

FISKEN OG HAVET, SÆRNUMMER 2 - 1998

ISSN 0802 0620

HAVETS MILJØ

1998

(Miljørapporten)

Redaktør

Jan Aure

HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Mars 1998

INNHOOLD

FORORD	5
PROGNOSER FOR 1998	7
PROGNOSIS FOR 1998	8
SAMMENDRAG	9
SUMMARY	11
1. ØKOSYSTEMET I BARENTSHAVET	13
1.1. Havklima.....	13
1.2 Plankton og næringssalter.....	17
1.3 Yngelproduksjon	22
2. ØKOSYSTEMENE I NORSKEHAVET OG PÅ KYSTEN	23
2.1. Havklima.....	23
2.2 Plankton og næringssalter	31
2.3 Yngelproduksjon	37
3. ØKOSYSTEMENE I NORDSJØEN OG SKAGERRAK	39
3.1 Havklima	39
3.2 Plankton og næringssalter	49
3.3 Skadelige alger	53
4. FORURENSING	57
4.1 Forurensing	57
4.2 Technetium-99 i norske havområder.....	60
AKTUELLE TEMA	63
Invasjon av kolonimaneten <i>Apolemia uvaria</i> langs norskekysten i 1997	Jan Helge Fosså 63
Ødelegger fisket korallrevene på den norske kontinentalsokkelen?.....	Pål Buhl Mortensen 71
Ministerkonferansen for Nordsjøen i mars 1997 - Hva ble egentlig resultatet?.....	Roald Sætre 75
El Nino - et klimafenomen.....	Geir Ottersen 78
Et nytt system for automatisk varsling av ekstreme miljøsituasjoner	Trygve Gytre 82
Drivbøyer - et nyttig verktøy for å kartlegge strømmen i havet.....	Roald Sætre 86
Ekstreme oksygen og næringsforhold i indre Sørfjorden - Hardanger.....	Jan Aure 89

FORORD

Havforskningsinstituttets oppgave er gjennom forskning å fremskaffe kunnskapsgrunnlaget for en bærekraftig forvaltning av havmiljøet og for en økologisk forsvarlig høsting av våre fiskeresurser. Det er et nært samspill mellom havmiljøet og fiskebestandene. Variasjoner i havmiljøet eller havklimaendringer virker inn både på den geografiske fordelingen av fiskebestandene samt på deres vekst og rekruttering. Våre havområder tilføres årlig betydelige mengder forurensninger. Overvåkning av forurensningsnivået er viktig både for å kunne få varsel om mulige økologiske skadevirkninger og som en renhetsgaranti for norske fiskeprodukter. Miljøundersøkelser har derfor alltid hatt en fremtredende plass i Havforskningsinstituttets virksomhet.

I oversikten over havets miljø har HI i flere år gitt prognoser for vekstforholdene for lodde i Barentshavet. I 1994 startet vi arbeidet med også å gi varslere for klimaet i våre havområder for de nærmeste årene. Basisen for disse varslene er studier av de lange tidsseriene av temperatur og saltholdighet. Disse seriene viser at klimaet varierer mye på samme måte som i atmosfæren og at vi kan snakke om varme og kalde år i havet. Årsakene til slike variasjoner er vanskelig 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 klimaendringer i havet mye lenger fram i tid enn det som er mulig i atmosfæren. Varslene fremkommer ved å bruke forskjellige statistiske metoder på de lange observasjonsseriene kombinert med erfaringen om utviklingen i tilsvarende klimatiske situasjoner.

Denne rapporten tar sikte på å beskrive miljø-

tilstanden for norske hav - og kystområder i 1997. Med miljøtilstanden mener vi her havets fysiske og kjemiske tilstand, produksjonsforhold og næringsforhold for fisk samt forurensningssituasjonen.

Havforskningsinstituttet driver i hovedsak tre typer overvåkning av miljøet i havområdene omkring Norge:

Kystovervåkning

Denne består av et system av:

- Faste hydrografiske kyststasjoner som tas av lokale observatører
- Termograftjenesten - observasjoner av temperatur og saltholdighet fra rutegående fartøy
- Fjordovervåkning - hydrografiske og kjemiske målinger i utvalgte fjorder

Forurensningsovervåkning

Denne overvåkingen gjennomføres regelmessig i fjorder, i kystfarvann og havområder (Nordsjøen og Barentshavet). Hovedinnsatsen er på organiske miljøgifter, tungmetaller og radioaktivitet både i vann, i sedimenter og i organismer. Overvåkning er også knyttet til petroleumsaktiviteten på norsk sokkel samt til næringsalter og overgjødning.

Overvåkning av klima - og produksjonsforhold i havområdene

Dette er et system av faste oseanografiske snitt som gjentas med regelmessige mellomrom kombinert med en mindre hyppig regional dekning for overvåkning og tilstandsvurdering av:

- Havklima
- Plante- og dyrplanktonproduksjon
- Rekruttering og tilstanden i fiskebestandene

Denne rapporten refereres slik: *This report should be cited:*
Aure, J. et al, Havets miljø 1998, Fiskerihavet, Særnr. 2:1998

Her er også inkludert overvåking av skadelige alger.

Vi takker for at vi har fått anledning til å benytte data fra Havforskningsinstituttet i Reykjavik, Fiskerilaboratoriet på Færøyene, Geofysisk Institutt - Universitetet i Bergen og Marine Laboratory, Aberdeen.

Redaksjonskomité for Havets Miljø 1998 har vært Jan Aure (redaktør), Roald Sætre, Kari Østervold Toft og Karen Gjertsen.

Rapporten utgis årlig. For å lette forespørsler om de emner som omtales i rapporten, er det gitt en oversikt over hovedansvarlige for kapitlene 1 - 4. I kapittel 5 er forfatter navngitt i artikkelen.

Barentshavet

Havklima

Plankton og næringsalter

Yngelproduksjon - lodde

Norskehavet og kysten

Havklima

Plankton og næringsalter

Yngelproduksjon - sild

Nordsjøen og Skagerrak

Havklima

Plankton og næringsalter

Skadelige alger

Forurensning

H. Loeng

A. Hassel

P. Fossum

J. Blindheim,

J Aure og E. Svendsen

B. Ellertsen,

F. Rey og W. Melle

P. Fossum

D. Danielssen og

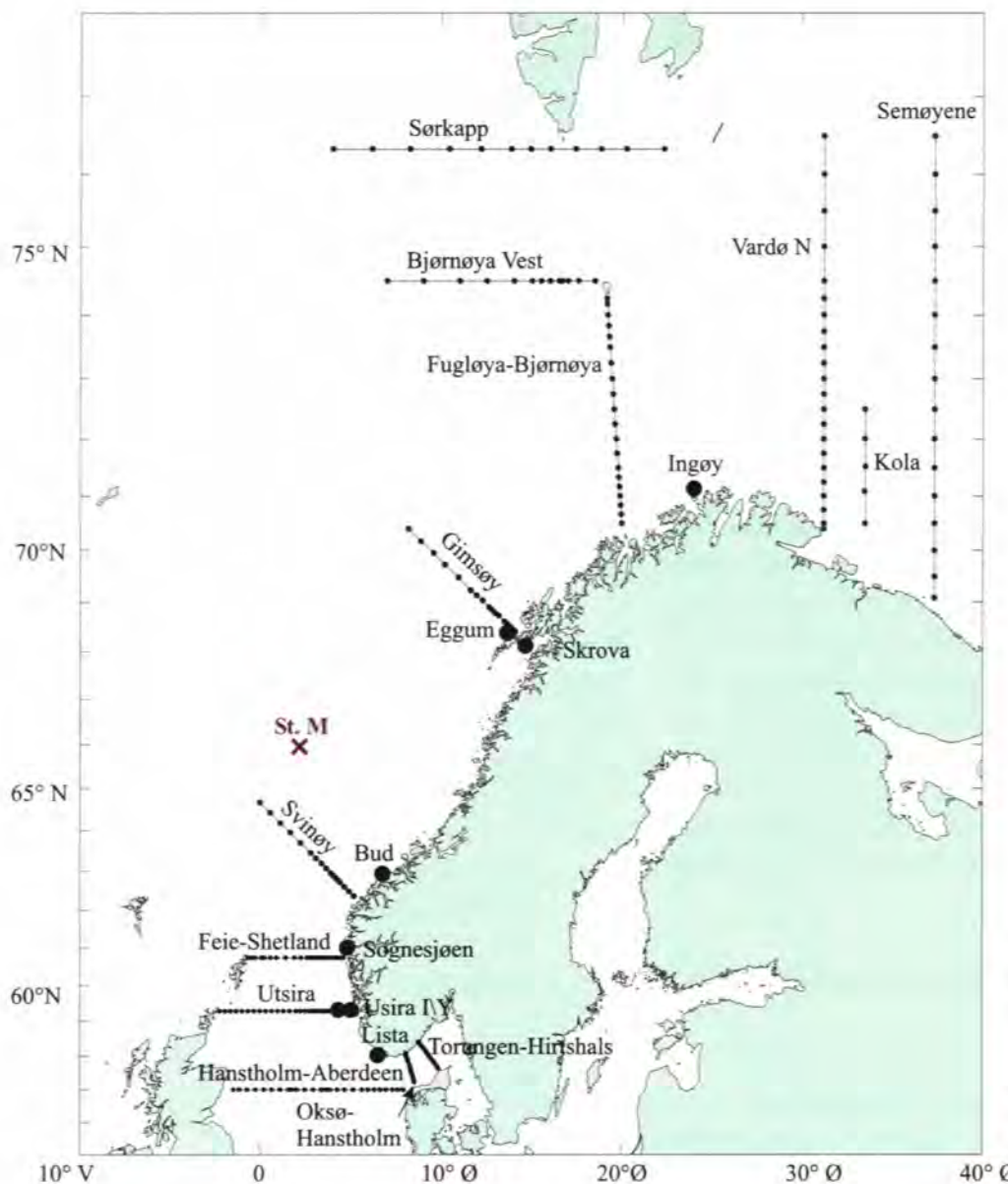
E. Svendsen

D. Danielssen,

E. Dahl og J. Aure

E. Dahl

J. Klungsoyr



Figur 0 Faste hydrografiske stasjoner og snitt
Fixed hydrographic stations and sections.

PROGNOSE FOR 1998

Havklimaet

- * Tilførselen av atlantisk vann til Norskehavet øker, og det ventes noe høyere temperaturer langs innstrømningsruten i den østlige delen av Norskehavet og i de dypere lag langs norskekysten.
- * Temperaturen i den vestlige og sentrale delen av Barentshavet vil øke noe, og ventes å ligge omkring langtidsmiddelet. Isforholdene vil trolig være bedre i 1998 enn i 1997. I den nordlige og østlige delen av Barentshavet ventes det fortsatt relativt lave temperaturer.
- * Den vestlige delen av Norskehavet mot Færøyene og Island vil fortsatt ha en stor tilførsel av relativt ferskt, kaldt arktisk vann med temperatur under langtidsmidlet.
- * Tendensen til økt saltholdighet og temperatur over Nordsjøplatået og i Norskerenna, vil fortsette i 1998. Temperaturene vil trolig ligge over det normale i øvre lag av Nordsjøen og Skagerrak vinteren 1998.

Produksjonsforhold

- * 1997-årsklassen av lodde i Barentshavet synes å være den mest tallrike siden 1992. Overvintringsbestanden av dyreplankton ventes å gi grunnlag for tilnærmet normale næringsforhold for lodde, sild og fiskeyngel i Barentshavet.
- * Den gode 1997-årsklassen av lodde vil bidra til å lette beitepresset på småsild i Barentshavet.
- * Endringene i havklimaet i den vestlige del av Norskehavet, med økende innflytelse av kaldere, ferskere arktisk vann sammen med blant annet større sildebestand, har ført til dårligere beiteforhold for silda om sommeren. Det er ingenting som indikerer en vesentlig omlegging av havklimaet i dette området i 1998, og det ventes derfor fortsatt lav individuell vekst hos sild i Norskehavet.

Fiskefordeling

- * I Norskehavet vil den økte utredelsen av vann med arktisk opprinnelse føre til en fortsatt redusert vestlig utbredelse av silda. Vi venter derfor at silda utover våren og sommeren vil fordele seg omtrent som de siste par årene, da bare en liten del av bestanden trakk inn i islandsk sone. Usikkerheten er her knyttet til den videre utviklingen av den atlantiske innstrømningen til Nord-Island som startet høsten 1997.
- * Høyere temperaturer i vestlige og sentrale deler av Barentshavet vil trolig gi økt tilgjengelighet av torsk i den sørlige del av «Smuthullet».

PROGNOSIS FOR 1998

Ocean climate

- * The inflow of Atlantic water to the Norwegian Sea increases and some higher temperatures are expected along the inflow route in the eastern part of the Norwegian Sea and in the deeper layers along the Norwegian coast
- * The temperatures in the western and central part of the Barents Sea will increase slightly and are expected to be around the long term mean. Ice conditions will most likely be better in 1998 than in 1997. In the northern and eastern part of the Barents Sea the relatively low temperatures will continue to dominate.
- * In the western part of the Norwegian Sea towards the Faeroes and Iceland the inflow of relatively fresh and cold water of arctic origin will continue and result in temperatures below the long term mean.
- * The trend towards increased salinities and temperatures over the North Sea Plateau and in the Norwegian Trench will continue in 1998. The temperatures will most likely be above the normal in the upper layer of the North Sea and the Skagerrak during the winter of 1998.

Ocean production

- * The 1997 year class of capelin appears to be the most abundant since 1992. The large over-wintering stock of zooplankton is expected to give approximately normal feeding conditions for capelin, herring and fish fry in the Barents Sea.
- * The good 1997 year class of capelin will contribute to a reduced predation pressure on young herring in the Barents Sea.
- * The change in the ocean climate in the western part of the Norwegian Sea with increasing influence of colder and fresher arctic water together with an increasing stock size of herring have resulted in poorer feeding conditions for herring during summer. There are no indications of any significant shift in the ocean climate in this area for 1998 and consequently, continuous low individual growth rates for herring in the Norwegian Sea are expected to continue.

Fish distribution

- * In the Norwegian Sea the increased distribution of water of arctic origin will result in herring having a geographical distribution approximately the same as during the last years, where only a very small portion of the stock migrated into the Icelandic zone. There is some uncertainty attached to the further development of the atlantic inflow to North-Iceland which started during the autumn 1997.
- * Higher temperatures in the western and central parts of the Barents Sea will most likely increase the availability of cod in the southern part of the so-called Loophole.

SAMMENDRAG

Den varme sommeren 1997 resulterte i rekordhøye temperaturer i overflatevannet langs hele norskekysten, fra svenskegrensa til Vestfjorden. I de sentrale og vestlige delene av Barentshavet lå temperaturen rundt det normale, mens det fortsatt er kaldt i nordlige og østlige områder. Dette førte blant annet til at fisken flyttet seg vestover, og at det ble redusert tilgjengelighet av fisk i Smutthullet. I vestlige deler av Norskehavet dominerer fortsatt det kalde, ferske arktiske vannet, mens temperaturen økte i østlige deler.

I 1997 ble det funnet store mengder både av lodde- og sildelarver. Silda hadde dårlige næringsforhold og høy dødelighet. Loddelarvene hadde bedre overleving. Planktonproduksjonen gikk ned i Norskehavet, men stabiliserte seg i 1997 rundt det normale i Barentshavet. I Skagerrak startet våroppblomstringen tidligere enn vanlig, men den totale produksjonen gjennom året var lavere enn normalt.

Havets miljø er en viktig økologisk faktor som påvirker den biologiske tilstanden i havet. Variasjoner i havmiljøet og endringer i havklimaet virker inn på den geografiske fordelingen, vekst og rekruttering hos fisk.

Havklima

Tilførslene av varmt og salt atlantehavsvann gjennom Færøy-Shetlandkanalen er avgjørende for klimaet i våre havområder. Våre fiskebestander er som regel i best forfatning og gir de sterkeste årsklassene når temperaturen er høy.

I sentrale, vestlige og nordlige deler av Norskehavet har det i de siste årene vært en markert nedgang i saltholdighet og temperatur i vannmassene. Dette skyldes økte tilførsler av kaldt, ferskt arktisk vann fra Polhavet via Øst-Islandsstrømmen til Norskehavet. Utover høsten 1997 ble det registrert en klar temperaturøkning utenfor Nord-Island, noe som trolig skyldes den største innstrømning av atlantisk vann på mange år. Det er usikkert om dette betyr slutten på en periode med arktisk innflytelse

i dette området, eller om det bare er av midlertidig karakter.

I kjernen av innstrømmende atlantisk vann i den østlige del av Norskehavet, økte temperaturen i 1997. Økningen var størst i sør, og i Svinøy-snittet var temperaturene de høyeste som er registrert siden målingene tok til i 1978. Den varme sommeren gav rekordhøye temperaturer i overflatevannet sør for Vestfjorden, og høye temperaturer i mellomliggende lag utenfor kysten av Nord-Norge utover høsten 1997.

I vestlige og sentrale deler av Barentshavet stabiliserte temperaturene seg omkring det normale i 1997, men det er fortsatt kaldt i østlige og nordlige deler. Vinteren 1997 var det betydelig mer is enn året før, og isgrensen lå sør for 74°N store deler av vinteren. Vi må tilbake til 1989 for å finne tilsvarende ismengder i Barentshavet.

Siden 1993 har det vært kaldere enn normalt i Nordsjøen, særlig i sentrale og sørlige områder. I dypere lag av Nordsjøen, langs norskekysten og i Skagerrakbassenget steg temperaturen i 1997 sammenlignet med foregående år. I overflaten lå vinter temperaturen nær eller over det normale, mens den varme sommeren resulterte i ekstremt høye overflatetemperaturen fra juli til september både i Nordsjøen og langs norskekysten.

Produksjonsforhold

Produksjonen av dyreplankton i Barentshavet gikk ned fra 1994 til 1996. Nedgangen stoppet i 1997, og den totale biomassen av dyreplankton i 1997 lå mellom 1994- og 1996-nivået.

Våroppblomstringen på Stasjon M i Norskehavet var to-tre uker forsinket i 1997 sammenlignet med tidligere i 1990-årene. Planteplanktonmengdene etter vårbloomstringen var lavere enn tidligere år, noe som kan tyde på sterk beiting fra dyreplankton. Våroppblomstringen av kiselalger langs den svenske og norske Skagerrakkysten startet uvanlig tidlig i 1997. Det var mye alger allerede i januar, mens de normalt ikke forekommer i store

mengder før i mars. Etter denne tidlige vår-oppblomstringen kom det ingen ny oppblomstring. I store trekk var planktonmengdene langs Skagerrakkysten under det normale. Dette var trolig også tilfelle langs kysten nord for Skagerrak.

I sentrale og østlige Norskehavet viser sommerundersøkelsene en økning i biomassen av dyreplankton fra 1996 til 1997. Dette kan skyldes at undersøkelsene i 1997 ble gjennomført i juni - juli, en tid da planktonmengden generelt er høyere enn på det tidspunktet disse undersøkelsene har vært gjort tidligere år (juli-august). Undersøkelser i mai 1997 viste vesentlig mindre dyreplanktonbiomasse enn i mai 1996. Det var også vesentlige forskjeller i det geografiske fordelingsmønsteret i de to årene, og produksjonen av raudåte så ut til å ha kommet senere igang i 1997 enn i tidligere år.

Utover høsten 1997 fikk vi en invasjon av den kolonidannede maneten *Apolesia uvaria* som ikke er kjent fra norske farvann tidligere. Maneten tok livet av en del oppdrettsfisk og spredte seg langs hele kysten fra Skagerrak til Finnmark. Både mengde og opprinnelsesområde for denne maneten er uklar. Det er også usikkert om en slik invasjon vil kunne få økologiske følger, da slike maneter beiter både på dyreplankton og fiskelarver.

