Sularyggen, Iverryggen og Røstrevet
- *Foreslått vernet etter korallforskriften:* Hvaler
- *Midlertidig vernet etter miljøvernloven:* Selligrunnen på Tautrøyggen

De andre fem områdene er det ikke gjort noe med, men de har et generelt vern etter korallforskriften. Alle områdene blir nærmere omtalt nedenfor.



Figur 5.2

Kopi av skjermbilde som viser kursene som "Johan Hjort" gikk over Røstrevet i mai 2002. Ekkoet fra korallrevene kjennes igjen av analyseprogrammet og blir skrevet ut som grønt på skjermen. Det grønne området (revet) er omtrent 35 km langt.
Monitor screen dump showing the path of "Johan Hjort" over the Røst reef in May 2002. Coral reef echoes are recognized and coloured green on the screen. This particular reef is 35 km long.



Figur 5.3

Videofoto fra Røstrevet.
Video photo from the Røst reef.

Sularyggen

På Sularyggen er det et sammenhengende rev ca. 15 km langt. Det ligger på dyp mellom 260 og 325 m og består av ca. 490 enkeltrev som er mer eller mindre sammenvokst til større rev. I tillegg er det mange godt utviklede rev ellers i området, bl.a. langs Haltenpipe. Revene er beskyttet av korallforskriftens § 3 som betyr at det er forbudt å bruke bunntål i området.

Sularevet er godt dokumentert gjennom både norske og utenlandske undersøkelser. Det er dokumentert med seismikk, multistrålekart, sidesøkende sonar og ROV-videoer. Vi har ikke funnet skader på Sularevet.

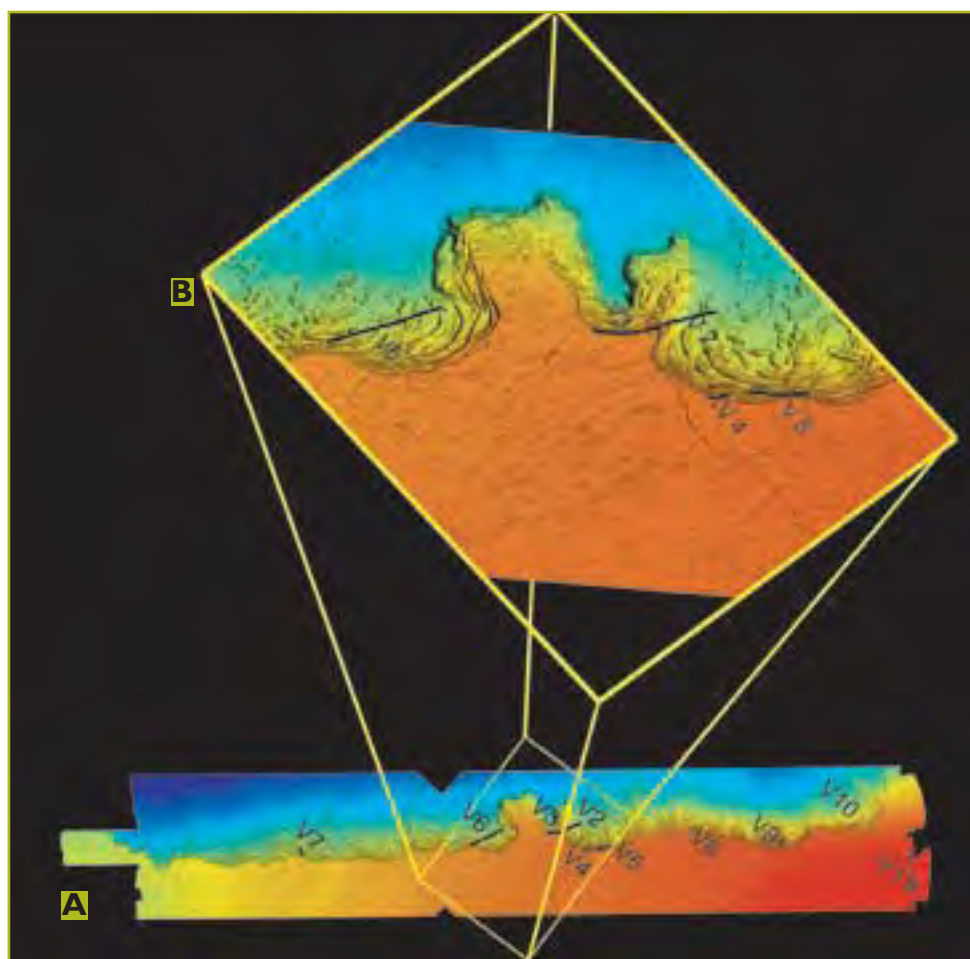
Iverryggen

Dette er et korallområde med store ødeleggelser, men det er også en god del koraller tilbake. Det er gitt særskilt beskyttelse etter korallforskriftens § 3. Området er dokumentert med ekkolodd og videoopptak. Dette området ble undersøkt og foreslått beskyttet etter påtrykk fra lokale fiskere.

Røstrevet

Dette er et stort korallområde som ligger langs egga utenfor Røst. Revet ble kartlagt med ekkolodd og videokamera i mai 2002 på Havforskningsinstituttets årlige kartleggingstokt. Etter en del års erfaring med å gå over korallrev med ekkolodd, kan vi nå kjenne igjen det spesielle ekkoet som kommer fra store korallkolonier. Ekkosignalet blir gitt en farge etter hvor hard og ru bunnen er, og etter hvert som båten dekker et større område vil korallforekomsten bli opptegnet (Figur 5.2). Korallforekomstene blir så verifisert med kamera. I Røst-området var vi nede med kamera på ti steder. Det var til dels store forekomster av koraller (Figur 5.3).

I oktober ble Røstrevet kartlagt med multistråleekkolodd (Figur 5.4). Det viser seg at korallene sitter i et rasområde langs eggakanten. Raset gikk for ca. 4000 år siden. I rasområdet er det en rekke hauger og rygger som tolkes som rester av den utraste flaten. På disse haugene og ryggene sitter korallrevene. Det ser også ut til å være rev oppe på selve kontinentalflaten, men her har vi ikke vært med kameraene.



Figur 5.4

A. Røstrevet ble kartlagt med et multistråleekkolodd i oktober 2002 i samarbeid med NGU og FFI. Det kartlagte området er 40 km langt og 7,2 km bredt. **B.** Utsnitt. Odden som stikker ut er på 300-350 m dyp på toppen (rødt) og ca. 500 m dyp ved foten (blått). De sorte strekene viser hvor vi var nede med kamera for å verifisere tilstedeværelsen av koraller. Korallrevet ligger i et område på eggkanten hvor det gikk et ras for 4000 år siden. Korallene sitter på hauger og rygger som er rester av den utraste flaten. Også oppe på flaten ser det ut til å være korallrev. Det er foreløpig anslått at det potensielt er 1500 korallhauger på flaten (knottene på den røde delen).

A. The Røst reef was mapped with a multi beam echo sounder in October 2002 in cooperation with NGU. The mapped area is 40 km x 7.2 km. **B.** The structure shown is on 300-350 m water depth on the top (red) and about 500 m water depth at the foot (blue). Black lines show where video pictures were taken and documented *Lophelia* colonies. The corals grow on ridges and mounds in a slide area. Potential coral mounds are also found on the flat (red knobs).

Røstrevet, som er 43 km langt og 6,9 km bredt, ble gitt spesielt vern etter korallforskriften 4. januar 2003. Innenfor området angitt nedenfor er det nå forbudt å bruke bunntål.

67° 36,2' N, 009° 32,9' E

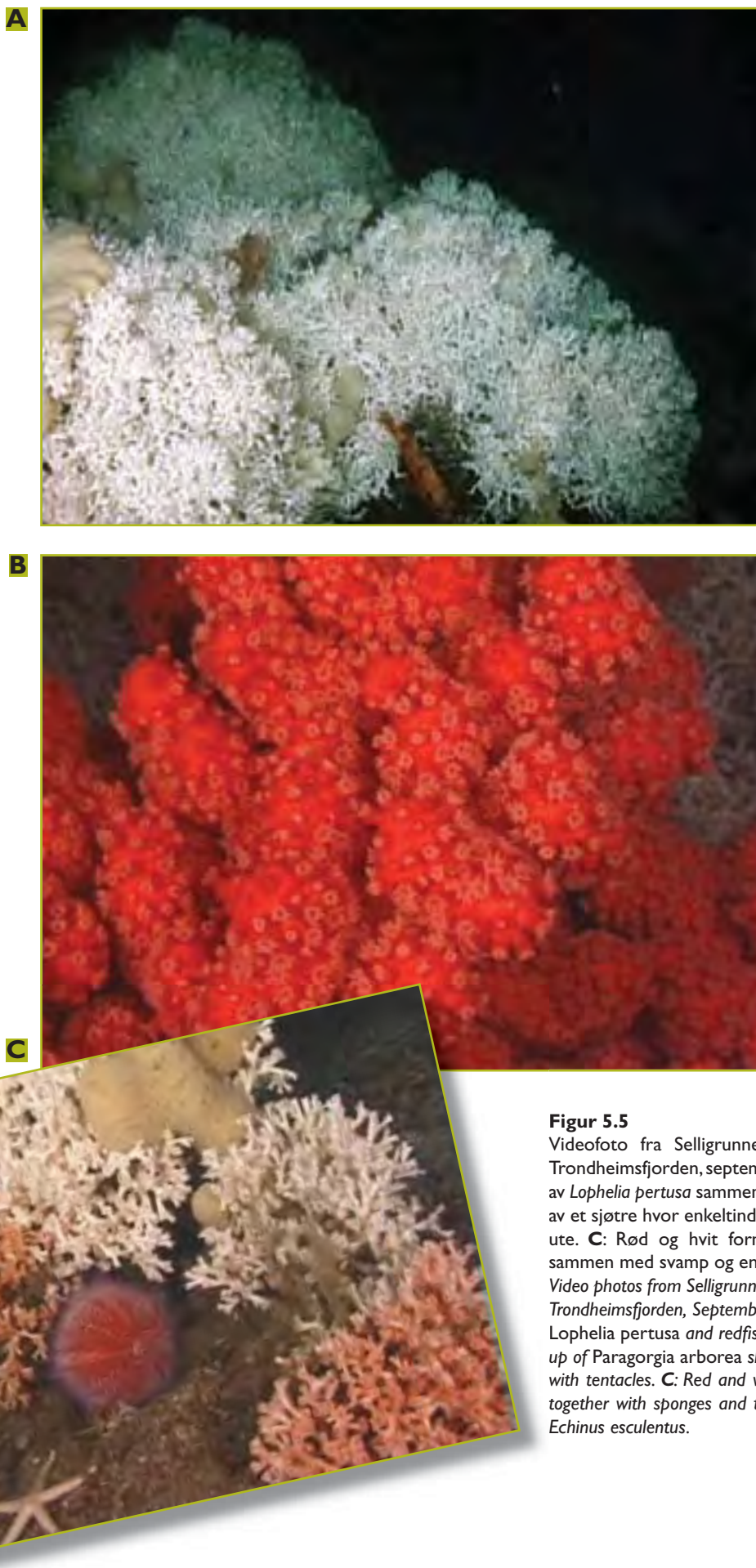
67° 33,8' N, 009° 40,2' E

67° 17,3' N, 008° 57,1' E

67° 19,8' N, 008° 49,5' E

Selligrunnen på Tautraryggen

Dette revet ligger på 39 m dyp på Tautraryggen i Trondheimsfjorden og er dermed den grunneste forekomsten av *Lophelia*-rev som er kjent. Selligrunnen ble midlertidig vernet som et naturreservat i 2000 av Direktoratet for naturforvaltning. Det finnes også korallrev på Tautraryggen utenfor det vernede området ned til ca. 90 m dyp. Forekomstene varierer fra enkeltstående levende kolonier mindre enn 50 cm og opptil 16 m høye rev med en lengde på opptil 100 m (Figur 5.5).



Figur 5.5

Videofoto fra Selligrunnen på Tautraryggen i Trondheimsfjorden, september 2000. **A:** Kolonier av *Lophelia pertusa* sammen med uer. **B:** Nærbilde av et sjøtre hvor enkeltindividene har tentaklene ute. **C:** Rød og hvit form av *Lophelia pertusa* sammen med svamp og en vanlig kråkebolle.

Video photos from Selligrunnen on the Tautra ridge in Trondheimsfjorden, September 2000. A: Colonies of Lophelia pertusa and redfish, Sebastes sp. B: Close-up of Paragorgia arborea showing single individuals with tentacles. C: Red and white Lophelia pertusa together with sponges and the common sea urchin Echinus esculentus.

Hvaler

I Hvaler, Østfold, ble tre korallområder kartlagt i 2002; Tisler, Djupekrakk og Fjellknausene. Kartleggingen ble foretatt med miniubåt av Tomas Lundelv ved Tjärnö marinbiologiska laboratorium.

Den levende delen av revet ved Tisler er beregnet til å være rundt 1,2 km langt og 200 m bredt på dyp mellom 74 og 155 m.

I dette revet forekommer ulike fargevarianter av *Lophelia*. I tillegg til den vanlige hvite varianten ser man også ulike nyanser av gult. Langs norskekysten er det tidligere beskrevet en rosa variant, men dette er første gangen at det er oppdaget gule varianter.

Korallområdet Djupekrakk ligger på 150-165 m dyp, 1,7 km rett vest av Trestenene lykt. Her har man bare funnet døde koraller. Fjellknausene ligger på 84-100 m dyp på en av tersklene inn til Oslofjorden. Området er besøkt bare en gang, og man tror at dette området kan være større enn det som hittil er kartlagt.

De nyoppdagede revene er, bortsett fra et mindre område øst for Søndre Søster, de eneste dokumenterte forekomstene sør og øst for Sandsfjorden i Ryfylke. Slik sett har de en spesiell verdi som de største forekomstene i denne delen av landet. I tillegg er det påvist nye fargevarianter. Foreløpig vet man ikke om dette er genetisk betinget eller et resultat av for eksempel miljøforhold.

Reke- og krepsetråling i området har ødelagt en del av forekomstene og viser at revene er truet. Havforskningsinstituttet har derfor foreslått at Tislerrevet og Fjellknausene får særskilt beskyttelse etter korallforskriftens § 3.

Gamlembanken

Dette er et område med flere observasjoner av fiskere. Havforskningsinstituttet har lett der, men vi har ikke funnet noen korallrev.

Storneset

I dette området er det mange observasjoner fra Fiskeridirektoratets garnoppyddinger og fra fiskere. Havforskningsinstituttet har lite dokumentasjon herfra. Status er ukjent.

Storegga

Dette er et stort område med mange observasjoner fra fiskere, Havforskningsinstituttet og Norsk Hydro. Fiskere har meldt om store nedtrålte områder. Havforskningsinstituttet har bekreftet skader fra Sørmannsneset, Korallneset og Aktivneset. Det er imidlertid fortsatt mye koraller igjen. Dette er dokumentert med video av Havforskningsinstituttet og Norsk Hydro. Ut ifra mengden observasjoner ser dette ut til å være et kjerneområde for *Lophelia*-rev.

Møredypet

I dette området er det meldt om mye nedtrålte koraller på flatene rundt dyprennen, men også nede i denne. Havforskningsinstituttet har dokumentert tilstedeværelse av store korallrev nede i Møredypet.

Fedje

Her er et mindre korallområde på 250-380 m dyp kartlagt av Norsk Hydro og IKU. Revene vokser på langstrakte rygger som enten består av morene eller av meget gamle sedimentære bergarter. Enkelte av revene er store, men de er lavere enn revene langs f.eks. Haltenpipe. Datering av dødt korallskjelett viser at revene har vært her i minst 3400 år.

Overvåkning av korallrev

Havforskningsinstituttet har ennå ikke begynt en regulær overvåkning av korallrevene. Den beste måten er å jevnlig besøke rev med ROV og ta videofilm og fotografier. Dette er en kostbar metode, og vi har hittil ikke hatt muligheter til dette. En annen mulighet er å utvikle akustisk metodikk slik at man kan overvåke f.eks. størrelsen på enkeltrev. Multistråleekkolodd montert i såkalte autonome farkoster (AUV), som blir programmert til å gå nær havbunnen, vil kunne gi kart med en meget høy oppløsning. Dette er en metodikk som i fremtiden er høyst aktuell til overvåkning av korallrev.

Vi har inngått en avtale med Statoils Kristin-prosjekt om overvåkning av tre korallrev. I Kristin-området er det mange korallrev, men utbyggingen vil ikke skade korallrev større enn 3 m i høyde. Imidlertid er det et par store rev som vil bli berørt av utbyggingen, i og med at de vil være mindre enn 50 m fra aktive rør og andre installasjoner. I tillegg er det et stort rev som ligger mellom Kristin A og Kristin P som passer som referanserev, dvs. som ikke blir influert av utbygging, men som ligger ca. 50 m fra en av de planlagte rørledningene. De tre revene er:

Korallrev	Størrelse	Beliggenhet
KA1	55 * 35 m	Ligger 10-15 m fra varmt rør
KA2	85 * 25 m	Ligger rett under ankerkjettinger øst for Kristin A
KP1 (referanse)	80 * 25 m	Ligger mellom Kristin A og Kristin P

Disse revene vil bli dokumentert før utbyggingen starter og deretter årlig i minst tre år. Revene skal overvåkes med videokamera fra ROV, og temperaturen skal måles i havbunnen.

Mer om kartlegging og andre aktiviteter angående dypvannskoraller finnes på Havforskningsinstituttets nettsider: www.imr.no/coral

Kapittel 6

Forurensning



Foto: M. Hagebø

I perioden 2001-2002 ble det i regi av Det internasjonale råd for havforskning (ICES) gjennomført en internasjonal workshop med tittelen "Biological effects of contaminants in pelagic Ecosystems (BECPELAG)". Målet var å teste ulike metoder for påvisning av biologiske effekter av forurensning på organismer som lever i vannsøylen, for å få grunnlag for anbefalinger av metoder som kan anvendes i overvåkning.

Kunnskapen er generelt begrenset når det gjelder effekter av forurensning på organismer som lever i vannsøylen. Sannsynlighet eksisterer for at biologiske effekter kan forekomme i områder som er høyt belastet av kjemisk forurensning, men det kan være vanskelig å skille forurensningseffektene fra de store naturlige variasjoner som karakteriserer slike biologiske systemer. Flere metoder anvendes allerede i overvåkning av biologiske effekter, men det er foreløpig mangel på enighet om hvilke metoder som er best egnet for å vurdere effekter i vannsøylen.

Totalt sju forskningstokt ble gjennomført i 2001 for å samle inn pelagiske organismer fra fire lokaliteter ut fra kysten i den sørlige delen av Nordsjøen (Tyskebukta), og fra fire lokaliteter ut fra en oljeplattform i den nordlige delen av Nordsjøen (Statfjord B). Feltinnsamlet materiale fra bakterier, via dyreplankton og fiskelarver til moden fisk ble studert. En rekke biologiske effektteknikker ble anvendt, fra samfunnsstudier til biomarkører på fisk. Biomarkørene innbefattet blant annet gallemetabolitter av PAH, aktiviteter i ulike subcellulære enzymsystemer, effekter på arvestoffet (DNA) og effekter på celler/organer (histopatologi, histo-

kjemi). Forskere fra en rekke europeiske laboratorier deltok i arbeidet.

Rigger med blåskjell og torsk i bur, og utstyr som ekstraherer forurensning fra sjøvannet, ble utplassert langs de to forurensningsgradientene. Gradienten i Tyskebukta skulle gjenspeile utslippene av forurensning fra blant annet de store elvene på kontinentet. Gradienten ut fra Statfjord B gjenspeiler i hovedsak forurensning fra pågående utslipp av produsert vann. Som for det feltinnsamlete materialet ble det gjennomført omfattende effektundersøkelser på blåskjellene og torsken i bur.

I tillegg til de overnevnte undersøkelser ble det også gjennomført biologiske tester av ekstrakter av produsert vann, og ekstrakter av sjøvannet fra Tyskebukta og Statfjordområdet. Omfattende kjemiske analyser ble utført for dokumentasjon av forurensningsgradientene. En første oppsummering av alle resultatene fra BECPELAG ble presentert høsten 2002. Det er planlagt å publisere de samlede forskningsresultatene i en bok som blir trykket i 2003/2004. Havforskningsinstituttet har bidratt til arbeidet i BECPELAG ved å være med i prosjektets styringsgruppe, delta med egne forskningsfartøyer i to av felteksperimentene og gjennomføre deler av det kjemiske analyseprogrammet. Basert på foreløpige data fra BECPELAG planlegger oljeindustrien i Norge å ta i bruk noen "lovede metoder" i vannsøyleovervåkingen som gjennomføres i 2003. Flere detaljer om arbeidet i BECPELAG kan finnes på <http://www.niva.no/pelagic/web>.

I 1999 startet det nasjonale overvåkingsprogrammet for radioaktivitet. Programmet ble, etter anmodning fra Miljøverndepartementet, utarbeidet av Statens strålevern og Havforskningsinstituttet, med deltagelse fra Statens forurensningstilsyn og Direktoratet for naturforvaltning. Statens strålevern, som er landets fagmyndighet på strålevern og atomsikkerhet og forvalter av strålevernloven, har det koordinerende ansvar for overvåkingsprogrammet. Havforskningsinstituttet er en vesentlig bidragsyter til den marine delen av dette nasjonale overvåkingsprogrammet.

Havforskningsinstituttet bidrar blant annet med innsamling av prøver, og sørger for at nødvendige data om organismer, vann og sediment samt kunnskap om det aktuelle økosystemet, blir samlet inn og gjort tilgjengelig når måleresultatene skal tolkes. En forutsetning for å kunne vurdere mulige effekter av et utslipp er at måleresultatene ses i nøye sammenheng med de parametere som f.eks. beskriver den enkelte målte organisme og andre ytre faktorer som påvirker den aktuelle organisme. Det nære samarbeidet mellom Statens strålevern og Havforskningsinstituttet sikrer en realistisk tolking av måleresultatene.

Utslippene av technetium-99 (^{99}Tc) fra Sellafield fortsatte i 2002, på tross av sterkt påtrykk fra norske myndigheter og miljøorganisasjoner for å få stoppet dem. Technetium-utslippene er et godt eksempel på at andre lands oppførsel med hensyn til hvordan de selv velger å forurense sitt eget marine miljø ikke bare er et nasjonalt anliggende, men i aller høyeste grad også er et internasjonalt problem. Forurensningskomponenter følger havstrømmene og Norge er uheldig lokalisert nedstrøms, særlig for utslipp fra Nord-Europa.

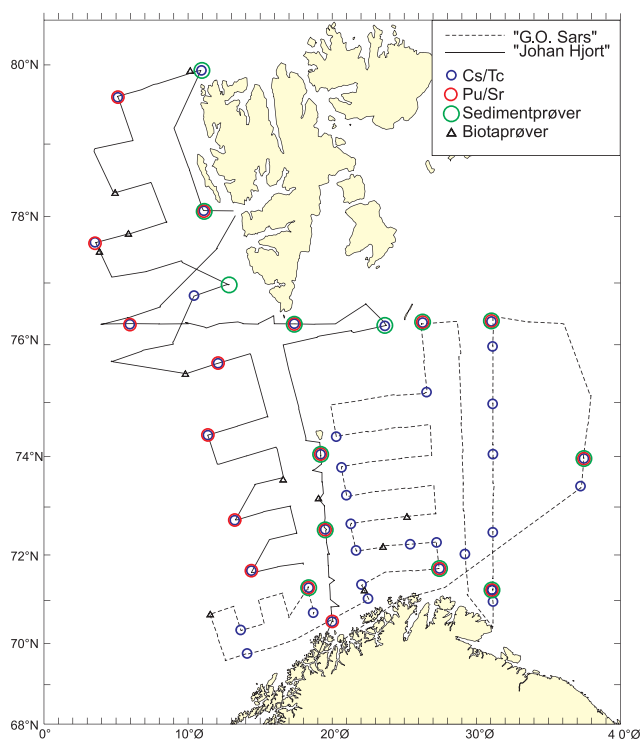
For mange typer forurensninger kan kildene være vanskelige å lokalisere, dermed er det også komplisert å få undersøkt hvor mye av den enkelte komponent som tilføres det marine miljø. For ^{99}Tc derimot er bildet langt enklere, det er kun to kilder; en i Frankrike, Cap de la Hague, med utslipp til Den engelske kanal, og en i Storbritannia, Sellafield, med utslipp til Irskesjøen.

Mens de franske utslippene er meget små og nærmest ubetydelige, gjør utslippene fra Sellafield seg i betydelig grad gjeldende i våre farvann. Vi vet hvor mye som slippes ut og når utslippene foretas. Ved måling av ^{99}Tc i forskjellige prøver samlet inn langs norskekysten har vi data til å beskrive technetium-belastningen i våre farvann, og også hvor lang tid det tar før forurensningen fra Sellafield når oss. Foreløpig har

vi ikke innarbeidet analyseteknikk for måling av ^{99}Tc , disse analysene tas derfor hånd om av Statens strålevern.

Innsamling av prøvemateriell

Technetium-forurensningen opptrar i særlig grad kystbefolkningen, og det utvises et stort engasjement i motstanden mot utslippene. Det er blant annet derfor spesielt viktig med god dokumentasjon av hvordan denne forurensningen påvirker våre kystfarvann. Prøveinnsamling på strategiske steder langs kysten er nødvendig for å kunne gi den ønskede



Figur 6.1

Posisjoner i Barentshavet og vest-nordvest for Svalbard hvor det ble samlet prøver for måling av radioaktivitet i august-september 2002. Det ble samlet prøver for måling av cesium (Cs), technetium (Tc), plutonium (Pu) og strontium (Sr) slik fargemarkeringene viser.

Positions for stations in the Barents Sea where samples have been collected in August-September 2002 for measurement of the radioactive components cesium (Cs), technetium (Tc), plutonium (Pu) and strontium (Sr). Sampling and specific measurement are according to the colourcodes on the figure.

detaljeringsgrad. I denne forbindelse må Værlandet skole nevnes. Elever og lærere ved denne skolen har engasjert seg spesielt når det gjelder forurensninger som havner på vår kyst, og i 2001 fikk de Forskningsrådets "Nysgjerrighetspris" for et prosjekt som beskrev søppel som havnet på strendene til Værlandet og hvor søppelet kom fra.

Værlandet ligger strategisk til ytterst mot havet nord for Sognefjorden, og som søppelprosjektet til de yngste elevene ved Værlandet skole viste, strander det mye søppel fra Europa her. Som følge av en henvendelse fra Værlandet skole om technetium-problematikken, etablerte vi i 2002 en nær kontakt med skolen. Elever og lærere samler prøver til oss som en del av undervisningen i miljølære, og dermed inngår de også i det nasjonale overvåkingsprogrammet for radioaktivitet.

I 2002 ble innsamling av de fleste marine prøvene gjennomført på 0-gruppetokt i Barentshavet med "G.O. Sars" og "Johan Hjort" i august–september (Figur 6.1) og i en del utvalgte fjorder i november–desember. Måling av radioaktivitetsinnhold er tidkrevende, og med foreløpig liten tellekapasitet ligger vi etter i rapportering av resultater. Nå er vi imidlertid i gang med en oppbygging av måle kapasiteten. Ved måling av radioaktivitet, som på Havforskningsinstituttet foreløpig er konsentrert til måling av gammaemittere hvor vi

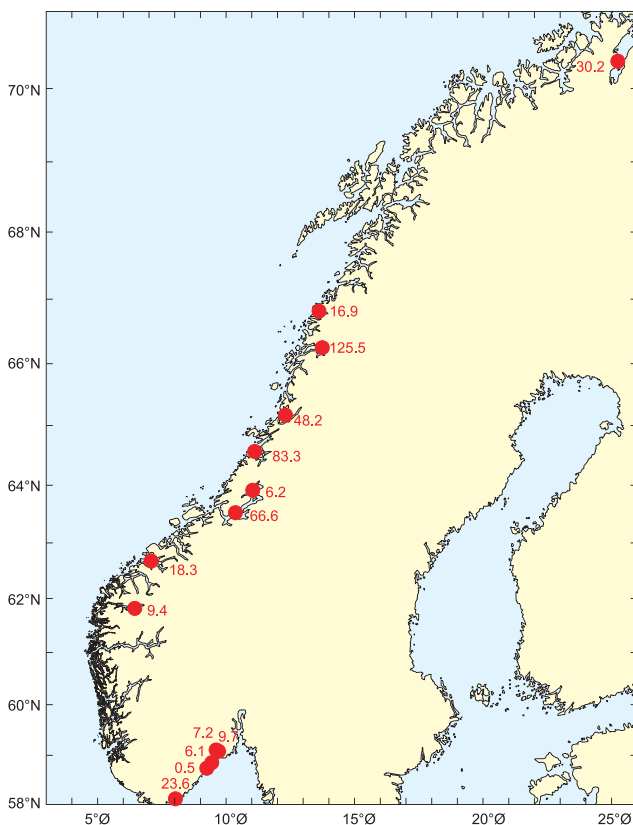
bl.a. måler radiocesium (^{134}Cs og ^{137}Cs), har vi instrumenter som teller antall desintegrasjoner innenfor gitte energiområder. Lite radioaktivitet i prøven krever lang talletid, fra ett til to døgn, for å få et statistisk holdbart resultat.