I juni 1997 ble det observert store mengder lodde-larver fra Torsvåg til Varanger, og om høsten ble det påvist loddeyngel i store deler av Barentshavet. Forholdene i 1997 minner om de gode årene 1989-1993, og 1997-årsklassen er mye mer tallrik enn de siste fem årsklassene. Dette er lovende med tanke på veksten i loddebestanden i Barentshavet.

I 1997 ble det funnet svært høye konsentrasjoner av sildelarver langs norskekysten fra Jæren til Røstbanken. De største forekomstene fant en langs kysten av Møre og Romsdal og over Haltenbanken. Sildelarveindeksen i 1997 er den høyeste som er registrert siden målingene startet i 1985. Forsinket vårblostring og dårlige næringsforhold førte imidlertid til liten vekst og stor dødelighet hos sildelarvene. Resultatet er en sildeårsklasse under middels. I tillegg er det usikkert hvordan det store beitepresset fra torsk på ungsild i Barentshavet vil virke inn på årsklassen. Et lyspunkt her er

at lodda er på vei opp igjen, og det kan redusere noe av beitepresset. Siden 1992 har den individuelle veksten hos sild gått gradvis nedover. Fra 1994-1997 har nedgangen i vekt og kondisjon vært særlig markert, og da med 1997 som et foreløpig bunnår. Vekstreduksjonen har vært størst hos den voksne silda, og det går spesielt ut over gyteproduktene i form av reduksjon både i antall gyteegg og dårligere eggkvalitet. Det er sannsynlig at sildas vekstreduksjon de siste årene blant annet har sammenheng med dårligere beiteforhold i Norskehavet og den økende bestandsstørrelsen.

Skadelige alger og forurensing

I Nord-Europa var vinteren 1997 kjølig, med lite nedbør og dermed lite avrenning til sørlige del av Nordsjøen og Kattegat. Vi observerte derfor ikke uvanlig høye konsentrasjoner av nitrogen i Skagerrak om våren, og heller ikke noen unormal sammensetning av næringssaltene.

Det var de store forekomster av *Alexandrium* spp. i mai-juni. Disse forekomstene medførte at blåskjell inneholdt lammende gifter over faregrensen i en del av perioden. Siste gang det ble påvist slik gift i større omfang i skjell på Skagerrakkysten var i 1982. Samme alge førte også til opphoping av lammende gift i skjell fra Rogaland til Trøndelag i april-juni. I Rogaland var problemet noe større enn tidligere, men omfanget var som vanlig størst i Romsdal. Sommeren og høsten 1997 ble det påvist lammende gift i skjell både i Nordland, Troms og Finnmark. Det er første gang dette er påvist i Finnmark.

Innholdet av organiske miljøgifter, som DDT og PCB, i fisk fra nordlige havområder er vesentlig lavere enn typiske verdier fra fisk i områder med høy miljøbelastning, som sørlige deler av Nordsjøen og Østersjøen. I fisk fra den nordlige delen av Nordsjøen er også verdiene lave. Det er observert forhøyede nivåer i bunnsedimentene i de dypere delene av Skagerrak og Norskerenna, noe som reflekteres i verdiene i fisk fra dette området. Det er viktig å understreke at det magre fiskekjøttet bare inneholder en brøkdel av de fettløselige miljøgiftene, da disse hovedsakelig er konsentrert i leveren.

SUMMARY

The warm summer of 1997 resulted in record high temperatures in the surface layer along the whole Norwegian coast from the Swedish border to Vestfjorden. In the central and western parts of the Barents Sea temperatures were near normal while it was continued to be cold in the northern and eastern areas. As a result of this temperature distribution, there was a westward movement of fish and less fish available in the so-called Loophole. The western part of the Norwegian Sea is still dominated by cold and fresh water of arctic origin while the temperatures increased in the eastern part.

In 1997 larvae of both herring and capelin were abundant. The feeding conditions for herring larvae were poor and mortality was high while the survival for the capelin was much better. The production of plankton in 1997 decreased in the Norwegian Sea and stabilised around the normal in the Barents Sea. In the Skagerrak the spring bloom started earlier than normal while the total annual production seems to be lower than normal.

The marine environment is an important ecological factor which influences the biological condition of the oceans. Environmental variability and fluctuations in ocean climate have an impact on the distribution, growth and recruitment of fish.

Ocean climate

The inflow of warm and high salinity water through the Faero-Shetland Channel controls the ocean climate in our oceanic areas. The condition of the fish stocks as well as the recruitment are usually better during periods with high temperatures.

During the last few years there has been a marked decrease in the water temperature and salinity observed in the central, western and northern parts of the Norwegian Sea. This is due to increased inflow of cold and less saline arctic water from the Polar Sea via the East-Icelandic Current. During autumn 1997 a pronounced temperature increase was observed off North-Iceland which probably was caused by the largest Atlantic inflow to these areas

for years. It is not yet clear, however, whether this indicate the end of a period of arctic influence off North-Iceland or just an inflow of intermediate character.

In the core of the inflowing Atlantic water in the eastern part of the Norwegian Sea the temperature increased during 1997. The increase was largest in the south and in the Svinøy section the temperatures were the highest recorded since the start of the observation series in 1978. The warm summer resulted in record high temperatures in the surface layer south of the Vestfjorden and also in extremely high temperatures in the intermediate layers off the coast of northern Norway during autumn.

In the western and central part of the Barents Sea the temperatures stabilised around the long-term normal in 1997 while it was still rather cold in the northern and eastern parts. During the winter 1997 there was considerably more ice than in previous years and the ice border was partly south of 74°N during the winter. One has to go back to 1989 to find as severe ice conditions in the Barents Sea as 1997.

Since 1993 the temperatures in the North Sea have been below normal, especially in the central and southern parts. In the deeper layers of the North Sea, along the Norwegian coast and in the Skagerrak basin the temperature in 1997 increased compared to previous years. In the surface layer the winter temperatures were normal or slightly above. The very warm summer resulted in extreme high surface temperatures from July to September both in the North Sea proper and along the Norwegian coast.

Ocean production

The production of zooplankton in the Barents Sea decreased from 1994 to 1996. The decrease stopped in 1997 and the total biomass of zooplankton in 1997 was between the levels of 1994 and 1996.

The spring bloom at Ocean Weather Station M in the Norwegian Sea was approximately three weeks delayed compared to the situation earlier in the 90's. The amount of phytoplankton after the spring bloom was lower in than previous years which may indicate heavy grazing of zooplankton. The spring bloom of

diatoms along the Swedish and the Norwegian Skagerrak coast started unusually early in 1997. In January, the levels of algae present were similar to those observed in March. After this early spring bloom the phytoplankton biomass along the Skagerrak coast was slightly below normal. Most likely, the same tendency was also the case along the coast north of the Skagerrak.

In the central and eastern Norwegian Sea the summer investigations indicated an increase in the zooplankton biomass from 1996 to 1997. This could be the result of sampling that was carried out in June-July 1997 when plankton biomass in general is higher than during the usual time for sampling in previous years (July-August). The investigations in May 1997 showed significantly lower zooplankton biomass than in May 1996. There was also pronounced differences between the two years in the geographical distribution of zooplankton and the production of *Calanus* sp. apparently started later in 1997 than in previous years.

During the autumn 1997 there was an invasion of the jellyfish *Apolemia uvaria* which had not previously been observed in Norwegian waters. The jellyfish killed some farmed salmon and spread along the whole coast from the Skagerrak to Finmark. Neither the abundance nor the core distributional area of this jellyfish is clear. The organism grazes on zooplankton and fish larvae and the possible ecological impact of such invasion is not known.

In June 1997 capelin larvae was observed in abundance from Torsvåg to Varanger and in autumn fry of capelin was found in large parts of the Barents Sea. The situation in 1997 remind of the good year classes 1989-1993 and suggests that the 1997 year class is significantly more abundant than the last five year classes. This is promising for the capelin stock in the Barents Sea.

In 1997 high concentrations of herring larvae along the Norwegian coast from Jæren to Røstbanken. The highest abundance was observed off the coast of Møre and Romsdal and over the Haltenbank. The herring larvae index in 1997 is the highest recorded since the start of the observations in 1985. Delayed spring bloom and unfavourable nutrition conditions resulted in low growth rate and high mortality of the herring larvae. As a result the 1997 year class of herring is below the average. Additionally, it is not clear how the predation pressure from cod on the young herring will influence the year class. A reason for some optimism is the fact that the capelin stock seems to be increasing and which may reduce predation pres-

sure on the herring.

Since 1992 the individual growth rate of herring has been decreasing. The reduction in weight and condition index has been especially pronounced for 1994-1995 with 1997 as the year of the lowest values. The reduction in growth has been most noticeable in adult herring and the spawning products is especially influenced, whereby, both the numbers as well as the quality of the eggs is reduced. Most likely, the reduction in growth for the herring during the last years is related to increasing stock size and less favourable feeding conditions in the Norwegian Sea.

Harmful algae blooms and pollution

In northern Europe the winter of 1997 was rather cold with little precipitation and thereby little fresh water runoff to the southern North Sea and the Kattegat. Therefore, neither unusually high nitrogen concentrations nor abnormal composition of the nutrients was observed in the Skagerrak during spring.

There were only minor problems with harmful algae in the Skagerrak in 1997, such as the abundance of *Alexandrium* spp in May-June. This algae resulted in poisonous mussels above the level for management measures during parts of the period. The last time a similar abundance of poisonous mussels was observed at the Skagerrak coast was in 1982. *Alexandrium* spp. also resulted in accumulation of paralytic shellfish poison in mussels from Rogaland to Trøndelag in April-June. In Rogaland the problems were somewhat greater than previously but, as usual, the problem was most prevalent in Romsdal. During the summer and autumn of 1997 paralytic shellfish poison was observed in the three northernmost counties. For the first time it was also observed in Finmark.

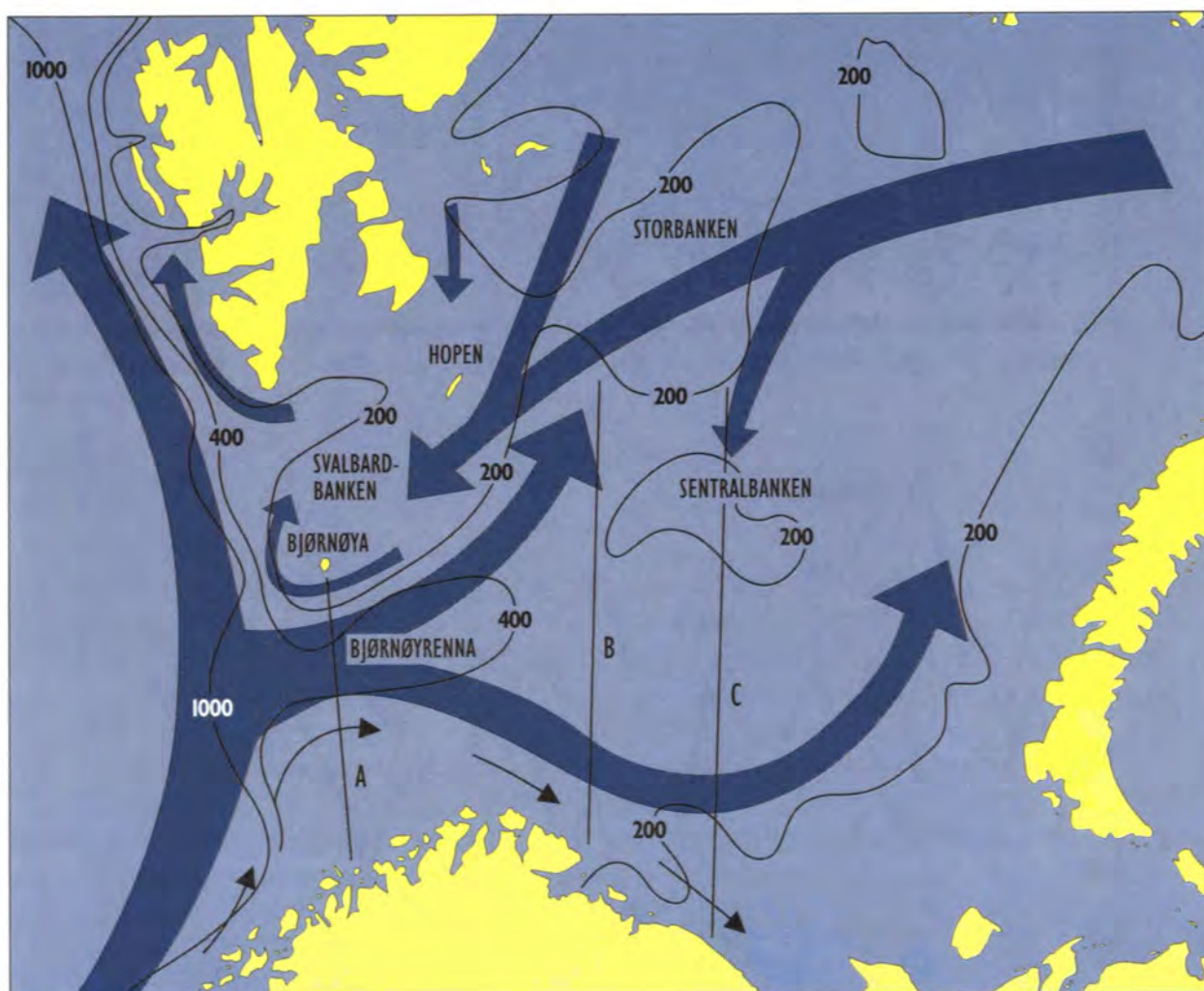
The content of organic contaminants, such as DDT and PCB, in fish from the northern oceans was significantly lower than in fish from pollution-exposed areas, such as the southern North Sea and the Baltic. The contaminant level was also low in fish from the northern North Sea. Elevated contaminant levels in the sediments from the deeper parts of Skagerrak and the Norwegian Trench have been observed and this is also reflected in the fish from the area. It is important to emphasize that fish muscle only contains a small proportion of the organic contaminants as most of this is concentrated in the liver.

I. ØKOSYSTEMET I BARENTSHAVET

I.1 Havklima

Barentshavet er et sokkelhav på omtrent 1.4 millioner km² hvor størstedelen er grunnere enn 300 meter og det midlere dypet er 230 meter (figur 1.1). Bunntopografien har stor innflytelse på fordeling og bevegelse av vannmassene. Innstrømningen av atlantisk vann til Barentshavet (Nordkappstrømmen) deler seg i en nordlig og en sørlig del. Innstrømning av kaldt arktisk vann

skjer fra nordøst mot sørvest (figur 1.1). Barentshavet er karakterisert ved store variasjoner fra et år til et annet både i varmeinnhold og i isdekke. Den viktigste årsaken til dette er endringer i innstrømningsvolum og temperaturforholdene i det atlantiske vannet. I perioden 1989-1994 har temperaturen i Barentshavet vært høyere enn langtidsnormalen.

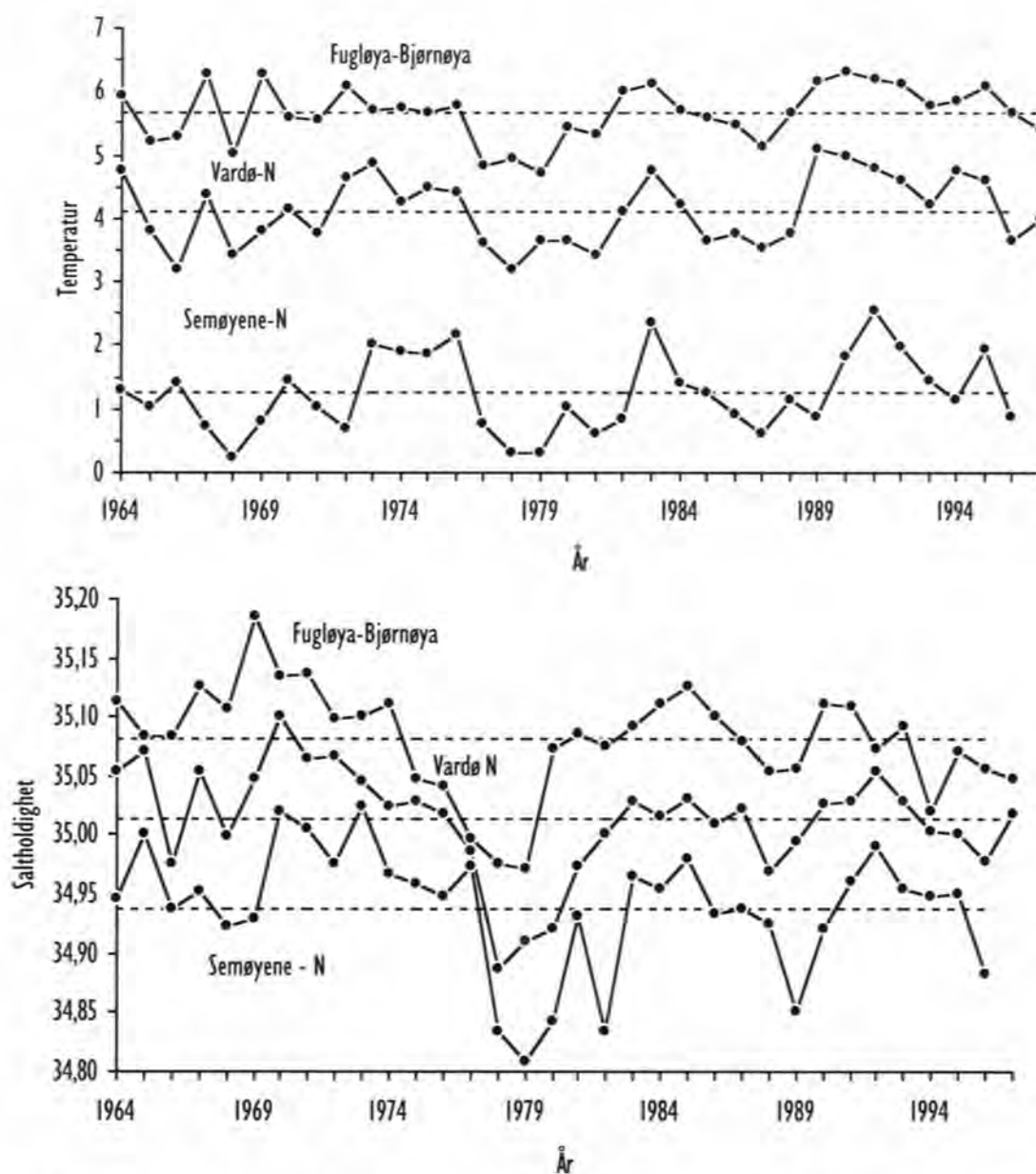


Figur 1.1

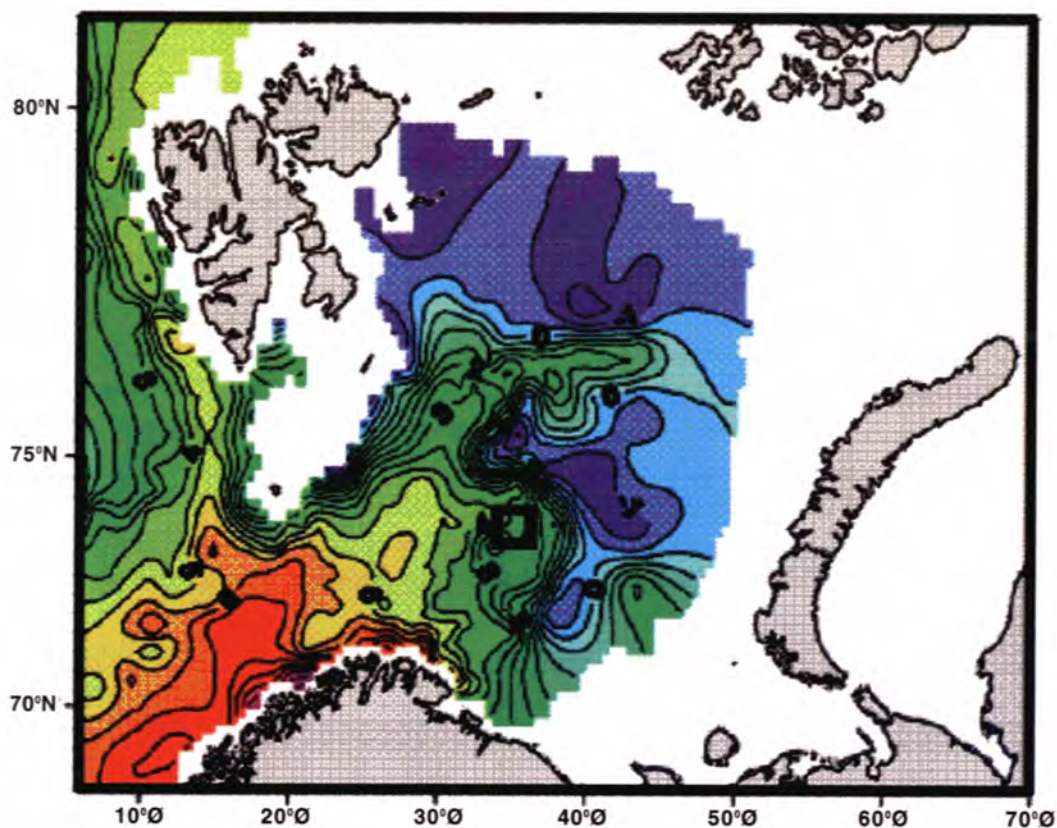
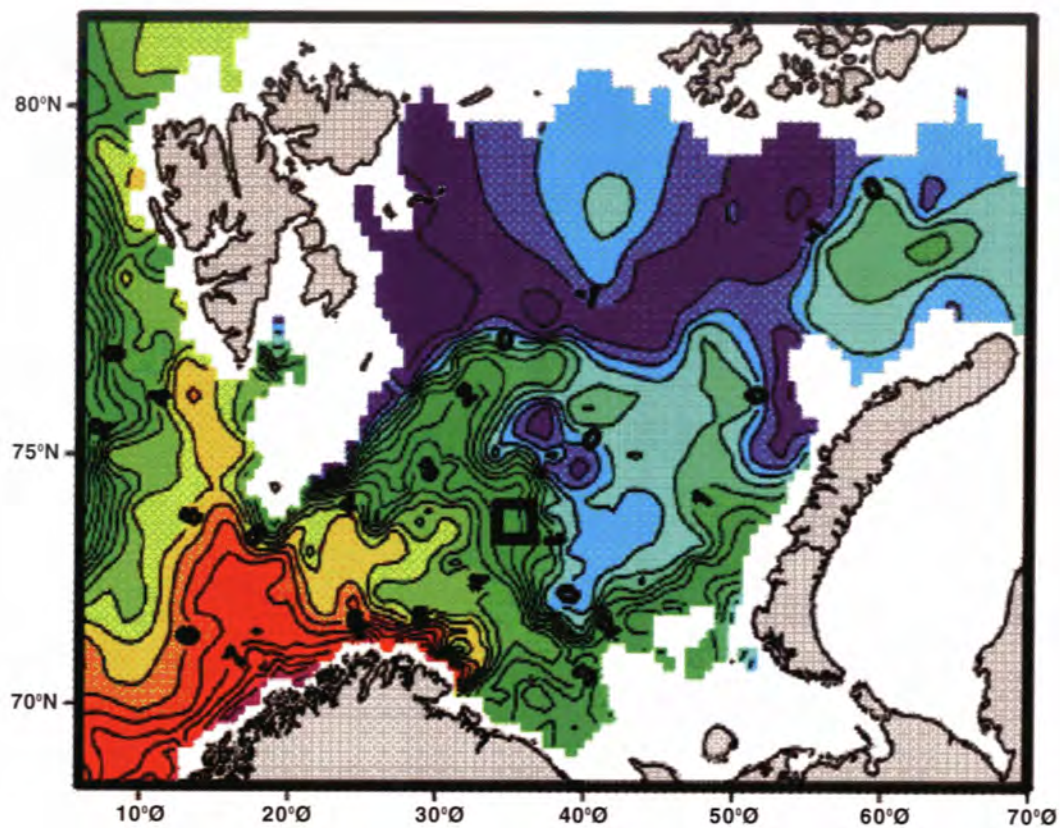
De viktigste trekkene i sirkulasjonsmønsteret og dybdeforholdene i Barentshavet. Hydrografiske snitt A) Fugløya - Bjørnøya, B) Vardø - Nord, C) Semøyene - Nord. *The most conspicuous features of the circulation and bathymetry of the Barents Sea. Hydrographic sections A) Fugløya - Bjørnøya, B) Vardø - North, C) Sem Island - North.*

I 1994 avtok temperaturene i hele Barentshavet i forhold til året før og lå igjen nær langtidsnormalen. Etter en mindre temperaturøkning i 1995, falt temperaturen igjen i 1996 i hele Barentshavet. Minst temperaturfall var det i de vestlige delene av havet. I 1997 fortsatte temperaturnedgangen i de vestlige deler av Barentshavet, mens det var en svak temperaturøkning i de sentrale deler. Da HI ikke fikk tillatelse til å ta observasjoner i russisk sone i 1997 vet vi lite om temperaturutviklingen i den østligste delen av Barentshavet. Vi har feks ikke data på snittet Semøyene i 1997 (figurene 0 og 1.2)

Med unntak av mars var temperaturene i snittet Fugløya-Bjørnøya i hele 1997 ca 0.2°C lavere enn året før, og tilsvarende mye under 20-årsmidlet 1977-1997 (figur 1.2). Den kortvarige temperaturøkningen i mars 1997 skyldes at atlantehavsvann på dette tidspunkt hadde en mer nordlig utbredelse sammenlignet med resten av året. I de sentrale deler av Barentshavet var det i 1997 en svak temperaturøkning med temperaturer omlag 0.2°C høyere enn i 1996 på snittet Vardø-Nord, men fortsatt ca 0.2°C under langtidsmidlet (figur 1.2) Det var små endringer i saltholdighetene fra 1996 til 1997, mens det var

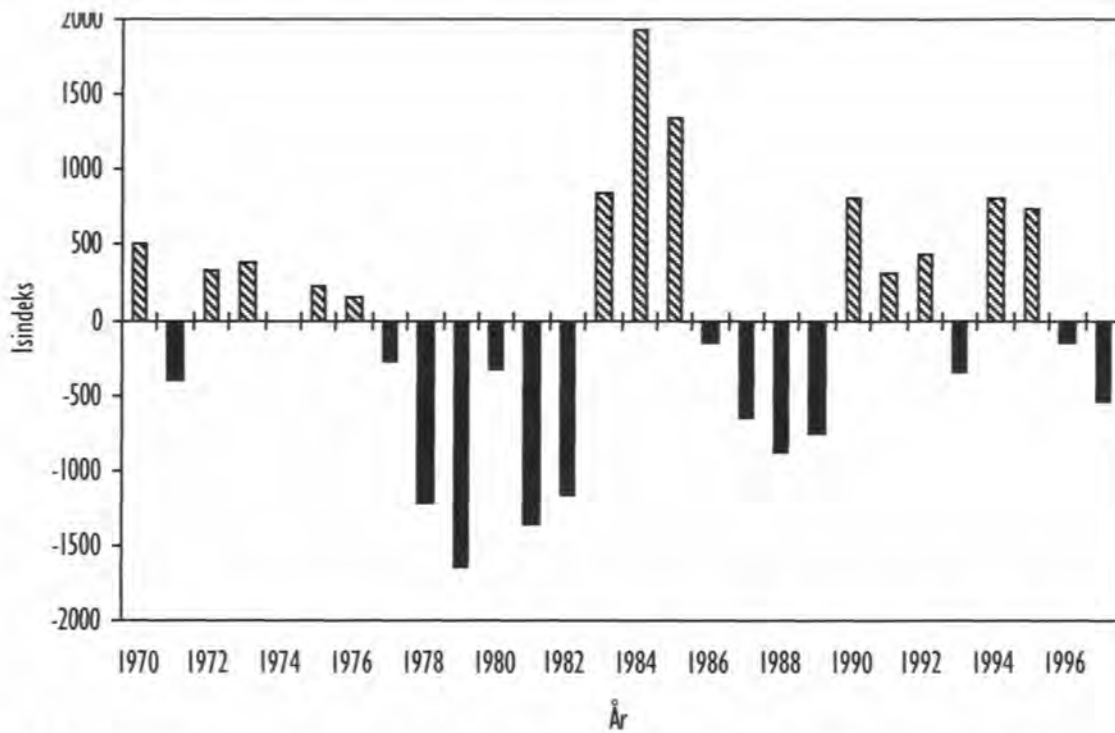


Figur 1.2 Midlere temperatur og saltholdighet i august/september mellom 50 og 200 meters dyp i snittene Fugløya-Bjørnøya, Vardø-Nord og Semøyene-Nord i perioden 1964-97. *Mean temperature and salinity between 50 and 200 meter in August/September in the section Fugløya-Bjørnøya, Vardø-North and Sem Islands-North, 1964-97.*



Figur 1.3

Temperaturfordelingen i Barentshavet i 100 meters dyp for august-oktober.
 Øverst: 1996, Nederst: 1997. Den sørvestlige delen av Smutthullet er markert.
Distribution of temperature in 100 meters depth during August-October.
Upper: 1996 Lower: 1997. The southwestern part of the Loop Hole is marked.



Figur 1.4 Isindeks for Barentshavet i perioden 1970-1997. Positive verdier betyr lite is, negative verdier indikerer mye is.
Ice index for the period 1970-1997. Positive values indicate little ice, while negative values show more severe ice conditions.

en tendens til økende saltholdighet på Vardø-Nordsnittet i de sentrale deler av Barentshavet og reduserte saltholdigheter lenger vest på Fugløya-Bjørnøyasnittet.

Figur 1.3 viser temperaturfordelingen i 100 meters dyp i Barentshavet i august-september 1997 (øverst) og 1996 (nederst). Forskjellene mellom disse to årene er størst i den østlige delen av havområdet hvor temperaturene er blitt markert redusert i 1997. På figurene har vi markert den sørvestlige delen av Smutthullet hvor størstedelen av det internasjonale fisket foregikk i 1996 og 1997. I dette området vil en i varme år vanligvis finne fisk av alle størrelser hele året. I kalde år derimot kan dette området være fisketomt i perioder. Da vil fisken trekke lenger sør og vest. Årsaken til dette er at denne delen av Smutthullet ligger i et område med store øst-vestforskjeller i temperaturen (polarfronten). Selv små øst-vestforflytninger 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 tidskala, som uker. I

1996 og 1997 var temperaturfordelingen i Barentshavet slik at små at øst-vestsvingninger førte til innstrømming av kaldt vann i den sørlige del av "Smutthullet", og fisken trakk periodevis ut av området.

I 1997 var det betydelig mer is i løpet av vinteren enn året før (figur 1.4), og isgrensene lå store deler av vinteren sør for 74°N og i enkelte områder også sør for 73°N. I gjennomsnitt er dette en halv breddegrad lenger sør enn året før, og vi må tilbake til 1989 for å finne tilsvarende ismengder i Barentshavet. I løpet av sommeren 1997 ble Barentshavet så godt som isfritt.

Temperaturforholdene i Barentshavet er hovedsaklig bestemt av tilført varmemengde fra innstrømmende atlantehavsvann. Det svake temperaturfallet i vest og sannsynligvis også i øst, sammenholdt med den svake temperaturøkningen i sentrale deler av Barentshavet, viser at det ikke var noen entydig temperaturendring. Inntil nå har vinteren 1997/98 vært noe mildere enn året før. Det kan ventes en noe høyere temperatur enn i 1997, det vil si omkring det normale

for årstiden. Isforholdene ved årsskiftet 1997/98 var også noe gunstigere enn året før. Dersom sjøtemperaturen stiger noe, vil den totale ismengden vinteren 1998 trolig bli noe mindre enn i 1997.

Analyser av lange tidsserier av temperaturforholdene i Barentshavet, viser klare periodiske svingninger med perioder fra to til omkring 20 år. Disse periodiske endringer synes å være det viktigste bidraget til de temperaturvariasjonene vi

observerer. Under forutsetning av at denne tilsynelatende sammenhengen fortsetter, kan vi bruke statistiske metoder for å beregne de fremtidige temperaturfluktasjoner i Barentshavet. Disse beregningene indikerer at temperaturen i vestlige og sentrale deler av Barentshavet vil holde seg omkring langtidsmiddelet to-tre år fremover. Deretter kan vi få et mer markert temperaturfall, og en ny varm periode vil muligens ikke finne sted innen de neste ti år.

1.2 Plankton og næringsalter

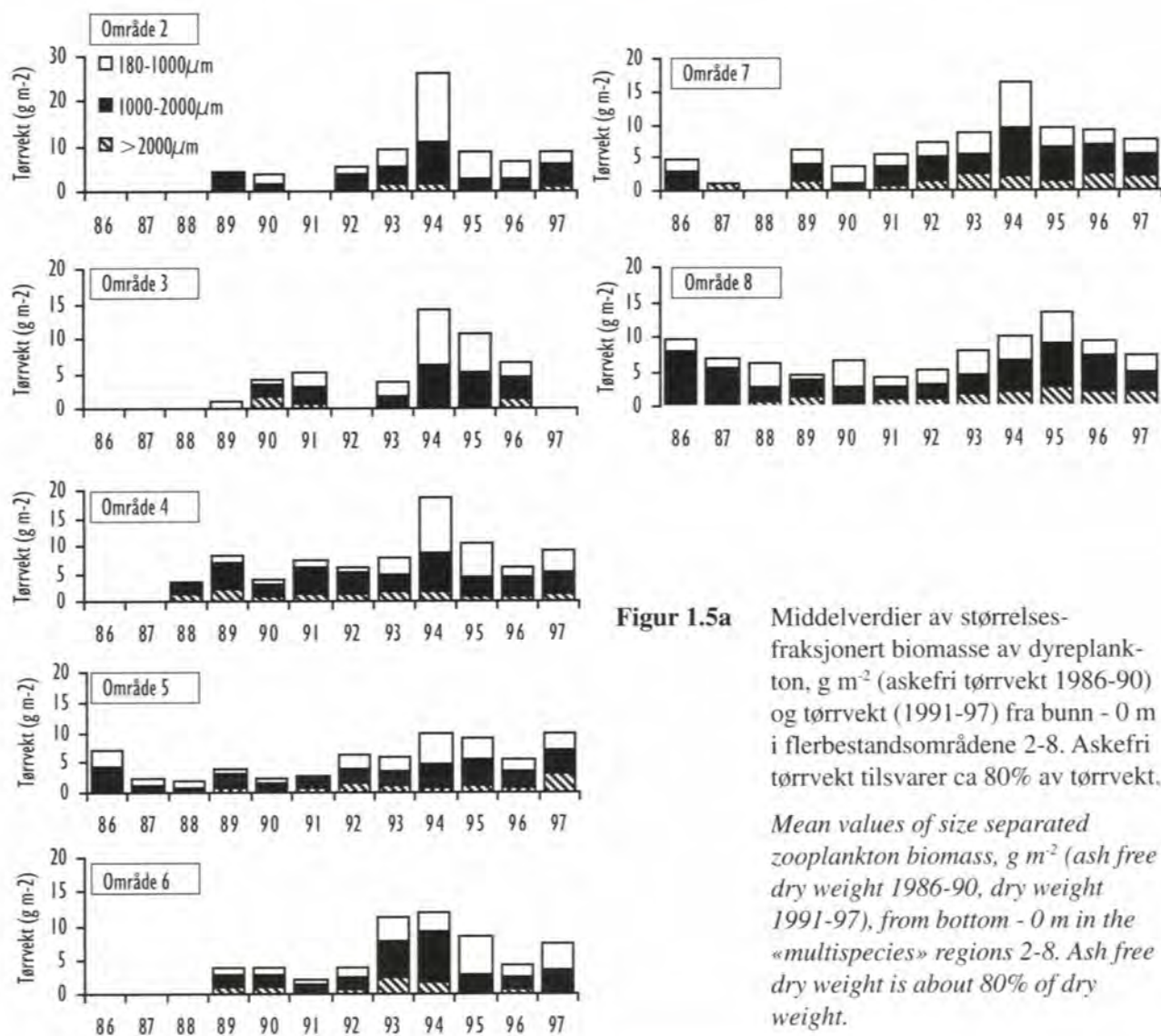
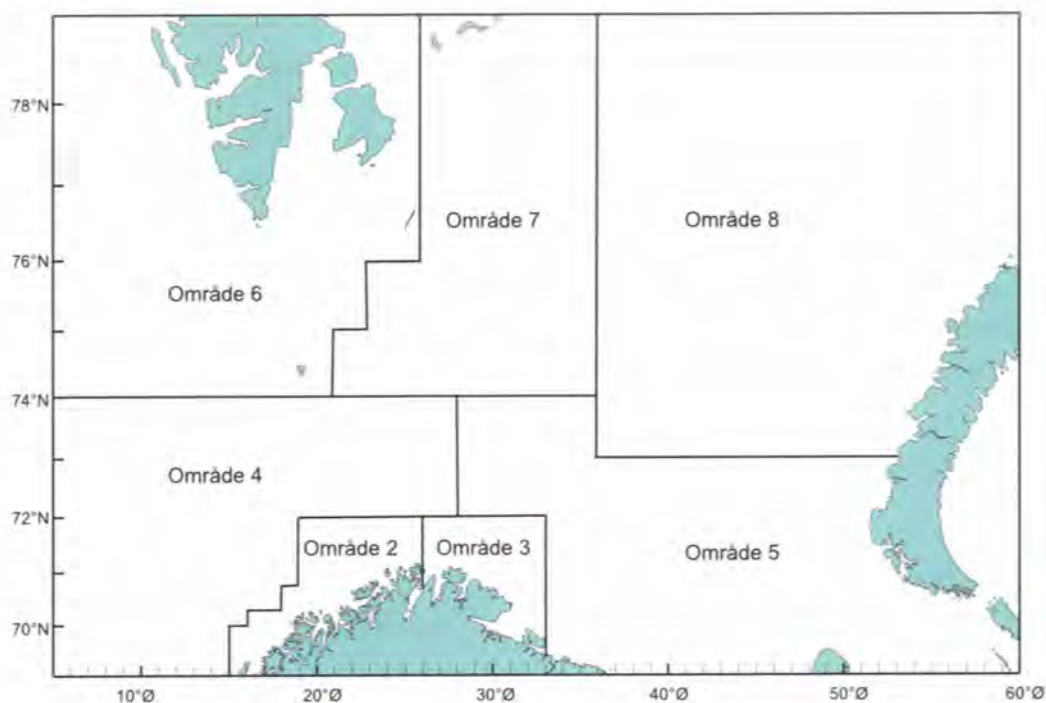
Siden 1986 har fordeling og sammensetning av dyreplankton vært undersøkt i august - september. September er vanligvis den perioden av året hvor isutbredelsen i Barentshavet er minst, slik at størst mulig område kan kartlegges. På denne årstiden har også primærproduksjonen og beitepresset fra planktonspisende fisk avtatt, og dyreplanktonets biomasse er en god indikator på størrelsen av overvintringsbestanden. Raudåta utgjør den største andelen av dyreplanktonet og er det viktigste byttedyret for pelagisk fisk som sild og lodde. I september har mesteparten av raudåta vandret ned på dypere vann for å overvintre.

Barentshavet som økosystem er i stor grad avhengig av innstrømming av atlantisk vann med plankton fra Norskehavet. Særlig viktig er tilførsler av krill og raudåte. Om vinteren står raudåta i Norskehavet stort sett under terskeldypet til Barentshavet, og det innstrømmende vannet vil vanligvis bringe lite raudåte til Barentshavet på denne årstiden. Innstrømningsintensiteten og tidspunktet for innstrømming er derfor viktig for mengden av transportert plankton.