Resultater fra måling av cesiumisotoper

^{137}Cs er et kjernesplittingsprodukt, og etter Tsjernobyl-ulykken i 1986 og det medfølgende nedfallet av radioaktivitet i deler av Norge var det, og er det faktisk fortsatt, det radioaktive cesiuminnholdet i matvarer som bekymrer. Det ble gitt en tiltaksgrense på 600 becquerel (Bq) ^{137}Cs per kg, hvor målte verdier over 600 Bq/kg i en matvare utløste spesielle kostholdsråd knyttet til det aktuelle matproduktet. Forsatt er det områder i Norge hvor beitende dyr i utmark kan få et betydelig høyere innhold av ^{137}Cs i kjøttet enn 600 Bq/kg.

Tsjernobyl-nedfallet vaskes etter hvert ut av jordsmonnet og renner ut i fjordene våre, der det sedimenterer. Målinger i bunnsedimentene i fjordene viser tydelig om avrenningsområdene til fjorden har fått spesielt mye nedfall fra Tsjernobyl-uhellet. Dette synliggjøres i Figur 6.2, som viser mengden ^{137}Cs i overflatesedimentet i det dypeste partiet innerst i en del utvalgte fjorder hvor det ble foretatt innsamling i 2001. Det er stor variasjon mellom fjordene, og disse variasjonene reflekterer nedbørsfeltenes belastning. Det er viktig å påpeke at resultatene stammer fra enkeltprøver, og det er først når vi har et større sett prøver fra de forskjellige fjordene at vi kan gi et mer eksakt bilde av den radioaktive belastningen. Årlige innsamlinger av prøver i fjordene vil derfor fortsette i den grad dette lar seg gjøre i forbindelse med annen toktvirksomhet. I 2002 samlet vi på november–desember-toktet med "Michael Sars" prøver fra en del andre fjorder enn tidligere, for derved å kunne dekke flest mulig av fjordene våre.

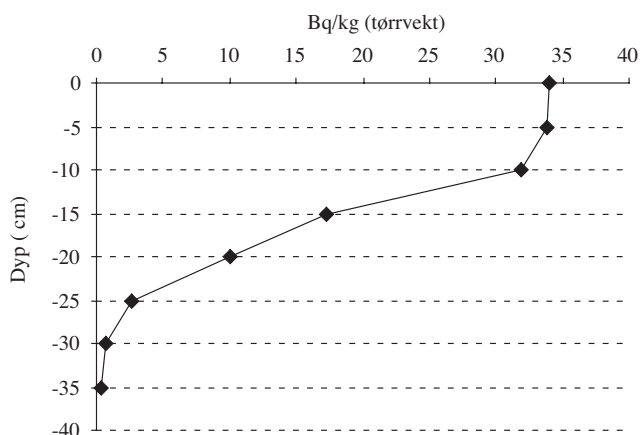
I overvåkingsammenheng måler vi som regel bare i de øverste to centimeterne av sedimentene, men vi samler prøver som gjør det mulig å måle fordelingen nedover i bunnsedimentene. Figur 6.3 viser et eksempel på en slik måling hvor sedimentkjernen er stykket opp og målinger er foretatt for hver femte cm. Prøven som presenteres i Figur 6.3 er fra Store Lungegårdsvann i Bergen. Som det framgår er nivået av cesium-137 forholdsvis lavt i det øverste laget, sammenlignet med hva vi finner i en del andre fjorder (Figur 6.2). Fra 10 cm ned i sedimentet synker innholdet av ^{137}Cs raskt og nærmer seg deteksjonsgrensen



Figur 6.2

^{137}Cs angitt som Bq/kg (tørrvekt) i overflatesediment fra fjorder hvor det ble samlet prøver i november–desember 2001.

^{137}Cs values (Bq/kg dry weight) in the surface bottom sediments in some fjords where sampling took place in November–December 2001.

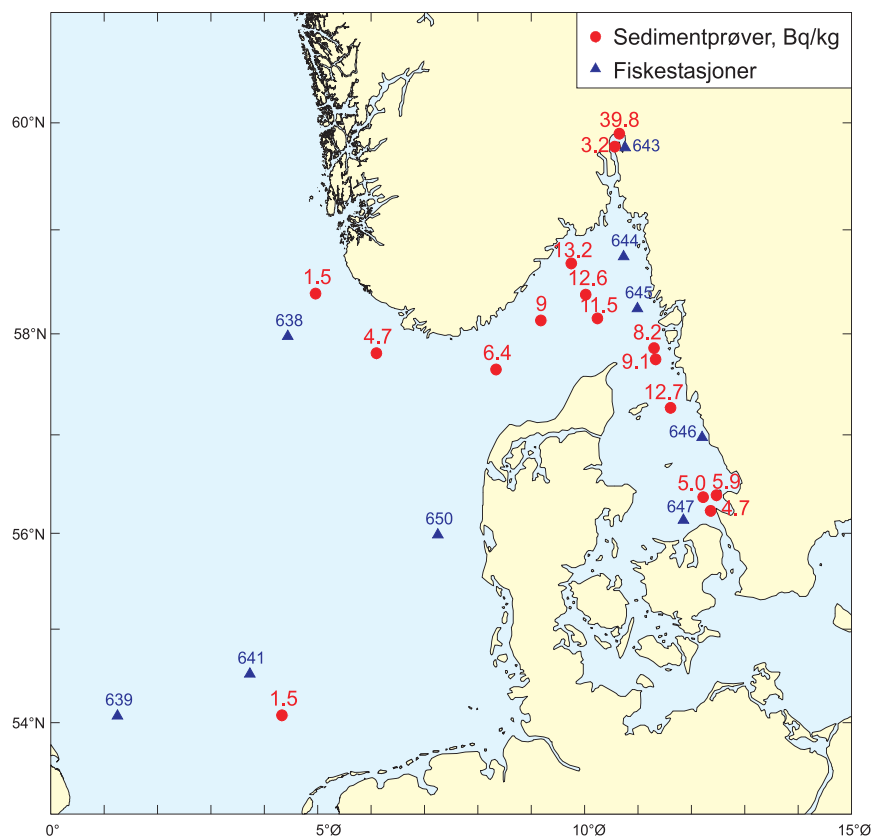


Figur 6.3

^{137}Cs angitt som Bq/kg (tørrvekt) som funksjon av dyp i en sedimentkjerne fra Store Lungegårdsvann i Bergen. Prøve høsten 2001. Vertical profile of ^{137}Cs (Bq/kg dry weight) in a sediment core from Store Lungegårdsvann in Bergen. The sampling took place in the autumn of 2001.

35 cm ned i bunnen. Ved å studere fordelingsprofilen kan vi danne oss en formening om sedimentasjonshastigheten på prøvestedet, og om den blandingen som skjer i de øverste sedimentlagene som følge av biologisk aktivitet.

En viktig kilde til cesiumforurensning i våre farvann er tilførsler fra Østersjøen, som er tilført store mengder gjennom avrenning etter Tsjernobyl-uhellet. Figur 6.4 viser tydelig Østersjø-påvirkningen spesielt i dyppartiene i Skagerrak, men som det framgår synker verdiene vestover i Norskerenna. Figur 6.4 viser også posisjonene for fiskeprøver som er analysert med hensyn til innholdet av ^{137}Cs . Resultatene er gjengitt i Tabell 6.1, og som det tydelig framgår finner vi de relativt sett høyeste verdiene i pelagisk fisk helt sør i Kattegat hvor Østersjøvannet har størst innflytelse. Verdiene på fisk knyttet til bunnen, hyse og sandflyndre, er derimot sammenlignbare med verdier målt i disse artene ute i selve Nordsjøen. Forskjellen mellom bunnfisk og pelagisk fisk gjenspeiler mønsteret i vannmassefordelingen. Mindre salt og derfor lettere Østersjøvann finnes i overflatelagene, mens



Figur 6.4

Kart med posisjoner, blå skrift, for fiskeprøver samlet inn i november–desember 2001. Innholdet av ^{137}Cs i forskjellige fisk fra disse stasjonene er gitt i Tabell 6.1. Kartet viser også innholdet av ^{137}Cs , som Bq/kg (tørrvekt), rød skrift, i overflatesediment fra stasjoner i Kattegat/Skagerrak og Nordsjøen i prøver samlet i november–desember 2001.

A map showing positions, in blue, where fish samples were collected in November–December 2001. The ^{137}Cs contents in fish and other biota are presented in Table 6.1. Numbers in red show measured ^{137}Cs values (Bq/kg dry weight) in surface sediments from sampling stations in Kattegat/Skagerrak and the North Sea in November–December 2001.

vannet ved bunnen domineres av innstrømmende tyngre vann fra Nordsjøen/Skagerrak. Tabell 6.1 viser også at nivået av ^{137}Cs er betryggende lavt i fisk fra alle områdene vi har prøver fra. Sammenlignet med en tiltaksgrense for matvarer på 600 Bq/kg er innholdet i fisk svært lavt, men dette betyr ikke at vi kan slutte å overvåke tilstanden i våre fiske-riområder. Overvåkingen er nødvendig for til en hver tid å kunne dokumentere at norsk fisk er fanget i et "rent hav".

Atomubåten "Komsomolets"

Sydvest av Bjørnøya ligger den tidligere sovjetiske atomubåten "Komsomolets" på 1660 meters dyp. Atomubåten havarerte og sank 7. april 1989, inneholdende en intakt atomreaktor og to torpedomissiler med atomstridshoder. Havariet og spekulasjoner om mulighetene for en betydelig radioaktiv forurensning, vakte stor offentlig oppmerksomhet, og det ble fra russisk side arbeidet intenst for å prøve å få hevet ubåten. Dette ble ikke gjort.

Havforskningsinstituttet har sett det som spesielt viktig å overvåke området rundt den sunkne ubåten for å registrere eventuell lekkasje av radioaktivt materiale. Vi begynte denne overvåkingen i 1992 og har samlet vann og sediment så nær inntil vraket som det har vært mulig med vårt normale innsamlingsutstyr. I flere år samlet vi prøver flere ganger årlig, men fra 1997 har vi redusert prøvetakingen til en gang i året. Resultatene fra overvåkingen av sediment er vist i Tabell 6.2.2.

Tallene angir mengde ^{137}Cs i sediment som Bq/kg (tørrvekt). Usikkerheten varierer mellom ± 1 og $\pm 0,1$, med størst usikkerhet i de første årenes målinger. Det som gir størst variasjon er selve prøvetakingen, hvor det nærmest er umulig å posisjonere prøveredskapen på ønsket sted (siden den henger i enden av en 1,6 km lang wire med varierende sidedrift avhengig av båten og vannets forflytning). På tross av usikkerheten med hensyn til hvor vi eksakt har tatt prøven fra bunnen, kan vi allikevel slå fast at prøvetakingen er nær nok til at en eventuell vesentlig forurensning vil bli oppdaget. Sammenligner vi verdiene vi måler i området rundt "Komsomolets" med det vi finner i enkelte fjorder som er spesielt påvirket av Tsjernobyl-nedfallet, er "Komsomolets"-verdiene betydelig lavere.

Tabell 6.2.1

^{137}Cs innholdet som Bq/kg (tørrvekt) i biotaprøver samlet i november–desember 2001. Posisjonene er angitt i Figur 6.4.

The ^{137}Cs content in samples of fish and other biota sampled in November–December 2001. Sampling positions are given in Figure 6.4.

Stasjon	Art	Bq/kg (tørrvekt)
St 638	Hyse	0,9 \pm 0,2
	Sei	1,8 \pm 0,2
	Sild	1,2 \pm 0,3
	Torsk	1,4 \pm 0,2
	Flekksteinbit	1,1 \pm 0,4
	Sandflyndre	0,7 \pm 0,2
	Lomre	0,5 \pm 0,2
	Hvitting	2,1 \pm 0,2
St 639	Brisling	1,9 \pm 0,2
	Sild	0,7 \pm 0,2
St 641	Sandflyndre	0,7 \pm 0,1
	Brisling	1,0 \pm 0,1
	Sild	0,8 \pm 0,1
St 643	Brisling	1,3 \pm 0,1
	Krill	0,6 \pm 0,2
St 644	Sild	1,7 \pm 0,2
St 645	Sild	1,7 \pm 0,2
	Krill	0,6 \pm 0,1
St 646	Sild	2,3 \pm 0,2
St 647	Sjøpølse	<0,1
	Sild	3,8 \pm 0,3
	Hvitting	8,9 \pm 0,3
	Taggmakrell	9,1 \pm 0,4
	Brisling	6,2 \pm 0,3
	Hyse	0,7 \pm 0,2
St 650	Sandflyndre	1,1 \pm 0,2
	Brisling	1,1 \pm 0,3
	Sild	0,5 \pm 0,1

Tabell 6.2.2

Mengde ^{137}Cs i sedimentet (Bq kg⁻¹ tørrvekt) nær "Komsomolets".
Values of ^{137}Cs (Bq kg⁻¹ dry weight) near "Komsomolets".

1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
bare vann målt	2	2,7	5,0	6,6	5,1	1,6	bare vann målt	1,05	6,1	bare vann målt
		2,4	7,1	6,5						
			5,4	4,7						

Kapittel 7

Aktuelle tema



Foto: A. Hassel

Einar Svendsen

AMOEBE er et forslag til en storstilt samarbeidsdugnad omkring et tverrfaglig forsknings- og utviklingsprosjekt for å forbedre forståelsen av dynamikken i våre nordlige marine økosystemer. Dette vil bli et verktøy for å tilfredsstille fremtidens økende krav til en økologisk tilnærming til marin forvaltning etter føre-var-prinsippet.

AMOEBE står for "A Model-based and data-driven Operational Ecological Biomass Estimator".

Gjennomføringen av AMOEBE vil ta ti år og koste anslagsvis 100 millioner kroner per år. Oppgaven er meget krevende, og vi har (under Havforskningsinstituttets ledelse) utarbeidet en plan for AMOEBE-prosjektet med deltagelse fra 16 ledende norske institusjoner knyttet til marin forskning og forvaltning. Planen ble gjennom Norges forskningsråd sendt til internasjonal faglig evaluering i januar 2003.

Det gjenstår å skaffe finansiering under mottoet: Vi kan kun klare det hvis vi satser hardt nok!

Bakgrunn/historikk

Forvaltningen av fiskeressursene er basert på vitenskapelige råd som utarbeides innen Det internasjonale råd for havforskning (ICES). Norge bruker nærmere en milliard kroner årlig til rådgivning og forvaltning av fiskeriressursene. Til tross for dette er i dag flere av de kommersielt viktigste bestandene utenfor "sikre biologiske grenser". Forbedret forvaltning med beskjedne 10 % økt høsting vil kunne gi milliardinntekter.

Flere større forskningsprogram, med formål å forbedre forståelsen av økosystemene og forvaltningen av de marine ressursene i Barentshavet og Norskehavet, har vært gjennomført i løpet av de siste 25 årene. På modell-/økologisiden har de viktigste programmene vært:

- HAVBIOMODELLER (1975-1983)
- Program for flerbestandsforvaltning (1990-1994)
- Marine Ressurser og Miljø (MAREMI, 1995-1999)
- Marin ressursforvaltning (MARRES, 1995-1999)
- Marine ressurser, miljø og forvaltning (MARE, 2000-2004)
- Pro Mare, Mare cognitum, Maricult
- BeMatA, Overvåkning

Relevante aktiviteter finner vi også i de pågående klimaprogrammene (RegClim, NoClim, Bjerknnessamarbeidet, Polar-klima, Klimaeffekter og KlimaProg) og internasjonalt gjennom EU og i GLOBEC-programmet.

Grunnet valgte prioriteringer har disse forskningsprogrammene bidratt relativt lite til en direkte forbedring av fiskeriforvaltningen. Det er derfor nødvendig med et nytt forsknings- og utviklingsprogram der forbedring av bestandsvurdering og forvaltningsrådgivning står i fokus.

I løpet av de siste 25 årene er det flere faktorer som er forandret, noe som gjør at sjansene for suksess er mye større i dag:

- Kunnskapen om flere grunnleggende prosesser i økosystemet er mye bedre i dag, både kvalitativt og kvantitativt.
- De numeriske modellverktøyene, kunnskap og kompetanse er nå til stede ved flere norske universiteter og institutter.
- Kapasiteten på datamaskiner per kostnadsenhet har økt med en faktor på 10 000 og vil fortsette å øke.
- Tilgjengeligheten på Internett gjør det mulig i felleskap å benytte distribuerte databaser, datasystemer og modeller.

Nasjonal plan for AMOEBE, mål og motivasjon

Fiskeriene og oppdrettsnæringen representerer Norges største eksportverdi basert på fornybare ressurser (etter olje og gass). Norge er også verdens nest største eksportnasjon av fisk og fiskeprodukter. Det nasjonale målet er å øke eksportverdien fra 30 til 150 milliarder kroner i perioden 2000 til 2020, og da må vi forvalte disse ressursene optimalt. Dette krever utvikling av en ny generasjon kunnskaps- og forvaltningsverktøy. Norges marine forskningsmiljø har derfor gått sammen om en forskningsdugnad for å løfte kunnskapsnivået og utvikle ny teknologi som kan bidra til å nå målet om en mangedobling av eksportverdien. (Den samfunnsøkonomiske verdi antas å være vesentlig større enn eksportverdien.)

Det overordnede mål for AMOEBE er gjennom nasjonalt (og internasjonalt) samarbeid å forbedre vår tverrfaglige

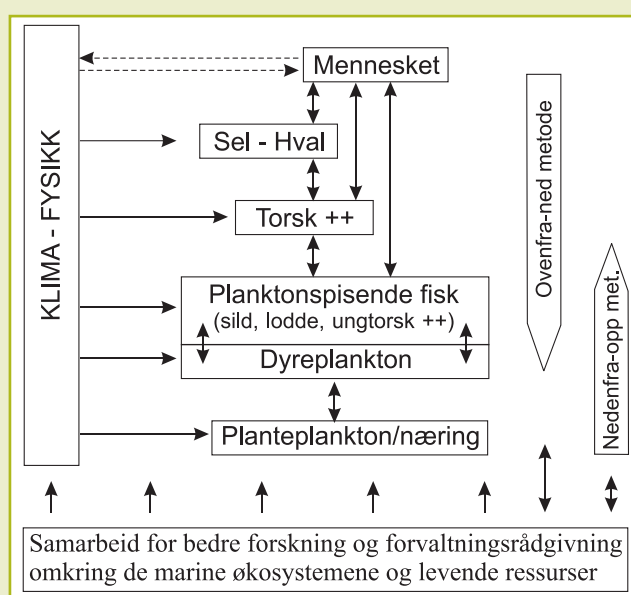
forståelse for økosystemenes dynamikk, for å benytte dette i en økologisk tilnærming til forbedret rådgivning basert på føre-var-prinsipper.

- AMOEBE skal beskrive og kvantifisere de ulike nivåene og interaksjonene i økosystemet knyttet til de kommersielt utnyttede (eller utnyttbare) bestander av fisk, plankton og sjøpattedyr i Norskehavet og Barentshavet.
- AMOEBE skal forutsi utviklingen i bestandene for gitte fiskescenarier og predikerte klimavariasjoner eller klima-scenarier.

I tillegg vil AMOEBE gjennom utvikling av ny teknologi, og med bakgrunn i en generell kompetanseheving, føre til ”spin off” både i form av produkter og kunnskap.

Hvorfor er det viktig å gjennomføre AMOEBE

Utviklingen av AMOEBE vil få betydning for en rekke sektorer i det norske samfunn. Modellsystemet, kompetansen og kunnskapen som skapes i AMOEBE vil gi innsikt i hvordan vi bedre kan håndtere menneskelig påvirkning i et komplekst samspill med de naturlige variasjoner og endringer som finner sted. Dette vil kunne redusere sannsynligheten for store tap grunnet mangelfull kunnskap og dermed utilstrekkelige



Figur 7.1.1

Skisse av det marine økosystem som skal modelleres.
Schematics of the marine ecosystem to be modelled.

- AMOEBE skal utvikle en ny generasjon rådgivningsverktøy for å bestemme optimale høstingsstrategier i forhold til økologiske mål, føre-var-prinsipper, og/eller langsiktige mål for enkeltbestander, kombinert med enkle økonomiske eller politiske forvaltningsmål.

Med bakgrunn i disse målene skal AMOEBE:

- Posisjonere Norge på topp internasjonalt innen marin-økologisk forståelse og forvaltning.
- Oppfylle våre internasjonale forpliktelser om ”føre-var” og økologisk tilnærming i fiskeriforvaltningen.
- Skape og ta i bruk ny teknologi.
- Utvikle metoder for beregning av truslene fra forurensning mot oppdrettsnæringen og marine økosystemer.

rådgivning og forvaltning.

Kunnskapsmangel kan medføre samfunnsøkonomiske tap på titalls milliarder kroner per år, og mangel på vitenskapelig kompetanse kan innebære at de internasjonale forpliktelsene Norge har i forhold til fiskeri og havbruk ikke lar seg realisere.

Krav til dokumentasjon på bærekraftig fiskeriforvaltning fra et rent og rikt hav kan få stor betydning for eksportmarkedet og fiskeriene (noe som for eksempel oppleves i det amerikanske fisket av pollock, hvor manglende kunnskap om og dokumentasjon av økosystemets dynamikk medfører langt lavere kvoter enn det man antar er innenfor god forvaltning). I denne sammenheng vil AMOEBE også se på storskala transport og spredning av forurensning (atomavfall, organiske

miljøgifter, produsert vann, skadelige alger etc.). Ikke bare fordi forurensningen kan ha en effekt på økosystemet, men også fordi det kan få en stor effekt på eksportmarkedet.

AMOEBE-konseptet

Marine økosystemer er for komplekse og dynamiske til å kunne forstås og kvantifiseres kun basert på målinger. Eneste måte å takle dette problemet på er å bruke matematiske modeller i tillegg. Dette krever matematiske formuleringer av de grunnleggende prosessene og koblingene mellom dem. Forsøk på å modellere hele økosystemet ”nedenfra og opp” i et stort og komplekst modellsystem har tidligere mislykkes. En kombinasjon av komplekse modeller som baseres på og gir innsikt i de grunnleggende prosessene, og enklere modeller for forvaltningsrådgivning der kunnskap fra de komplekse modellene inkluderes, er en mer pragmatisk tilnærming med større sjanser for suksess. En utfordring er å kombinere ”ovenfra og ned” og ”nedenfra og opp”-metodene. På denne måten vil prosjektet produsere resultater som gjennom det meste av prosjektperioden kan nyttes i rådgivningen. Dette konseptet er demonstrert i Figur 7.1.1.

De trofiske nivåene med dyreplankton og planktonspisende fisk (de fleste fisk er planktonspisere på tidlige stadier) er møtestedet for ”nedenfra-opp” og ”ovenfra-ned”-tilnærmingene. ”Nedenfra-opp” metoden vil nå opp til fisk spesielt mht. vandring og planktonfordeling, mens ”ovenfra-ned”-metoden rekker helt ned i planktondomenet gjennom enkle empiriske relasjoner i naturen fremkommet ved langsiktig overvåkning. Det er verdt å merke seg at det fysiske klimaet har en direkte innvirkning på alle trofiske nivåer.

Basert på det ovennevnte syn på modellering og måleproblematikken diskutert i ”Godø-rapporten” (Anon. 1999), samt for å sikre måloppnåelse gjennom en strukturert arbeids- og ressursfordeling, vil AMØBE bestå av følgende faglige moduler:

- Modul 1. Økosystemforståelse – systemteori/næringskjede
- Modul 2. Fysikk, klimaprediksjon, næring/alger
- Modul 3. Dyreplankton (mat for fisk og muligens fiskeoppdrett)
- Modul 4. Rekruttering
- Modul 5. Fysiologi og adferd
- Modul 6. Bestandsestimering
- Modul 7. Fiskeprediksjon og forvaltningsstrategi
- Modul 8. Måleteknologi og observasjonsstrategi
- Modul 9. Dataassimilering/parameterestimering/usikkerhet
- Modul 10. Systemintegrasjon
- Modul 11. Operasjonell drift

Ut fra disse modulene vil det bli utarbeidet en nasjonal ansvarsfordeling hvor de tyngste miljøene innen de forskjellige fagområdene vil være hovedansvarlige for gjennomføring. I denne ansvarsfordelingen må det legges til grunn at det miljøet eller den institusjonen som tildeles et hovedansvar for å bygge opp spisskompetanse i et felt, eller etablerer en ressurskrevende teknikk, forplikter seg til å yte service overfor resten av landet. Den faglige planen innebærer også enheter som sammenfatter kompetanse, utstyr og systemer slik at AMOEBE blir det nasjonale løftet man ønsker.

Integrering og samarbeid

To viktige nøkkelord i AMOEBE er tverrfaglig **integrering** og **samarbeid**. Mye god kunnskap om deler av økosystemene, måledata og observasjonssystemer, modellverktøy og ekspertise i forvaltningsrådgivning er spredt over hele landet og internasjonalt. Internasjonalt gjøres det en bra jobb innen ICES med å integrere fiskeridata. ICES er den viktigste organisasjon som utvikler råd for fiskeriforvaltning i det nordlige Atlanterhavet. Imidlertid tar man i svært liten grad hensyn til flerbestandsinteraksjoner og effekter av klima på økosystemets dynamikk når rådene utvikles. Forvaltningen er i hovedsak fokusert på å holde gytebestanden for neste år på et høyt nok nivå slik at bestandsstørrelsen ikke skal være til hinder for en god rekruttering, og det vurderes ikke (eller i liten grad) hva som er god forvaltning på lang sikt. Dette er nasjonalt og internasjonalt grunnleggende utfordringer som AMOEBE vil ta tak i.

Det tverrfaglige samarbeidet består i hovedsak av fagene oseanografi, meteorologi, fiskeri- og marinbiologi, økologi, matematisk modellering, statistikk, systemteori, måleteknologi og fiskeriforvaltning. En hovedutfordring er derfor gjennom et unikt samarbeid å integrere alle disse ressursene, kunnskapen og kompetansen, slik at det på sikt kan gi ny og nyttig informasjon til det norske samfunn i mye større grad enn i dag.

Følgende norske forskningsinstitusjoner har vært med å planlegge AMOEBE: Havforskningsinstituttet, NTNU, Nansen Senter for Miljø og Fjernmåling, SINTEF, universitetene i Tromsø, Bergen og Oslo, Bjerknessenteret, Meteorologisk Institutt, Høgskolen i Ålesund, Fiskeriforskning, Christian Michelsen Research, NORUT-IT, Predictor og Norsk Regnesentral. Høgskolen i Bodø, NIVA og Norsk Polarinstitutt er også sannsynlige deltagere. I tillegg ser vi for oss deltagelse av en rekke små til store bedrifter med kompetanse innen måle- og informasjons/kommunikasjonsteknologi som kan levere delsystemer og tjenester til utvikling og drift av AMOEBE.

Internasjonalt samarbeid

AMOEBE er samstemt med visjonen til ICES om å ”forbedre den vitenskapelige kapasitet til å gi råd om menneskets innvirkning på marine økosystemer og deres betydning for

mennesket". AMOEBE er også på linje med planene for globale havovervåkningssystem (GOOS og EuroGOOS) og strategier for EUs sjette rammeprogram. AMOEBE skal og må innebære et tett internasjonalt samarbeid for å nå de målsettinger man har satt seg, hvor det pågående utstrakte samarbeidet innen ICES vil stå sentralt. Det arbeides for tiden også med å forankre AMOEBE-ideene i EUs sjette rammeprogram, og vi er i ferd med å posisjonere oss i enkelte større prosjektinitiativ. Målet er at norske forskningsmiljøer innen økosystembasert forvaltning blir så attraktive at vi på sikt kan eksportere norsk kompetanse innen området. Ettersom Russland er den viktigste faglige samarbeidspartner rundt opparbeidelse av økosystemforståelse og samtidig "konkurrent" om fiskeressursene i nordområdene, er det spesielt viktig at disse trekkes aktivt inn i AMOEBE.

Summary

Marine ecosystems are complex. With present knowledge it is difficult to predict the future development of the fish stocks and the marine environment, under highly varying pressure from climate, fisheries and pollution. To improve our knowledge of the dynamics of the ecosystems, it is necessary to develop knowledge-based models within a range of areas.

The Norwegian marine research communities (with international contributions) have agreed to cooperate to develop the necessary knowledge and modelling tools within the

research initiative AMOEBE. We will increase the level of knowledge and develop and apply new technology which can contribute to reach the goal of a manifold increase in added value of the products from marine living resources.