Tidsserien fra 1986-1997 (figur 1.5 a) viser biomassen av dyreplankton fra forskjellige områder av Barentshavet. Data er basert på hal med en 56 cm diameter WP2-håv fra bunn til overfla-

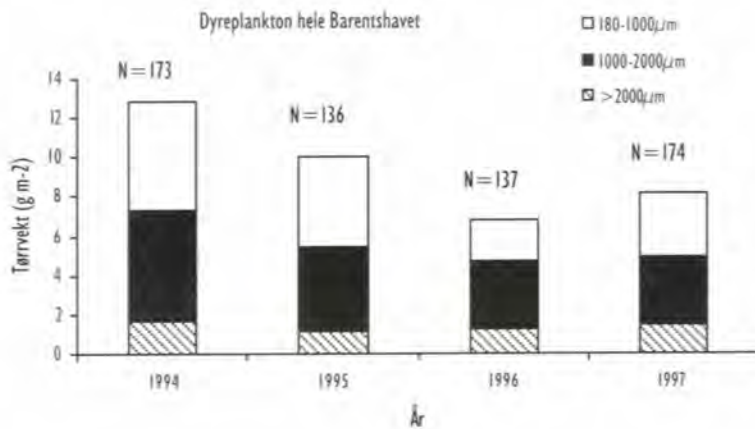
ten. Planktonet blir sortert etter størrelse før prøvene blir tørket og veiet. Om høsten inneholder prøvene for det meste overvintrende raudåte (*Calanus finmarchicus*) og ishavsåte (*C. Glacialis*, størrelsesgruppen 1000-2000 μm). Krill, amphipoder og pilormer er vesentlige bestanddeler i den største størrelsesgruppen (>2000 μm), mens småkøpoder og yngre stadier av *Calanus* dominerer i 180-1000 μm fraksjonen. Data var delvis mangelfulle de første årene av serien, og ikke alle områdene ble dekket med tilstrekkelig antall hal. Områdene 2-3 har den svakeste dekkningen, og resultatene derfra må derfor tolkes med forsiktighet. De siste årene har det totale antall stasjoner vært 100 - 200.

Fra 1991-94 var det en tydelig tendens til en økende biomasse i Barentshavet, og for område 8 fortsatte økningen videre til 1995. Område 8 er også det området som vanligvis har fått best dekkning. De siste årene har biomassen igjen gått ned, mens det i vest og sør-øst har vært en økning i 1997. Ser en hele området under ett, var det i 1994 en gjennomsnittlig biomasse på 12.8 g m^{-2} . I 1995 hadde den sunket til 10.0 og i 1996 til 6.8 g m^{-2} . I 1997 steg verdien igjen til 8.1 g m^{-2} (figur 1.5 b). I 1997 ble det ikke gitt adgang til russisk sone i øst, og dekkningen ble derfor forskjøvet vestover ut i Norskehavet og nordover på vestsiden av Svalbard. Denne forskyvningen i forhold til tidligere år kan ha påvirket resultatene



Figur 1.5a Middelverdier av størrelsesfraksjonert biomasse av dyreplankton, g m^{-2} (askefri tørrvekt 1986-90) og tørrvekt (1991-97) 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 1986-90, dry weight 1991-97), from bottom - 0 m in the «multispecies» regions 2-8. Ash free dry weight is about 80% of dry weight.



Figur 1.5 b

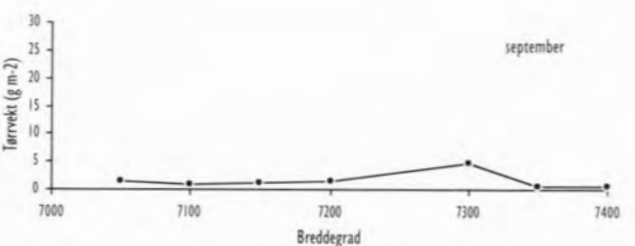
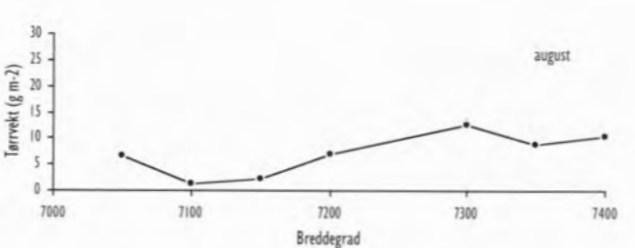
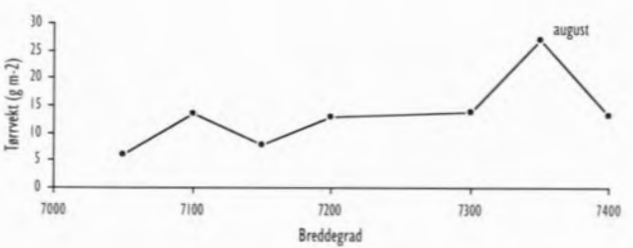
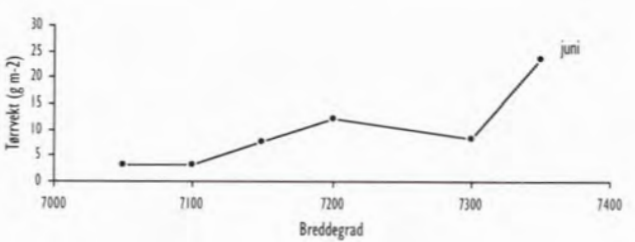
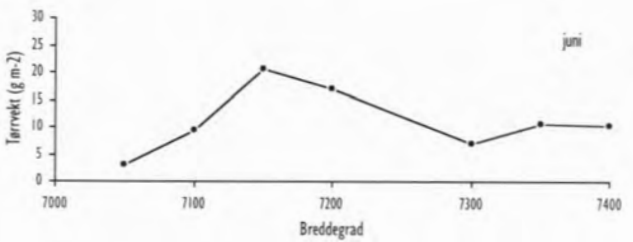
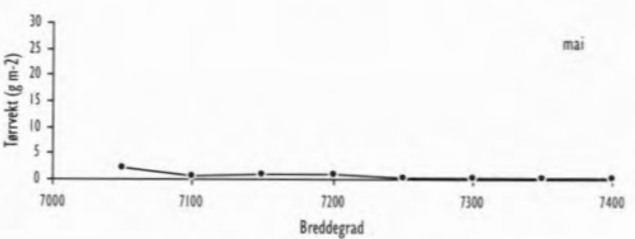
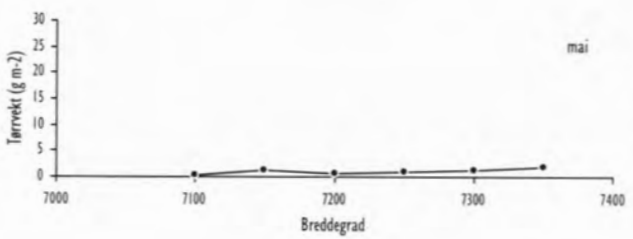
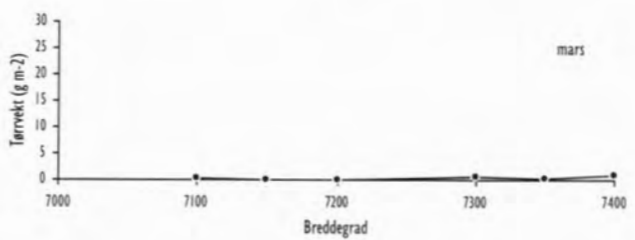
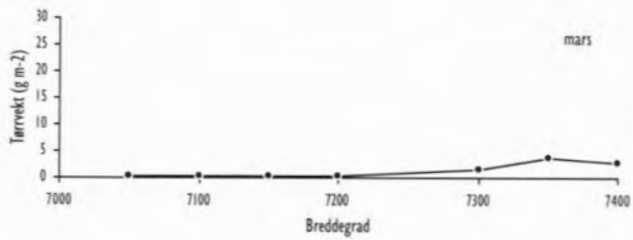
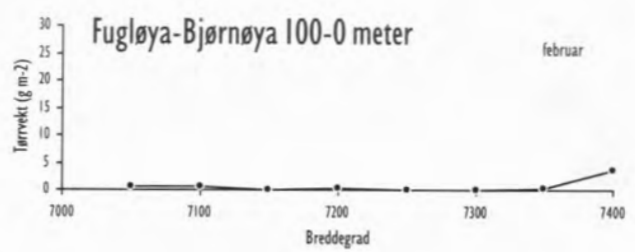
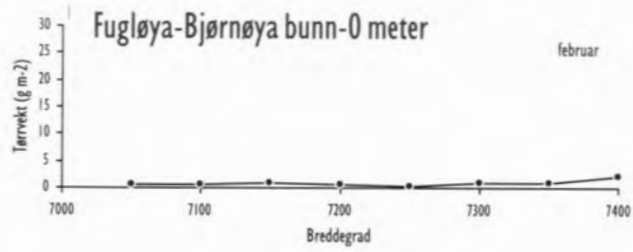
Total dyreplankton biomasse, middelverdier fra hele Barentshavet 1994-1997.

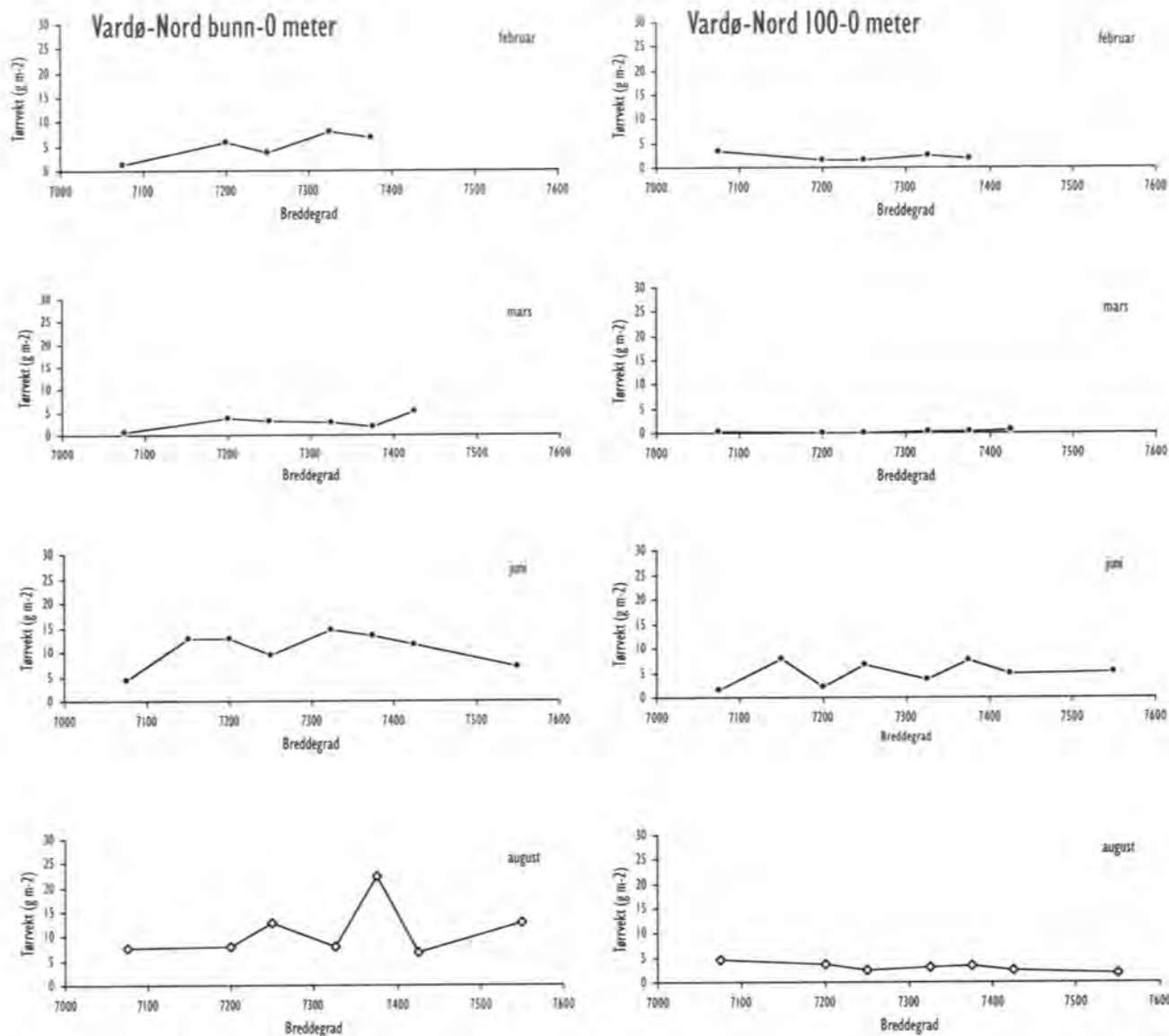
Total zooplankton biomass, mean values for the whole Barents Sea, from 1994-1997.

fra område 4 og 6 som i 1997 omfattet flere dype stasjoner. På disse stasjonene ble håvtrekket tatt fra 200 meters dyp til overflaten.

De senere år har en også gjennomført planktonovervåkning på de faste snittene Fugløya-Bjørnøya og Vardø-Nord. I 1997 ble disse dekket henholdsvis seks og fire ganger (figur 1.6). Helt frem til begynnelsen av mai var det ennå lite plankton, under 5 g m⁻². Frem til neste dekning i midten av juni skjedde det en markert vekst i dyreplanktonet med verdier mellom 10 og 20 g m⁻². Et tilsvarende nivå ble registrert i august. I

september synes verdiene å ha sunket noe, særlig i 100-0 meter, hvilket skulle indikere en nedvandring av det overvintrende planktonet. Den lave biomassen på den nordligste stasjonen kan delvis skyldes at bunndypet var kun 130 meter. På Vardø-Nord var det i februar-mars noe mer plankton enn på Fugløya-Bjørnøya, mens nedvandringen var synlig allerede i august (lite plankton i 100-0 meter). Ellers var det ikke forskjeller mellom de to snittene utover det som må forventes som naturlige variasjoner i planktontettheten.





Figur 1.6

Total dyreplankton biomasse fra bunn - 0 meter og 100 - 0 meter på snittene Fugløya-Bjørnøya og Vardø-Nord i 1997.

Total zooplankton biomass from bottom - 0 meters and 100 - 0 meters on the sections Fugløya - Bjørnøya and Vardø-Nord in 1997.

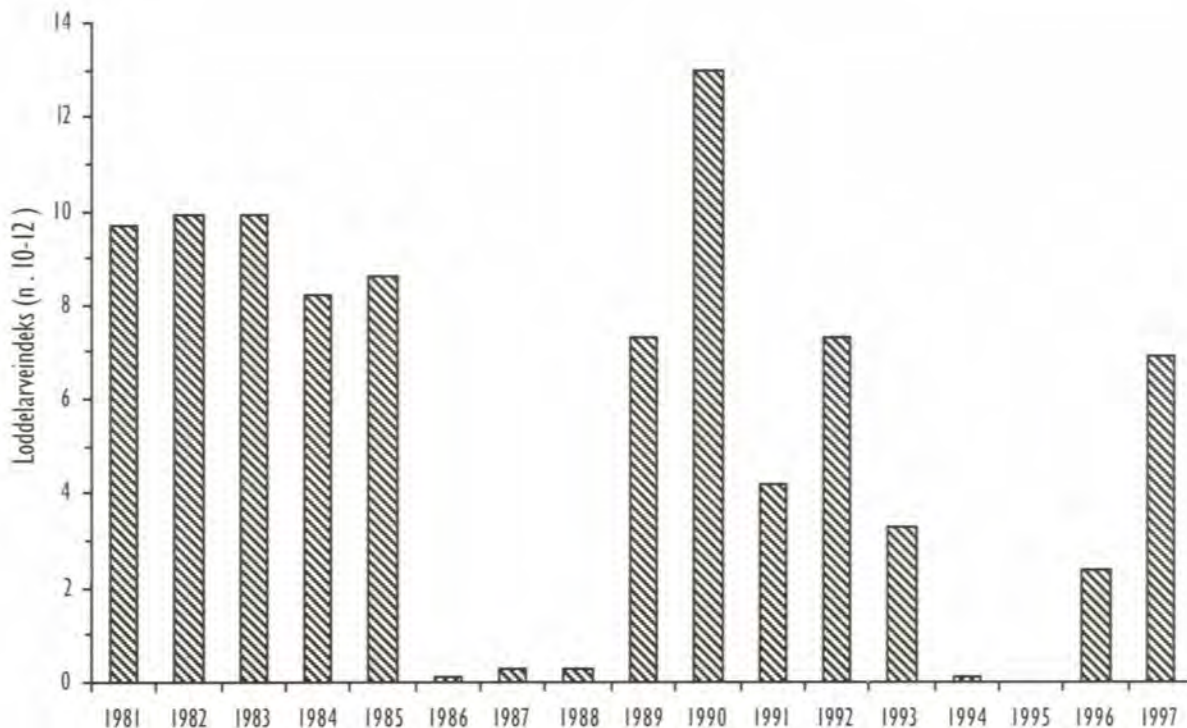
I.3 Yngelproduksjon

Lodde

Det ble samlet inn loddeelarver på et tokt med F/F "G.O. Sars" i norsk sone i Barentshavet i perioden 3.-20. juni 1997. Båten fikk ikke anledning til å gå inn i russisk sone, så det som ble funnet av loddeelarver må ses på som et minimumsestimat. Målinger av loddebestanden høsten 1996 indikerte at gytebestanden kom til å holde seg lav våren 1997. Den modnende og gytende lodda må imidlertid ha hatt svært gode forhold, og gyting og larveproduksjon ble registrert fra Torsvåg i vest til Varanger i øst. Det ble tatt 116 Gulf-III stasjoner, og det ble funnet loddeelarver på 85 av disse. Totalt ble det fanget 2250 loddeelarver på toktet, og de høyeste konsentrasjonene ble funnet i et belte langs Finnmarkskysten. Det ble registrert larver i et stort område. Fordelingen minner om den som ble observert i den gode perioden 1989-1993. Under-

søkelsen startet langs den 19. lengdegraden og det var larver hele veien til toktet måtte avbrytes ved den russiske sonegrensen. Fordelingen strakk seg helt opp til 73° N. Larveindeksen ble beregnet til $6.9 \cdot 10^{12}$ som er den høyeste siden 1992 (figur 1.7).

Under 0-gruppetoktet høsten 1997 ble det påvist loddeyngel i store deler av Barentshavet. 1997-årsklassen av lodde synes å være mye mer tallrik enn de forutgående årsklassene, og dette er lovende med tanke på mulighetene for vekst i loddestammen. Dette viser igjen at lodda har en utpreget evne til å komme tilbake når forholdene ligger tilrette for det. Fra en svært liten gytebestand er det produsert en årsklasse som vil kunne gi en mye raskere oppbygging av loddebestanden i Barentshavet enn det en kunne håpe på for kort tid siden.



Figur 1.7

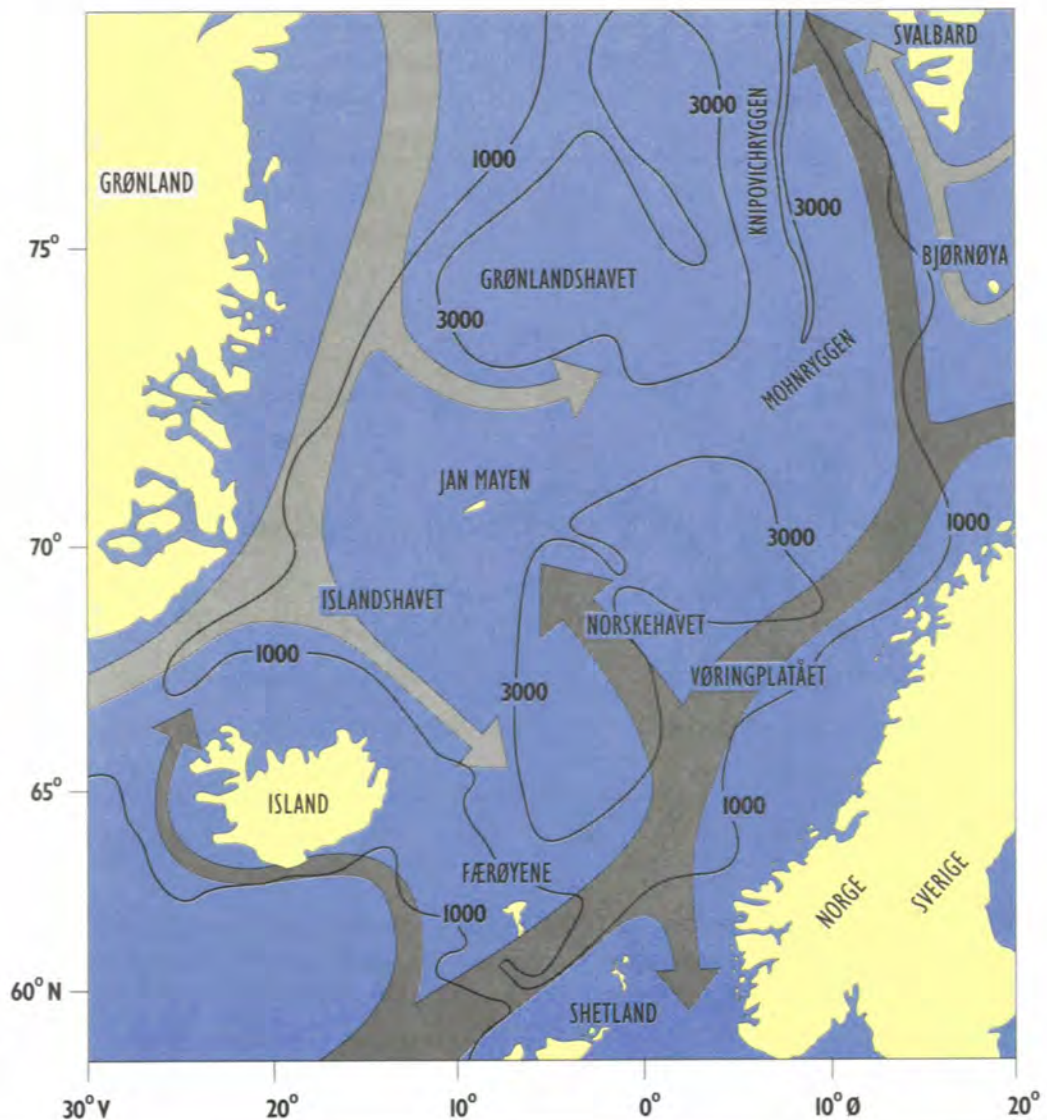
Loddelarveindeksen for perioden 1981 til 1997.
The index of capelin larvae during the period 1981 to 1997.

2. ØKOSYSTEMENE I NORSKEHAVET OG PÅ KYSTEN

2.1 Havklima

Innstrømmingen av varmt og salt vann fra Atlanterhavet går hovedsakelig gjennom Færøy-Shetlandkanalen der den følger eggakanten nord av Skottland (figur 2.1). En annen strømgren som også fører Atlanterhavsvann, kommer inn nord av Færøyene etter å ha krysset Grønland-Skottlandsryggen mellom Færøyene og Island. Lengre vest er det innstrømming av Atlanterhavsvann til nord-islandske farvann i en strømgren som går nordover langs vestkysten og øst langs nordkysten av Island. Atlanterhavsvannet som strømmer inn i Norskehavet, trans-

porterer meget store varmemengder inn i området. Ved siden av at det sørger for å holde hele Norskehavet og store deler av Barentshavet isfritt og åpent for biologisk produksjon, blir det også avgitt store varmemengder til atmosfæren slik at det nordvestlige Europa har et meget mildt klima i forhold til sin geografiske bredde. Variasjoner i den atlantiske vanntransporten og de temperatursvingningene som disse fører til, virker inn på de økologiske forhold i havet. Tilstanden i fiskebestandene er som regel best når temperaturen er høy, idet store årsklasser som regel



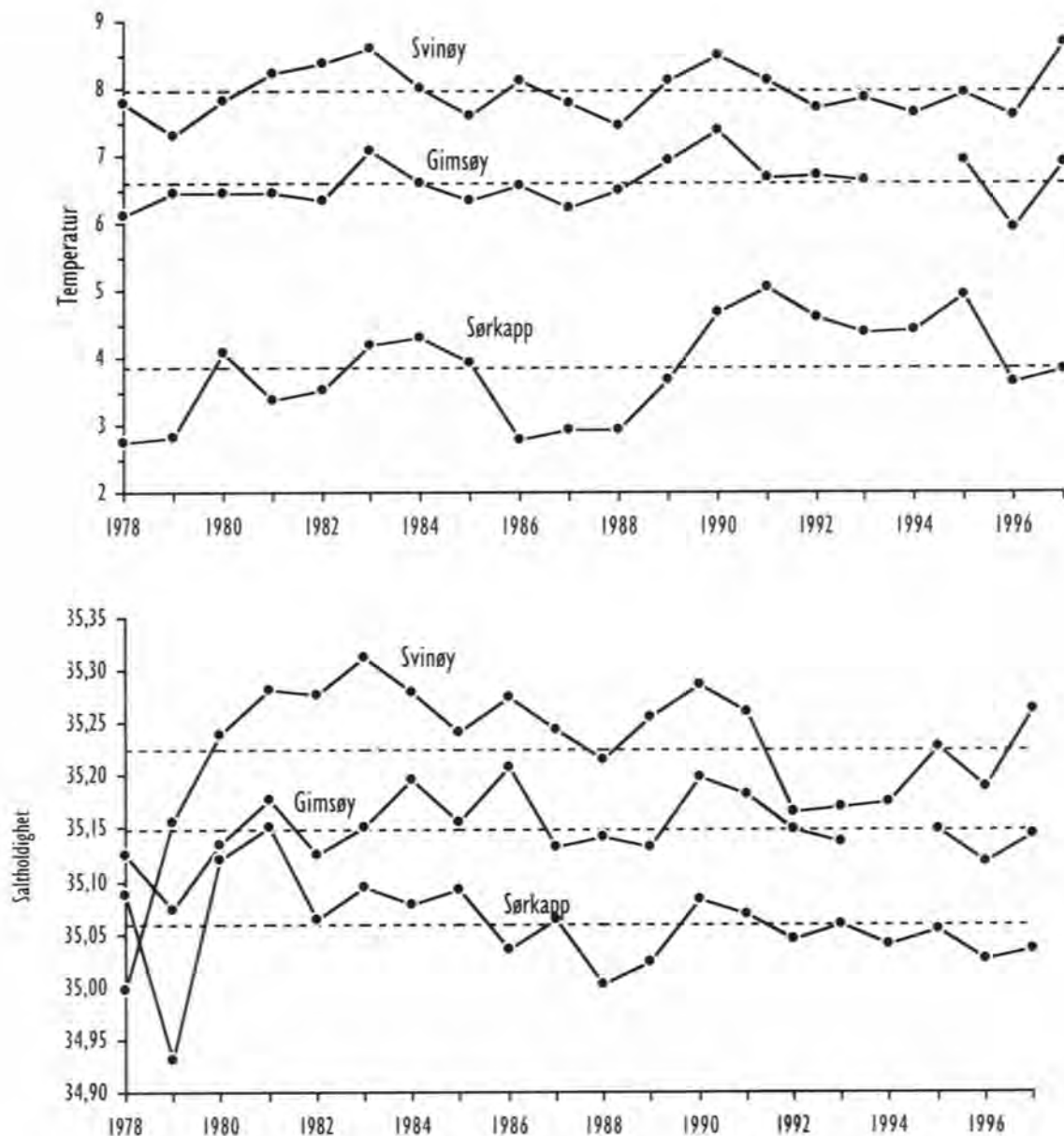
Figur 2.1

De viktigste trekkene i sirkulasjonsmønsteret og dybdeforholdene i Norskehavet.

The most conspicuous features of the circulation and bathymetry of the Norwegian Sea.

rekrutteres i varme perioder. Temperaturvariasjonene som vi måler, behøver ikke nødvendigvis å være 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.

Figur 2.2 viser variasjonen siden 1978 i temperatur og saltholdighet, midlet mellom 50 og 200 meters dyp i kjernen av atlantehavsvannet like utenfor eggakanten, i snittene Svinøy-NV, Gimsøy-NV og Sørkapp-V (figur 0). Disse snittene representerer forholdene i den østlige delen av Norskehavet. Verdiene er basert på målinger som er tatt i perioden fra slutten av juli til begynnelsen av september og viser derfor sommer-



Figur 2.2

Temperatur og saltholdighet, observert i juli/august, i kjernene av atlantisk vann i snittene Svinøy-NV, Gimsøy-NV og Sørkapp-V, midlet mellom 50 og 200 meters dyp (lokaliseringen av snittene er vist i figur 0)

Temperature and salinity, observed in July/August, in the core of Atlantic water in the sections Svinøy-NW, Gimsøy-NW and Sørkapp-W, averaged between 50 and 200 meters depth (Positions of the sections are indicated in figure 0).



Figur 2.3.

Tidsserier av årlige middelverdier for temperatur og saltholdighet i 150 meters dyp på Værskipsstasjon M i Norskehavet, i posisjon 66°N, 02°Ø. Gjengitt med tillatelse fra Geofysisk institutt, Universitetet i Bergen.

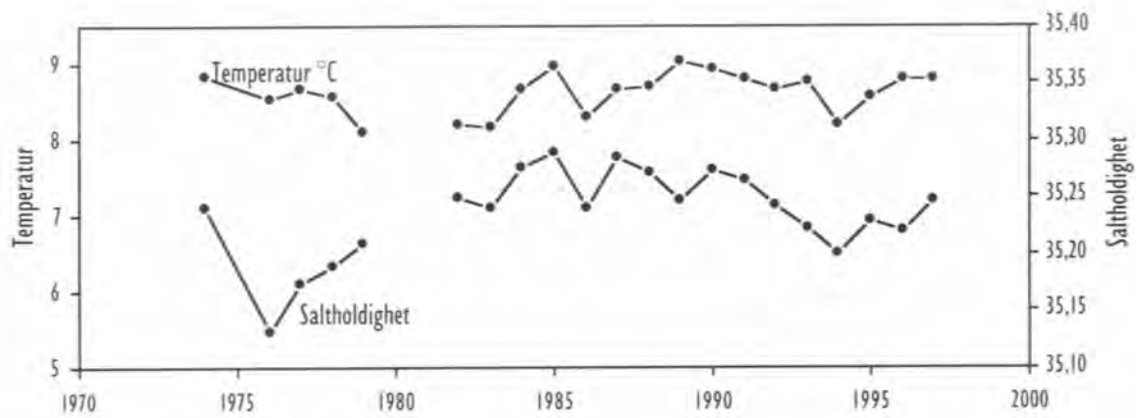
Time series of annual mean values of temperature and salinity at 150 m depth at Ocean Weather Station M in the Norwegian Sea, in position 66 °N, 02 °E. Courtesy by the Geophysical Institute, University of Bergen.

situasjonen. Figuren viser at noen av variasjonene fremtrer klart i alle snittene, som for eksempel perioden med høye verdier i temperatur og saltholdighet rundt 1990. Figuren viser også at det siden 1989 har vært en varm periode i det nordlige Norskehavet, men denne perioden tok slutt med den kraftige avkjølingen som er vist i Sørkappsnittet fra 1995 til 1996. Fra 1996 til 1997 har både temperatur og saltholdighet igjen økt i alle tre snittene. Økningen var størst i sør slik at temperaturene i Svinøysnittet sommeren 1997 er de høyeste som er observert siden målingene startet i 1978.

Sett over lengre tid har det vært en gradvis temperaturøkning i alle tre snittene siden 1978. Denne tendensen økte nordover, slik at den langsiktige temperaturøkning i Svinøysnittet var ca 0.1°C, i Gimsøysnittet ca 0.3°C og i Sørkappsnittet hele 1.2°C. Den sannsynlige årsak til temperaturøkningen er trolig økt lagdeling og dermed redusert varmetap til atmosfæren vintertid i den øvre del av vannsøylen. I Sørkappsnittet økte for eksempel tetthetsforskjellen mellom 10 og 100 meter dyp med omlag 0.1 kg m⁻³ fra 1978

til 1998. Saltholdigheten i de tre snittene (figur 2.2) viser en generell nedgang over det meste av måleperioden. Nedgangen var størst i sør der saltholdigheten i Svinøysnittet viste en nedgang på nesten 0.1 promille siden 1981. Sørkappsnittet ligger ikke langt etter med en nedgang på 0.07, mens Gimsøysnittet viser den minste nedgangen. Årsaken til den reduserte saltholdighet og dermed til den økte lagdelingen er trolig økt innblanding fra vest av ferskere arktisk vann i den øvre del av vannsøylen.

Dette er i overensstemmelse med andre tidsserier i Norskehavet og i Færøy-Shetlandsområdet. På Værskipsstasjon M (St M) i Norskehavet (figur 0), har det således vært en lignende generell nedgang i saltholdighet siden stasjonen ble opprettet i 1948. Dette fremgår i figur 2.3 som viser tidsserien av temperatur og saltholdighet i 150 meters dyp, nær kjernen i laget av atlantisk vann. På St M har det, i motsetning til standardsnittene, også vært en generelt synkende tendens i temperaturen siden 1948 på ca. 0.2°C. Årsaken til forskjellen i temperaturutviklingen ved St M og snittene er nok at St M ligger så langt vest at den



Figur 2.4

Tidsserier av temperatur og saltholdighet observert i Færøybankkanalen sør av Færøyene. Verdiene er årsmidler, midlet mellom 100 og 300 meters dyp. Gjengitt med tillatelse fra Fiskiranns—kнарstovan, Færøyene.

Time series of temperature and salinity in the Faroe Bank Channel south of the Faroes. The values are annual means of vertical averages between 100 and 300 m depth. Courtesy by the Fisheries Laboratory of the Faroes.

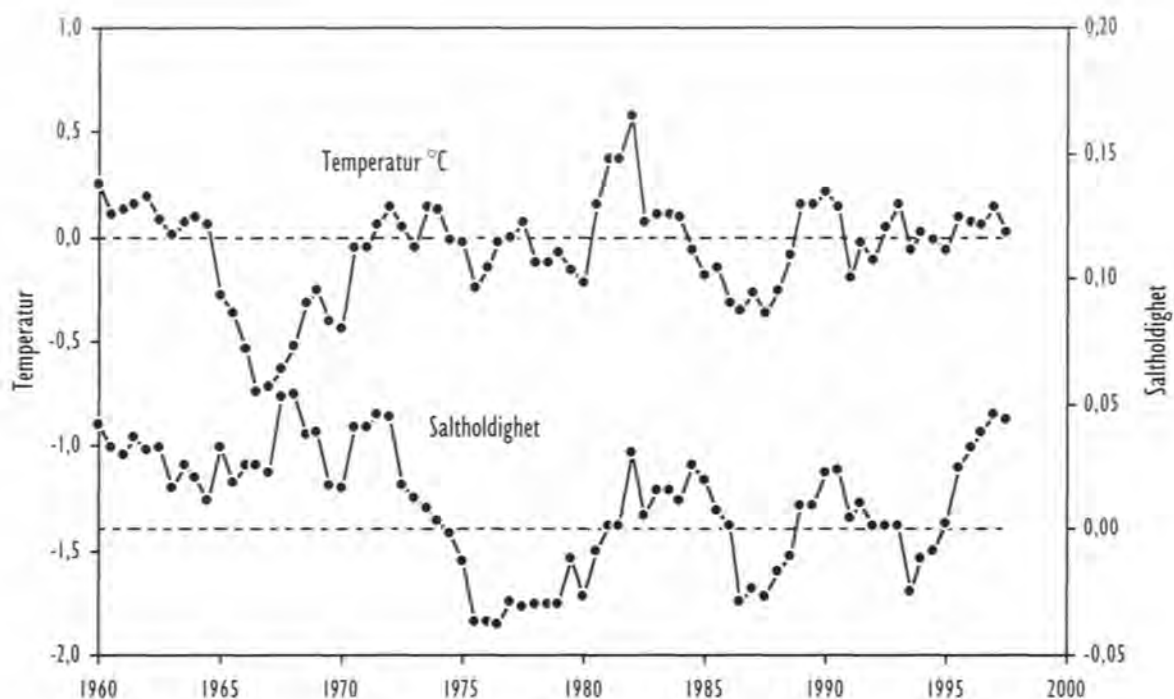
har betraktelig større innblanding av arktisk vann enn hovedgrenen i Den norske atlantehavsstrømmen nærmere norskekysten. Lignende forhold er også vist i de vestlige delene av russiske snitt i Norskehavet.

Langtidsendringen i temperatur er liten i forhold til endringer over kortere tid. Av disse hadde det store avviket i 1970-årene størst utslag, men det har også vært en betydelig nedgang både i temperatur og saltholdighet ved St M siden 1991. Dette er et resultat av den stadig økende innflytelse av arktisk vann i vestlige og sentrale deler av Norskehavet siden 1960-årene (figur 2.1 og 2.3). Den økte innflytelse av arktisk vann har også i en årrekke medført forholdsvis ferskt overflatevann i Grønlandshavet. Vinteravkjølingen vil blande dette ned til moderate dyp og forsterke tilførselen av arktisk vann inn i Norskehavet via Øst-Islandsstrømmen.

Ved Færøyene er forholdene mer kompliserte. I strømgrenen nord av Færøyene har forholdene likheter med St M og varierer med innflytelsen av arktisk vann som er transportert inn i området av Øst-Islandsstrømmen (figur 2.4). Atlanterhavsvannet på den skotske siden av Færøy-Shetlandkanalen (figur 2.5) kommer i hovedsak inn i området sør av Færøybanken, spesielt langs kontinentalskråningen vest av De britiske øyer. I motsetning til forholdene ved Færøyene har

dette vannet i gjennomsnitt blitt ca. 0.3°C varmere siden midten av 1960-årene, selv om svingninger av kortere varighet har vært dominerende med variasjoner på nesten en grad. Også i saltholdigheten har de forholdsvis kortvarige svingningene vært dominerende, med avviket i midten av 1970-årene som det mest markante. Siden da har saltholdigheten i gjennomsnitt vært stigende, spesielt etter den siste perioden med lav saltholdighet i 1994. Noen trekk i forholdene nord av Skottland forekommer også i Svinøysnittet. Temperaturen ved eggakanten i Svinøysnittet viser en lignende langtidsøkning, og det har også vært en økning i saltholdigheten siden 1994. Etter ca 1981 har langtidsendringen i saltholdigheten i Svinøysnittet allikevel vist en synkende tendens. Dette viser at det arktiske vannet (Øst-Islandsstrømmen) i økende grad har gjort seg gjeldende nord for Færøyene.

Tidsseriene i Norskehavet står noe i kontrast til observasjoner ved Nord-Island. Som det fremgår av figur 2.6, viste disse en markant forandring mot kaldere forhold med lavere saltholdighet, altså mot mer arktiske forhold, gjennom siste halvdel av 1960-årene. Siden da har gjennomsnittet for både temperatur og saltholdighet ligget lavere enn før 1965, og forholdene har vært mye mer variable. Gjennom en periode i 1994-1995 var «påtrykket» av arktisk vann så stort at det blokkerte for innstrømmingen av



Figur 2.5

Tidsserier av temperatur og saltholdighet i atlantehavsvann over eggakanten nord av Skottland. Verdiene er vist som avvik idet den midlere årskurven er subtrahert. Kurven viser 24 måneders glidende midler, beregnet for 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 as the mean seasonal cycle has been removed. The curves are the result of a 24 month centered running mean, calculated at 6 monthly intervals. Courtesy by the Marine Laboratory, Aberdeen.