AMOEBE shall:

- Give us necessary improved knowledge about our large marine ecosystems. Optimal exploitation of the marine living resources based on sustainability and precautionary principles can only be achieved by a multi-disciplinary holistic view on the ocean dynamics.
- Integrate the knowledge from and secure the recruitment to a range of disciplines: oceanography, meteorology, fishery and marine biology, mathematics, system theory and instrumentation technology. This will open possibilities for export of Norwegian know-how.
- Combine complex mathematical models, giving quantitative insight into basic processes, with simpler models for management advice. This will give a method to solve the future demands for an ecological approach to fisheries management.
- Cooperate significantly with relevant international activities.

Svein Sundby

Sjøtemperaturen er en viktig faktor for vekst og rekruttering til fiskebestandene i arktiske områder, og den har en gjennomgripende innvirkning på alle leddene i næringskjeden. Men temperatur er bare én av en rekke havklimate og miljøfaktorer som er viktig i denne sammenheng. Lysforhold og vindgenerert turbulens i havet er to andre viktige faktorer som virker direkte på plankton og fiskeyngel. I tillegg kommer andre havklimatefaktorer som transport med havstrømmer, nedbør og fordampning som virker indirekte på livet i havet.

Havtemperaturen har innvirkning på rekruttering - men ikke på en entydig måte

Vi har lenge visst at havklimaet påvirker produksjonen i arktiske fiskebestander. Russiske havforskere var inne på dette allerede på 1960-tallet, da de viste at rekruttering og vekst i torskbestander i de arktiske områdene av Nord-Atlanteren ofte var bedre i varme enn i kalde år. I siste halvdel av 1980-tallet viste en rekke norske undersøkelser at rekrutteringen til norsk-arktisk torsk var best i varme perioder og alltid dårlig i kalde perioder. Nylig er det også vist at årsaken til sammenbruddet i bestanden av norsk vårgytende sild på 1960-tallet ikke alene kan forklares med et overfiske, men at også et kaldere havklima kan ha vært en medvirkende årsak. Det er mest nærliggende å tenke seg at årsakssammenhengen mellom høy rekruttering til fiskebestandene og et varmt havklima er at høyere sjøtemperatur gir større veksthastighet på individene i fiskebestandene. Dette gir store og livskraftige individer raskere enn i et kaldt år. Men er forklaringen så enkel? Svaret er NEI.

Det er nemlig bare i de arktiske områdene at det er en sammenheng mellom sjøtemperatur og rekruttering. I de mer tempererte områdene for atlantisk torsk er det ingen slik sammenheng med temperatur, og i de varmeste områdene som i Nordsjøen og Irskesjøen er sammenhengen faktisk motsatt, jo varmere hav, desto dårligere torskerekruttering. Dette til tross for at individuell torskvekst kulminerer ved høyere temperatur enn havtemperaturen i disse områdene. Laboratorieundersøkelser har vist at torsken helst ønsker å være i en temperatur på 13-14 °C, og da har den også den raskeste veksten. Men så varmt er det sjelden selv i de varmeste torskemrådene i Nord-Atlanteren. Altså må det være andre faktorer ute i naturen som er mer attraktive for torskens vekst og reproduksjon enn en høy temperatur.

Det er to forhold vi da må være klar over; for det første er sjøtemperaturen bare én av en rekke havklimatefaktorer som

påvirker fisk, for det andre påvirker disse havklimateforholdene fiskebestandene både direkte og indirekte gjennom de andre leddene i næringskjeden, spesielt fra de lavere nivåene som planteplankton og dyreplankton (Figur 7.2.1).

Temperatur, turbulens og lysforhold er i særstilling av klimatefaktorene, fordi de griper direkte inn i livsprosessene for marine individer. Det er ingen tvil om at temperatur er en sentral faktor for de fleste marine organismer, fordi de fleste av dem (utenom sjøpattedyrene) er vekselvarme. Da er metabolsk omsetning, vekst og stadieutvikling sterkt påvirket av temperaturen: opptak av næringssalter og celle-delingen i planteplankton øker med økende temperatur. Eggproduksjonen for dyreplanktonet kopepoder øker med økende temperatur. Raudåta har tre ganger høyere eggproduksjonsrate ved 10 °C sammenlignet med ved 2 °C. Generasjonstiden i dyreplankton blir kortere med økende temperatur. Eggutviklingen for fiskeegg er sterkt temperaturavhengig. I Labradorsjøen hvor torsk kan gyte ved så lav temperatur som -1 °C, tar det tre måneder før eggene klekkes. I denne sårbare perioden er det rikelig med muligheter for potensielle beiter til å forsyne seg av eggene. Ved 3-4 plussgrader, som i Lofoten, er eggstadiet gjort unna på tre uker. Skru temperaturen videre opp til 7 °C, og eggene klekkes i løpet av ti dager. Således er det altså mange faktorer som taler for at en høy temperatur er gunstig for organismene i havet, men temperatur er bare én av en rekke havklimatefaktorer som påvirker vekst og rekruttering.

Vinden er den desidert viktigste havklimatefaktoren sammen med sjøtemperaturen, og den virker på mer enn én måte. For det første påvirker den transporten med havstrømmene, eksempelvis transport av planktonrikt atlantisk vann fra Norskehavet og inn på kontinentalsokkelen, dvs. inn i Nordsjøen, inn på norskekysten og inn i Barentshavet. Det er i særlig grad dyreplanktonet raudåte, som har sitt kjerneområde i Norskehavet, som på denne måten blir tilført som viktig næringstilskudd for all fiskeyngel og voksen pelagisk fisk inne på soklene. Dermed gir vinden turbulens i havets øvre lag, noe som påvirker tilblendingen av næringssalter fra havdypet og produksjonen av planteplankton. Og endelig påvirker den vindgenererte turbulensen kontaktraten mellom planktoniske beiter og deres bytter. De forholdsvis lite mobile nyklekkede torskelarvene får hjelp av turbulensen til å møte raudåteyngelen, som er deres hovedbytte. Vindgenerert turbulens forårsaket av en frisk bris vil for eksempel skape seks ganger flere nærkontakter mellom torskelarver og raudåteyngel sammenlignet med antallet nærkontakter i helt stille vann. På den annen side, hvis den vindgenererte turbulensen blir for kraftig, vil den positive effekten snus



Figur 7.2.1

Havklimatefaktorene har sterk innvirkning på alle de laveste delene av næringskjeden og rekrutteringen til fiskebestandene.
Impact of ocean climate on the lower trophic levels in the food chain and on the recruitment.

til det motsatte, både for kontaktraten til byttedyr og for produksjonen av planteplankton.

Lysforholdene, som blant annet styres av skydekket, er en annen faktor som påvirker de marine organismene. Igjen er det hovedsakelig planktonet som blir påvirket. Det gjelder produksjonen av planteplanktonet, og det gjelder dyreplanktonets og fiskeyngelens evne til å oppdage byttedyr og unngå predatorene. I Barentshavet vil lysforholdene om sommeren gi nær 24 timers beitelys for torskeyngel som er avhengig av å kunne se byttet, mens torskeyngelen på sørøstkysten av Canada har gjennomsnittlig 16 timers beitelys. Under ellers like beiteforhold vil torskeyngelen i Barentshavet vokse dobbelt så raskt som den canadiske yngelen på grunn av lysforholdene. På den annen side er godt beitelys også en fare for fiskeyngelen, som kan bli oppdaget av større fisk på jakt, så fra fiskeyngelens synspunkt dreier det seg om en hårfin balanse mellom å spise og bli spist.

Havklimatefaktorer som virker indirekte på organismene i havet

Det er altså de tre havklimatefaktorene temperatur, turbulens og lysforhold som påvirker direkte livsprosessene for organismene i havet. De øvrige havklimatefaktorene virker indirekte på organismene ved å endre miljøforholdene rundt organismene. Nedbør og fordampning påvirker lagdelingen og stabiliteten i sjøens øvre lag og følgelig tilførselen av næringssalter fra dypet. I våre arktiske områder påvirker de også isdannelse. Vinden påvirker havstrømmene og dermed transporten av planktonrike eller planktonfattige vannmasser, som igjen konsentrerer eller fortynner matforholdene for andre organismer og fisk.

Intensiteten på havstrømmene, sjøtemperatur, vind, nedbør, fordampning og lysforhold er havklimatefaktorer som alle i større eller mindre grad er avhengige av hverandre. Men sammenhengen mellom disse faktorene varierer fra hav-

område til havområde og fra årstid til årstid. Eksempelvis er det på norskekysten vinterstid en viss sammenheng mellom høye forekomster av sørvestlig vind, høy sjøtemperatur og mye nedbør, men om sommeren gjelder ikke denne sammenheng med hensyn til sjøtemperatur. På denne måten kan sjøtemperaturen være en ”stedfortreder” for andre havklima faktorer i enkelte tilfeller, mens den i andre tilfeller ikke er det.

Kunnskap om havklimaet vil bidra til forbedret økosystemforståelse

Observasjoner i havet er til nå den viktigste kilden til kunnskap om havklimaet. Havforskningsinstituttet har ansvaret for de fleste havklimaobservasjonene i norske havområder (70-80 % av det totale). I klimasammenheng er det viktig å opprettholde tidsserier for observasjoner i faste posisjoner, og Havforskningsinstituttet foretar slike rutineobservasjoner i enkeltposisjoner, faste snitt og hele områder. Men tidsseriene må være lange nok til å gi tilstrekkelig informasjon om klimasvingninger på en lengre tidsskala (~50 år), slik at vi kan skille langsiktige, og muligens menneskeskapt klimaendringer, fra langperiodiske naturlige klimasvingninger.

I de senere år er en annen metode stadig viktigere i klimaforskningen, nemlig å beregne med datamaskin det som foregår i havet. Numeriske havmodeller hvor både havsirkulasjonen, planteplanktonproduksjonen og veksten av dyreplankton og fiskelarver blir simulert og satt sammen til integrerte økologiske modeller, er etter hvert viktige

verktøy i arbeidet med å analysere de ulike virkningene av havklimafaktorene på rekrutteringen til fiskebestandene. Dette er i dag verktøy som det er stort behov for å forbedre i de nærmeste årene. I 2003 starter flere tverrfaglige prosjekter ved Havforskningsinstituttet, delvis i samarbeid med andre forskningsinstitusjoner, hvor utvikling av slikt modellverktøy er sentralt. Denne utviklingen vil gi oss stadig bedre forståelse av årsakssammenhengene mellom havklimavariasjonene og rekrutteringen til fiskebestandene.

Summary

In Arctic marine ecosystems the sea temperature is a key parameter for growth at all tropic levels, and especially for growth and recruitment to fish stocks. Particularly, in the Norwegian and Barents Seas high temperatures are associated with high productivity in the marine ecosystem. However, the apparent temperature effects, indicated by a range of positive correlations between biota and sea temperature, have the potential to camouflage mechanistic relations to other marine climate parameters that partly is co-correlated with the sea temperature. Turbulence and light conditions are the other two main factors influencing vital rates in marine organisms. Additionally, there is a range of climate parameters that affect marine organisms indirectly by their influence on the ambient water. These are wind driven transport and the winds influence on mixed-layer dynamics and advection, precipitation and evaporation, cloud cover and radiation budget.

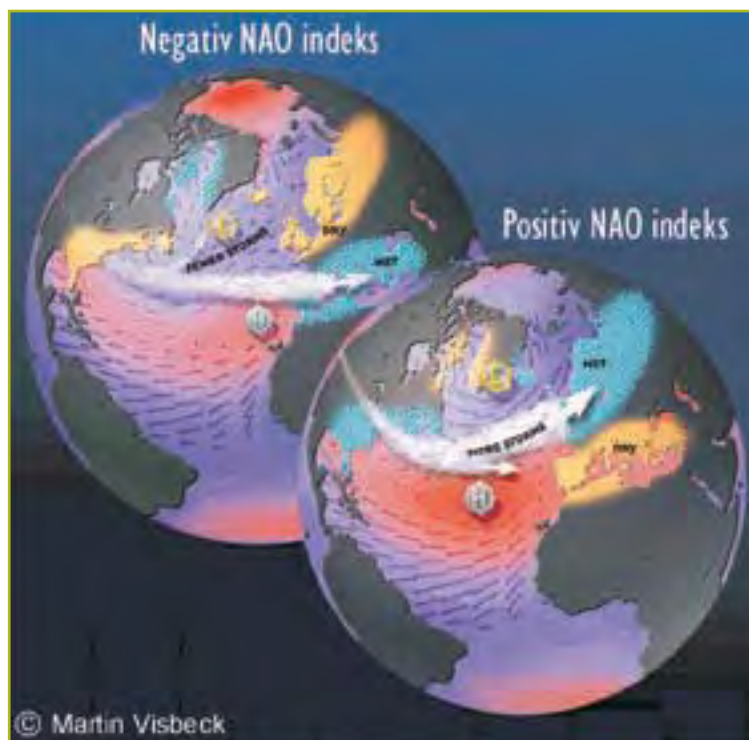
Jan Erik Stiansen, Harald Loeng og Geir Ottersen

Noe av det som er av størst betydning for størrelsen på en fiskebestand er rekrutteringen, det vil si hvor mange nye fisk som kommer inn i bestanden. Det er mange faktorer som påvirker rekrutteringen, blant annet forhold knyttet til omgivelsene. En slik faktor er variasjoner i klimaet. Her vil vi se litt på hvordan forskjeller i klimaforhold påvirker rekrutteringen til en av de viktigste fiskebestandene på våre kanter, torsken i Barentshavet eller den norsk-arktiske torskbestand.

NAO og effekter på havklima

Den nordatlantiske oscillasjonen (NAO) er noe forenklet et uttrykk for den storstilte fordeling av høytrykk og lavtrykk i atmosfæren over Nord-Atlanteren (Figur 7.3.1). NAO-indeksen er et mål for den atmosfæriske sirkulasjon ved at man ser på trykkforskjellene mellom Azorene og Island. Dermed får man et enkelt tall som langt på vei gir uttrykk for hvordan vindfeltet over Nord-Atlanteren varierer, noe som også har stor innflytelse på norske havområder (Figur 7.3.2). En høy (positiv) NAO-indeks indikerer en stor trykkforskjell med en forsterkning av lavtrykksaktiviteten ved Island og kraftigere vestavind. En lav (negativ) NAO-indeks indikerer en situasjon med lav trykkforskjell, og dermed et svakt vindfelt (Figur 7.3.1).

Hvis man ser på den midlere NAO-indeksen for desember-mars, som kalles NAO-vinterindeks, er det vist god sammenheng mellom variasjoner i denne og blant annet temperaturen i Barentshavet og den atmosfæredrevne volumtransport gjennom Fugløya-Bjørnøya-snittet for perioden etter 1970. Langtidstrenden for NAO-vinterindeksen viste en svak negativ trend fra ca. 1920-1970 og en sterkere positiv trend fra midten av 70-tallet og fram til nå. Samtidig har indeksen i den siste perioden (1970-2002) noen sterke svingninger med en syklus på ca. 8 år (Figur 7.3.2). Perioden fra slutten av 80-tallet og fram til nå har vært preget av ekstremt mange høye verdier (17 av de siste 20 verdiene har vært positive). Samtidig har vi også opplevd en av de største år-til-år-variasjonene etter 1870, siden verdien i 1996 var ekstremt lav.



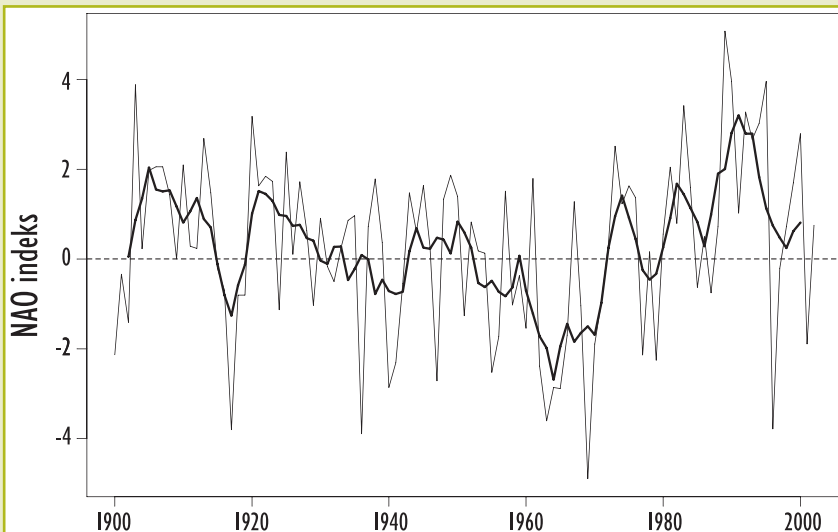
Figur 7.3.1

En positiv NAO-fase (kloden nede til høyre) er karakterisert ved en markert forskjell i lufttrykk mellom lavtrykkssenteret nær Island og høytrykkssenteret lenger sør i Nord-Atlanteren. Ved en positiv NAO-fase vil de dominerende vestlige vindene være sterkere enn normalt og forflyttet nordover. Dette fører bl.a. til mer nedbør og høyere temperaturer i Nord-Europa. Ved en negativ fase vil forskjellen i lufttrykk være mindre, vestavindsbeltet svakere og vi får motsatte effekter (grafikk fra Martin Visbeck, Lamont-Doherty Earth Observatory, USA).

A positive NAO phase (bottom right globe) is characterized by a marked difference in air pressure between the low-pressure centre near Iceland and the high-pressure centre further south in the North Atlantic. In a positive NAO phase the dominating winds will be stronger than average and have a more northern displacement. This leads to more precipitation and higher temperature in Northern Europe. In a negative phase the difference in air pressure will be less and the west-wind belt weaker, with opposite responses (graphics from Martin Visbeck, Lamont-Doherty Earth Observatory, USA).

NAO-vinterindeksen og torskerekruttering

Den norsk-arktiske torsken gyter ved Lofoten og i Vesterålen i mars/april, og larvene klekkes ca. tre uker seinere. Fram til småtorskene forlater de frie vannmassene og begynner å holde seg nær bunn rundt september/oktober, blir de transportert med strømmen nordover. Småtorsken kalles 0-gruppe fram til de er ett år, og antallet måles i felt ved Havforskningsinstituttets tokt i Barentshavet i august/september.

**Figur 7.3.2**

NAO-vinterindeksen mellom Island og Azorene (Portugal). Den tynne linjen er årlige verdier, mens den tykke linjen er 5 års gjennomsnitt. Legg merke til endringen i trend før og etter 1970, samt de kraftige periodiske svingningene etter 1970. The NAO winter index between Island and the Azores (Portugal). The thin line shows yearly values while the thick line shows a 5-year average. Notice the change in trend before and after 1970, with strong periodic oscillations after 1970.

Deretter utledes et estimat for antall fisk, en 0-gruppeindeks. Denne fisken vokser opp i Barentshavet og blir del av fisket ved 3-4 års alder.

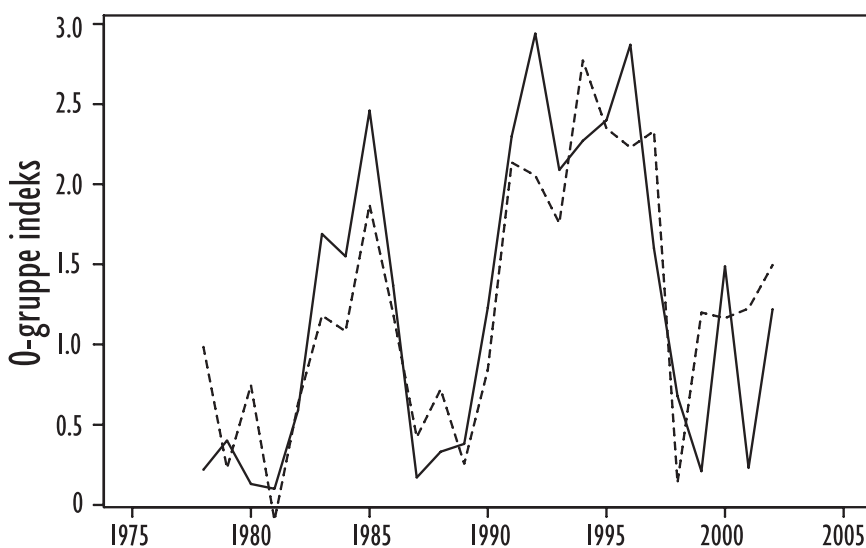
Når man ser på sammenhengen mellom NAO-vinterindeksen og rekrutteringen av torsk, er det et klart skille rundt slutten av 1970-tallet. Før 1970 var det ingen sammenheng mellom NAO og rekruttering hos torsk, mens det etter 1970 er en korrelasjonskoeffisient på 0,59 (korrelasjon er et statistisk mål på hvor god sammenhengen er; 0 betyr ingen sammenheng og 1 betyr 100 % sammenheng). Her er NAO-vinterindeksen for gyteåret brukt, altså tre år før torsken er 3-åring. For 0-gruppeindeksen viser det seg at den beste sammenhengen inntrer ved å bruke NAO-vinterindeksen to år før larvene er 0-gruppe (altså to år før gyting). Det er et skille i denne sammenhengen rundt 1980. For perioden 1966-1980 er det ingen sammenheng mens korrelasjonsko-

effisienten for perioden 1980-2002 er på hele 0,75. Hvorfor det er slik, vet vi ikke i dag.

En modell for 0-gruppeindeksen basert på NAO-vinterindeks og gytebestandens størrelse er konstruert (Figur 7.3.3). I modellen er NAO-vinterindeksen to år tidligere benyttet. Denne enkle multiple regresjonsmodellen for perioden 1978-2002 beskriver 68 % av variabiliteten i 0-gruppeindeksen.

Mulige koblingsmekanismer

Rekrutter av torsk lever ikke av NAO, og man kan lett bli lurt av statistikk. Sammenhenger kan forekomme hvor det egentlig er rene tilfeldigheter som ligger bak (noen må jo vinne i lotto). Likevel er det et vell av mekanistiske årsakssammenhenger som kan tenkes, og kan sannsynliggjøre at sammenhengen er reell. Statistisk er det kanskje ett av en million torskeegg som utvikler seg til larve og videre overlever til å kunne bli

**Figur 7.3.3**

Samsvaret mellom 0-gruppeindeks (heltrukket linje) og en multipel regresjonsmodell (stiplet linje) for perioden 1978-2002 basert på gytebestanden og NAO-vinterindeksen to år tidligere. Modellen forklarer 68 % av variabiliteten i 0-gruppeindeksen.

The relationship between the 0-group index (solid line) and a multiple regression model (dashed line) for the period 1978-2002, based on the spawning stock biomass and the NAO winter index two years ahead. The model describes 68 % of the variability in the 0-group index.

en ny gytemoden torsk. Derfor kan selv små variasjoner i livsvilkårene underveis slå drastisk ut på antallet som lever opp. Vi skal her spekulere litt i noen av dem.

NAO er en storstilt og omfattende prosess som virker inn på mange ulike deler av torskens økosystem og på koblinger i hele næringskjeden. NAO er drivende for innstrømning av varmt vann til Barentshavet sørfra, og påvirker dermed temperaturen ikke bare for torsken, men også for torskens føde. En to års forskyving til gyting kan virke gjennom en forsinkelse i næringskjeden. Det er tidligere vist en sammenheng mellom NAO og overvintring av dyreplankton i Norskehavet (yngre stadier av disse dyreplanktonene er den viktigste føden for torskelarvene). Dette gir en økt sannsynlighet for god fødetilgang om våren. Videre kan en tenke seg at denne maten tar to veier. Først at ett år med en god produksjon av dyreplankton øker sannsynligheten for at antall dyreplankton er brukbart også året etter. For det annet at dyreplanktonproduksjonen det første året går inn i fødekjeden til gytebestanden av torsk, noe som gir den bedre kondisjon, og dermed bedre egg- og larvekvalitet. Den nye generasjonen torsk får en bedre startpakke og dermed større sjanse for overlevelse det første året.

Det såkalte Islandslavtrykket har ikke en konstant geografisk posisjon. I middel har vintersenteret ligget mye lenger øst de siste 20-30 årene enn tiårsperiodene før. Samme NAO-indeks vil dermed representere et annet vindfelt før og etter forflytningen av lavtrykkssenteret. Dette kan, i hvert fall delvis, forklare den tettere sammenhengen mellom NAO og de fysiske forholdene inne i Barentshavet den siste perioden.

Aldersstrukturen i torskens gytebestand har også endret seg. Tidligere var det få torsk med alder 5-7 år som var kjønnsmodne, og gytebestanden var preget av eldre fisk. Fra tidlig på 80-tallet har det vært et stort innslag av yngre gytere (7-åringer og yngre) og svært få virkelig gamle. Yngre gytere har færre egg og en dårligere eggkvalitet. Samtidig er det færre årsklasser som gyter. Det betyr at gytingen i dag foregår over en mye kortere periode enn tidligere da mange årsklasser var med i gytebestanden.

En teori for denne endringen er at klimaet virket sterkest på larve-/ungfiskstadiet, samt at en fiskebestand er mer sårbar for klimavariasjon når den er på et lavt nivå. En forskyvning mot flere unge gytere kan således gi rom for en økt respons på klimavariasjon, noe som kan bidra til å forklare den økte sammenhengen mellom NAO-indeksen og torskerekutteringen etter 1980.

Modeller har den fordel at vi kan endre klimadataene som vi selv vil, og dermed undersøke hvordan dette slår ut på torskerekutteringen. Hvis man tenker seg at NAO-indeksen hadde vært noe større eller mindre det siste året, kan vi se hvor mye dette betyr for torskerekutteringen. En økning i NAO-indeksen på 1 gir 15 % økning av torskerekutteringen. Motsatt har en at en reduksjon av NAO-indeksen med 1 gir 23 % lavere torskerekuttering. Dette gir en pekepinn på hvor sårbar torskerekutteringen er for klimavariasjoner.

Konklusjon

Det er vitenskapelig akseptert at det som skjer i løpet av det første halve året etter gytingen, er avgjørende for hvor stor del av torskens årskull som lever opp og flere år seinere går inn i den fiskbare bestanden. Det er som oftest også gjennom dette første halve året at klimaforskjeller er av størst betydning. Ut ifra dette og det vi har skissert ovenfor, er det mulig å trekke konklusjonen at den observerte forskyvningen mot en gytebestand bestående av færre og yngre aldersgrupper i middel har økt følsomheten for klimavariasjoner. Dette regner vi med langt på vei forklarer den økte sammenhengen mellom NAO-indeksen og torskerekutteringen etter ca. 1980.

Summary

The relationship between the North Atlantic Oscillation (NAO) and recruitment of North East Arctic cod is discussed. There has been a strong correlation between the NAO winter index and both 0-group index and the number of 3-year-old cod the last 20 years which was not found earlier. This relation, together with a change in the age structure in spawning stock towards younger fish, lead to the assumption that there is a stronger sensitivity of climate variations on the cod recruitment after about 1980.

Naturlig eggdødelighet og dårlig miljøtilpasning på larvestadiet – svakheter hos den minste gytefisk

Per Solemdal, Merete Fonn, Magnus Johannessen, Knut Korsbrekke og Are Salthaug, Havforskningsinstituttet
Valeri Makhotin, Institute of Ichthyology, Moskva statsuniversitet

Overbeskattede fiskebestander har ofte et økende innslag av den minste fisken, førstegangsgyteren. Det gjennomføres i dag omfattende studier av reproduksjonen for å vurdere den effektive reproduksjonskapasiteten når både størrelsen på gytebestanden og alderssammensetningen endrer seg. Det viser seg at det er hos den minste fisken at eggantall og naturlig eggdødelighet har de største negative utslagene.

Når det gjelder rekrutteringspåvirkning fra miljøet, spesielt de årlige temperaturvariasjonene, viser det seg at de minste fiskene også på dette felt er mer utsatt enn den eldre del av populasjonen. Resultatene tyder altså på at den minste fisken har en vesentlig dårligere reproduksjonsevne enn større fisk.

Den naturlige eggdødeligheten

Den stadig mer omfattende nedfisking av mange bestander har ført til mer detaljerte studier av fiskens forplantning. Disse studiene er dels kvantitative, bl.a. beregninger av antall egg hos enkeltfisk for å finne det totale eggantallet i hele gytepopulasjonen, og dels kvalitative. Disse studiene tar bl.a. sikte på å studere den naturlige eggdødelighet hos gytefisk av forskjellig alder og størrelse. Den naturlige eggdødeligheten er et resultat av morfiskens egenskaper, ofte kalt maternaleffekten (av mater = mor). Andre typer eggdødelighet skyldes effekter av det ytre miljø som predasjon, forurensning og ekstreme fysiske forhold. Ved å undersøke de kvalitative og kvantitative effekter som reduserer den levende eggmengden, blir det mulig å bestemme den reelle reproduksjonskapasiteten i gytepopulasjonen. Slik kunnskap får større betydning når gytebestanden er liten, og innslaget av små individer, førstegangsgytere, er svært stor. I slike situasjoner blir eggmengden liten i forhold til vekten av gytebestanden, og effekten av den naturlige eggdødeligheten større. Vi vil i denne artikkelen konsentrere oss om den naturlige eggdødeligheten og miljøforholdene som de tidligste stadiene av førstegangsgyterne utsettes for.

Arbeid i Havforskningsinstituttets laboratorium og om bord i "G.O. Sars"

Den enkleste metoden for å studere naturlig eggdødelighet er laboratorieforsøk med fisk som holdes i fangenskap over flere år, og som undersøkes i gyteperioden. Det har vist seg at resultatene fra slike undersøkelser ofte er beheftet med

feil, siden forsøksfisken lever under kunstige forhold og dermed ikke alltid er "lykkelige". Selv om resultatene av laboratoriestudier på naturlig eggdødelighet viser seg å være en faktor det bør tas hensyn til i forvaltningen, spesielt når gytebestanden er liten, vil det bli stilt spørsmål ved resultater som stammer fra laboratorieforsøk.

En metode for å beregne den naturlige eggdødeligheten hos store og små gytere, som kan gjennomføres under naturlige forhold, må føre til at resultatene må vurderes mer seriøst av forvalterne.

Laboratorieundersøkelsene ble utført i forbindelse med en større studie av skreiens reproduksjon i Havforskningsinstituttets store forsøkskank på 200 kubikkmeter (rundtanken), for anledningen delt i ti gytebassenger med ett torskepar i hvert basseng. I prosjektet jobber bl.a. Olav Sigurd Kjesbu, Anders Thorsen og Merete Fonn. Fra Moskva statsuniversitet ble embryologen Valeri Makhotin engasjert, og foretok vurderingen av alle dødelige feilutviklinger gjennom hele eggutviklingen frem til tidspunktet like etter klekking.

Studiene i laboratoriet ble utført i gytesesongene 1997 og 1998. De samme individene ble brukt i begge gytesesongene. Feltstudiene er utført fra forskningsfartøy under Havforskningsinstituttets tokt i Lofoten i årene 2000-2002.

Materialet i laboratoriestudiene ble samlet med håv i gytebassengene i rundtanken. Torsken er en porsjonsgyter som gyter opptil 20 ganger per sesong, normalt med svært jevne mellomrom, ca. 2 døgn. Eggene stiger mot overflaten og skimmes av med en håv.

Om bord i forskningsfartøyet ble eggene tatt i vertikale håvtrekk. Her var det nødvendig å sortere eggene fra planktonprøven og bruke egg i samme tidlige stadier som fra rundtanken. Selve målingen av den naturlige eggdødeligheten foregikk etter samme metode både i laboratoriet og om bord i forskningsfartøyet.

Torskeegg i tidlige stadier, de såkalte kløving- eller blastulastadier, ble lagt ned i et plast-"egg Brett". Hver fordypning inneholdt 2 ml autoklavert sjøvann fortennet til 70 %, og ett torskeegg i hver fordypning. Figur 7.4.1 viser egg i forskjellig utviklingsgrad som alle har en dødelig abnorm utvikling.

Den største dødeligheten forekommer på larvestadiet like etter klekking, se Figur 7.4.2. Plommesekken sprekker og larven dør etter kort tid.

Det viste seg at alle typer feilutviklinger forekom både i laboratorie- og feltmaterialet.

Torsk i fangenskap og under naturlige forhold

Torsken til forsøkene i laboratoriet kom fra Bjørnøya, og feltmaterialet ble samlet inn over torskens gytefelt under toktet i Lofoten-Vesterålen-Røst-området.

Laboratoriefisken ble holdt i et av instituttets utekar og føret på en slik måte at kondisjonen, forholdet mellom lengde og vekt, ikke forandret seg nevneverdig fra 1997 til 1998. Det var viktig å ikke bringe inn flere variabler i forsøket: vi ønsket å se effekten på naturlig eggdødelighet som et resultat av fiskens vekst (fra første- til annengangsgyter).

Som tidligere nevnt var vi klar over at oppholdet i fangenskap kunne føre til "ulykkelighet" hos forsøksfisken, spesielt hos hunnfisken. Dette gjelder særlig under gytingen, med ett torskepar i hvert basseng. Hunnfiskens allmenntilstand under gytingen ble fulgt spesielt nøye. Særlig to karakterer, gyterytmene og prosenten av ubefruktede egg, ble undersøkt kontinuerlig. Med så lite antall forsøksfisk er dette avgjørende. Torsken gyter normalt eggporsjonene med stor regel-

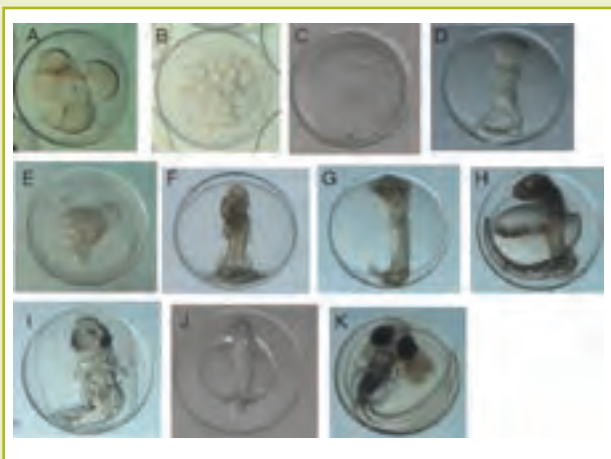
messighet, men enkelte fisk viser varierende grad av uregelmessig gyting. Figur 7.4.3 viser ubefruktede egg, som %, i de to gytesesongene, der fisk nummer 5, 7 og 8 har klart høyest frekvens. Gyterytmene hos de samme fiskene viser den samme tendensen med tydelig større uregelmessighet hos de samme tre fiskene, Figur 7.4.4.

Det viste seg at disse tre torskene hadde så avvikende reproduksjonsforhold at resultatene ikke ble tatt med i den endelige analysen.

En sammenligning av resultatene fra laboratoriet og feltforsøk

Resultatene fra laboratoriestudiene, som % eggdødelighet, inkluderer også de tre fiskene som er utelatt i vurderingen, Figur 7.4.5. Det viste seg generelt at fiskene også hadde høyere frekvens av ubefruktede egg og mer uregelmessig gyterytmene i den andre gytesesongen, 1998. Dette tyder på at tilstanden hos gytefisken blir dårligere i langtidsforsøk. Likevel har fiskene fra 1998 en naturlig eggdødelighet som er signifikant lavere enn førstegangsgytere i 1997, men reduksjonen er varierende. I gjennomsnitt synker den naturlige eggdødelighet fra 55 til 37 % fra 1997 til 1998, noe som er statistisk forskjellig.

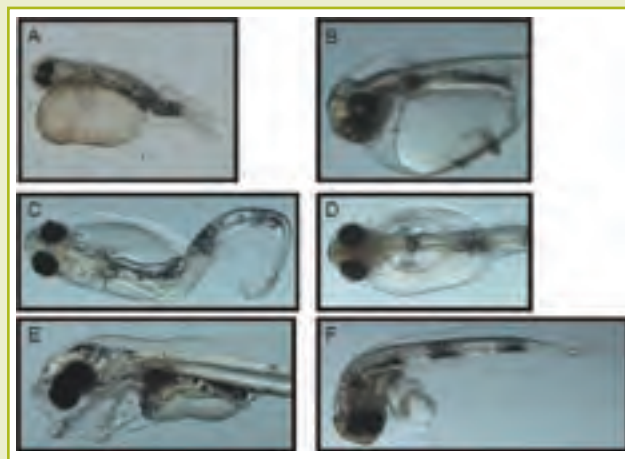
Vertikale håvtrekk ble tatt på hele toktet i området Vesterålen, Røstbanken, Røst og i Vestfjorden, i samme rekkefølge



Figur 7.4.1

A-K. Dødelige feilutviklinger i torskeegg fra forskjellige utviklingsstadier.

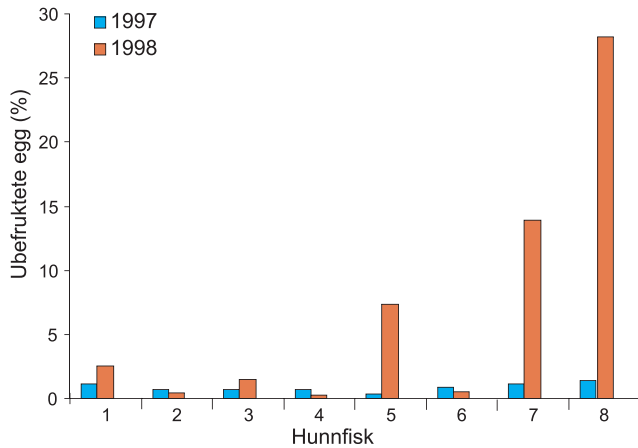
A-K. Lethal malformations in cod eggs from different stages of development.



Figur 7.4.2

A-F. Dødelige feilutviklinger på torskelarver like etter klekking.

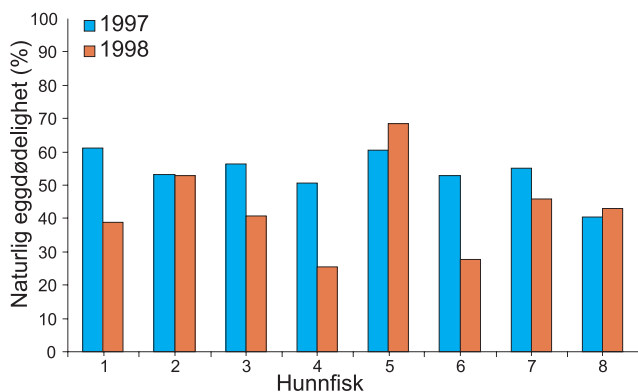
A-F. Lethal malformations in cod larvae at hatching.



Figur 7.4.3
 Ubefruktede egg (%) fra 8 forsøksfisk, laboratorieforsøk, 1997 og 1998.
 Unfertilized egg (%) from 8 cod, laboratory experiment, 1997 and 1998.

Hunnfisk	Ar	Eggporsjoner, nr.																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	1997	0	1	3	1	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	4					
	1998	0	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2						
2	1997	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2				
	1998	0	2	1	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	1	2	2		
3	1997	0	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2							
	1998	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2						
4	1997	0	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2								
	1998	0	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
5	1997	0	2	2	3	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2						
	1998	0	2	4	2	1	6	5	2	2											
6	1997	0	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
	1998	0	2	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1
7	1997	0	4	2	2	3	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	3	2	
	1998	0	3	2	2	1	4	4	6	4	2	5	2	5							
8	1997	0	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	5				
	1998	0	1	2	2	2	2	2	1	2	2	1	10	5	3	2					

Figur 7.4.4
 Gyterytme (antall dager mellom eggporsjonene) hos de samme 8 forsøksfisk, 1997 og 1998.
 Spawning rhythm (number of days between egg batches) from the same 8 cod, laboratory experiment, 1997 and 1998.



Figur 7.4.5
 Den naturlige eggdødeligheten (%) hos 8 forsøksfisk, laboratorieforsøk, 1997 og 1998.
 Natural egg mortality (%) from the same 8 cod, laboratory experiments, 1997 and 1998.

og omtrent i samme periode hvert år. Det ble lagt inn egg i "eggskene" fra håvtrekk som er representative for de forskjellige områdene. Samtidig ble det trålt under hele toktet og samlet inn et stort biologisk materiale av torsk. Dette materialet ble fortløpende undersøkt på de vanlige vekstparametere. Vi var i første omgang mest interessert i alder og gytesoner. Vi kunne dermed danne oss et bilde av alders-/størrelsessammensetningen i gytepopulasjonen, spesielt frekvensen av førstegangsgytere i de forskjellige områdene, samtidig som resultatene fra forsøkene med naturlig eggdødelighet forelå. Arbeidet om bord er et godt eksempel på et balansert samarbeid mellom Senter for marine ressurser og Senter for marint miljø, og det har fortsatt på land senere. Prosjektet er et reelt og nødvendig bidrag i byggingen av en funksjonell økosystemforvaltning, i all beskjedenhet!

Prosent naturlig eggdødelighet i de ulike områdene i 2000 og 2001 er plottet mot frekvensen av førstegangsgytere (Figur 7.4.6). Det fremgår tydelig at den naturlige eggdødeligheten er høyest i Vesterålen, der forekomsten av førstegangsgytere er vesentlig høyere enn i de andre områdene. Frekvensen av naturlig døde egg er vesentlig lavere i de to andre områdene, Røstbanken og Vestfjorden. Her er også innslaget av førstegangsgytere lavere.

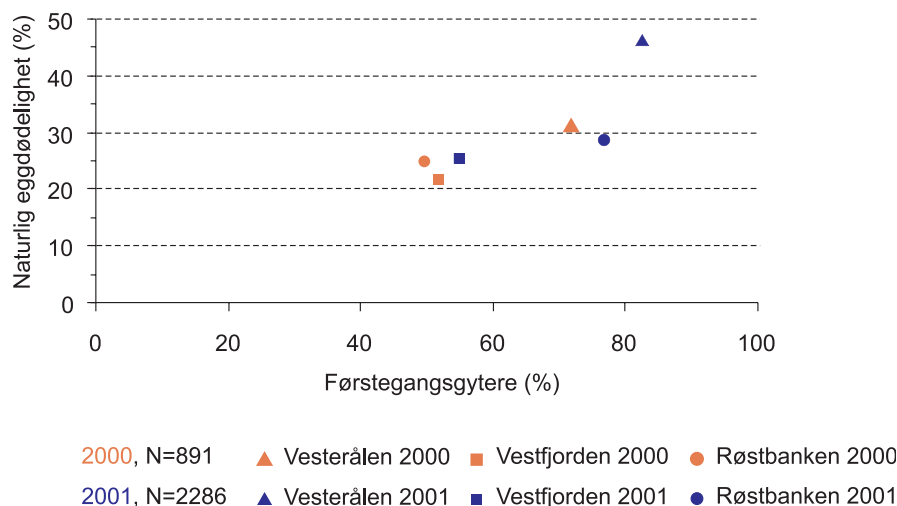
Denne undersøkelsen viser altså den samme tendensen som laboriestudiene, og er en klar indikasjon på at de minste fiskene har vesentlig høyere naturlig eggdødelighet enn større fisk, som har gytt flere ganger.

Miljøtilpasning for førstegangsgyterne

Alle som har arbeidet med årsakene til den sterkt varierende årlige rekrutteringen, bl.a. hos torsk, vet at miljøet er den avgjørende faktor i det ytterst kompliserte spillet som fører til årsklasseresultatet:

"Det vil av det foregaaende være klart, at studiet av de forhold, som betinger aarsklassernes talrikhet, kun kan naa sit maal, om der legges en meget omfattende plan for disse undersøkelser. I virkeligheten vil saadanne undersøkelser aldrig helt naa sit maal, de vil stadig føre videre og videre til nye spørsmal, fordi fordringerne til en stadig klarere forståelse vil vokse med de opnaatte resultater, og fordi det alltid vil kunne vindes dypere forståelse av organismernes livsbetingelser." (Hjort 1914, s. 243).

Av rekrutteringsmekanismer kan bl.a. nevnes predasjon, næringsforhold, mens de fysiske forhold, spesielt temperaturen, ligger under og styrer det meste. Disse mekanismene må i dag sies å være utenfor påvirkning av menneskelig aktivitet. Men både naturlige og menneskeskapt klimaendringer vil kunne få meget stor betydning når det gjelder rekrutteringen. Det viser de årlige temperatursvingningene i nordlige strøk, for eksempel Lofoten, etter omfattende undersøkelser i 70- og 80-årene. Det ble påvist en klar positiv sammenheng mellom temperatur og rekruttering.

**Figur 7.4.6**

Den naturlige eggdødeligheten (%) hos egg fra vertikale håvtrekk, mot frekvensen av førstegangsgytere (%) i Vesterålen, Røstbanken og Vestfjorden, 2000 og 2001.

Natural egg mortality (%) in eggs sampled in vertical nets in relation to frequency of first time spawners (%) in the areas Vesterålen, Røstbanken and the Vestfjord 2000 and 2001.

Alle rekrutteringsmekanismene påvirkes av disse temperaturvariasjonene. Det gjelder også selve gytebestanden som rekrutteringsmekanisme i varierende grad, avhengig av sin alders-/størrelsessammensetning. Den minste gytefisken har i tillegg til den større naturlige eggdødeligheten vi har omtalt tidligere, også spesielle problemer når det gjelder tilpasningen til gyteperiode/næringsforhold enn den eldre fisken.

Figur 7.4.7 gir et inntrykk av hvordan ekstreme temperaturer og dominans av førstegangsgytere/småfisk i gytebestanden demonstrerer et nytt svakhetstegn hos denne delen av gytebestanden. Figuren er basert på følgende fakta:

1. Små fisk gyter senere enn store, og har kortere gyteperiode.
2. Små fisk har mindre egg og mindre larver enn store fisk.
3. Mellom ekstremt kalde og varme år er tidsforskjellen i produksjonen av raudåtenauplier, torskelarvens viktigste næringsorganisme, ca. seks uker.

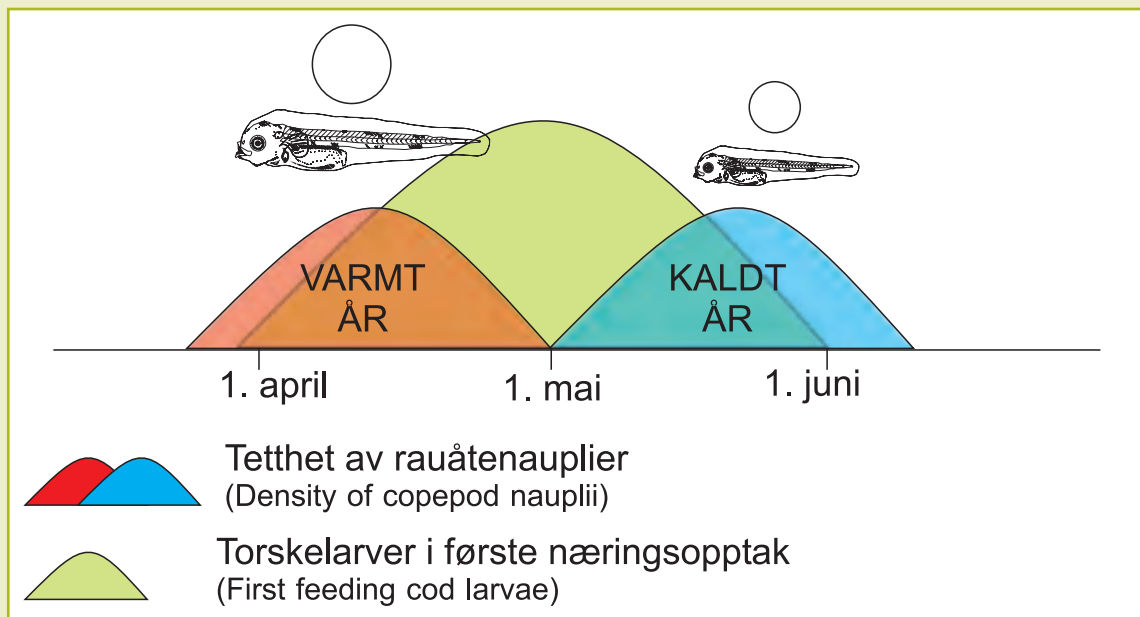
I vårt eksempel består gytebestanden hovedsakelig av småfisk, førstegangsgytere. Vi får en sen gyting enten det er et kaldt eller varmt år. Gyteforløpet foregår i det temperaturstabile atlantehavsvannet, og endres dermed ikke vesentlig av temperaturen. Egg- og larvestadiene, derimot, befinner seg i det temperaturvariable øvre laget, kystvannet, og vil påvirkes av de årlige temperaturvariasjoner.

Næringsssituasjonen vil også være forsinket i ekstremt kalde år pga. temperaturforholdene i kystvannet, se Figur 7.4.7, og tidsperioden skulle være brukbar for hovedmengden av larvene. Men lange tidsserier viser at rekruttering aldri gir sterke årsklasser i ekstremt kalde år. Dette tyder på at små larver gytt av små fisk er mindre levedyktige. Dette er også vist i studier av larver under kontrollerte forhold, i bassenger eller laboratorieforsøk.

I varme år er det de største fiskene som produserer de største eggene. Disse klekker tidlig og gir opphav til de største larvene som får de beste næringsforholdene, og vil derfor kunne gi en brukbar årsklasse selv om innslaget av eldre fisk bare utgjør en del av gytebestanden. De små larvene, derimot, som utgjør hovedmengden i vårt eksempel, vil under gunstige temperaturforhold ha dårlige ernæringsforhold, se Figur 7.4.7.

Som tidligere nevnt er det et uhyre komplisert og varierende samspill som fører til tallrikheten av en årsklasse. En idémodell som vist her setter noen biologiske og fysiske faktorer sammen på en logisk måte. Temperaturforholdene er ekstreme for å indikere mekanismen. Effekten vil "jevne" seg ut under mer gjennomsnittlige temperaturforhold.

Modellen er bare ment å gi et eksempel på hvordan gytebestanden selv blir en faktor i rekrutteringen. Den sier naturligvis ikke hvor betydningsfull denne mekanismen er i forhold til andre prosesser. Men modellen indikerer at de



Figur 7.4.7

Temperaturavhengig samspill mellom produksjonen av naupliier (raudåteyngel, torskelarvens viktigste næring i startfasen) og størrelsen på de torskelarvene som får det beste mattilbudet.

Model showing the temperature dependent peak of production of nauplii and the size of cod larvae in the first feeding period.

minste gyterne, sammenlignet med større fisk, har et problem i tillegg til den større naturlige eggdødeligheten, som vi kan kalle dårlig miljøtilpassning for de tidlige larvestadiene.

Den minste gytefisken – både biologisk svak og miljømessig utilpass

Konklusjonen må bli at den minste fisken, førstegangsgyteren, viser tydelige svakhetstegn sammenlignet med flergangsgytere på to områder som er uavhengige av hverandre:

1. Den naturlige eggdødeligheten er vesentlig større.
2. Reproduksjonen er mer følsom for endringer i temperatur og gyteperiode.

Vi som har arbeidet med faktorer som påvirker årsklasse-tallrikheten bør ha en ydmyk holdning når det gjelder synet på rekrutteringsmekanismenes innbyrdes betydning og dynamikk. Det må være tillatt å si at de svakheter den minste fisken viser når det gjelder reproduksjon, må være av betydning for gytebestanden som rekrutteringsmekanisme. Dette er til en stor grad en menneskeskapt situasjon som forvalterne skal være klar over. Effekten av denne reduserte reproduksjonsevnen hos den minste gytefisken er vanskelig å angi eksakt. Men det må være riktig å si at med studier av

denne typen, i tillegg til de kvantitative reproduksjonsstudier, vil det bli mulig å angi effekten av store endringer i gytebestandens sammensetning på reproduksjonskapasiteten og dermed betydningen som rekrutteringsmekanisme.

Tidligere studier som tok sikte på å vurdere sammenhengen mellom størrelsen på gytebestanden og rekrutteringen, viste positiv sammenheng først når bestanden er meget liten. Miljøforholdene er blitt gitt hele "æren" for årsklassevariasjonen, mens gytebestanden er på defensiven som rekrutteringsmekanisme. De pågående reproduksjonsstudier, både de kvantitative og de kvalitative, vil kanskje føre til større respekt for gytepopulasjonen.

Summary

Natural egg mortality from Arcto-Norwegian cod has been studied both in the laboratory and under field conditions. The term natural egg mortality is here described as lethal malformations during egg development, as a maternal factor, excluding predation, pollution, extreme physical factors etc.

The results from both methods demonstrated a significant reduction in the frequency of natural egg mortality from small first time spawners to larger, multiple spawners. Dur-

ing periods of high frequency of small spawners, like the present state of the Arcto-Norwegian cod stock, this factor will influence on the reproductive capacity.

In addition, due to later spawning and smaller larvae at hatching from the smallest spawners, a suboptimal synchronization to the first feeding conditions are supposed to occur. This mechanism is strongly temperature dependent,

described as an environment dysfunction.

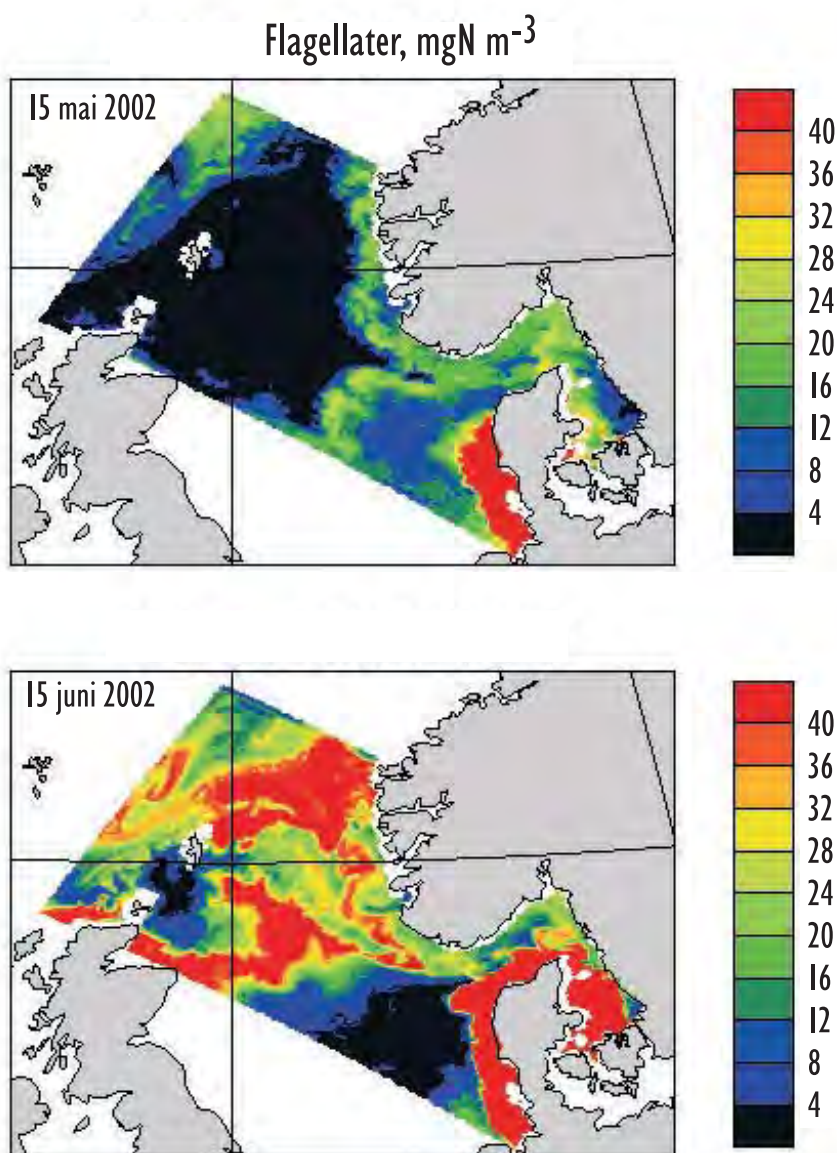
To conclude, both the higher natural egg mortality and the reduced larval feeding opportunities from the smallest spawners will reduce the reproductive capacity. Especially during periods of very high frequency of small first time spawners, resulting either from natural fluctuations or heavy fishing pressure.

Morten D. Skogen

Havforskningsinstituttet og Meteorologisk institutt samarbeider om å produsere daglige 5-dagersvarsler av strømforhold, temperatur, næringsalter og alger for Nordsjøen og Skagerrak med det numeriske modellverktøyet NORWECOM. Slike varsler kan være nyttige i situasjoner med oppblomstringer av skadelige alger, noe som skjer fra år til annet (f.eks. oppblomstringen av *Chattonella*-algen i 1998, 2000 og 2001).

Oppblomstringen av planteplankton er grunnlaget for alt liv i havet. Dette havets *gress*, er igjen mat for dyreplankton, som blir spist av fisk. Algeoppblomstringer er derfor en helt naturlig del av næringskjeden i havet, og nødvendig for at vi selv skal kunne høste av det.

De siste årene har det vært mye negativ fokusering på oppblomstringen av marine alger og konsekvensene av



Figur 7.5.1

Modellert konsentrasjon av flagellater i overflaten 15. mai og 15. juni 2002.
Modelled concentration of flagellates at the surface, 15 May and 15 June 2002.

disse. Dette har ikke minst vært forårsaket av gjentatte oppblomstringer av algen *Chattonella* i Skagerrak (se *Havets miljø 2002*), en alge som inntil for få år siden var ukjent i våre havområder og som man antar er brakt hit med ballastvann. *Chattonella*-algen har tatt livet av store mengder oppdrettsfisk langs sørlandskysten, noe som har hatt store økonomiske konsekvenser for havbruksnæringen i dette området.