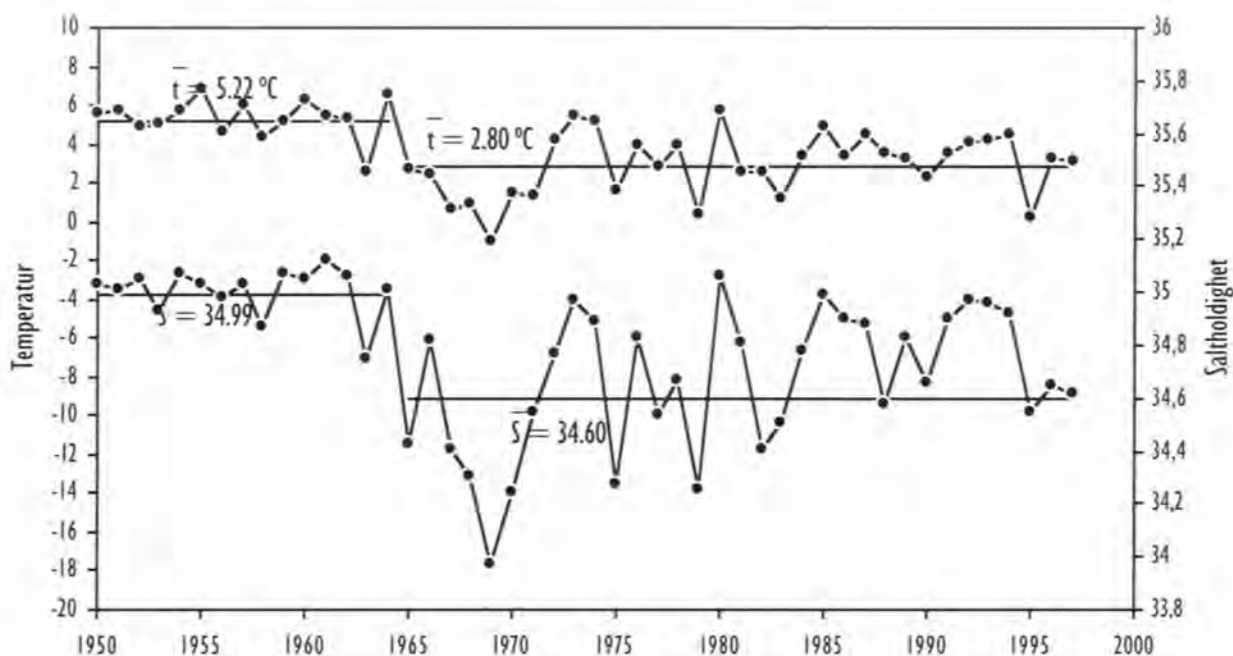
atlantehavsvann langs vestkysten av Island til det nord-islandske kystområdet. En oppvarming med større innslag av atlantehavsvann gjennom de siste fem årene ble dermed avbrutt (figur 2.6), og området nord av Island fikk den sterkeste dominans av arktisk vann siden regelmessige målinger begynte i 1952. Fra 1996 har denne situasjonen forbedret seg noe, slik at atlantisk vann i større grad nådde de nord-islandske kystbankene. Observasjoner høsten 1997 viser den største innstrømmingen av atlantisk vann til havområdet utenfor Nord-Island på mange år.

I sum viser dette at saltholdighet og temperatur i Norskehavet, på en lengre tidsskala, har sunket nord av Island og i sentrale og vestlige deler av Norskehavet. I Atlanterhavsstrømmens hovedgren ved eggakanten langs norskekysten, var det også en tilsvarende, men mindre nedgang i saltholdighet. En sannsynlig årsak til endringene er økt transport av arktisk vann fra Polhavet til Norskehavet via Øst-Islandsstrømmen.

Den sentrale delen av Grønlandshavet er kjent som et av de få stedene i verdenshavene hvor avkjølingen om vinteren kan gjøre overflatevannet så tungt at det kan synke til bunns og derved fornye bunnvannet i de dype havbassengene. Men når saltholdigheten i overflatevannet er for lav, vil det ikke kunne bli tungt nok til å synke til store dyp selv om det avkjøles til frysepunktet. Det ferske overflatevannet som har vært observert i Grønlandshavet i de senere årene har forhindret slik bunnvannsdannelse. Som et resultat, har temperaturen i dypvannet i Grønlandshavet steget siden begynnelsen av 1970-årene fordi litt varmere vannmasser fra nabobasseng i Polhavet og Norskehavet gradvis fyller de dypere lag.

Kysten

Klimatilstanden i kystfarvannene knyttet til Norskehavet observeres regelmessig (to-fire ganger pr måned) på faste stasjoner ved Bud, Skrova og Eggum (figur 0). På disse stasjonene blir tempe-



Figur 2.6 Variasjoner i temperatur og saltholdighet i 50 meters dyp nord av Siglunes, Nord-Island, i mai/juni 1952 - 1997. Presentert med tillatelse fra Havforskningsinstituttet i Reykjavik.

Temperature and salinity variations at 50 m depth off Siglunes, northern Iceland, in May/June 1952-1997. Courtesy by the Marine Research Institute, Reykjavik.

raturl og saltholdighet observert i standarddyp fra overflaten til bunnen. Observasjoner av temperatur og saltholdighet i overflatelaget blir også hyppig observert fra «Hurtigruta» ved en rekke lokaliteter mellom Bergen og Kirkenes (termograftertjenesten).

Resultatet fra temperaturmålingene fra Hurtigruta i 1997 sammen med avviket fra et middelår er vist på figur 2.7. Her ser vi hvorledes temperaturen i overflatelaget langs kysten fra Sognesjøen til Varangerfjorden har variert gjennom årets 12 måneder. Temperaturen lå $0,5^{\circ}$ - $1,0^{\circ}\text{C}$ over det normale langs kysten fra Sognesjøen til Vestfjorden i vintermånedene fra januar til april, og 0 - $0,5^{\circ}\text{C}$ under det normale frem til juni måned. I samme periode lå temperaturen nord for Vestfjorden nær eller litt under det normale for årstiden.

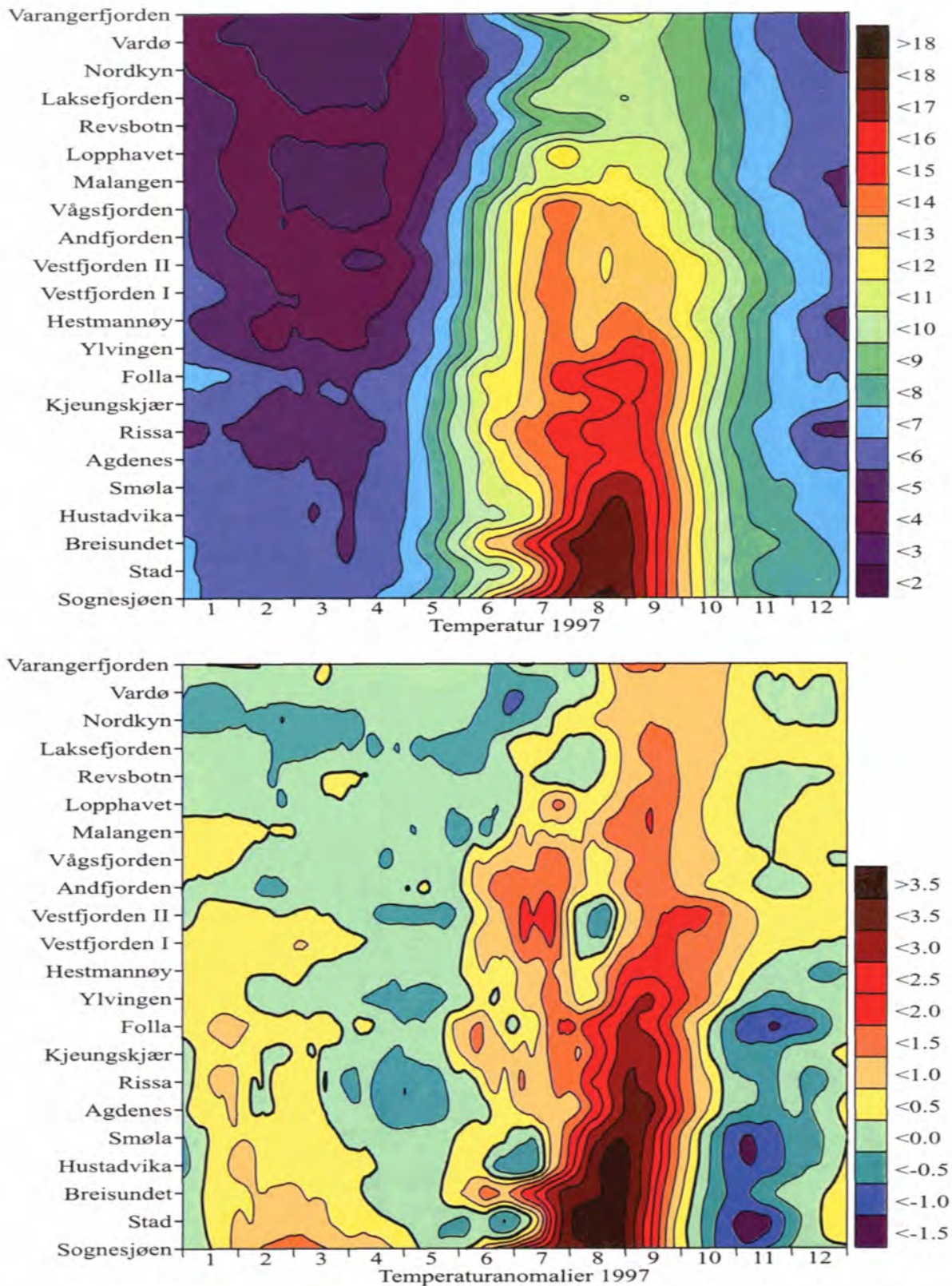
Fra juni-juli var det en kraftig oppvarming av overflatelaget pga den ekstra varme sommeren 1997. Dette medførte rekordhøye sjøtemperaturer, da særlig i områdene sør for Vestfjorden. Største avvik fra normalen ble observert mellom

Sognesjøen og Hustadvika, med temperaturer 3 - 4°C over det normale for årstiden i august. I kystområdene sør for Sogn og Fjordane ble det observert temperaturer omkring 20°C over lengre perioder. Også nord for Vestfjorden var det relativt høye sommertemperaturer; $1,0$ - $1,5^{\circ}\text{C}$ over det normale for årstiden frem til oktober måned. Resten av året lå temperaturene i overflatelaget nord for Vestfjorden igjen nær eller litt over det normale for årstiden, mens sjøtemperaturerne sør for Vestfjorden lå mellom 0 og ca $1,0^{\circ}\text{C}$ under normalen.

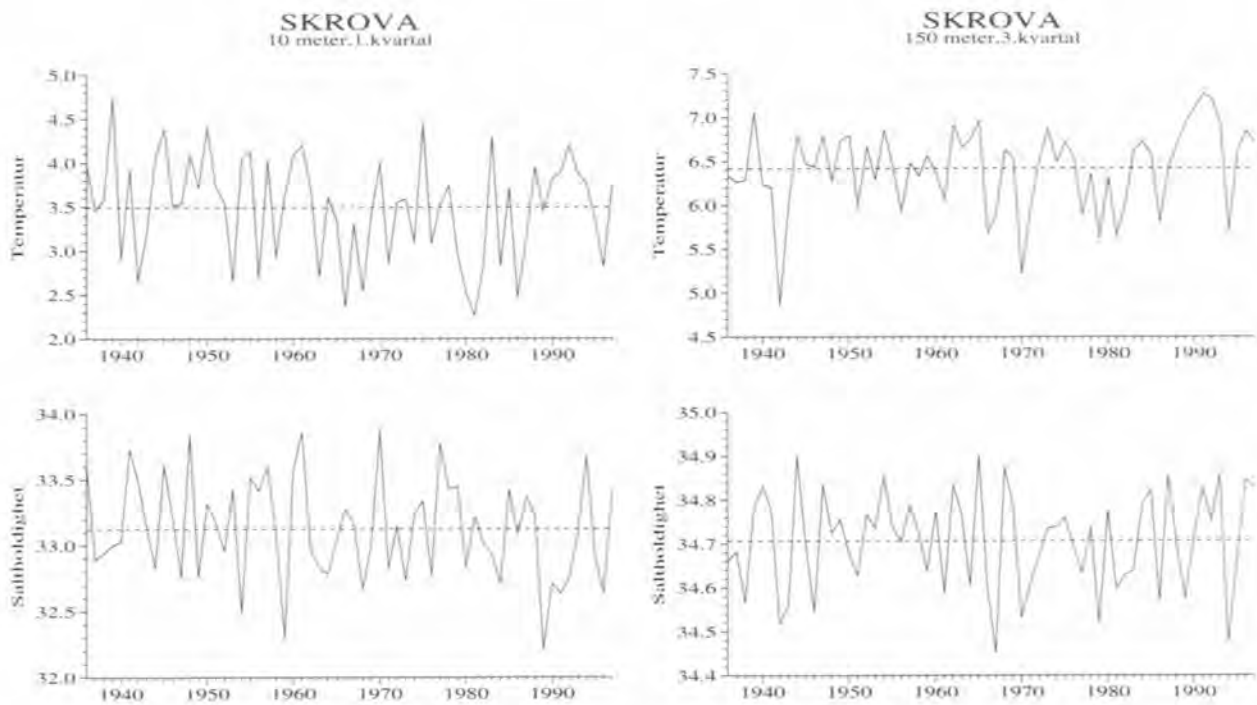
Figur 2.8 viser variasjonene i midlere temperatur og saltholdighet i 10 og 150 meters dyp for henholdsvis 1. kvartal (januar-mars) og 3. kvartal (juli-september) ved Skrova i perioden fra 1936 til 1996. Forholdene i 10 meters dyp representerer vinterforholdene i den øvre del av kystvannet som er sterkt påvirket av lokale og regionale vær- og strømforhold. Dette medfører ofte store endringer i temperatur og saltholdighet fra år til år. I den øvre del av kystvannet var det, som ellers i Norskehavet, for eksempel varme perioder omkring 1983 og 1990, mens de laveste

HURTIGRUTEN

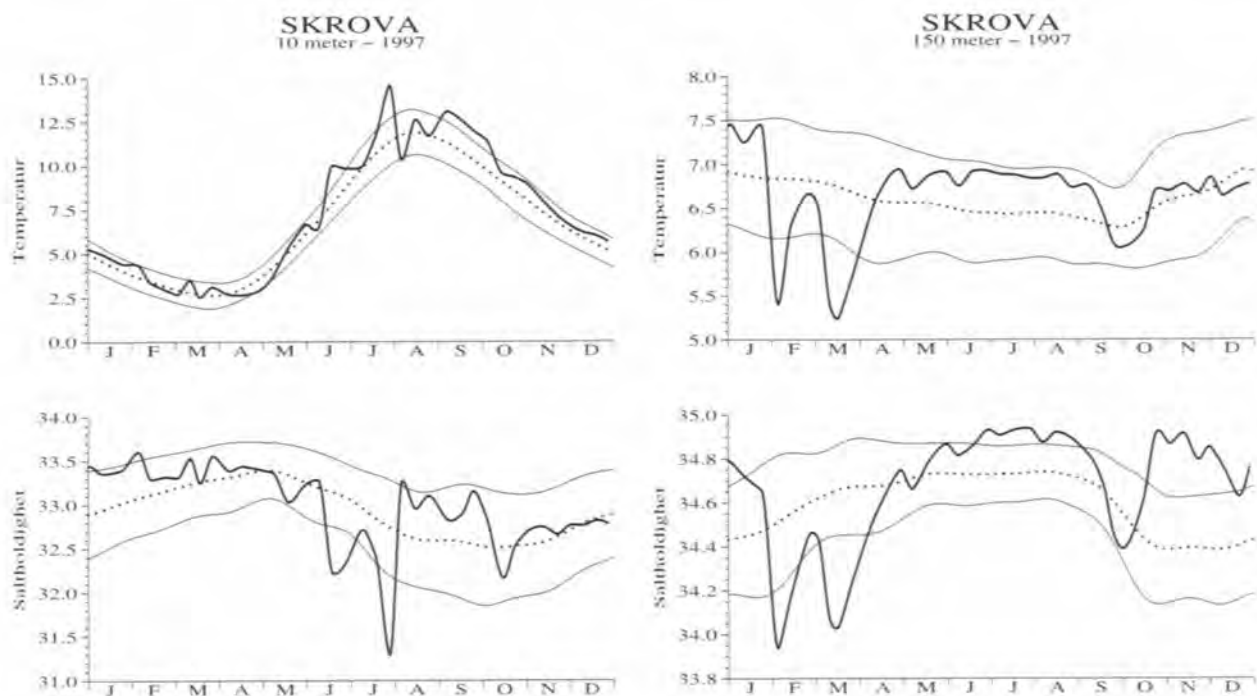
Månedsmidler fra termografstasjoner



Figur 2.7 Øverst: Temperaturen i overflatelaget langs kysten mellom Sognesjøen og Varanger fjorden i 1997 målt fra Hurtigruta. Nederst: Temperaturanomali (avvik) i 1997 i forhold til langtidnormalen.
Upper: Temperature of the surface layer along the coast between Sognesjøen and Varangerfjord in 1997 based on observations from the coastal express steamer. Lower: Temperature anomalies in 1997.



Figur 2.8 Middelverdier og årlige variasjoner i temperatur og saltholdighet i 10 (1. kvartal) og 150 meters dyp (3. kvartal) fra 1936 til 1997 ved Skrova.
Mean values and yearly variation of temperature and salinity at 10 (1. quarter) and 150 meters depth (3. quarter) at Skrova (1936-1997).



Figur 2.9 Temperatur og saltholdighet i 10 og 150 meters dyp målt ca. hver 10. dag ved Skrova i 1997. Midlere årsvariasjon (tynn linje) og standardavvik (prikket linje) er også vist.
Temperature and salinity at 10 and 150 meters depth measured about every 10th day at Skrova in 1997. Mean seasonal variation (thin line) and standard deviation (dotted) are also shown.

vintertemperaturene for hele måleperioden ble observert i begynnelsen av 1980-årene. Vinteren 1997 lå temperatur og saltholdighet i overflate- laget i Vestfjorden litt over det normale for årstiden.

Temperatur- og saltholdighetsforholdene i 150 meters dyp gjenspeiler de mer storstilte variasjonene i atlantehavsvannet som er beskrevet tidligere. Etter et relativt kaldt år i 1987, steg temperaturen til et ekstremt maksimum i 1991. Dette gjenspeiler de milde vintrene i perioden 1988-93, samt økte tilførsler av varmt atlantisk vann til kystområdene. De laveste temperaturene i de dypere lag av kyststrømmen ble observert i begynnelsen av 1940-årene og omkring 1970 og lå da omlag 2°C lavere enn i det varme året 1991. I 1994 observerte man både lavere temperaturer og reduserte saltholdigheter - en klar indikasjon på reduserte tilførsler av atlantisk vann. Fra 1994 til 1997 har det vært en temperaturøkning på ca 1.0°C og økte saltholdigheter.

Figur 2.9 viser variasjonene av temperatur og saltinnhold i overflatelaget (10 meters dyp) og i 150 meters dyp ved Skrova gjennom 1997, sammenlignet med de gjennomsnittlige sesong-

variasjoner og standardavvik. I overflatelaget medførte den varme sommeren periodevis høye sjøtemperaturer fra juni-juli til oktober, mens temperaturene resten av året lå innenfor det normale for årstiden. I forbindelse med den ekstra varme sommeren var det også ekstra lave saltholdigheter ved Skrova fra juni til august trolig knyttet til stor snøavsmelting.