I forbindelse med oppblomstringen av *Chattonella*-algen i 1998, 2000 og 2001 tok Havforskningsinstituttet i samarbeid med Det Norske Meteorologiske Institutt (DNMI) i bruk den biofysiske havmodellen NORWECOM til å varsle spredningen og det videre forløpet av algeoppblomstringene. Med utgangspunkt i den observerte fordelingen av den skadelige algen fra målinger og satellittbilder samt et meteorologisk langtidsvarsel, ga modellen en prognose for algenes videre skjebne. Dette var et nyttig hjelpemiddel for forvaltningen til å anbefale tiltak for om mulig å begrense skadene for oppdrettsnæringen.

Operasjonell algevarsling

Disse oppblomstringene har synliggjort behovet for å ha et operasjonelt modellverktøy. En slik modell vil til enhver tid kunne gi et oppdatert bilde av dagens algefordeling samt et varsel for de neste dagene. En første versjon av et slikt algevarslingsverktøy er satt i drift som en del av et større prosjekt, NO COMMENTS (NORdic COMmunity Model for ENvironmental Tasks in the Seas). Prosjektet, som startet opp i 1999 og ble avsluttet i 2002, ble finansiert av Nordisk Ministerråd. NO COMMENTS ble koordinert av Havforskningsinstituttet og involverte til sammen åtte institusjoner i Norge, Sverige, Danmark og Finland. Prosjektets hovedmål var å utvikle et operasjonelt modellverktøy for miljøforvaltning og planlegging i Øster-

sjøen og Nordsjøen. Det viktigste resultatet fra prosjektet har vært et koblet modellsystem for Nordsjøen, Skagerrak og Østersjøen. Dette modellsystemet består av to modeller, en vestlig for Nordsjøen og Skagerrak, og en østlig for Østersjøen. Modellene gir nåsituasjon og 5-dagersprognoser for strømforholdene, temperaturen, næringssalter og alger i de aktuelle havområdene. Modellen for Nordsjøen og Skagerrak er basert på modellen NORWECOM som er utviklet ved Havforskningsinstituttet, mens det er DNMI som har ansvaret for den operasjonelle biten. Den tilsvarende modellen for Østersjøen, HIROMB-SCOB, blir kjørt ved Svensk Meteorologisk og Hydrologisk Institutt (SMHI). De to modellene utveksler randverdier daglig, og kjører dermed som ett modellsystem via Internett, selv om de to modellene fysisk opereres fra to ulike institutter.

Dagens algefordeling og 5-dagersprognosen er tilgjengelig på <http://www.imr.no/~morten/nocomments> under *products*. Eksempler på resultater er geografisk fordeling av flagellater som vist for to situasjoner i Figur 7.5.1.

Summary

During the last years there have been several blooms of the harmful algae *Chattonella* in the Skagerrak. These blooms have caused fish death in many fish farms in the area. This has motivated a cooperation between the Institute of Marine Research and the Norwegian Meteorological Institute to put the biophysical model NORWECOM in operation as a tool for information on today's distribution and concentration of algae and further development of the bloom. The model is now running operational giving daily maps of currents, temperature, algae and nutrients, and 5 days prognosis of these variables. Daily updated maps are available on <http://www.imr.no/~morten/nocomments> -> *products*.

Roald Sætre

I de senere årene er det blitt stadig klarere at det er nødvendig å utvikle forvaltningsstrategier for våre havområder som tar hensyn til økosystemet som helhet – både de biologiske og de miljømessige forholdene. En nødvendig betingelse for dette er å ha et operativt system for overvåking og regelmessig tilstandsvurdering av havmiljøet. Havforskningsinstituttet var blant de første i verden innen dette området som i dag ofte kalles operasjonell oseanografi, med Jens Eggvin som initiativtaker og aktiv entreprenør.

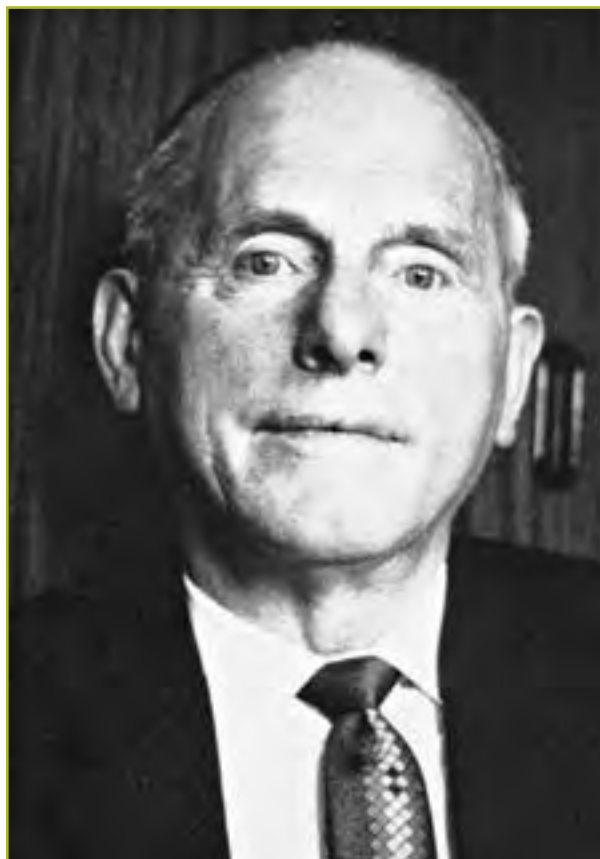
Operasjonell oseanografi

Jens K. Eggvin (1899-1989) ble ansatt på Havforskningsinstituttet i 1931 med ansvar for å bygge opp den fysiske oseanografien knyttet opp mot fiskeriforskning (Figur 7.6.1). Han var uten tvil sterkt inspirert av det klassiske storverket "The Norwegian Sea" som Bjørn Helland-Hansen og Fridtjof Nansen publiserte i 1909. I denne boken, som vel må sies å representere et paradigmesprang i oseanografien, demonstrerer forfatterne hvordan variasjoner i innstrømmingen av atlantisk vann til Norskehavet virker inn både på det atmosfæriske klimaet over Skandinavia og på biologiske variabler som vekst, fordeling og rekruttering hos viktige fiskebestander. De diskuterer også mulighetene for å gi klimavarsler; både for atmosfæren og for havet. Det ser ut for at ideene uttrykt i "The Norwegian Sea" utgjorde grunnlaget for Jens Eggvins videre arbeid ved Havforskningsinstituttet.

Eggvins kongstanke var at de fysiske-oseanografiske undersøkelser ved Havforskningsinstituttet skulle bidra til å forklare vandring og fordelingsmønstre til de viktigste fiskebestandene og danne grunnlaget for prognoser om utviklingen av fiskeriene. Han kalte dette fagfeltet "oseanografisk fiskeriforskning", og internasjonalt ble det senere hetende "Fisheries hydrography" eller "Fisheries oceanography". Eggvin begynte så å bruke begrepet "synoptisk oseanografi" etter mønster fra meteorologien. I dag er uttrykket "operasjonell oseanografi" blitt mer vanlig. Dette omfatter miljøovervåking, tilstandsvurdering og varsling. Enhver rutinemessig datainnsamling fra havet som resulterer i et regelmessig produkt, slik som tilstandsrapporter eller prognoser, er altså å betrakte som operasjonell oseanografi.

Det er naturlig å dele Eggvins aktiviteter innen dette fagfeltet i tre:

- Etableringen av et observasjonssystem tilpasset de fysiske fenomenene man ville studere.
- Å utarbeide årlige tilstandsrapporter for det marine miljøet og om spesielle oseanografiske begivenheter som kunne tenkes å virke inn på fiskeriene. (Den diagnostiske fasen).
- Studere muligheten for å varsle virkningen av miljøendringer og spesielle oseanografiske begivenheter på fiskeriene (Den prognostiske fasen).



Figur 7.6.1

Dr. Jens Eggvin (1899–1989). Leder av Havforskningsinstituttets avdeling for oseanografiske undersøkelser 1931–1969.

Dr. Jens Eggvin (1899–1989). Head of the Department of physical oceanography at the Institute of Marine Research in Bergen 1931–1969.

Observasjonssystemer

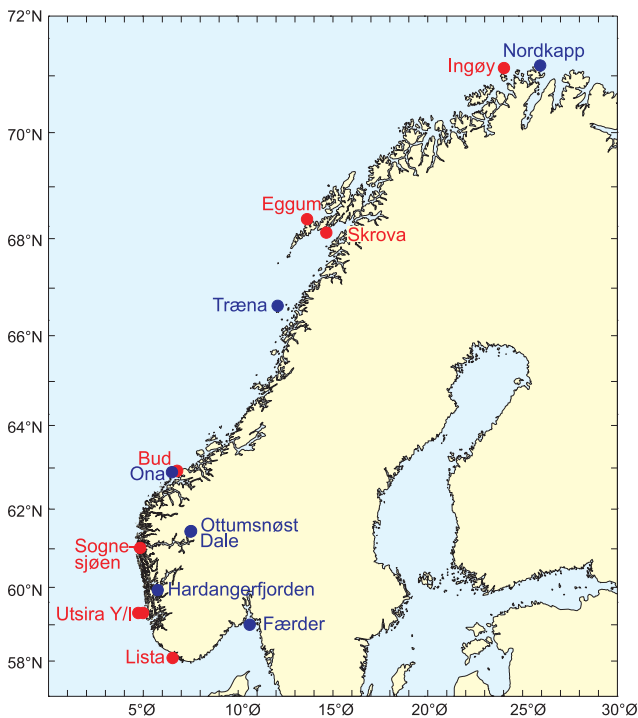
Fra 1935 og utover etablerte Eggvin et nettverk av faste oseanografiske stasjoner langs norskekysten (Figur 7.6.2). På disse stasjonene utførte lokale observatører flere ganger i måneden målinger av temperatur og saltholdighet i hele vannsøylen ned til bunn. De fleste av disse stasjonene er fortsatt i virksomhet. Havforskeren Oscar Sund tok i 1927 initiativet til regelmessig å få målt temperatur og saltholdighet i overflatelaget fra ruteskip på strekningene Stavanger–Rotterdam og Stavanger–Newcastle. I perioden 1935–1955 utvidet Eggvin dette observasjonsnettet betraktelig ved å inkludere en rekke nye skipsruter, både i Nordsjøen, i Nord-Atlanteren og langs norskekysten (Figur 7.6.3). Samtlige av disse skipsrutene ble utstyrt med sjøtermograf som kontinuerlig registrerer temperaturen i overflatelaget langs skipets kurs.

Tilstandsrapportering

Oseanografiske undersøkelser var en integrert del av Havforskningsinstituttets årlige undersøkelser i forbindelse med sesongfiskeriene etter torsk og sild. Eggvin begynte allerede tidlig på trettitallet å utarbeide årlige tilstandsrapporter over de fysiske forholdene på de viktigste fiskefeltene og fortsatte

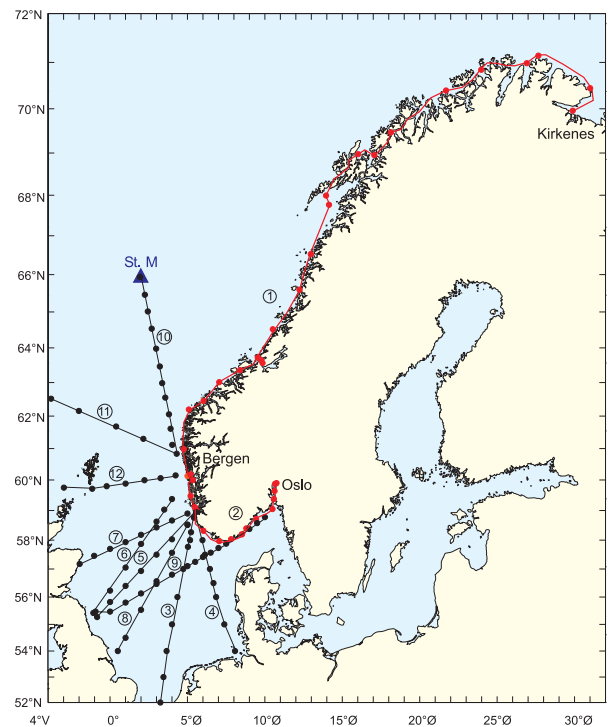
med dette inntil han ble pensjonert i 1969. I disse rapportene forsøker han å utforske hvordan de fysiske-oseanografiske forholdene virker inn på fordeling og tilgjengelighet av fisk.

Under det tradisjonelle Lofotfisket etter gyttetorsk hadde man tidlig blitt klar over en tilsynelatende sammenheng mellom fiskefordeling og temperatur. Torsken synes å foretrekke å være i det såkalte "overgangslaget" mellom det øvre og kalde kystvannet, og det varmere vannet av atlantisk opprinnelse hvor temperaturen lå mellom 4 og 6 °C. Både dybden og tykkelsen av overgangslaget kunne variere mye fra et år til et annet, og Figur 7.6.4 viser hvorledes dette virker inn på fiskeriene. Stort sett vil overgangslaget ligge dypt hvis høst og vinter er tørt og kaldt, og grunt i milde og våte sesonger. Varsler over beliggenheten til overgangslaget ville ha stor betydning for fiskerne fordi dette ville fortelle dem hvor dypt og hvor langt fra land torsken kunne finnes.



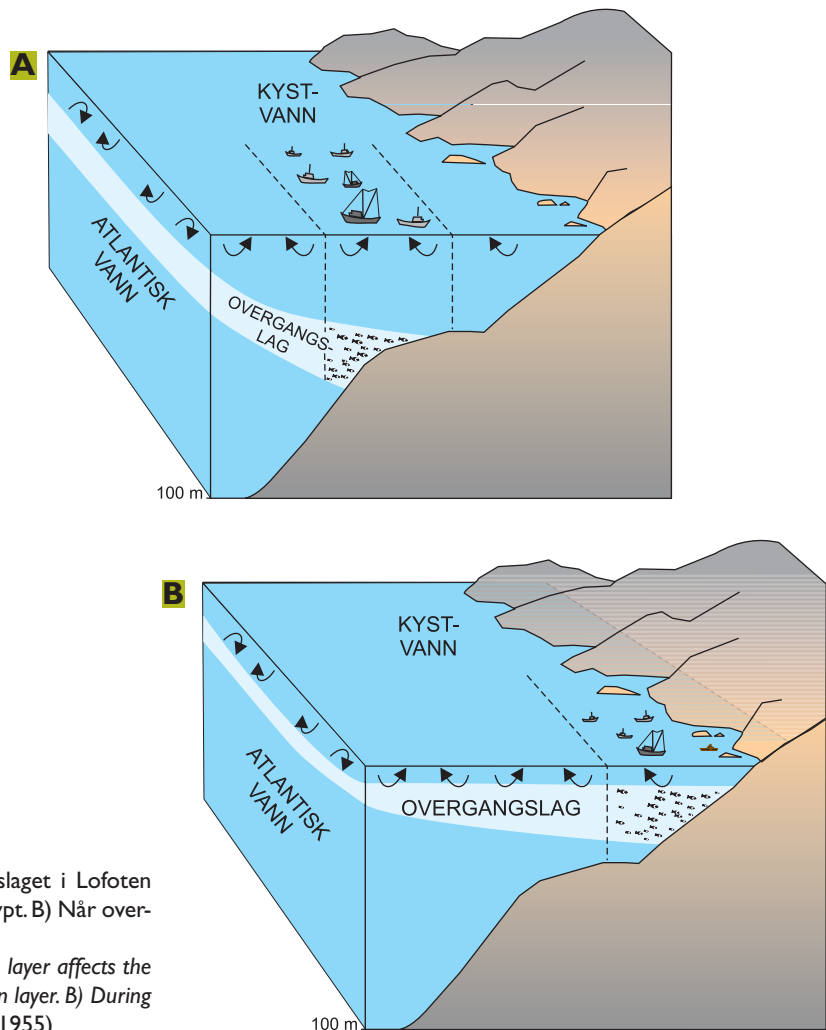
Figur 7.6.2

Lokaliseringen av de faste oseanografiske stasjonene langs norskekysten. Rød: Stasjoner som er operasjonelle. Blå: Nedlagte stasjoner. Location of the fixed hydrographic coastal stations. Red: Stations still in operation. Blue: Terminated stations.



Figur 7.6.3

Nettverket av norske overflateobservasjoner fra ruteskip. The Norwegian lines of surface observations by Ships of opportunity (SOO).



Figur 7.6.4

Skisse som viser hvorledes dybden av overgangslaget i Lofoten virker inn på fisket. A) Når overgangslaget ligger dypt. B) Når overgangslaget ligger grunt.

Conceptual picture of how the depth of the transition layer affects the fishery in the Lofoten area. A) During a deep transition layer. B) During a shallow transition layer. (Modified after Sverdrup, 1955)

Tidlig på våren er det et fiske etter umoden torsk som følger loddra inn til gytefeltet på Finnmarkskysten. Dette fisket foregår vanligvis i vann med en temperatur på 3 °C eller kaldere. Dette er en konsekvens av at loddas gytevandring i stor grad er styrt av temperaturen. Avhengig av hvorvidt det har vært stor eller liten innstrømning av varmt atlantisk vann til Barentshavet, vil 3 °C-isoterme kunne befinne seg langt øst på Kolakysten eller utenfor Vest-Finnmark, med tilsvarende variasjon i fiskeområde (Figur 7.6.5). For mindre båter med begrenset aksjonsradius, var slike variasjoner av stor betydning og bestemmende for gevinst eller tap i fiskeriet.

Eggvin beskriver også hvorledes ekstremt kalde vintre kan virke inn på fiskeressursene. Vinteren 1937 skjedde det et frembrudd av kaldt vann fra Skagerrak nordover på Vestlandskysten. Blokkeringer og plutselige frembrudd i utstrømningen fra Skagerrak er først og fremst styrt av vindforholdene. Når de kalde vannmassene strømmet inn over fiskefeltene for sild utenfor Vestlandskysten, forsvant silda til dypere vann. Det kalde vannet var også et problem for brønnbåtene som fraktet levende fisk langs kysten. I 1940-årene hadde vi flere meget kalde vintre, og Eggvin

har beskrevet hvorledes dette førte til fornying av bunn- og dypvann både på sokkelen, i fjordene og i Norskerenna. Det synes som slike store fysiske endringer hadde en klar effekt på fiskeriene som for eksempel på småsildfisket og på dybden av overgangslaget i Lofoten.

Varsler

Eggvins store visjon var å bli i stand til å gi varsler for utviklingen av fiskeriene og spesielt for utbredelse og fordeling av fisken. Hans første forsøk på slik varsling var under vårtorskfisket på Finnmarkskysten. Hypotesen hans var at fordelingen av fisk var avhengig av temperaturforholdene i overgangssonen mellom atlantisk vann og vann av arktisk opprinnelse utenfor Finnmarkskysten. Senere observasjoner synes å bekrefte dette. Observasjoner fra tokt og de faste hydrografiske stasjonene høsten 1938 viste en sterk atlantisk innstrømning til Barentshavet langs Finnmarkskysten. Basert på disse observasjonene ga Eggvin ut det første oseanografiske varslet i januar 1939 – to måneder før vårtorske-fisket startet. I dette sier han at under det kommende fisket vil det være nødvendig å gå langt nord og øst for å finne de riktige temperaturene, og at små båter derfor hadde liten sjanse for gode fangster. Dette første varslet slo godt til, og Eggvin

fortsatte å gi ut årlige varsler for utsiktene i dette fiskeriet i mange år fremover.

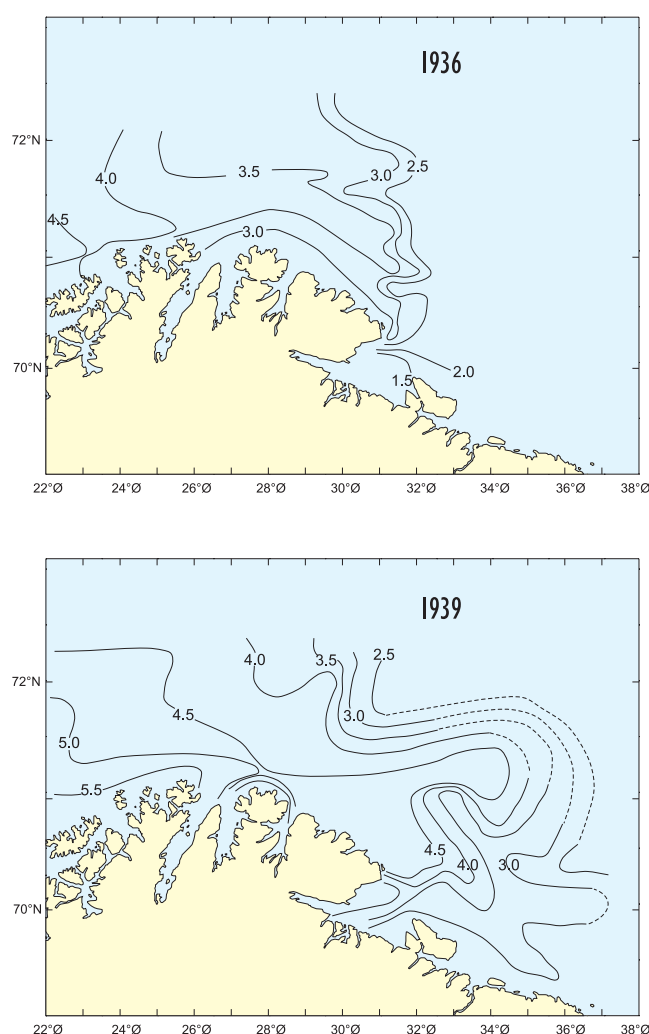
Det andre store fiskeriet med varslingspotensial var Lofotfisket (Figur 7.6.4). Dersom overgangslaget lå grunt, ville fisket være best i de mer beskyttede østlige deler av Lofoten, og derfor mer tilgjengelig for de små og delvis åpne båtene. Under en situasjon med et dypt overgangslag ville derimot fisket hovedsakelig finne sted på dypere vann, lengre fra land og i mer eksponerte farvann. I løpet av høst og tidlig vinter 1938/39 ble det klart at overgangslaget ville ligge grunt, og et varsel for det kommende fisket ble utarbeidet en måned før fisket startet. Varslet slo godt til, og Eggvin fortsatte med å gi en årlig prognose for beliggenheten av overgangslaget under Lofotfisket helt frem til han ble pensjonert i 1969. Det er ikke foretatt en skikkelig kvalitetvurdering av Eggvins varsler for Lofot- og Finnmarkfisket, men de ble satt stor pris på både av fiskerne og av fiskeindustrien.

Vinteren 1963 var uvanlig kald i Nordsjøen-området. Avkjølingen førte til en kald og tung vannmasse som dekket mestedelen av det grunne Nordsjøplatået. Basert på erfaringene fra den kalde vinteren 1947, varslet Eggvin at denne kalde vannmassen sannsynligvis ville strømme ned og erstatte dypvannet i Norskerenna, og at det ville ta relativt lang tid før temperaturforholdene igjen var normale. Også dette varslet slo til, og reduksjonen i temperatur i de dypere lag i Norskerenna hadde også biologiske effekter som på tilgjengeligheten og fordelingen av reker.

Eggvin arbeidet også iherdig internasjonalt, spesielt innen Det internasjonale råd for havforskning (ICES), for å vinne forståelse for viktigheten av det han kalte synoptisk oseanografi. Han tok initiativet til at denne organisasjonen i 1966 gjennomførte det første piloteksperimentet innen det som i dag kalles operasjonell oseanografi. Eksperimentet demonstrerte at det var mulig å utveksle og bearbeide oseanografiske observasjoner raskt, og derved få et tilnærmet sanntidsbilde av havets fysiske tilstand. En slik nå-tilstand vil være et helt nødvendig grunnlag for å kunne varsle fremtidige havtilstander. Dette pilotprosjektet ble ikke etterfulgt av andre internasjonale operasjonelle aktiviteter. Den viktigste årsaken til dette var sannsynligvis mangelen på interesse fra potensielle brukere av de produktene som kom ut fra prosjektet. Utviklingen i de senere årene innen instrumentering, metoder og datateknologi, og ønsket om en mer økologisk tilnærming til fiskeriforvaltningen, åpner nye muligheter for Eggvins visjon. Prosjektet The North Sea Ecological Pilot Project, som nå er under planlegging i regi av ICES, vil forhåpentlig demonstrere dette på en mer overbevisende måte.

Jens Eggvin var klart en pioner innen operasjonell oseanografi. Uheldigvis er mesteparten av hans arbeider innen dette feltet kun publisert på norsk. Han så tidlig nødvendigheten av å etablere observasjonssystemer og å gjennomføre regelmessige og rutinemessige langtidsobservasjoner, selv om slike aktiviteter gav liten vitenskapelig prestisje. Et resultat

av dette er at Norge har noen av de lengste oseanografiske tidsserier i verden. Tidlig i 1930-årene begynte Eggvin å utarbeide årlige statusrapporter over havmiljøet, noe som først i 80- og 90-årene ble allment ansett av internasjonale organisasjoner som viktige oppgaver. Utviklingen av større og bedre fiskebåter og nye fiskemetoder reduserte etter hvert betydningen for fiskerne av Eggvins spesielle varsler for utviklingen av fisket. Varsler for hvorledes havklimaet vil utvikle seg er derimot blitt et viktig bidrag til forvaltningen av våre havområder, og i 1994 tok Havforskningsinstituttet opp igjen arven etter Jens Eggvin og begynte å gi ut årlige empiriske havklimavarsler for det kommende året.



Figur 7.6.5
Bunntemperaturene utenfor Finnmarkskysten i 1936 og 1939. Bottom temperature off the coast of Finnmark, Northern Norway, during the spring of 1936 and 1939 (Eggvin, 1946).

Summary

Jens Eggvin (1899–1989) was employed at the Institute of Marine Research (IMR) in Bergen as head of its physical oceanographic activities in 1933. He followed a Norwegian tradition in relating the physical conditions of the ocean with fisheries. In 1935 he established several fixed hydrographic stations along the Norwegian coast and installed thermographs aboard several regular coastal steamers. Later this program was extended to include samples for salinity determination at fixed locations along the coast and also to include a number of shipping routes across the North Sea. Eggvin was also a pioneer in oceanographic forecasting. It

was early known that the cod in the Lofoten area preferred to spawn in the transition layer between the cold coastal water and the warmer water of Atlantic origin below. The temperature of the transition layer was between 4 and 6 °C and the depth of this layer showed great inter-annual variations. These variations influenced fisheries in several ways. Eggvin submitted in many years regular forecasts for the depth of the transition layer before the start of the fisheries. On Eggvin initiative the first ICES pilot project on synoptic oceanography was carried out during the period January–March 1966 with Norway as the lead country.

Små og usynlige, men plagsomme maneter av arten *Muggiaea atlantica*

Jan Helge Fosså, Havforskningsinstituttet, Per R. Flood, Bathyologica,
Anne Berit Olsen, Veterinærinstituttet, Freddy Jensen, Fiskehelse og Miljø AS

I august 2002 fikk Havforskningsinstituttet mange meldinger om at folk ble brent da de badet i sjøen. Ingen kunne imidlertid se brennmaneter, så det hele virket temmelig mystisk. Meldingene kom fra Hordaland og Rogaland. Også i Danmark merket badende sviing i vannet uten å se noe. Samtidig meldte oppdrettere på Vestlandet om uforklarlig laksedød. Det viste seg at synderen var en liten kolonimanet.

Badende ble brent

De som badet beskrev opplevelsen som sviende stikk som for det meste forsvant da man kom på land. Noen fikk også rødt utslett etter badingen. Spesielt småbarn reagerte og protesterte skrikende mot en ny runde i havet etter den første dukkert. Mange la merke til at det sved mest innenfor badedrakten. Det at det sved mellom badedrakten og huden kan forklares med at neslecellene som sprøyter inn giften utløses når de blir presset mellom tøyet og kroppen. Se forklaringen nedenfor.

Liten kolonimanet

Havforskningsinstituttet tok en overflateprøve av planktonet i Fana-fjorden 29.08.02, på et sted der badende kjente ”stikking” i vannet. Prøven inneholdt store mengder små maneter av typen Siphonophora. Arten ble bestemt til *Muggiaea atlantica* (Figur 7.7.1 og 7.7.2). Den kan bli opptil 7 mm lang og er vanlig i overflatevannet i Atlanterhavet og Middelhavet. Den er også vanlig i Den engelske kanal og sør for Irland, men har også vært registrert i den nordre delen av Nordsjøen.

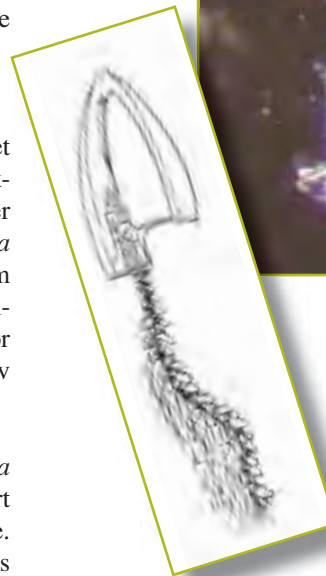
Muggiaea atlantica er en slektning av den store *Apoemia uvaria* (perlekjedemaneten, lenkemanet eller populært kalt dødsmaneten) som har drept en god del laks tidligere. Invasjonene av *Apoemia* og påvirkningen på oppdrettslaks er beskrevet i Havforskningsinstituttets rapporter *Havets miljø* i 1998 og 2002.