De ekstra høye temperaturene som ble observert i de dypere lag av kyststrømmen fra slutten av 1980-årene og fram til og med 1993, tok brått slutt i 1994. I tidsrommet fra februar til april 1994 var det for eksempel et dypt kaldtvannslag med relativt lav saltholdighet i Vestfjorden. Det hindret i perioder innsiget av gytetorsk til Lofoten. I 1997 var det relativt høye temperaturer, med unntak av en periode med nedstrømning av ferskere og kaldere kystvann i februar og mars (figur 2.9). Dette medførte tildels betydelig lavere temperaturer enn det normale for årstiden.

Utover høsten var det meget høye temperaturer mellom 50-100 meters dyp i kystvannet utenfor Nord-Norge. Dette var trolig et resultat av tilførsler av varmt "sommervann" fra sørlige kystområder.

2.2 Plankton og næringsalter

Havforskningsinstituttet har siden 1993 gjennomført biologisk oseanografiske undersøkelser i det nordlige Norskehavet og Grønlandshavet som en del av det europeisk forskningsprogram ESOP (European Subpolar Ocean Programme: Sea Ice - Ocean interactions). En av de viktigste faktorene for primærproduksjonen i det nordlige Norskehavet er utbredelse av is i Grønlandshavet om vinteren og ismeltingen om våren/sommeren. Ismeltingen fører til dannelse av et stabilt overflatelag som er en nødvendig betingelse for oppblomstring av planteplankton tidlig om våren. Områder som ikke blir dekket av is om vinteren, utvikler stabiliteten i overflatelaget

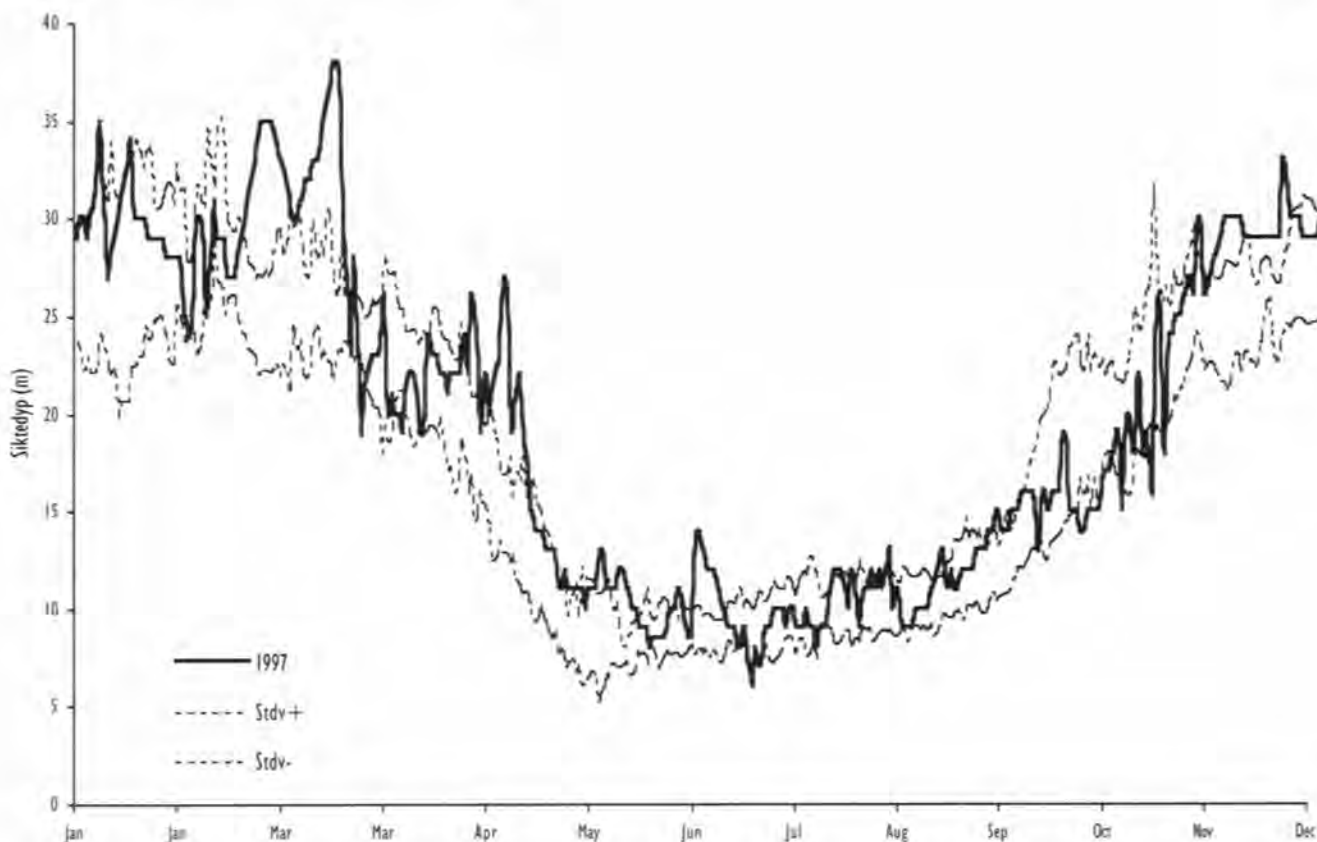
seg mye langsommere og da hovedsakelig som et resultat av oppvarmingen fra atmosfæren. I perioden 1993-1995 ble det observert usedvanlig lite is i Grønlandshavet om vinteren, noe som førte til forholdsvis lite smeltevann og lavere stabilitet i overflatelaget. I denne perioden var vår-oppblomstringen i de sentrale deler av Grønlandshavet dominert av diatomeer. Veksten av disse ble utover våren gradvis hemmet av silikatmangel selv om det ennå var en del nitrat igjen. Diatomeene ble etterhvert erstattet av flagellaten *Phaeocystis pouchetii* som forbrukket resten av nitraten utover sommeren.

Vinteren 1996 ble det observert store mengder av is i Grønlandshavet i sterkt kontrast til perioden 1993-1995. Den såkalte "isodden" strakk seg over Grønlandshavet mot sørspissen av Svalbard og var spesielt tydelig i slutten av april og tildels også i juli-august 1996. Sommeren 1996 var derfor store deler av det sentrale Grønlandshavet dekket av smeltevann med saltholdigheter under 34.5 promille. Planteplanktonkonsentrasjonen var relativt lav (< 1 mg klorofyll per m^3) og totalt dominert av diatomeer. Flagellaten *Phaeocystis pouchetii* ble nå ikke observert i området. Våren 1997 (mai) var igjen preget av mye is og planteplankton biomasse var lav og dominert av diatomeer og små flagellatalger over det meste av det sentrale Grønlandshav. Kun i iskantområdet mot Grønland, og tildels i den arktiske fronten mot Norskehavet var det antydning til en begynnende våroppblomstring. Nærings-saltkonsentrasjonene var høye over hele området, noe som bekrefter at forholdene i mai fortsatt var vinterlige. Observasjonene i 1996 og 1997 viser

at variasjoner i isdekket i Grønlandshavet kan ha stor innvirkning på produksjonsforholdene i nordlige Norskehav og Grønlandshavet.

Lenger sør i Norskehavet, mellom 63 og 65 grader N, var våroppblomstringen i mai 1997 kommet godt i gang både i det norske kystvannet og over Islandsplatået. I disse områdene var også næringssaltkonsentrasjonene i det øvre vannlag betydelig redusert med høye konsentrasjoner av planteplankton dominert av diatomeer. I de mer sentrale deler av Norskehavet var forholdene i mai fortsatt vinterlige med høye næringssaltkonsentrasjoner og lav planteplankton biomasse. Senere observasjoner viser at våroppblomstringen i kystvannet kulminerte i midten av mai samtidig som oppblomstringen i det Atlantisk vann tok til.

Observasjoner fra St M (se nedenfor) tyder på at våroppblomstringen i Norskehavet var ca to-tre uker forsinket i forhold til et normalt år, og



Figur 2.10

Normal variasjon av siktedypet (i meter) gjennom året, uttrykt i standardavviket ved værskipsstasjonen M for perioden 1990-1996 (tynn linje). Siktedypet i 1997 (tykk linje). *Normal variation of the Secchi disc depth (standard deviation) for the period 1990-1996 at Ocean Weather Station M (thin line). Secchi disc depth values for 1997 (thick line).*

tok til ca. en måned senere enn i 1995 da det ble observert en meget tidlig våroppblomstring. Siden veksten av dyreplankton i disse områdene sterkt koblet til algeveksten, kan den sene våroppblomstringen også ha medført en forsinket utvikling av dyreplankton.

Værskipsstasjon M (66°N, 02°Ø)

Som nevnt foran har de fysiske forhold i overflatelaget stor betydning for utviklingen av primærproduksjonen i Norskehavet. Viktigst i denne sammenheng er faktorer som lysforhold og vertikal lagdeling. Oseanografiske undersøkelser foretatt siden 1948 på Værskipsstasjon M i Norskehavet (figur 0), har bidratt til utforming av teorien om hvordan de fysiske forhold påvirker utviklingen av planteplanktonets vekst om våren. I forbindelse med Havforskningsinstituttets undersøkelser i Norskehavet har instituttet siden 1990 gjennomført en regelmessig innsamling av fysiske og biologiske data på stasjon M. Innsamling foretas fra værskipet M/S "Polarfront" og innsamlingshyppigheten er avhengig av type parameter og varierer fra daglige til ukentlige målinger.

En av de viktigste målingene er daglige observasjoner av siktedypet som er en indikator på vannets gjennomskinnelighet og dermed også av den totale mengde partikler som finnes i vannet. I åpne havområder, som Stasjon M representerer, er mesteparten av partiklene av biologisk opprinnelse. Denne type målinger gir derfor en oversikt over utviklingen av planteplanktonets biomasse over tid. Lave verdier av siktedyp betyr således lav gjennomskinnelighet og høyt innhold av planteplankton.

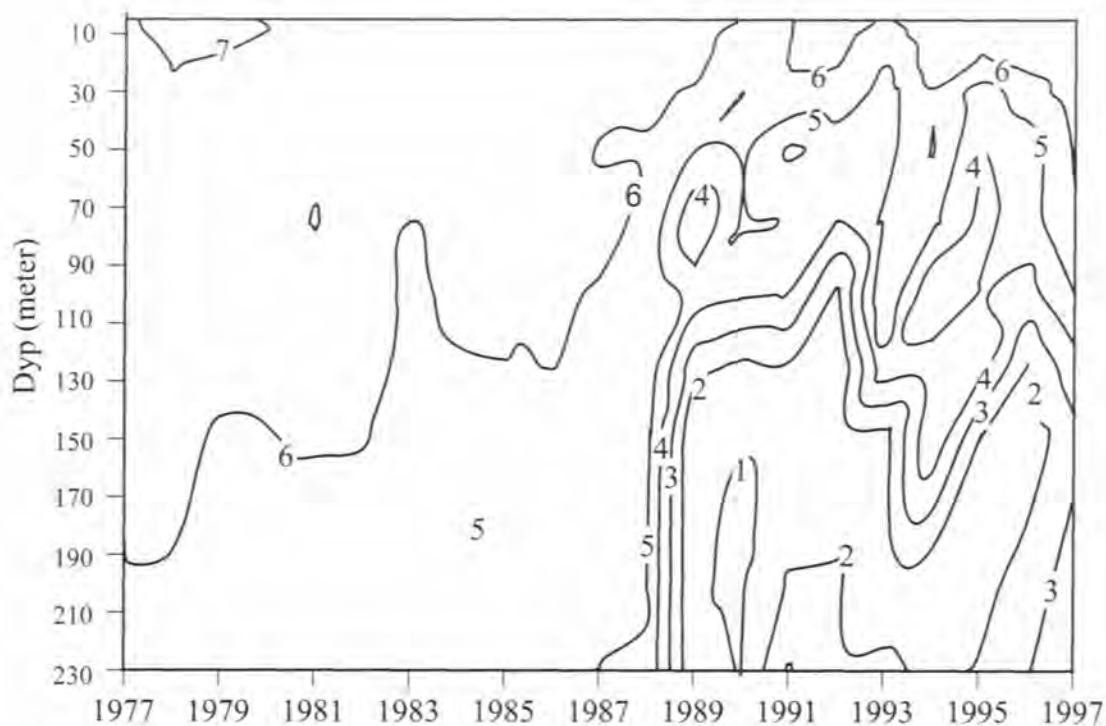
Siktedypverdiene målt i løpet av 1997 er vist i figur 2.10, sammen med verdier i et middelår for perioden 1990-1996. Fram til slutten av mars var siktedypverdiene høye, mellom 25-35 meter. Denne perioden representerer vintersituasjonen karakterisert av lavt innhold av planteplankton. I perioden fra slutten av mars til midten av mai ble det observert en svak reduksjon i siktedypet til 20-25 meter. Denne perioden representerer de første tegn til planteplanktonvekst som finner sted på grunn av bedre lysforhold. Fra midten av

mai inntraff den største reduksjon i siktedypet fra ca 20 meter til åtte-ti meter i månedskiftet mai-juni. Denne perioden representerer selve våroppblomstringen. Fra juni til september var siktedypet lite, med relativt små variasjoner i siktedypet. Dette representerer sommersituasjonen. Utover høsten var det en gradvis økning i siktedypet med vinterverdier i desember måned. Vårblomstringen på St M i Norskehavet ser ut til å ha vært forsinket med to-tre uker i 1997 sammenlignet med normalåret 1990-96. Resten av sommeren var det tilnærmet normalt siktedyp ved St M.

I 1997 ble det i tillegg til det vanlige observasjonsprogrammet også gjennomført detaljerte undersøkelser gjennom hele året med daglige målinger av en rekke parametre. Våroppblomstringen peker seg klart ut med høye klorofyllverdier i midten av mai som faller godt sammen med kraftige reduksjoner både i nitrat og siktedyp. Etter våroppblomstringen i mai stabiliserte klorofyllkonsentrasjonene seg på et relativt lavt nivå samtidig som nitrat og silikatkonsentrasjonene ble kraftig redusert. De lave klorofyllkonsentrasjonene sommeren 1997, sammenlignet med tidligere år, kan blant annet tyde på sterk nedbeiteting av dyreplankton.

Miljøforholdene i Ofotfjorden

Etter at sommerbeitesesongen er over, vandrer den norsk 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 gjenoppbygning av bestanden i de siste år, hvor 1983-årsklassen var den dominerende, har silda begynt å overvintre i Ofotfjorden og tildels i Tysfjorden. Overvintringen i disse fjordene begynte i 1987 og har fort-



Figur 2.11 Vertikal fordeling av oksygen (ml l^{-1}) i Ofotfjorden utenfor Narvik i perioden 1977-1997.
Vertical distribution of oxygen (ml l^{-1}) at a station off Narvik in the Ofotfjord during the period 1977-1997.

satt til og med 1997. Den store konsentrasjon av biomasse i et begrenset fjordområde har ført til en betydelig reduksjon av oksygeninnholdet i disse fjordområdene om høsten og vinteren.

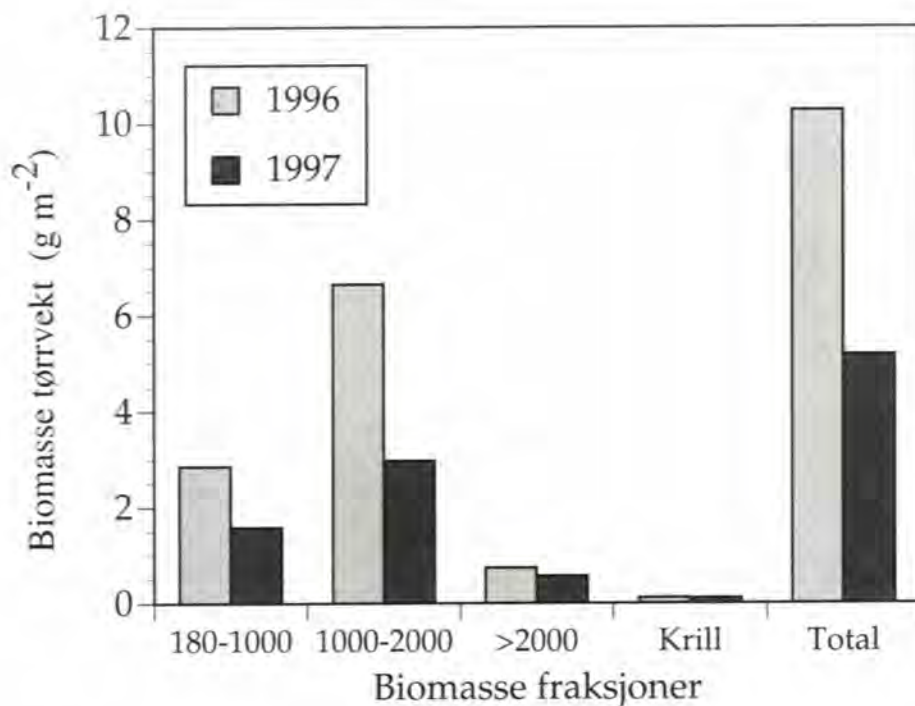
Havforskningsinstituttet har fulgt utviklingen med en serie undersøkelser gjennomført hvert år i november måned. Figur 2.11 viser oksygenforholdene på en stasjon utenfor Narvik. Figuren viser en kraftig nedgang i oksygenkonsentrasjonen siden 1988 (året etter at silda begynte å vandre inn) under ca. 100 meters dyp til verdier helt ned til under 1.0 ml/l i 1990. Disse lave oksygenkonsentrasjonene har holdt seg ganske uforandret de siste årene i de dypeste deler av fjorden. Som regel inntreffer de laveste oksygenverdiene i januar måned når silda begynner sin vandring ut av fjordsystemet. I de siste to-tre åra har en større andel av silda overvintret også i deler av Tysfjorden og en lignende reduksjon av oksygeninnholdet er blitt observert i der. I november 1996 og særlig i 1997 var det for første gang etter 1990 en markert forbedring i de dypeste vannlag med oksygenkonsentrasjoner omkring 3.0 ml/l .

De økte oksygenkonsentrasjonene i 1997 var trolig et resultat av en kombinasjon av økt innstrømming av vannmasser fra kysten til Ofotfjorden og en endret sildefordeling da en større del av silda overvintret i Tysfjord og indre del av Vestfjorden i 1996/1997.

Dyreplankton

Innsamling av dyreplankton i Norskehavet er som tidligere år foretatt med en planktontrål (MOCNESS) og med en ordinær loddrett trukket planktonhåv, kalt WP-2. Større planktonorganismer som krill, amfipoder fanges dårlig i slike relativt små fangsredskaper og på en rekke stasjoner ble det derfor også tatt prøver med en tradisjonell trål for å fange større planktonorganismer. I tillegg til innsamlingen i Norskehavet ble det samlet inn planktonprøver relativt hyppig på to snitt fra norskekysten og ut i Norskehavet, det ene ved Svinøy (Møre og Romsdal), det andre ved Gimsøy (Nordland) (figur 0).

Den samme del av det sentrale og østlige Norskehavet har vært undersøkt hver sommer de



Figur 2.12

Planktonmengder (gj.snitt g tørrvekt m⁻²) av ulike størrelsesfraksjoner og totalt plankton i Norskehavet i mai årene 1996 og 1997.