Langs kysten og i fjordene har vi også andre arter siphonophorer. *Lensia conoidea* og *Dimophyes arctica* blir opp til 20 mm store og er arter som likner meget på *Muggiaea*. Disse forekommer relativt hyppig i våre farvann, men som oftest på større dyp, og sjelden i slike mengder at de kan mistenkes for å forårsake fiskedød eller plager for badegjester.



Figur 7.7.1

Foto av *Muggiaea atlantica* fra Fana-fjorden sør for Bergen. Dette individet er noen få mm stort. Arten kan bli ca. 7 mm. *Muggiaea atlantica* from Fana-fjorden south of Bergen, August 2002. The individual was a few mm long. The species may reach 7 mm.



Figur 7.7.2

Tegning av siphonophoren *Muggiaea atlantica*. Brenncellene (neslecellene) sitter på tentaklene (halen) Modifisert fra Yamaji 1972.

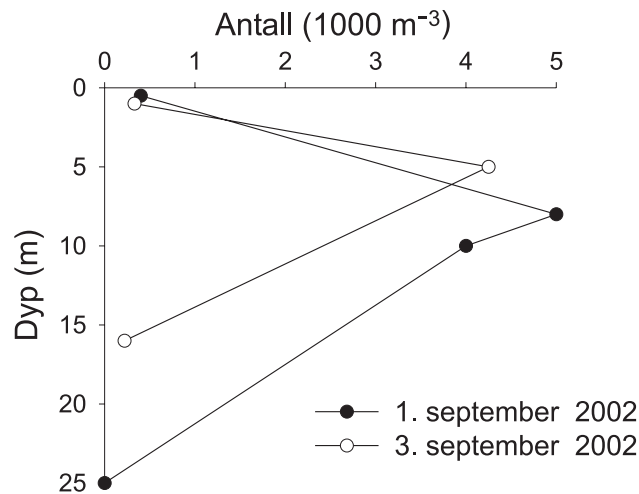
A drawing of *Muggiaea atlantica*. The nematocysts or stinging cells are located to the tentacles (the tail).

Hvorfor kom manetene akkurat i 2002?

I Norge er det første gangen at en masseforekomst av *Muggiaea atlantica* blir beskrevet. Arten regnes som en indikator på innstrømming av varmt vann til den britiske kontinentalsokkelen, og i disse områdene kan den ha store populasjoner til alle årstider. Temperaturen i det norske kystvannet i august måned var den høyeste siden målingene startet i 1935. Ved Utsira var temperaturen i 10 m dyp rundt 20 °C i august og september. Dette er opptil 5 °C høyere enn normalen. Derfor er det naturlig å tro at det varme vannet er en forklaring på de store mengdene av denne varmekjære arten i 2002. Om arten ble transportert sørfra i store mengder, eller blomstret opp i det varme vannet i våre farvann, vet vi ikke.

Forekomsten av manetene i august og september

Evyr Lømsland ved Vestlandsavdelingen av NIVA registrerte *Muggiaea* i prøver fra Hydra ved Flekkefjord i sør, til Nordfjord i nord. Den fantes for øvrig på Jæren, i Ryfylke, Sunnhordland, Austevoll, Sotra, Øygarden, fjordene rundt Bergen og i Sognefjorden. Det var spesielt i Rogaland og Hordaland at manetene ble registrert. Typiske tettheter i vannet lå på et par tusen individer per m³, noe som tilsvarer 2 individer per liter. Den høyeste registreringen var på 13 individer per liter. Man bør filtrere en del vann for å få en prøve som inneholder noen individer. For en person som kjenner arten er det imidlertid ikke noe problem å finne selv ett individ i en prøve.



Figur 7.7.3

Vertikalfordeling av *Muggiaea atlantica* i en 25 m dyp laksemerd. Laksen holdt seg dypere enn 20 m.
Vertical distribution of *Muggiaea atlantica* in a 25 m deep salmon cage. The salmon concentrated deeper than 20 m.

Dybdefordeling av maneter og laks i merd

Ved et anlegg nord på Varaldsøy i Hardanger ble det tatt vannprøver fra flere dyp (Figur 7.7.3). Resultatene viste at det helt i overflaten var relativt få maneter, mens det på 5, 8 og 10 m var høye konsentrasjoner. Dypere enn ca. 15 m var det få maneter.

Fordelingen av laks i dette anlegget, som har 25 m dype merder, ble observert med kamera. Det fantes noen laks i overflaten, mens flesteparten sto dypere enn 20 m. Dette tyder på at laksen unngikk de høyeste konsentrasjonene av maneter ved å holde seg nær bunnen av merdene.

Gjelleskader og dødelighet hos laks

I slutten av august 2002 fikk Veterinærinstituttet i Bergen et stort antall prøver fra laks med mistanke om skader fra maneter. Små maneter av typen *Muggiaea atlantica* ble observert ved undersøkelse av fisk med lupe, og vi antar derfor at det er disse som er årsak til skadene på fisken. Det usedvanlig varme vannet kan også ha medvirket ved å gjøre fisken slapp og mer sårbar enn ellers for "manetangrep".

Fisk som befant seg i overflaten så slapp ut og gapte, sannsynligvis for å bedre vannflyten over gjellene. Det var høy dødelighet som til dels oppsto på samme tid i forskjellige fjordsystem. Ved undersøkelse av fisken ble det funnet synlige skader i munnhulen, spesielt under gjellelokkene og på gjellebuebrusken. Gjellene var svært svulne med blødninger (Figur 7.7.4). Det ble også observert hudskader. Det var lite å se på indre organer.

Histopatologisk undersøkelse (mikroskopi) av innsendte prøver fra fisk med unormal adferd viste moderate til omfattende akutte til subakutte gjelleskader med ødem (væskeopphopning), blødninger og infiltrasjon av betennelses-celler. Enkelte gjellepartier var helt ødelagt, med vevsdød og til dels massiv innvekst av bakterier. På svelgsiden av gjellebuen ble det også påvist store betennelsesforandringer og kraftig innvekst av bakterier.

Det er grunn til å tro at bakteriene har infisert allerede skadet vev. Utover i forløpet kunne man se fortykkede sekundærlameller (økning i antall respiratoriske overflate-celler) og innvekst av bindevev i primærlameller. Hos enkelte individer ble det i tillegg påvist stedvis vevsdød i leveren.

Det er imidlertid ikke sikkert at *Muggiaea* er like plagsom for alle fiskearter eller for fisk som ikke er inntengt i merder. En av oss (PRF) fant mange *Muggiaea* i magene til makrell utenfor Herdla i det meste av september.

Mengden død laks

De offisielle tapstallene fra Fiskeridirektoratet er 1000 tonn laks, hovedsakelig i Rogaland og Hordaland, men også litt i Sogn og Fjordane.



Figur 7.7.4

Skader på laks etter kontakt med kolonimaneten *Muggiaea atlantica*. Fisken fikk blødninger i slimhinnene mellom tennene og store skader i slimhinnene på innsiden av gjellelokk og på gjellebuen. Foto: Freddy Jensen, Fiskehelse og Miljø AS.

Lesions on salmon burned by the siphonophore Muggiaea atlantica. The fishes suffered from mucosal hemorrhages between the teeth and prominent damage to the inside of the gill operculum and on the gill bows.

Tidligere har vi fått melding om at oppdrettere har observert at laks kan oppføre seg på en stresset måte akkurat slik de gjør når det er maneter eller lusepåslag i merdene, uten at man kan se noe i sjøen. Små og helt gjennomsiktige maneter kan være forklaringen på dette. I situasjoner hvor fisken får problemer, bør man sjekke om slike maneter kan være årsaken.

Hvordan brenner manetene?

Som alle andre maneter er *Muggiaea* utstyrt med såkalte nesleceller. Dette er celler som inneholder en liten (0,005-0,1 mm), men høyt spesialisert kapsel som kan skyte ut et langt rør på brøkdeler av et sekund. Neslecellene er så enestående for maneter og deres nærmeste slektninger at hele gruppen har fått navnet nesledyr.

Neslekapslene er egg-formet eller avlange, og har et langt og tynt rør kveilet opp i sitt indre (Figur 7.7.5). Normalt står kapselen under stort trykk. Hele 150 atmosfærer har vært målt i form av akkumulerte stoffer! Den ene enden av røret står i forbindelse med kapselveggen på en slik måte at resten av røret kan vrenge seg ut gjennom denne forbindelsen. Hver neslecelle er forsynt med et følehår som ved berøring plutselig får kapselen til å ta opp vann. Røret vrenger seg så ut i det øyeblikk kapselen åpner seg og suger inn vann for å fortynne de akkumulerte stoffene. Væsketrykket blir altså drivkraften til å vrenge ut røret, og etterpå strømmes giftstoffer ut gjennom tuppen av røret. Det hele blir omtrent som å vrenge en 10 m lang hageslange gjennom seg selv!

Alt dette skjer så fort at røret fra de største kapslene kan skytes rett inn i kroppen på dyret som har utløst avtrekkerhåret. Neslecellen fungerer med andre ord som et harpungevær. Giften som spruter ut av rørets spiss vil lamme dyret, f.eks. en fiskelarve, i løpet av få sekunder.

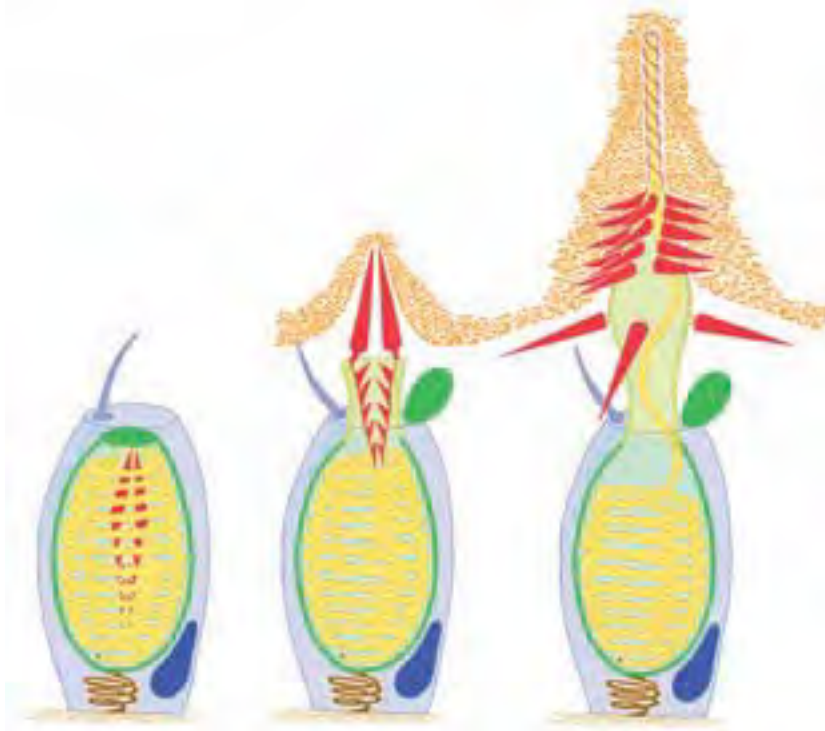
Hvert dyr er forsynt med flere forskjellige typer av nesleceller, og i alt er det beskrevet over 20 typer der kapselen og rørets utseende og funksjon varierer (Figur 7.7.6).

100 000 ganger giftigere enn kobraslange

I Atlanterhavet har vi en kolonimanet som kalles "portugisisk krigsskip". Giften fra denne er mer enn 100 000 ganger så sterk som giften fra kobraslanger. Likevel er kontakt med "portugisiske krigsskip" sjelden dødelig for mennesker. Dette skyldes trolig at neslecellene er mikroskopisk små i forhold til kobraslangens giftkjertler. Derfor vil giftmengden sjelden være stor nok til å drepe en stor fisk eller et menneske, men er fullt ut tilstrekkelig til å gi smerte og sårdannelse.

Men unntagelsene finnes: Nær Australia og Indonesia kan de som bader støte på en liten manet, kalt "sjøveps", som har en gift sterk nok til å gi hjertestans og død hos mennesker i løpet av få minutter.

Andre maneter, som glassmaneten, har giftstoffer som vanligvis ikke virker på mennesker, men som fort er dødelige på eksempelvis sildelarver.



Figur 7.7.5

Tegninger av en neslecelle før og under utskytingen av mikro-harpunen. Et følehår (blått) utgjør selve utløsermekanismen. Når det bøyes eller påvirkes av "lukt"-stoffer like ved byttedyret, får det et lokk (grønt) til å løsne fra neslekapselen. Vann suges samtidig inn i kapselen for å fortynne stoffer der. Trykkøkningen får det oppkveilede røret inne i kapselen til å vrenge seg raskt ut og skjærer seg inn i byttedyrets hud. Dette skjer i løpet av 1/100 sekund og hele røret er ute og har tømt sin gift i byttedyret før det er gått mange sekundene. (Tegning: Per R. Flood, ©Bathybiologica).

Drawing of a stinging cell, before and during release of its micro-harpoon. A sensory hair (blue) represents the triggering mechanism. When this hair is displaced, or affected by dissolved chemicals close to a prey animal, it releases a lid (green) from the stinging capsule. Water is then sucked into the capsule to dilute substances stored there. The increasing pressure then lead to the rapid eversion of the internal, coiled up, tube through the lid opening. This happens so fast that the tube may pierce through the skin of any prey organism. Further, the tube is fully turned inside out and empties its poison into the victim within a few seconds.

Mens de store neslekapslene skyter ut rette rør med oppgave å trenge inn i og forgifte byttedyrene, vil de mindre kapslene gjerne skyte ut buete rør som straks krøller seg sammen. Alle rørene er også tett besatt med mothaker på utsiden. Oppgaven blir derved hovedsakelig å holde byttedyrene fast som i et nøste av piggråd.

Muggiaea atlantica hører til en undergruppe av maneter som har mellom tre og fem neslecelletyper samlet i et karakteristisk mønster i endeforgreningene av sine mange fangarmer. De største av disse er utvilsomt ment å skulle trenge inn i og forgifte byttedyr, mens de mindre heller

tjener til å holde byttedyrene fast. Hvilke giftstoff de inneholder er imidlertid fortsatt ukjent.

Summary

The first record of a bloom of the siphonophoran *Muggiaea atlantica* in southern Norway is reported. We hypothesize that the bloom was linked to the unusually warm coastal water in 2002. People and fish in contact with the bloom were stung. Salmon farmers reported that the fish showed similar behaviour as when exposed to the larger siphonophore *Apolectia uvaria*. Loss of salmon caused by *Muggiaea* is estimated to about 1000 tonnes.



Figur 7.7.6

Fotografi av ulike typer kapsler fra kolonimaneten *Nanomia cara*. Kun de største kapslene ytterst til høyre og venstre i bildet har rør som er egnet til å trenge inn i byttedyret og lamme dette med sin gift. De mindre neslekapslene med spiralsnodde rør i midten av bildet tjener til å holde byttedyret fast etter borrelåsprinsippet. Betydningen av de minste neslekapslene, som bare skyter ut en liten blære, er fortsatt ukjent. Til sammen er det påvist mer enn 20 forskjellige typer nesleceller i ulike nesledyr. (Photo: Per R. Flood. ©Bathybiologica)

Micrograph of distinct types of stinging capsule (nematocysts) from the siphonophore Nanomia cara. Only the larger capsules at right and left in the picture are provided with tubes capable of penetrating into a prey organism and to immobilize this by toxins. The smaller nematocysts in the middle of the picture have spiralled tubes more likely to retain the prey by entanglement. The function of the smallest nematocysts, which evert only a small bladder, remains unknown. A total of some 20 distinct forms of nematocysts have been described in distinct jellyfishes and their relatives.



Figur 7.8.1

Den norske kystsonen er attraktiv for mange brukerinteresser.
The coastal zone of Norway is attractive to many stakeholders.

Norge har en kystlinje som er 57 000 km lang når øyer og holmer regnes med, og 2/3 av befolkningen bor langs kysten. Vi har større og mer varierte kystområder enn de fleste andre land, med en rik biologisk produksjon og et stort biologisk mangfold. Kystsonen brukes som resipient, næringsområde og rekreasjonsområde, og er dermed arena for mange og tildels motstridende interesser. Økt verdiskaping og annen aktivitet er i ferd med å øke presset på kystsonen og true marint miljø og ressurser også i Norge. Selv om Norges kystsoner foreløpig er relativt lite påvirket av menneskets ulike aktiviteter, finnes det problemområder langs kysten, og nye trusselbilder. En balansert utvikling av kystsonen mellom bruk og vern må baseres på økt kunnskap. Havforskningsinstituttet vil styrke sin rolle som kunnskapsleverandør.

Mange og kryssende brukerinteresser

Sentrale brukere av kystfarvannene er de som driver fiske og fangst eller havbruk, sjøfartsinteressene, og de som bruker sjøen som resipient (til f.eks. kloakkutslipp). Viktige grupper med verneinteresser er opptatt av uforstyrret natur, organismenes egenverdi og biologisk mangfold. Mange av dem som representerer rekreasjonsinteresser og turisme, er også opptatt av vern. Bildet kompliseres betydelig ved at det finnes mange typer/grader av brukere og vernere. Som eksempel på brukere fra "høstesiden" kan nevnes ulike typer yrkesfiskere og fritidsfiskere, sportsfiskere og fisketurister. Disse representerer et stort spekter av innsats. Fra vernesiden kan nevnes de klassiske naturvernere, ulike rekreasjonsinteresser og turister som ønsker båt- og badeliv i upåvirket natur, kultur- og naturopplevelser (Figur 7.8.1).

Parallelt med økende engasjement omkring utviklingen i kystsonen, legges stadig større vekt på brukerinvolvering i planlegging og forvaltning som vedrører kystsonen og dens ressurser. En fremtidsrettet forvaltning av kystområder må derfor ta mange hensyn, og begrepet "Helhetlig kystsoneforvaltning", på engelsk "Integrated coastal zone management (ICZM)", er innført. Foreløpig arbeides det i mange land med å gi et slikt begrep innhold, men en helhetlig forvaltning må iallfall baseres på et bredt kunnskapsgrunnlag, hvorav innsikt i marinøkologi er sentralt, og føre-var-tenkning synes å få økende plass.

Tre "biologiske verdier" har en sentral plass i en helhetlig kystsoneforvaltning; 1) kystsonens naturlige, høye biologiske produktivitet må bevares (særlig vil mange være interessert i produksjonen av matfisk), 2) det biologiske mangfoldet (i vid forstand menes kystsonens samling av gener, arter, naturtyper og leveområder/habitater) må beskyttes og 3) kystmiljøet må bevares rent, slik at vi høster og produserer ren sjømat. At bortimot alle grupper med langsiktige interesser i kystsonen vil være enige i at disse tre sentrale forhold må ivaretas, gir et gunstig utgangspunkt for å utvikle en helhetlig kystsoneforvaltning. En hovedutfordring blir å sikre at fremtidens næringer og aktiviteter i kystsonen kan foregå parallelt, og uten for store negative ringvirkninger. Et dilemma for moderne kyststater er at de allerede har betydelig verdiskaping, og ser for seg mer, nettopp i kystsonen hvis kvaliteter samtidig trues.

Hva truer?

De største truslene for kystsonen er overbeskatning, ødeleggelse av leveområder og forurensning. For å forhindre reduksjon av kystsonens verdi som et langsiktig livsgrunnlag for nasjonen, bør samfunnet for fremtiden investere i økt kunnskap om kystens marine arter, deres leveområder og livsgrunnlag.

Havbruk er sammen med landbruk og kommunal kloakk en betydelig nasjonal kilde for tilførsel av næringssalter til norske kystfarvann. Næringssalter er i utgangspunktet nødvendig for god algevekst og høy primærproduksjon, men spesielt i innelukkede fjorder og poller kan det bli for mye. Mulige virkninger av oppdrettsanlegg på eksempelvis torskens gytevandring til lokale gyteplasser er også under diskusjon, og smittefare og utveksling av parasitter mellom oppdrettsorganismer og vill fauna er temaer som reiser mange spørsmål. Oppdrettsnæringen ønsker selv forskning på dens mulige negative virkninger for å bidra til en opplyst debatt, og beskytte næringen mot uberettigede påstander.

Utslipp fra industri og større havneområder har skapt lokale miljøproblemer. I flere fjordområder inneholder fisk eller skaldyr så høye konsentrasjoner av enkelte miljøgifter at myndighetene fraråder folk å spise denne sjømaten. I dag er det kostholdsråd for 24 havner og fjordområder i Norge.

Selv om det ikke foregår næringsfiske i områdene med påvist forurensning, innebærer det en innskrenkning både av mulighetene for oppdrett, og for fritidsfiske i folks nærområder.

Kystmiljøet trues også av introduksjoner av fremmede arter, blant annet gjennom transport og utslipp av ballastvann med båter fra andre farvann. Introduerte arter kan tenkes å påvirke våre naturlige økosystemer på en negativ måte, og vi kan få problemer forårsaket av introduserte, sykdomsfremkallende organismer.

Kamp om arealer

Tilgang til egnede arealer og lokaliteter vil være en nøkkelfaktor for økt verdiskaping. Dagens produksjonssystemer innen havbruksnæringen beslaglegger betydelige arealer, og hver oppdrettskonesjon disponerer ofte to - tre lokaliteter. Det er en etablert forvaltningspraksis med minimum 1 km mellom enkeltanlegg for å redusere risiko for overføring av fiskesykdommer. I tillegg kommer ulike forbudssoner omkring oppdrettsanlegg på henholdsvis 20 m og 100 m for ferdseil og fiske. En mulig mangedobling av produksjonen kan føre til tilsvarende etterspørsel etter arealer.

Det synes nødvendig å utvikle mer rasjonelle produksjonssystemer og måter å organisere næringen på. En fortsatt utvikling med dagens teknologi kan føre til større fysiske inngrep i kystsonen og båndlegging av områder på bekostning av andre interesser. Det er behov for å utforske mulighetene for positiv sameksistens eller kombinasjon av flere typer aktiviteter. Det krever blant annet kunnskap om virkninger av én type bruk på andre brukerinteresser, og om hvilke faktorer som bidrar til å øke eller redusere konfliktnivået.

Behovet for kartlegging og kunnskap

Kunnskap om naturtypene i kystsonen, deres miljøstatus og utvikling og ulike arters miljøkrav er nødvendig for å kunne fastsette bæreevne, kapasitet og egnethet for ulike typer verdiskaping. I og med at miljøtilstanden for en stor del er et resultat av samfunnsmessig bruk og produksjon, er det også viktig å skaffe til veie kunnskap om de økonomiske, politiske og sosiale sammenhengene.

Vi må kartlegge de ressursene vi har. På land har vi etter hvert gode kart som viser miljøforhold og natur- eller kulturverdier, men om forholdene under havflaten vet vi nesten ingen ting. Tvedestrand kommune er imidlertid i ferd med å få gode kart over sine sjøområder gjennom et samarbeid med Havforskningsinstituttet og andre. Slike kart er nyttige i lokal og regional planlegging for at utbygging ikke skal ødelegge viktige, undersjøiske "biologiske verdier".

Med støtte fra Fiskeridepartementet og Kommunal- og regionaldepartementet og i samarbeid med Fiskeridirektoratet og andre, har Havforskningsinstituttet laget en "Veileder i

marinøkologisk planlegging i kystsonen". Veilederen, som finnes på Internett (<http://www.kystsone.no>), skal gi grunnlag for å fremme "naturvennlige" prosjekter.

Et rent kystmiljø

Den norske kystsonen har viktige fortrinn i form av god vannkvalitet, høy naturlig produktivitet og biologisk mangfold, og i det meste av landet er det god plass. En fordobling av verdiene innen den tradisjonelle fiskerinæringen i løpet av den neste 20-årsperioden kan være mulig. Samtidig peker prognosene mot en fortsatt årlig vekst på 10-15 % i havbruksnæringen. Reiseliv og turisme langs kysten er et annet viktig satsingsområde.

Et rent miljø er basis for denne verdiskapingen i kystsonen. Å bevare og dokumentere god miljøkvalitet er helt nødvendig for å få til ønsket vekst innen eksempelvis havbruk, både med hensyn til lønnsom produksjon, kvalitet, matvaresikkerhet og stadig mer krevende markeder.

Økt verdiskaping i kystsonen kommer ikke av seg selv. Vi må velge en offensiv og målrettet strategi basert på solid kunnskap. Norge må ikke komme i samme situasjon som mange andre

land i Europa, der mer enn to tredjedeler av kystlinjen er klassifisert som sterkt truet og delvis ødelagt på grunn av en feilslått forvaltning av kystsonen. Havforskningsinstituttet ønsker å være en premiss- og kunnskapsleverandør for en bærekraftig forvaltning og verdiskaping i kystsonen. I de følgende fem artikler presenteres eksempler på pågående aktiviteter ved instituttet i denne sammenheng.

Summary

Increasing stress to the coastal zone

In Norway we experience an increasing demographic, economic and pollution stress to the coastal zone. More and new stakeholders appear and express their interests. The number and levels of conflicts seem increasing. The situation calls for a long-term perspective and holistic coastal zone management policy based on knowledge in marine ecology, today often named "Integrated Coastal Zone Management". The largest threats to the "living assets" of the coastal zone are overexploitation, habitat destruction and pollution. The Institute of Marine Research is about to increase the efforts on being a source of knowledge in marine ecology to support a sustainable management of the coastal zone with its living resources.

Anders Jelmert

Umiddelbart kan det synes som et paradoks at det å flytte en art fra et område til et annet, faktisk kan være til skade for mottakerområdet. En slik overføring vil jo øke biodiversiteten (i hvert fall i øyeblikket), og økt biodiversitet er vel bra?

Før vi ser nærmere på problemet kan det være nyttig å definere hva vi mener med biodiversitet eller biologisk mangfold: Dette er den samlede biologiske variasjon over alle skalaer; fra genetiske varianter, gjennom de forskjellige artene, til variasjoner i økosystemer og landskapstyper. Økosystemer og landskapstyper har vanligvis utviklet seg gjennom en lang tidsperiode, og vil ofte vise en viss grad av stabilitet over tid. Denne stabiliteten kan modifiseres av eventuelle endringer i de fysiske og kjemiske forholdene i systemet (for eksempel variasjoner i temperatur), og ikke minst gjennom de interaksjonene som finner sted mellom de levende organismene som finnes i systemet.

Organismene i et økosystem finnes i habitater dvs. de fysiske og biologiske omgivelsene som en organisme lever i. De fysiske omgivelsene utgjøres bl.a. av temperatur, salt-holdighet og en rekke kjemiske faktorer. Et habitat har også vanligvis en fysisk avgrensning som f.eks kan være en hard eller bløt bunn. De biologiske omgivelsene utgjøres av et antall individer av egen og andre arter som til sammen utgjør det vi kaller samfunn.

En art vil ha et såkalt naturlig utbredelsesområde, som er det geografiske området hvor en art har forekommet i "historisk tid", dvs. siden starten på den "neolittiske perioden", fra ca. 5000 år siden. Vi kaller de artene som finnes innenfor sitt naturlige utbredelsesområde for innfødte eller stedegne arter.

En introdusert art er en organisme som er transportert ved menneskelig aktivitet til en eller flere regioner hvor den

Noen begreper som benyttes i forbindelse med introduserte arter

Art: Den grunnleggende enheten i tradisjonell biologisk systematikk.

Innfødt/stedegen art: En art som befinner seg innenfor sitt naturlige utbredelsesområde.

Etablert fremmed art: En introdusert art som er overført (tilsiktet eller utilsiktet) til en region, og som har etablert seg fritt i naturen med en populasjon som vokser eller i det minste vedlikeholder seg selv.

Ikke-etablert fremmed art: Art som er overført ved hjelp av menneskelig aktivitet, men som ikke har klart å etablere en populasjon som er selv-vedlikeholdende.

Introdusert art: Organisme som er transportert ved menneskelig aktivitet til en eller flere regioner hvor den ikke har eksistert i "historisk tid".

Inokulum: Antallet individer av en (i denne sammenhengen) introdusert art som overføres.

Invaderende (fremmed) art: Introdusert art hvor populasjonen har vokst så mye at den har en åpenbar innflytelse på økosystemet i regionen.

Kryptogene arter: Arter hvor en ikke sikkert kan fastslå om de er introduserte, eller om de befinner seg innenfor sitt naturlige utbredelsesområde.

Naturlig utbredelsesområde: Det geografiske området der en art har forekommet i "historisk tid", dvs. siden starten på den "Neolittiske perioden" (ca. 5500 år siden), og uten at denne utbredelsen har blitt påvirket av menneskelig aktivitet.

Region (i biogeografisk betydning): En region som er at-skilt fra en tilgrensende region(er) med en barriere som vanligvis er "ugjennomtrengelig" for mange av artene, og som derved avgrenser deres spredning utenfor regionen.

Re-introduksjon: Flytting eller overføring ved menneskelig hjelp (bevisst eller ubevisst) av en art til et område innenfor artens naturlige utbredelsesområde, hvor denne arten har vært utryddet i historisk tid.

Taxon: Generelt navn for de forskjellige enhetene som benyttes i systematisk klassifisering, hvor art er den grunnleggende enheten. Slekt, familie, orden, klasse vil være taxa av høyere orden.

Vagrante arter: Arter som episodevis når frem til en region utenfor deres naturlige utbredelsesområde på grunn av naturlige svingninger i fysiske, kjemiske eller biologiske forhold. Varmekjære arter som følger innstrømming av varmere vann til nordlige kaldere områder vil være typiske eksempler.

Vektor (i denne sammenheng): Menneskeskapt eller -styrt gjenstand eller medium som bidrar til at en introdusert art krysser en naturlig biologisk barriere.

ikke har eksistert i "historisk tid". Dette er altså forskjellig fra den koloniseringen av en region som skjer på grunn av endringer i naturgitte forhold.

Hvis introduserte arter opptrer i stort antall vil de vanligvis konkurrere med de etablerte artene om plass eller ressurser, og da kaller vi slike arter for invaderende. Dette kan føre til dramatiske endringer i økosystemet, som i verste fall kan resultere i at en eller flere arter blir utryddet. Endringer i samfunn og økosystemer vil også ha betydning for vår utnyttelse av økosystemet, de "varer og tjenester" vi kan høste av systemet. Selv om det i noen tilfeller vil bli nye ressurser tilgjengelig, vil dette ofte gå på bekostning av de ressursene vi allerede har utnyttet, og en får redusert den forutsigbarheten som en fornuftig ressursutnyttelse er avhengig av. Intro-

skipsoverflater og på akvakulturorganismer, eller utstyr til transport av slike. Så lenge en ikke har kunnet registrere selve overføringssituasjonen, har en derfor ofte måttet angi sannsynlig vektor som akvakultur/skipsfart. Geografisk fordeling av funnstedene kan gi noen indisier, men det vil likevel være vanskelig å angi arnestedet for en introduksjon nøyaktig.

Vi har imidlertid også noen introduksjoner hvor det har vært lettere å peke på vektor.

Det er få usikkerhetsfaktorer hva gjelder selve overføringsmekanismen for kongekrabbe som ble overført av russiske vitenskapsfolk fra nordlige Stillehav til områdene øst for Kola på 60-tallet. Amerikansk hummer, som har



Figur 7.9.1

Caprella mutica, hann.

Størrelse: opp til 4 cm inklusive antenner.

Caprella mutica, male.

Max. size 4 cm included antenna.

duserte arter vil vanligvis konkurrere med de lokale om tilgjengelige ressurser. Dette fordi det sjelden er "ledige nisjer" i et økosystem. I tillegg til konkurranse kan fremmede arter utnytte de lokale som fôr eller vertsorganismer, og de kan bringe med seg sykdomsfremkallende agens.

I Hopkins (2001) er det foreslått 45 marine arter som er, eller kan være introdusert til norske farvann. Det er usikkerhet knyttet til flere av disse artene, men vi må regne med at antallet egentlig er betydelig høyere. Dette fordi det har vært gjennomført få systematiske undersøkelser hvor man har lett etter introduserte arter spesifikt, og fordi mange arter først blir "funnet" når de har nådd et visst antall.

I det marine miljøet er det en del kjente introduksjoner hvor vi ikke sikkert kan fastslå spredningsvektoren. En vil for eksempel kunne finne påvekstorganismer både på

vært funnet siden 1999, har ofte hatt merker etter strikk på klør, og de fleste individene har vært funnet rundt større kystbyer med flyplass. Dette er indisier som tyder på at amerikansk hummer er kommet som følge av utsetting av levende sjømat, eller som forsøk på å innføre en ny fangstbar art. Uansett motiv er slik utsetting ulovlig, korttenkt, og kan påføre en allerede overbeskattet norsk hummerbestand ytterligere skade. Amerikansk hummer kan pare seg med europeisk hummer, men de av avkommet som er hanner, er sterile. Når disse så blir voksne og parer seg med "rene" europeiske hanner, vil det ikke bli noe avkom. Det er også bekymring for at den amerikanske hummeren kan ha bragt med seg sykdommer som kan smitte europeisk hummer eller andre krepssdyr.

Langs kysten har vi en rekke karakteristiske samfunn, som f. eks. tareskogen, som vanligvis finnes der vi har hardbunn

med kraftig bølge- og strømpåvirkning. Dette samfunnet domineres av tare, først og fremst stortare, fingertare og sukkertare. I tareskogens "underskog" finnes det en rekke andre algearter, og til sammen gir disse primærprodusentene energi og skjul for et rikt dyreliv. Det er for øyeblikket ikke kjente introduserte arter som utgjør noen umiddelbar trussel mot tareskogen i norske farvann, men det er grunn til å undersøke nærmere hva slags effekter den introduserte rødalgen *Dasyatisiphonia sp.* kan ha. Den ser ut til å etablere seg som en "underskogs-art" i tareskogen fra ca. 4-5 m dyp. Den ble funnet i Bergens-området på slutten av 90-tallet, og har i dag en kjent utbredelse fra øst for Arendal til Ålesund. En av årsakene til den raske spredningen (også tilsynelatende motstrøms i forhold til kyststrømmen), er evnen til vegetativ formering. Løsrevne biter av algen kan



Figur 7.9.2
Japansk drivtang (*Sargassum muticum*). Lengde: kan bli mer enn en meter.
Japanese wire weed (*Sargassum muticum*), max. length exceeding 1 meter.

feste seg til f.eks. anker eller dregger på båter, og hvis de ikke har vært tørrlagt for lenge, kan de spire og feste seg på en ny lokalitet. En annen sannsynlig transportvei er brønnbåter som transporterer levende fisk. I tareskog og tidevannsbeltet vil en også kunne finne en introdusert art spøkelseskreps; *Caprella mutica* (Figur 7.9.1). Dette er en stillehavsart som første gang i Europa ble sett i Nederland i 1994. I Norge ble den første gang observert i 1999. Arten er nå meget vanlig på oppdrettsanlegg fra Sør-Rogaland til Sogn, men det har hittil vært betydelig færre individer å finne i hardbunnsvegetasjonen i nærheten av disse anleggene. Det er ikke kjent hvordan denne arten påvirker

lokale populasjoner av spøkelseskreps eller andre deler av økosystemet.

Langs strendene i tidevannssonen finner vi tangbeltet som ofte domineres av *Fucus*-artene: grisetang, blæretang og sagtang. Det er ikke kjent om det er umiddelbart store trusler mot dette samfunnet, men det er observert at japansk drivtang (*Sargassum muticum*, Figur 7.9.2) i økende grad ser ut til å kolonisere *Fucus*-samfunnene i enkelte lokaliteter. Japansk drivtang vil konkurrere om plass og kan eventuelt skygge ut de lokale artene. Japansk drivtang har vist en langsommere, men likevel økende utbredelse. Den er på vei inn i indre Oslofjord, og har passert Sognefjorden. Hittil har algen ofte kolonisert områder hvor de hjemlige *Fucus*-artene ikke trives, men en har sett en økende tendens til at den også finnes i områdene hvor *Fucus*-arter vokser. I områder av Europa hvor *S. muticum* har vært etablert lenger enn hos oss, har en de seinere årene kunnet registrere en viss stagnasjon i koloniseringen. Selv om det ikke er noen garanti, gir dette et visst håp om at den heller ikke skal bli for dominerende i vår lokale flora.

Det finnes flere typer bløtbunn, bl.a. samfunn med ålegressenger, som er produktive og viktige oppvekstområder for bl.a. fiskeyngel. Det er hittil ikke observert introduserte arter som truer disse samfunnene. Amerikansk knivskjell (*Ensis americanus*) er funnet på bløtbunn på kysten av Agder, men det er ikke avklart hva slags effekter den har på lokal fauna.

Børstemarken *Scolecopsis cf. corsuni* må formelt regnes som kryptogen, men ble første gang funnet i bunnprøver i forbindelse med undersøkelser på olje-/gassterminalen ved Sture. Den finnes nå i store deler av Hordaland, og ser ut til å spre seg (Helge Botnen, Univ. i Bergen, pers. komm.).

Tøffelsnegl (*Crepidula fornicata*) utgjør et betydelig problem for østersdyrkere i Frankrike. Den konkurrerer med østers om maten (den filterer alger av samme størrelse), og produserer store mengder feces og pseudofeces (avføring og "falsk" avføring) som bidrar til ansamlinger av slam og til dårligere vannkvalitet. Den er funnet i Norge nord til Kvitsøy, men har ikke vært observert i tettheter som tyder på at den for øyeblikket har noen særlig økologisk betydning.

Plankton er frittlevende organismer, og siden de i stor grad følger havstrømmene har det ofte vært vanskelig å påvise sikkert om disse er introdusert eller ei. Med moderne genetiske metoder hvor en kan sammenligne slektskapet mellom forskjellige isolater meget nøyaktig er det blitt lettere å skille introduserte fra stedegne arter. Det faktum at en vanligvis finner et betydelig antall levende eller spiredyktige algeceller i ballastvann, indikerer at en også har fått introduserte planktonalger inn i norske farvann. Hopkins (2001) nevner fem introduserte planktonalger hvor skipsfart sannsynligvis er vektor. Enkelte av disse kan eventuelt ha kommet hit i forbindelse med akvakultur. Giftige algeoppblomstringer har i flere episoder de siste decenniene drept oppdrettsfisk for flere titalls millioner kroner, og oppdrettsnæringen vil

fortsatt være sårbar for introduksjon av skadelige alger eller bakterier, sopp og virus som kan gi sykdommer. Det er hevdet at algen *Chattonella sp.* har kommet til Norge med ballastvann. Dette kan for øyeblikket ikke bekrefte, men genetiske analyser av fem forskjellige norske isolater viser at disse er identiske (Bente Edvardsen, NIVA, pers. komm.). De er imidlertid forskjellige fra en rekke arter fra Europa, USA og Stillehavet: *C. antiqua*, *C. marina*, *C. subsalsa* og *C. ovata*. Det vil bli gjort analyser for å bekrefte eller avkrefte om de norske isolatene er identiske med arten *C. verruculosa* som finnes i japanske farvann.

Praktiske løsninger for å avbøte problemene knyttet til introduserte arter følger tre hovedprinsipper: 1) hindre introduksjonen, 2) utryddelse av etablert fremmed art, og 3) isolasjon eller fysisk innslutning av en etablert fremmed art. Det har vist seg nesten umulig å hindre videre spredning når en introduksjon først har funnet sted. Det viktigste tiltaket (og også det mest kostnadseffektive) er derfor å søke å hindre utilsiktede introduksjoner. Dette er erkjent og nedfelt i CBD (Konvensjonen for BioDiversitet) artikkel 8h som sier: "Each Contracting Party shall, as far as possible and as appropriate:... Prevent the introduction of, control or eradicate those alien species which threaten ecosystems, habitats or species". Konvensjonen pålegger altså en plikt til å utrydde introduserte arter, selv om plikten vanskelig kan tolkes absolutt ("as far as possible and as appropriate"). For introduserte arter på land, i ferskvann og de som er knyttet til havbunnen kan en eventuelt tenke seg tiltak som skal inneslutte veksten av den introduserte arten, og derved hindre videre spredning. For å finne mer effektive tiltak mot introduksjoner er det viktig at det gjøres forvaltningsmessige avklaringer av hvem som har ansvaret for 1) selve introduksjonen, 2) kontroll, kartlegging og overvåkning, 3) ansvar for tiltak for å hindre introduksjon, eventuelt redusere skadene fra introduksjoner.

Summary

Biodiversity can be defined as the sum of all biological variation over all scales, from the genetic varieties, through the different species to the variety in ecosystems and landscapes. Biogeographic barriers have played a major role in the evolution of unique species and societies of organisms, but these barriers are now under siege from the rapid growth and increasing speed in transport, trade and tourism. Introduced marine species do occasionally pose a serious threat to indigenous species and the result is a global homogenisation of the ecosystems and local species loss. When looking at unintended introductions, a loss in extractable goods and services from the recipient ecosystem is usually also the outcome.

In Norway, the fairly recent introduction of the red king crab (*Paralithodes camtschatica*), the American lobster (*Homarus americanus*), the Japanese weed (*Sargassum muticum*) and the Red algae *Dasysiphonia sp.* are regarded as the most imminent threats to the Norwegian coastal ecosystems. Additionally the Norwegian aquaculture industry is vulnerable to introduced pathogen species.

Referanse:

Hopkins, C.C.E., 2001. Actual and potential effects of introduced marine organisms in Norwegian waters, including Svalbard. Research report 2001-1, Directorate for Nature Management, Trondheim ISBN 0804-1504.

Referanse:

Eno, N.C., Clark, R.A., Sanderson, W.G., 1997. Non-native marine species in British waters: a review and directory. Joint Nature Conservation Committee, Monkstorne house, City Road. Peterborough PE11JY, UK.

Bjørn Bøhle

Høsten 2002 ble en første utgave av en Internett-basert veileder i marinøkologisk planlegging gjort ferdig. Den finnes på adr.: <http://www.kystsonen.no>. Veilederen er blitt til gjennom et bredt samarbeid, og skal være et sentralt hjelpemiddel for en oppdatert, kunnskapsbasert og enhetlig forvaltningspraksis i kystsonesaker; en støtte for balanserte avveininger mellom bruker- og verneinteresser. Målgruppen er saksbehandlere i kommuner, fylkeskommuner og statlige sektororganer som har et forvaltningsansvar og behandler saker knyttet til utnyttelse av sjøarealet i kystsonen. Materialet er bygget opp hierarkisk, og det er ikke meningen at teksten skal leses som en bok fra begynnelse til slutt. I tekstene er det lagt inn klikkbare linker til beslektede fagområder, lover og forskrifter, andre nettsider og artikler med utfyllende informasjon. Brukerne skal fra sitt utgangspunkt kunne "klikke" seg videre ved hjelp av linkene til nettopp det de vil ha kunnskap om eller svar på. Selv om prosjektet som sådan ble avsluttet i desember 2002, fortsetter arbeidet med å utfylle og oppdatere Veilederen av redaksjonen. (Havforskningsinstituttet, Forskningsstasjonen Flødevigen).

Bakgrunn og motivasjon for en veileder

Med 90.000 km² sjøareal innenfor grunnlinjen, har Norge til disposisjon et produktivt område som er like stort som jordbruksarealene i Norge, Sverige, Finland og Danmark til sammen. Sjøarealet innenfor grunnlinjen er et skatkammer for kommersiell utnyttning til akvakultur i bred forstand og for kommersielt fiske. Parallelt er kystsonen viktig som rekreasjonsområde og for et rikt plante- og dyreliv både i sjø og på land. Kystsonen er en arena for særlig mange kryssende interesser.



Figur 7.10.1

Eksempel på aktiviteter i kystsonen omtalt i veilederen.
Examples of activities in the coastal zone as described in the guide.

Stortinget og Regjeringen har ved flere anledninger påpekt behovet for en fremtidsrettet forvaltning av kystsonen. Eksempler er følgende:

I St.meld. nr. 48 (1994-1995) "Havbruk – en drivkraft i norsk kystnæring" heter det på side 9, sitat:

"For å løse og begrense konflikter mellom bruk og vern vil fiskerimyndighetene måtte delta aktivt i kystsonerplanleggingen. Det vil bli utarbeidet regionale havbruksplaner som angir mål for utviklingen av næringen og tilknyttede arealbehov. Videre tas det sikte på å utarbeide en veileder for planlegging i kommunene."

Videre har Stortinget, Regjeringen og ulike departementer i flere offentlige stortingsmeldinger fastslått at det er nødvendig å sikre en bedre planlegging

i kystsonen. Arealis-programmet er et elektronisk verktøy for å registrere ulike naturtyper, miljøforhold og aktiviteter i kystsonen, som per i dag bare dekker landområder.

Til belysning av spørsmål omkring marine ressurser, miljøforhold og naturtyper, og hvordan det biologiske mangfold i havet skal forvaltes, mangler man systemisert kunnskap og kjøreregler for en helhetlig håndtering. Resultatet kan fort bli, og har noen ganger blitt, at planleggingen ikke tar de nødvendige hensyn til livet i havet og dets mangfold. Det forhold at en i dag stadig planlegger sjøarealer uten grunnleggende kunnskap om det marine liv i kystsonen, bryter med fremtidsvyer om en bærekraftig verdiskaping i kystsonen og med målsettinger om å bevare kysten produktiv og ren, med et stort biologisk mangfold.

Formål med en veileder

Veilederen skal være et sentralt hjelpemiddel for saksbehandlere på lokalt, regionalt og statlig nivå og sikre en oppdatert, kunnskapsbasert og enhetlig forvaltning av saker i kystsonen. Den skal bidra til at saksbehandlere får det nødvendige faglige grunnlaget til å foreta balanserte avveininger mellom bruker- og verneinteresser. Veilederen bør også være av interesse for kystnæringene og andre aktører langs kysten. Andre brukere kan være studenter og elever i skoleverket, frivillige organisasjoner og lokal- og rikspolitikere med interesse for kystsonen.

Veilederen, som foreligger elektronisk, skal eksempelvis:

- gi grunnlag for å fremme akseptable, "naturvennlige" prosjekter
- bidra til å stille de riktige spørsmålene ved oppstart og gjennomføring av prosjekter
- fortelle hva man må/bør ta hensyn til ved planlegging og saksbehandling, og hvorfor
- angi hvor man kan finne nødvendig kunnskap, både den generelle og også spesialkunnskap for et område
- fremheve viktige ressurser og miljøkvaliteter i kystsonen
- omtale de viktigste faktorer av betydning for den naturlige biologiske produksjonen og mangfoldet langs kysten
- omtale typiske økosystem/naturtyper i kystsonen og deres betydning som gyte- og oppvekstområder og for biologisk mangfold
- gi kunnskap om sårbarhet, tålegrenser og trusselbilder, inkludert en oversikt over menneskets aktiviteter i kystsonen og effekter de kan tenkes å ha
- omtale relevante deler av lovverk og internasjonale avtaler

Veilederen vil bare i begrenset grad inneholde data over forholdene i kystsonen, men fortelle hvor data finnes. På sikt ser man for seg at det meste av miljøinformasjon fra kysten finnes på ulike elektroniske databaser. Da skal Veilederen ha linker til slike data, eksempelvis databaser til Arealis-prosjektet og fremtidige data om biologisk mangfold.

Oppbygning og innhold av Veilederen

Veilederen eller websiden <http://www.kystsonen.no> er bygget opp etter en mal utarbeidet av GRID-senteret i Arendal. En rekke faglige eksperter fra en lang rekke institusjoner og offentlige organer har bidratt med stoff til de enkelte kapitlene.

Materialet er bygget opp hierarkisk. Det er enkelt å se innholdet og oppbyggingen av nettstedet. Det er likevel ikke meningen at teksten skal leses "som en bok" fra begynnelse til slutt. I tekstene er det lagt inn klikkbare direkte og indirekte linker til beslektede fagområder, lover og forskrifter, andre nettsider og artikler med utfyllende informasjon. Brukeren skal fra sitt utgangspunkt også kunne "klikke" seg videre ved hjelp av linkene til nettopp det han/hun vil ha kunnskap om eller svar på. Ved å gå inn i innholdsfortegnelsen skal brukeren kunne finne sitt utgangspunkt.

Stoffet er hovedgruppert som følger:

- Innledning
- Praktisk forvaltning
Avsnittet inneholder eksempler på aktuelle saker og problemstillinger i kystsonen som saksbehandlere i offentlige organer blir stilt overfor.
- Aktiviteter i kystsonen
Innen dette kapitlet er det lagt inn stoff og henvisninger/linker til de ulike aktivitetene som foregår i den marine delen av kystsonen: fiskeri, havbruk, transport, friluftsliv osv. (se Figur 7.10.1).
- Aktører i kystsonen
I denne delen er det lagt inn klikkbare linker til offentlige og private organisasjoner med virke og interesser i kystsonen, forskningsinstitusjoner og aktuelle mediebedrifter.
- Miljøbakgrunn
Avsnittet omhandler sjøens fysisk-kjemiske miljø, beskrivelse av naturtyper og stoff om menneskeskapt påvirkning i havmiljøet. Figur 7.10.2 viser omtale av tareskog.
- Biologisk bakgrunn
Dette begrepet er artikler og linker til naturtyper og økosystem, generelle biologiske tema og marine biologiske ressurser.
- Virkemidler
Her finnes linker til gjeldende politikk, internasjonale avtaler og lover som er aktuelle for kystsonen.
- Linker
I denne inndelingen er det listet opp en del aktuelle linker for kystsonen.
- Definisjoner
Dette avsnittet lister opp en del definisjoner, vesentlig innen biologi.
- Referanser
Her er samlet referanser til mer spesielle artikler (for spesielt interesserte) som er referert til andre steder i Veilederen.



Figur 7.10.2
Omtale av tareskog i veilederen.
Information on sea tangle in the guide.

I Veilederen er det mulig å søke på ord i fritekst innen fagstoff og linker.

Nettsiden er bygget opp slik at den som har lagt inn fagstoff, lett kan oppdatere og forandre på sine egne artikler. Redaksjonen, Havforskningsinstituttet, Forskningsstasjonen Flødevigen, kan oppdatere og justere på alt stoff som er utlagt.

Arbeidet med veilederen

Utarbeidelse av Veilederen ble muliggjort ved økonomisk støtte fra Fiskeridepartementet, Miljøverndepartementet og Kommunal- og regionaldepartementet. Prosjektperioden var fra 1. januar 2001 til 1. desember 2002. Sekretariatsfunksjonen for utarbeidelsen av Veilederen har vært tillagt Havforskningsinstituttet, Forskningsstasjonen Flødevigen. Det er gjennomført høringsmøter med potensielle brukere og faglige eksperter fra en rekke institusjoner og organisasjoner, og mange eksterne bidragsytere har kommet med stoff til Veilederen. GRID-senteret i Arendal har vært konsulent for oppbygging av websiden.

Tilbakemeldingene fra en evaluering av Veilederen, slik den forelå sent på høsten 2002, viste at de fleste var tilfredse med brukervennlighet og nytte, men påpekte at en del stoff manglet. I løpet av 2003 vil arbeidet med Veilederen fortsette som et internt finansiert prosjekt. Oppfølging vil foregå ved å oppdatere stoff og sette inn nye aktuelle saker. Dette vil bli utført fra redaksjonens side. Også eksterne

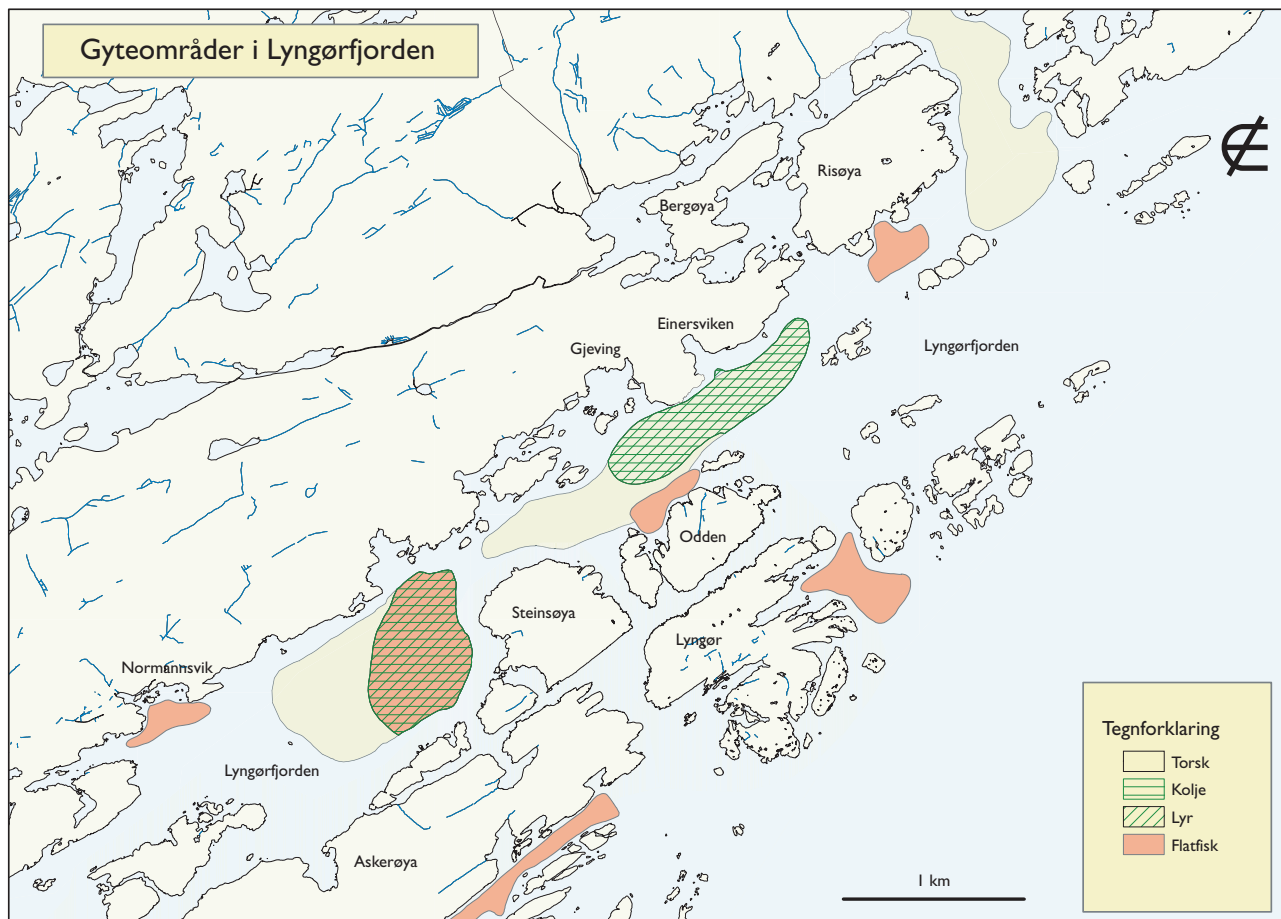
bidragsytere har anledning til å oppdatere det stoff de selv har satt inn.

Summary

A new guide to coastal planning, founded on ecology

High biological productivity and diversity are characteristic features of the extensive coastal waters of Norway. Added values from coastal fisheries and intensive and extensive aquaculture are important to the country, and may become even more significant in the future. It is essential that the environmental conditions and habitat quality of the fjords and coastal water remain favourable. Other commercial coastal stakeholders are shore-based heavy industry (e.g. shipyards, metal plants, petroleum-related industries), recreational industries, private and public holiday home developers, the traditional coastal agricultural industry a.o., all users of the coastal habitats and ecosystems. The public's historical and legal right of access is strongly defended but nonetheless threatened in many areas. Conflicting interests complicate the public planning process which is the primary legal instrument written to ensure a sustainable development. The situation calls for a long-term perspective and holistic coastal zone planning and management policy, based on sound knowledge of coastal marine biology and ecology. A first edition of a web-based coastal planning guide, now available at <http://www.kystsone.no>, facilitates a knowledge-based planning and management of the Norwegian coastal waters.

Jan Atle Knutsen



(Ill. Svein Vike/Øystein Paulsen).

Figur 7.11.1

Oversikt over gytefelt i Lyngørfjorden i Tvedestrand kommune.
Spawning areas in the Lyngør fjord - Tvedestrand.

Bakgrunn

De siste 30 år har det foregått en utstrakt kartlegging og verdifastsetting av naturområder på land. Vi mangler imidlertid tilsvarende systematisk kunnskap om verdifulle områder i sjøen langs kysten vår. Gjennom arbeidet med "Tvedestrand-prosjektet", som startet i 2000, har Havforskningsinstituttet sammen med andre forskningsinstitusjoner kartlagt og kartfestet viktige områder i sjøen i Tvedestrand. Med viktige områder mener vi f.eks. kystnære fiskeressurser (som gyteplasser og oppvekstområder for marine larver og yngel), marine bruksområder (som trålfelt og fiskeplasser) og marine naturtyper (som tareskog og ålegressenger).

Forskningsprosjektet har hatt som hovedmål å styrke det faglige grunnlaget for en bærekraftig forvaltning av levende marine ressurser og andre verdier i kystsonen. I dette arbeidet har vi hatt tre viktige arbeidsoppgaver. Vi har forsøkt å:

- identifisere viktige områder i sjø (f.eks. gytefelt og oppvekstplasser), marine bruksområder og marine naturtyper i Tvedestrand kommune
- gjøre kunnskap om disse områdene kjent og lett tilgjengelig for saksbehandlere på kommunalt, fylkeskommunalt og statlig sektornivå
- etablere et planleggingsverktøy som støtter opp om kommunenes arealplanlegging i kystsonen



Foto: Øystein Paulsen.

Figur 7.11.2

Feltundersøkelser utført ved dykking i ulike marine naturtyper i Tvedestrand.
Field studies – diving in different marine habitats in Tvedestrand.

Helt siden prosjektet ble satt i gang har hovedtanken vært: Hvis vi klarer å synliggjøre viktige verdier i sjøområdene i et geografisk informasjonssystem, vil mange konflikter kunne avklares alt i planfasen. Dermed økes sjansen for at det tas hensyn til det marine naturgrunnlaget og ressursene i sjøen ved inngrep og utbygging i kystsonen.

Tvedestrandprosjektet har vært finansiert som et spleiselag mellom Tvedestrand kommune, Aust-Agder fylkeskommune, Fylkesmannen i Aust-Agder, Direktoratet for Naturforvaltning og Fiskeridepartementet.

Lang erfaring i arbeidet med å belyse kystsonens økologiske prosesser

Forskere ved Havforskningsinstituttet Forskningsstasjonen Flødevigen har arbeidet langs Skagerrakkysten i over hundre år. I våre journaler finnes det derfor mye kunnskap, både publisert og upublisert, om fiskeressurser og om en del økosystemer i kystsonen. Denne informasjonen er blitt sammenstilt i prosjektet. I dette inngår også kunnskap om viktige økologiske prosesser i kystsonen med betydning for biologisk mangfold og produksjonsevne.

Det er laget en egen datastruktur i prosjektet som skal sikre at

relevant informasjon om biologiske verdier i sjø blir samlet inn. Datastrukturen bygger på Arealis (som er et landsdekkende system for arealinformasjon), Fiskeridirektoratets arbeid med identifisering av kjerneområder i sjø og likeledes Direktoratet for Naturforvaltningens håndbok om "Kartlegging av marint biologisk mangfold", DN Håndbok 19-2001. Statens kartverk, ved Miljøenheten Arendal, har levert topografiske sjøkart til bruk i prosjektet, og har hatt et hovedansvar for at nye data i sjø blir tilpasset Arealis-konseptet.

Gytefeltene er lokalisert til spesielle områder i skjærgården

I forbindelse med prosjektet er det gjennomført flere tokt i Tvedestrand i 2002. Toktene viser at det er brukbart med gytefisk i fjordene og i kystnære farvann. Gytefeltene for torsk synes å være lokalisert til helt spesielle områder i skjærgården, ofte i kanten av såkalte dypvannsbasseng eller ved innløp til fjorder (Figur 7.11.1). Det er funnet godt med torskeegg i vannmassene i nærheten av gytefeltene, og feltundersøkelsene viser at torskene gyter på 20-40 meters dyp i februar og mars i fjordene i Tvedestrand. Dette er spennende informasjon i lys av nylig publiserte resultater fra genetiske undersøkelser utført ved Havforskningsinstituttet, som har dokumentert en oppdeling i lokale torskbestander langs kysten.

Karakterisering av marine naturtyper

I samarbeid med Norsk institutt for naturforskning (Hartvig Christie), Universitetet i Oslo (Stein Fredriksen) og Norsk institutt for vannforskning (Frithjof Moy og Tone Kroghlund) er det utarbeidet et sett av kriterier som gjør det mulig å sortere ut og finne frem til en del marine naturtyper ved bruk av digitale data om undersjøisk topografi. Slike såkalte GIS-analyser er utført av Statens kartverk i Arendal. Gjennom stikkprøver utført ved dykking har vi fått bekreftet at naturen under "de blå flater" faktisk har hatt store likhetstrekk med det de digitale analysene har vist (Figur 7.11.2). Eksempler på naturtyper som på en pålitelig måte kan pekes ut ved bruk av kriterier og GIS-analyser er tareskog-, sukkertare-, stortare- og gruntvannsområder.

Hva vet vi om livet under "de blå flater" ved kysten?

Kystområdene i Norge utsettes i vår tid for et meget sterkt utbyggingspress både på land og i sjøen. Presset skyldes et økende arealbehov både hos kystbefolkningen og feriegjestene til bolig- og hytteområder, næringsutvikling og rekreasjon. Ofte får denne typen arealbehov konsekvenser for de aktuelle marine økosystemene. Vi har i dag ikke kunnskap om hvilke konsekvenser den pågående bit-for-bit-utbyggingen i kystsonen har for det marine liv. I motsetning til på land, vet vi for lite om hvor de verdifulle områdene er lokalisert i sjøen, og hvilke sjøområder de marine kystressursene er avhengige av i sin naturlige livssyklus. Derfor kan vi for eksempel komme i skade for å gjøre inngrep i nøkkelbiotoper som hele økosystemet er avhengig av, eller på andre måter skade områder som har fortrinn for sjøbasert verdiskapning. Denne grunnleggende kunnskapsmangelen fører til at kommunene i forbindelse med sin kystsoneplanlegging og fylkeskommunene ved utarbeidelse av fylkesdelplaner, ikke når mål-

settingen om en bærekraftig planlegging og utnyttelse i kystsonen. Det mangler et skikkelig styringsverktøy basert på kunnskap om livet under "de blå flater", og resultatet blir en utilsiktet forringelse av arealene i kystsonen.

Kartlegging kommer ..!

Nå ser det ut som om våre myndigheter har fått opp øynene for at også marin kartlegging i kystsonen er viktig. I inneværende år blir det satt i gang pilotstudier og utviklingsarbeid med sikte på å etablere standardiserte og kostnadseffektive metoder for kartlegging av biologiske verdier i sjø i kystkommuner. Dette viktige arbeidet drives nå fremover i felleskap av Fiskeridepartementet og Direktoratet for naturforvaltning.

Summary

Detailed data on coastal marine habitats, communities and resources mapped and presented to management

Planning and management of terrestrial areas has for many years been supported by detailed and extensive data and knowledge on natural habitats and their inhabitants (plants and animals). Much of this information is displayed on maps used actively by local, regional and national management. For the coastal sea areas, such maps are very unsatisfactory due to lack of relevant information on more than e.g. bathymetry and physical-chemical oceanography. A recent project, carried out in the municipality Tvedestrand on the Skagerrak coast (southeastern Norway), has demonstrated how this situation can be improved. New maps have been derived, displaying important biological "assets" such as habitat types, quality and distribution of underwater vegetation and spawning areas of characteristic fishes.

Jakob Gjøsæter og Nils Chr. Stenseth

Strandnotundersøkelsene som hver høst blir gjennomført på Skagerrakkysten – den såkalte "Flødevigen-serien" – er en av de beste tidsseriene vi kjenner til på det marinøkologiske område, og kanskje innenfor økologisk forskning og overvåkning generelt. For å undersøke om utsettingen av torskelarver hadde noen effekt, satte Gunder M. Dannevig rundt forrige århundreskifte i gang en årlig innsamling av fisk og andre dyr i gruntvannsområdene langs den norske Skagerrakkysten med en standardisert strandnot.

Langsiktighet og systematikk

Fra 1919 er disse undersøkelsene gjennomført helt regelmessig hvert år i september–oktober. Figur 7.12.1 (lite bilde) viser arbeid med registrering av fangsten slik det foregikk tidlig i forrige århundre. En lang rekke faste stasjoner (omkring 100) på kysten fra Søgne vest av Kristiansand til svenskegrensa, undersøkes hvert år ved hjelp av en strandnot. Nota som benyttes er omkring 40 m lang, og den fanger det som finnes over et bunnareal på nærmere 700 m². Alle fisk og andre dyr som fanges blir identifisert, talt og lengdemålt. Før



Figur 7.12.1

Arbeid med registrering av en strandnotfangst tidlig i forrige århundre (lite sort-hvitt bilde) og strandnottrekk anno 2002 (stort bilde).

Registration of a beach seine catch early in the last century (b/w picture) and beach seine haul anno 2002.

1988 ble noen arter bare vurdert etter en mengdeskala fra 1 til 5. I tillegg til observasjonene av dyrelivet tas det målinger av temperatur, saltholdighet og oksygeninnhold i vannet.

I alle år fra 1919 har det bare vært tre personer som har ledet undersøkelsene. Ragnvald Løversen hadde ansvaret fra 1919 til 1968. Han fikk sin opplæring fra Dannevig selv. Fra 1957 var Aadne Sollie med på undersøkelsene. Han fikk en grundig opplæring, og hadde ansvaret fra 1969 til 2000. Fra 2001 har Øystein Paulsen vært toktleder. Nota som benyttes er skiftet flere ganger, men nye nøter er laget etter de gamle tegningene. Det er ingen grunn til å tro at fangsteffektiviteten er forandret. Denne kontinuiteten sikrer at undersøkelsene hele tiden blir gjennomført på samme måte og at resultatene blir sammenlignbare. Figur 7.12.1 (stort bilde) viser hvordan strandnota ser ut og trekket utføres.

Det er gode grunner til å anta at "Flødevigen-dataene" er svært viktige for forståelsen av variasjonene i mengden av fisk og andre dyr i gruntvannsområdene langs Skagerrakkysten, og de krefter som styrer denne variasjonen, både de naturlige kreftene og den menneskelige påvirkning.

Bruks- og nytteverdien av tidsserien øker

Strandnotundersøkelsene ble opprinnelig satt i gang for å undersøke om utsetting av torskelarver på kysten hadde noen effekt. Senere har hovedformålet vært å studere rekrutteringen av torsk og andre fisker som har oppvekstområdet i strandsonen. I dag er disse undersøkelsene like viktige fordi de kan fortelle om naturlige og menneskeskapt variasjoner i fiskesamfunn på grunt vann, og om "helsetilstanden" til de fiskesamfunn som lever der. I seinere år har denne tidsserien dannet grunnlag for en rekke publikasjoner om rekrutteringen og dynamikken for øvrig til torsk og andre fisker fra gruntvannsområdene på Skagerrakkysten.

Et eksempel på verdien av denne dataserien fikk vi under oppblomstringen av den giftige algen *Chrysocromulina polylepis* i 1988. Det ble brukt ord som katastrofe, og dødeligheten i strandsonen var så tydelig at man kunne se det uten å ha tidsserier eller annet spesielt godt sammenligningsgrunnlag. I denne forbindelsen reiste det seg en rekke spørsmål med interesse både for praktisk naturforvaltning og for mer teoretisk økologisk forståelse; Har dette skjedd før? Vil dyresamfunnene på Skagerrakkysten bli som før, eller vil det innstille seg en ny likevekt? Hvor lang tid vil det gå før forholdene eventuelt blir normale? Takket være den lange tidsserien vi har, kan vi gi meningsfulle svar på disse og mange andre spørsmål. Vi kunne slå fast at episoder med tilsvarende omfang ikke har funnet sted siden 1919 da serien begynte. Vi kunne også påvise at allerede etter et par år var situasjonen i strandsonen normal, og den gamle likevekten ble gjenfunnet. Bare rødnebb og blåstål brukte mange år

før de var tilbake i normale mengder, noe som skyldes den spesielle livssyklusen de har med kjønnskifte. Først er de unger noen år, så går de gjennom en fase som hunner (rødnebb), og til slutt blir de hanner (blåstål).

"Flødevigen-serien" har også dannet utgangspunkt for en rekke artikler om torskens populasjonsdynamikk, publisert i kjente internasjonale tidsskrifter. Disse artiklene, som er blitt til i samarbeid mellom forskere ved Havforskningsinstituttet, Universitetet i Oslo og en rekke andre norske og utenlandske institusjoner, har bl.a. vist at vi har langsiktige svingninger i torskens rekruttering. Selv om det kan være geografiske variasjoner, har disse svingningene en geografisk skala som minst dekker Skagerrakkysten. I tillegg til dette har vi svingninger med en periode på omkring 2–2,5 år. Disse korte svingningene skyldes trolig konkurranseforhold og kannibalisme som gjør at to sterke årsklasser sjelden følger hverandre. Årsakene til de lange svingningene eller trendene vet vi mindre om. Trolig har miljømessige og klimatiske forhold virket inn, men vi har også påvist at korte svingninger kan gi lange svingninger som et resonansfenomen, og derved uten ytre påvirkning. Basert på disse strandnotundersøkelsene har vi også analysert artsmangfoldet av fisk langs kysten og mellom åpen kyst og lukkede fjorder. Fremdeles gjenstår en lang rekke interessante spørsmål som vi håper disse tidsseriene kan hjelpe oss til å finne svar på, og en stor forskergruppe arbeider med videre analyser.

Summary

Methodical beach seine surveys give valuable time series

During the first years of the last century, a unique monitoring program was initiated at the Norwegian Skagerrak coast. The first hauls were conducted in 1904, and the monitoring program was established and reached its present form in 1919. Today about 120 stations are visited each year.

The standardised beach seines used are 40 m long and 3.7 m deep, with a 20-30 m long rope and a stretched mesh size of 1.5 cm.

From 1919 till 1988 all species of fish were identified, but not all were counted and measured. During this period a number of species were only classified according to a categorical scale. In 1988 and later all fish were counted and measured. If more than 100 specimens of a given species were caught, only 100 individuals were measured.

The long time series originating from these surveys have been used to analyse the population dynamics of cod and other species. It has also been used for monitoring of environmental conditions and of the effects of events like a toxic algae bloom in 1988.

Astrid K. Woll, Møreforskning, Gro I. van der Meeren og Stein Tveite, Havforskningsinstituttet

Interessen for skalldyr har de siste årene vokst både nasjonalt og internasjonalt. Dette er med på å øke en allerede positiv trend for den norske krabbenæringa. De årlige registrerte landingene har steget fra et minimum på 1300 tonn på begynnelsen av 90-tallet til vel 4300 tonn i 2002. Dette skyldes først og fremst en økning av fangstene i Trøndelag og en utvidelse av fangstfeltene langs Helgelandskysten. Ressursundersøkelser vil gjøre det lettere å se om det vil lønne seg å øke innsatsen i Midt-Norge eller sette inn tiltak i nye regioner.

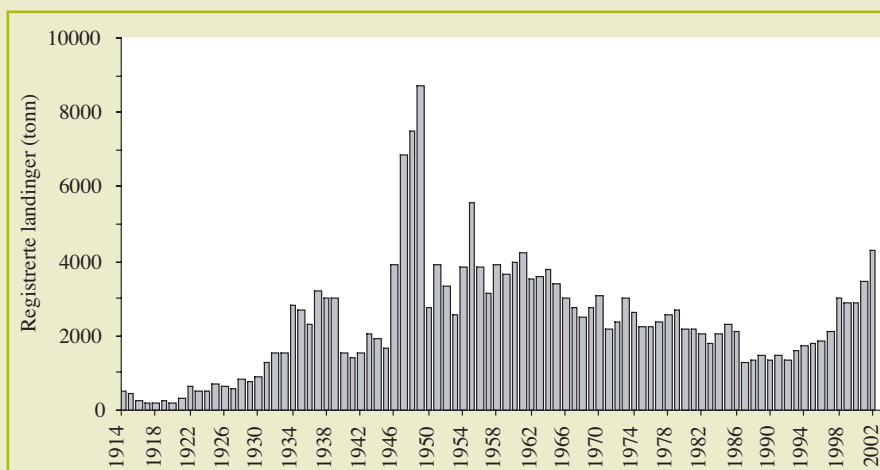
Bakgrunn

Fram til i dag er det fangststatistikkene som har gitt oss informasjon om krabbefisket. Statistikken viser at det til tider har vært fanget store mengder taskekrabbe i Norge, de største mengdene i etterkrigstiden med rekorden i 1949 på hele 8 700 tonn (Figur 7.13.1). Hvorvidt de store fangstene i den tiden skyldtes en høyere fangstsinnsats eller et større fangstutbytte per teine er vanskelig å si. For våre viktige kommersielle fiskearter og for hummer har det gjennom flere år vært drevet systematiske registreringer av fangstutbytte for å kunne følge

svingninger i bestanden. For taskekrabbe mangler slike undersøkelser, så det finnes ikke noe estimat av bestanden langs norskekysten.

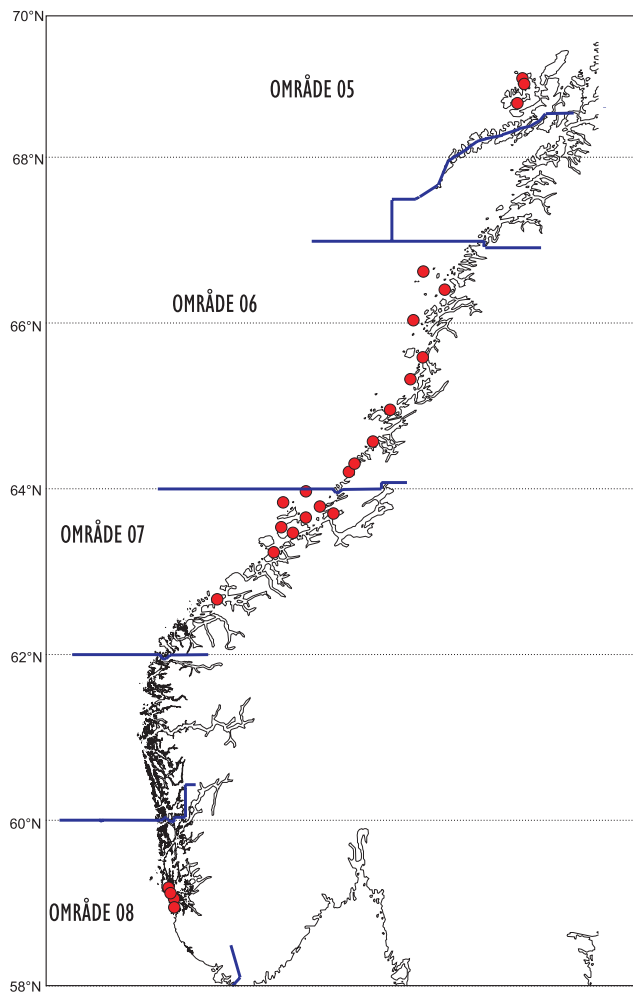
Oppstart av en systematisk ressursundersøkelse av taskekrabben

Etter hvert som krabbenæringa har økt sin lønnsomhet, har det kommet et ønske fra næringa om bedre kunnskap om krabbestanden. Dette gjelder både mengde, nye felt og muligheten for å utvide sesongen. Høsten 2001 ble det derfor satt i gang et prosjekt for å få til en systematisk registrering av fangstene. I første omgang ble prosjektet satt i gang i Midt-Norge, hvor det største fisket etter taskekrabbe i Norge foregår. Registreringene er basert på kontraktbaserte fangstregistreringer foretatt av yrkesfiskere. Til sammen foretok 19 fiskere slike registreringer høsten 2001. I sesongen 2002 fortsatte registreringene med de samme fiskerne pluss fire fiskere fra Rogaland og tre fra Vesterålen (Figur 7.13.2). Fangstregistreringene strekker seg fra midten av juli til slutten av november. Krabbesesongen starter tidligere sør i landet enn lenger nord.



Figur 7.13.1

Fiskeridirektoratets fangststatistikk for taskekrabbe fra 1914-2002. Norwegian recorded landings of crab (*Cancer pagurus*) tonnes 1914-2002.



Figur 7.13.2

Område for ressursundersøkelsen. Fiskernes plassering er angitt med røde sirkler.

Investigation areas. Red circles indicating the location of single fishery.

Fire forsøksteiner er utdelt til hver fisker som er knyttet til ressursprosjektet. I løpet av ti uker i fangstsesongen har de registrert all fangst fra disse teinene. Registreringene inneholder relativt mye informasjon, slik at de danner grunnlag for regionale sammenligninger av fangstutbytte, kjønnsfordeling, størrelsesfordeling og krabbens kvalitet. I løpet av sesongen 2001 ble vel 20 000 krabber registrert, og nærmere 30 000 i sesongen 2002 (Tabell 7.13.1).

Resultater så langt

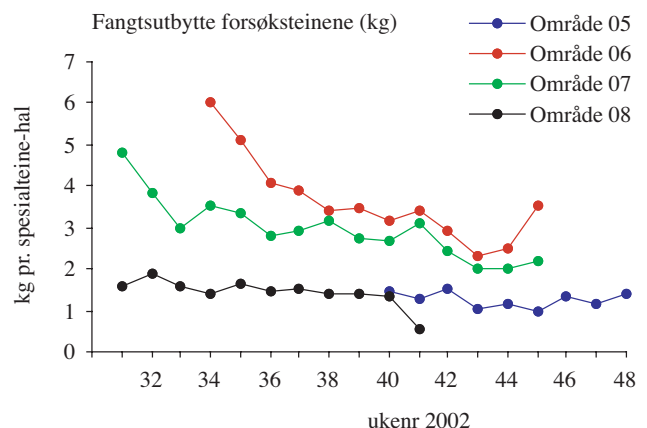
Gjennomsnittlig fangstutbytte for alle fiskerne i sesongen 2001 var 2,9 kg per teinehal og i 2002 3,1 kg per teinehal (Figur 7.13.3). Fangstresultatet ble også vurdert i nord-sørretning, der man nyttet den samme områdeinndeling som Fiskeridirektoratet (Figur 7.13.2). Minstemål for krabbe er 13 cm, unntatt for Rogaland og Skagerrak, der det er 11 cm. Fangstutbyttet ble beregnet ut fra krabber større enn 13 cm

skallbredde for sammenligningens skyld, så reelt fangstutbytte her avviker noe fra Figur 7.13.3. Det var store variasjoner mellom de ulike regionene, der område 06-Helgelandskysten i gjennomsnitt hadde det høyeste fangstutbyttet gjennom hele sesongen (Figur 7.13.3). I området 06-Helgelandskysten lå krabbefisken lenge brakk før det ble startet opp igjen for 3-4 år siden. Området er sannsynligvis ikke fullt utnyttet ennå. I område 05-Vesterålen er det ingen tradisjon for krabbefiske. Fiskerne har gjennom de siste årene vært plaget med bifangst av krabbe i garnene. Et prøvefiske etter taskekrabbe startet derfor opp i 2001, og fangstutbyttet i område 05 må ses på bakgrunn av dette. I område 07-Frøya/Hitra (hovedsakelig) har det foregått et intensivt fiske i mange år. I område 08-Rogaland har krabbefisken vært drevet i mange år, i de siste årene også med en utvidet sesong med oppstart i mai/juni. Gjennomsnittlig størrelse på krabben fra Rogaland var mindre enn for områdene lenger nord, og hovedmengden av krabbene hadde en skallbredde mellom 13-13,9 cm. I de to nordligste områdene hadde hovedmengden av krabbene skallbredde mellom 15-15,9 cm (Figur 7.13.4).

Krabbefangstene hadde en overvekt av hunner både i sesongen 2001 (76 %) og 2002 (67 %). Dette er en vanlig trend i krabbefisken, og skyldes nok at fisket foregår i de områder og tidspunkt hunnkrabbene samles for å gyte. Gytingen starter vanligvis i oktober og fortsetter utover høsten og sannsynligvis til utpå tidlig vinter. Krabben bærer de befruktede eggene under halen i 7-8 måneder, såkalt "utrogn". Krabber med utrogn spiser minimalt og blir sjelden fanget i teinene. Når krabbene gyter, forsvinner også de mest ettertraktede krabbene fra fangstene.

Tilstøtende arbeid

I sesongen 2001 ble det foretatt en representativ innsamling av hunnkrabber, og en vurdering av modning av ovariene ("innrogn") ble foretatt for å sammenligne modningstids-



Figur 7.13.3

Gjennomsnittlig fangstutbytte for fiskerne fordelt på områdene 05 (Vesterålen), 06 (Helgelandskysten), 07 (hovedsakelig Frøya/Hitra) og 08 (Rogaland) i sesongen 2002.

Average catch in kilo per trap haul, for area and week.

Tabell 7.13.1

Oversikt over omfanget av fiskernes fangstregistreringer sesongen 2001 og 2002.
Number of fishermen, trap hauls and measured crabs by year and area.

Statistisk område	Antall fiskere		Antall forsøksteinehal		Antall registreringer	
	2001	2002	2001	2002	2001	2002
Område 05	1	3	41	239	276	896
Område 06	8	9	1 351	1 263	10 438	11 827
Område 07	10	9	1 374	1 225	9 900	11 050
Område 08	0	4	0	557	0	6 058
Totalt	19	25	2 766	3 284	20 614	29 831

punktet i regionene Trøndelag, Helgeland og Lofoten. Modningen av ovariene har betydning for start og avslutning av fangstsesongen i forhold til en best mulig utnyttelse av de "modne" hunnkrabbene. I sesongen 2002 ble det foretatt en systematisk innsamling av hunnkrabber i ulike størrelsesgrupper fra Rogaland, Trøndelag og Vesterålen. Krabbene skal videre bearbeides for bestemmelse av størrelse ved kjønnsmodning sett i forhold til geografisk utbredelse.

Videre arbeid

Videre registreringer er planlagt for sesongen 2003. Det jobbes også for at registreringene skal fortsette om enn i et redusert omfang. Først når registreringsprogrammet har gått over flere år, vil det være mulig å skille varige opp- eller nedgående trender fra årlige svingninger i bestanden. Dataene vil nyttes for å beregne bestandsutviklingen generelt på lang sikt, samt til å analysere sammenhenger mellom regioner når det gjelder fangstsammensetning, kvalitet og gytetidspunkt. Det knyttes spesiell interesse til fangstene fra Vesterålen, da det ikke tidligere er drevet krabbefiske i denne regionen.

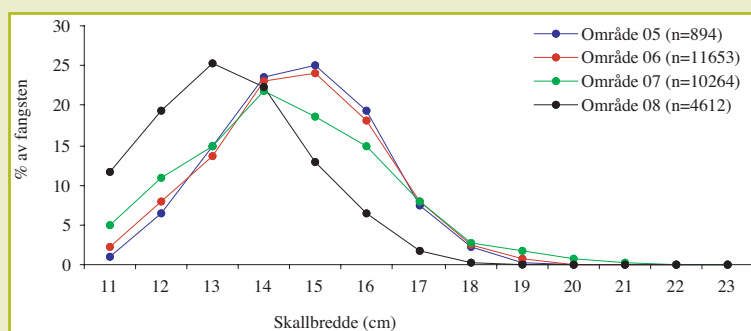
Resultatene vil bli gjort tilgjengelige slik at både fiskere og forvaltere kan få en bedre oversikt over et regionalt fiskeri. Målingene av fangstutbyttet vil etter noen år kunne nyttes til å varsle om bestandsendringer. Registreringene av størrelse, kjønn, kjønnsmodning og gytetidspunkt vil i tillegg gi en

langt bedre innsikt i krabbens biologi og gi informasjon av kommersiell interesse, da det er kjønnsmodne hunner med modnende "innrogn" som per i dag er det mest etterspurte og best betalte produkt av taskekrabben.

Det er også ønske om å utvikle en merkemethode som med tiden tillater effektive og pålitelige merke-/gjenfangstforsøk på krabbe. Da vil det kunne gjennomføres konkrete bestandsestimater i tillegg til atferdsstudier omkring reproduksjon og beiting.

Prosjektfakta

Prosjektet "Ressursundersøkelser av taskekrabbe i Midt-Norge" har vært finansiert av fylkeskommunene i Rogaland, Møre og Romsdal, Sør-Trøndelag, Nord-Trøndelag og Nordland samt av Fiskeridirektoratet ved Ordningen for fiskeforsøk og veiledning. Prosjektets administrative ledelse er lagt til Fiskeridirektoratet, region Trøndelag. Det faglige ansvar har Møreforskning Ålesund, som sammen med Havforskningsinstituttet står for planlegging, oppfølging og databehandling. Prosjektet har hatt en styringsgruppe bestående av representanter fra Fiskeridirektoratet region Trøndelag, Norges Råfisklag og Fiskarlaget Midt-Norge. Det er utarbeidet en årsrapport for registreringene i 2001 som er tilgjengelig ved henvendelse til Møreforskning Ålesund. Rapporten for 2002 vil foreligge i mars 2003.

**Figur 7.13.4**

Størrelsesfordeling for totalfangsten (krabber > 11 cm).
Size frequency distribution for crabs > 11 cm (shell width).

Summary

Edible crab (*Cancer pagurus*): an old resource with high potential for exploitation

Around the 1950s reported annual landings of edible crab were around 3,000–4,000 tonnes, mostly used by the canning industry. Canned products experienced declining popularity during the latter half of the century. The increasing crab demand in recent years is primarily for live crabs, freshly-boiled crabs and filled crab shells (carapaces filled mostly with claw-meat). Recreational fishers catch legally unknown quantities of crabs, and in southern

Norway even crabs caught and landed by professionals are not recorded in the fishery statistics. The crab stocks are not regularly assessed or monitored, but in 2001 a cooperation was initiated with 19 fishers on the west coast with the aim to derive data for regional resource assessments. Size, sex and quality is recorded for individual crabs caught by four special traps operated by each fisher. In 2001 and 2002, 20,000 and 30,000 crabs were measured, respectively. Initial results show regional differences in catch per unit of effort, sex and size distribution, and the patterns observed can tentatively be explained by the area-specific history of the fishery.