Zooplankton biomass (g dry weight m⁻²) of size fractions and total zooplankton in the Norwegian Sea May 1996 and 1997.

siste fire årene. Planktonmengdene har variert endel og midlere biomasse av dyreplankton disse årene var:

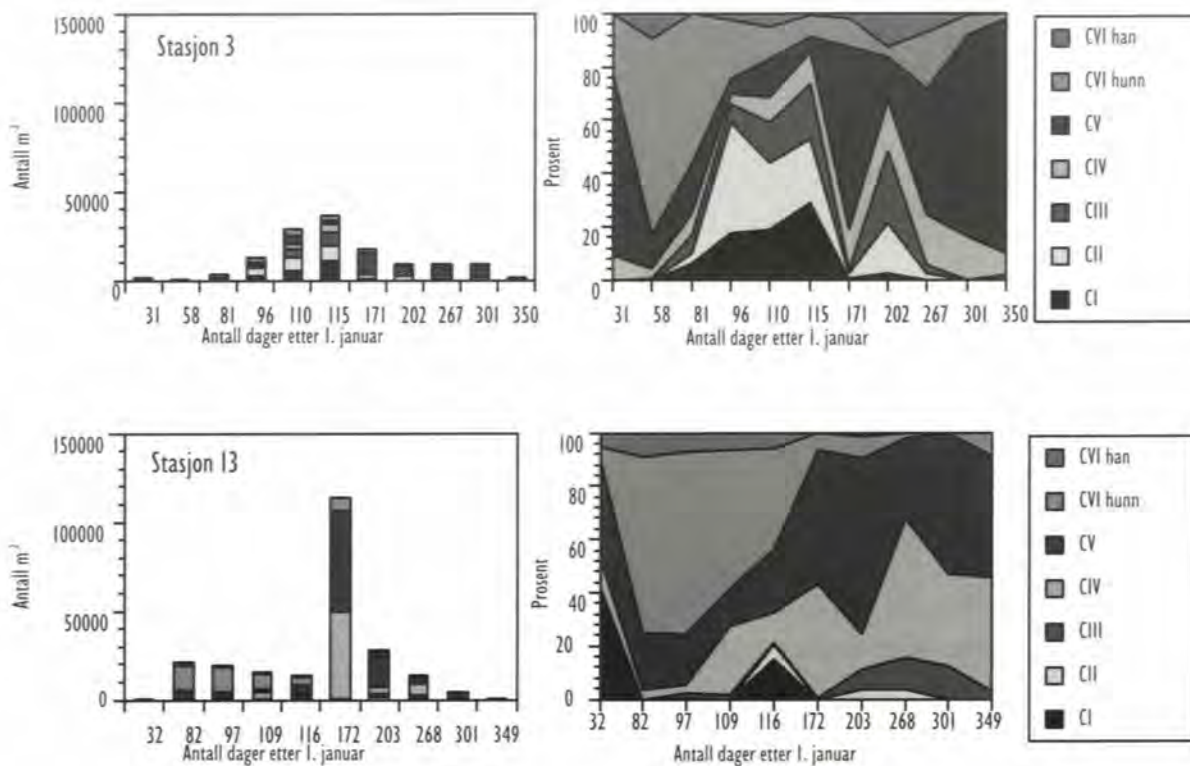
1994	10.8 g/m ²
1995	6.7 "
1996	5.4 "
1997	8.0 "

Tilsynelatende kan det synes som om planktonmengdene økte det siste året, sannsynligvis skyldes denne "økningen" at undersøkelsene i 1997 ble foretatt i juni og juli, en tid da biomassene generelt er høye. Undersøkelsene de andre årene ble foretatt i juli-august, da vanligvis planktonmengdene er på retur.

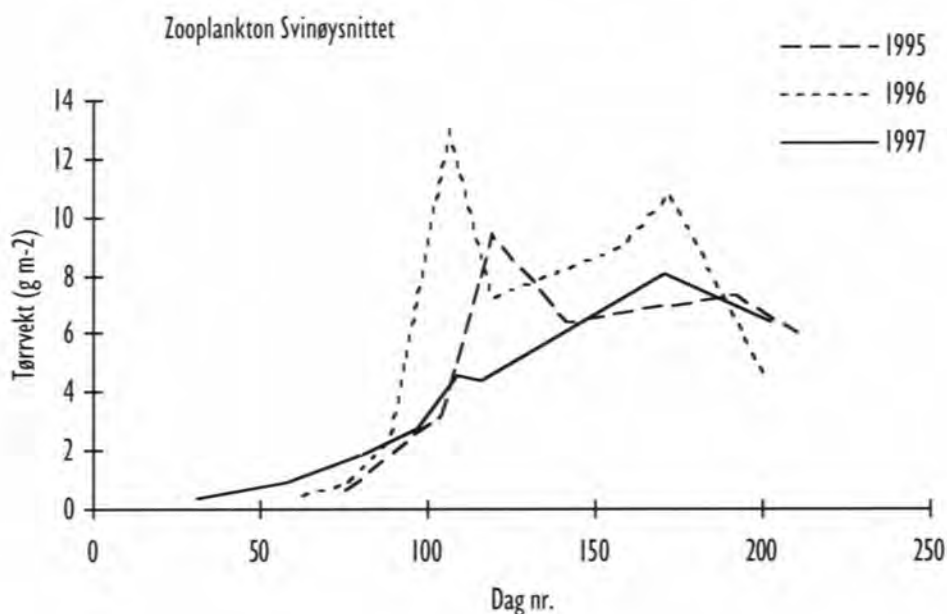
Østlige og sentrale deler av Norskehavet ble undersøkt i mai 1996 og 1997. Planktonet ble delt i ulike størrelsesfraksjoner, fra mindre enn 0.18 til over 2.0 mm, tørket og veiet. Likeens ble større organismer som krill m.m. veiet separat. Figur 2.12 viser biomassene av de ulike fraksjonene av planktonet disse to årene. Mens en i 1996 observerte en biomasse på ca. 10 g m⁻² i gjennomsnitt for området, var denne siste året nede i under 6 g m⁻². Mens en i mai 1996 observerte de største planktonmengdene i vestlige og nordlige del av Norskehavet, ble de største konsentrasjonene på samme tid i 1997 funnet nær norskekysten sør for Lofoten og i det vestligste området.

Figur 2.13 viser antall raudåte pr flateenhet og % hyppighet av utviklingsstadier av raudåte på to stasjoner i Svinøysnittet, henholdsvis inne på kontinentalsokkelen, st. 3, og lang til havs, st. 13. Raudåta gjennomgår tolv utviklingsstadier og på sokkelen utgjorde de yngste stadiene (CI-CIII) ca. 60 % av totalantallet i månedsskiftet mars-april, mens andelen ute i havet var under 5 %. Dette viser at produksjonen av en ny generasjon starter tidligere over sokkelen enn nær kysten. Fram til mars var raudåtebestanden i de atlantiske vannmassene i en overgangsfase fra overvintringsområdet i dypet, til en vårlig overflatefordeling. Sammenliknet med året før synes produksjonen av årets første generasjon av raudåte å ha kommet noe senere i gang i 1997. I juni-juli var det antydning til en ny mindre topp med tidlige utviklingsstadier, disse indikerer en produksjon av årets andre generasjon.

I figur 2.14 viser mengdene av dyreplankton på Svinøysnittet i 1995, 1996 og 1997 som et gjennomsnitt for samtlige stasjoner. Biomassen var lav i mars måned og det var små forskjeller mellom årene. I 1995 og 1996 nådde biomassen et maksimum i april - mai. Biomassen på Svinøysnittet i 1997 var markert mindre og hadde et senere maksimum sammenliknet med 1996.



Figur 2.13 Mengde og stadiefordeling av rauåte (*Calanus finmarchicus*) på to stasjoner langs Svinøysnittet; st. 3 (på kontinentalsokkelen) og st. 13 (i dyphavet).
Abundance and stage distribution of Calanus finmarchicus at two stations along the Svinøy transect; st. 3 (over the shelf) and st. 13 (deep water).



Figur 2.14 Planktonmengder (g tørrvekt m^{-2}) på Svinøysnittet årene 1995, 1996 og 1997.
Zooplankton biomass ($\text{g dry weight m}^{-2}$) at the Svinøy transect in 1995, 1996, and 1997.

2.3 Yngelproduksjon

Sild

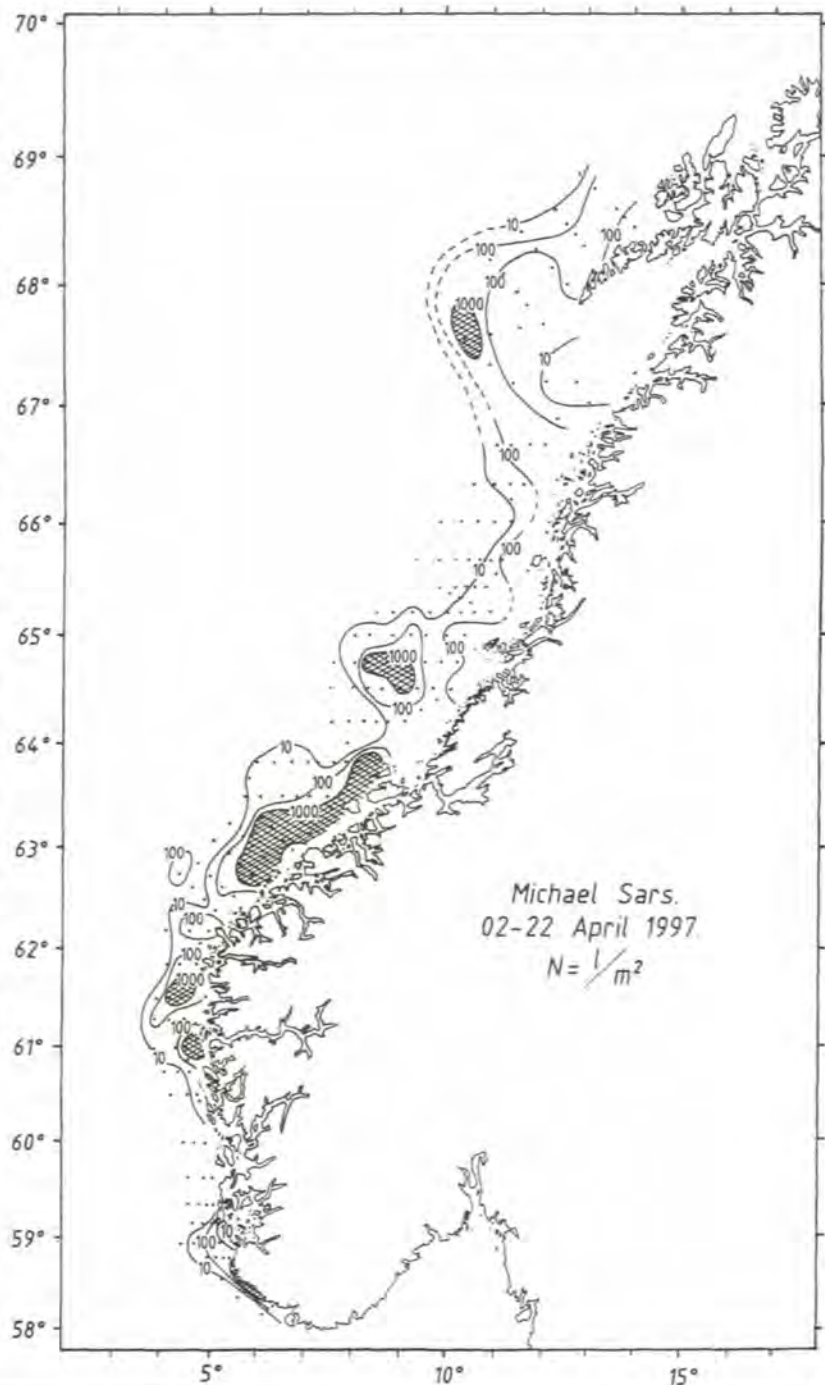
Ubredelsesområdet for sildelarver ble dekket under et tokt med F/F "M. Sars" i perioden 2.-22. april 1997 (figur 2.15). Det ble funnet svært høye sildelarvekonsentrasjoner (>1000 larver m^{-2}) over Røstbanken og Haltenbanken, i et belte fra Sunnmøre til Frøyabanken, ut for Bremanger og Sognefjorden og ut for Jæren.

Det ble funnet høye konsentrasjoner (100-1000 larver m^{-2}) i store deler av det undersøkte området. Det var en dramatisk økning i den totale larvemengde i forhold til de forutgående år, årets indeks ble beregnet til $64.4 \cdot 10^{12}$ (figur 2.16), den høyeste siden kollapsen i sildestammen på 70-tallet og dobbelt så høy som den nest høyest observerte. Påliteligheten til denne indeksen er avhengig av hvor godt dekket utbredelsesområdet er. Indeksen er også avhengig av hvor godt innsamlingen treffer i forhold til sildelarvenes klekking. Dekningen i 1997 synes å være god både i tid og rom og indeksen gir i år et godt estimat på totale larvemengde. De store larvemengdene i 1997 tyder også på en signifikant økning i gytebestandens størrelse.

Vi vet at mye av årsaken til de store svingningene i larvemengder ligger i de store variasjoner i sil-

das årsklassestyrke. Vi vet også at rekrutteringen av sildelarver henger nøye sammen med år til år variasjoner i vær og havklima. Følgende betingelser er nødvendige for dannelsen av en god årsklasse sild:

- Det må være en god gytebestand og stor produksjon av sildelarver.



Figur 2.15

Utbredelse av sildelarver 2. - 22. april 1997
Distribution of herring larvae 2 - 22 April 1997

- Næringsforholdene i havet må være gode for nyklekkete sildelarvene.
- Gode næringsforhold, stor larvevekst og lite nedbeiting i de første 1-3 måneder etter klekking resulterer i stor overlevelse og god kondisjon ved starten av metamorfosen i juli måned.
- En stor del av sildeyngelen og 0-gruppe sild må slippe forbi beiterne på veien fra norskekysten til Barentshavet. Viktige beitere er voksen sild, annen fisk, sjøfugl og hval.
- Forholdene i Barentshavet må ligge tilrette for at silda skal kunne vokse opp. Havet må ikke være fullt av sulten torsk som kan beite ned en god årsklasse i løpet av noen måneder og/eller lodde som konkurrerer om matfattet.

En rekke forhold er med å bestemme en årsklasses styrke og larvemengden kort tid etter gyting sier vanligvis lite om den kommende årsklassens styrke. I 1997 ser det til at en forsinket vårbloomstring og redusert planktonproduksjon medførte dårlige næringsforhold og få larver overlevde fram til 1-3 måneder etter klekking. Det var også indikasjoner på at veksten utover sommeren var svært lav, slik at dødelig-

heten i yngelbestanden ble stor. Det siste bygger på målinger som ble tatt i juni og juli 1997. I juni ble det tatt noen få trålstasjoner etter sildeyngel på et tokt med F/F "M. Sars". Stasjonene ble tatt over norsk sokkel mellom Frøyabanken og Røst hvor det ble tatt prøver av sildelarvene for å studere mikrostruktur i otolittene (øresteinene) for bestemmelse av alder og vekstmønster. Det ble observert langt færre sildeyngel enn under en tilsvarende dekning i 1996. Under et senere tokt med F/F "M. Sars" ut for Røst i midten av juli ble det bare funnet moderate mengder undermåls sildeyngel. Yngelen var så liten og i så dårlig forfatning at den ikke engang var egnet som mat til lundeungene på Røst.

De dårlige næringsforholdene i 1997 reduserte dermed svært vellykket gyting med en rekordstor mengde nyklekkete sildelarver i april til trolig en sildeårsklasse under middels. I tillegg er det usikkert hvor mye av årsklassen 1997 som vil vokse opp med det store beitepresset fra torsk som det nå er på ungsild i Barentshavet nå. Et lyspunkt her er at lodda er på vei opp igjen og kan muligens lette noe av beitepresset på småsilda.



Figur 2.16

Sildelarveindeksen for perioden 1981 - 1997
The index of herring larvae for the period 1981 to 1997

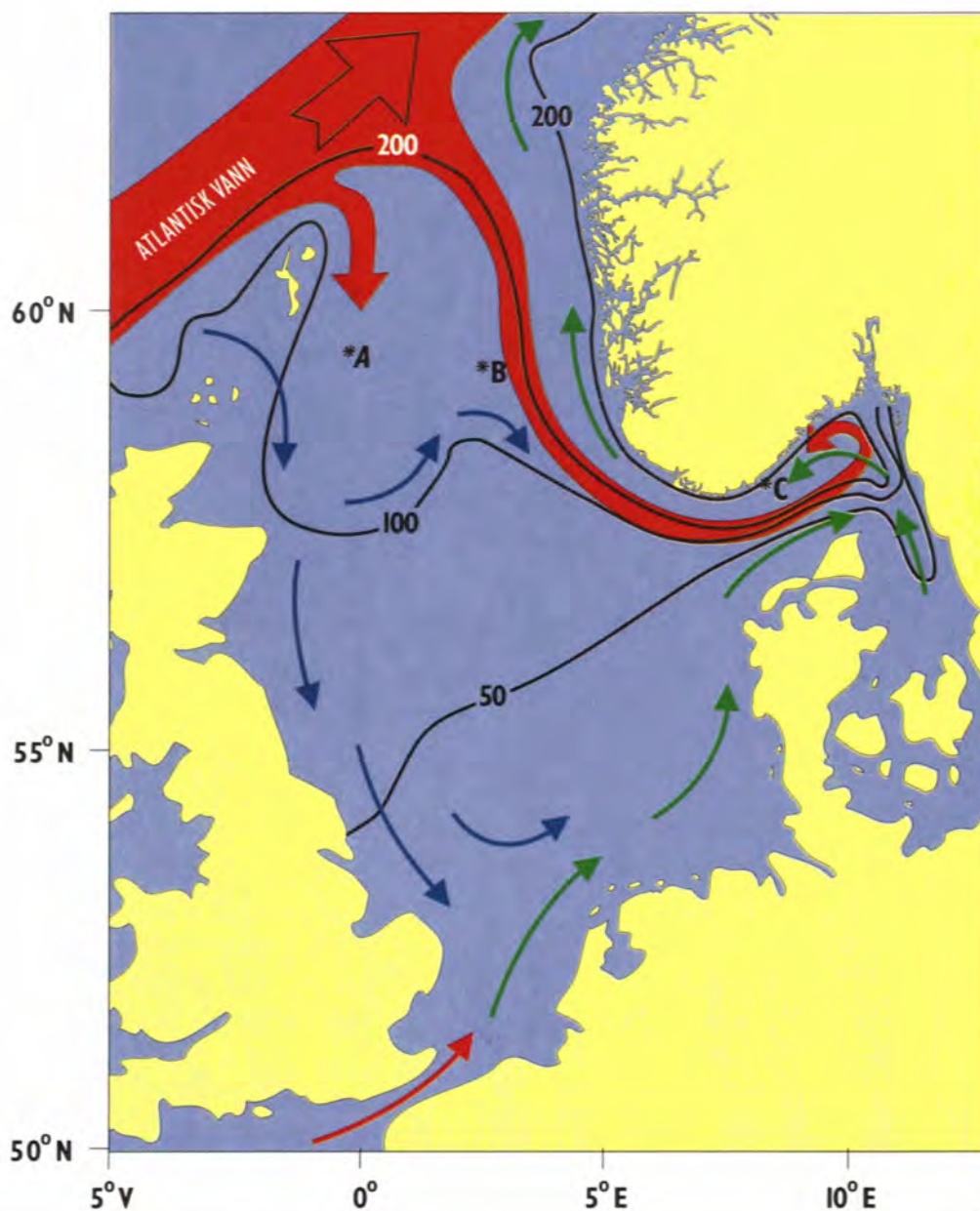
3. ØKOSYSTEMENE I NORDSJØEN OG SKAGERRAK

3.1 Havklima

Nordsjøen og kysten

Nordsjøen er hovedsakelig et grunnhav hvor omkring 2/3 av området er grunnere enn 100 meter. Norskerenna er et karakteristisk trekk hvor dypet går ned til over 700 meter i Skagerrak. Dybdeforholdene er viktige for sirkulasjonen i Nordsjøen da topografien i stor grad styrer

vannmassenes bevegelse. Vannmassene i Nordsjøen har sin opprinnelse i innstrømmingen av atlantisk vann med høy saltholdighet fra Norskehavet og ferskvannstilførsel fra land (figur 3.1). Om vinteren er vertikalblandingen stor i de grunne områdene, slik at det blir små temperaturforskjeller mellom overflaten og bunn. Oppvar-



Figur 3.1
De viktigste trekkene i sirkulasjonsmønsteret og dybdeforholdene i Nordsjøen og Skagerrak.

The most conspicuous features of the circulation and bathymetry of the North Sea and Skagerrak.

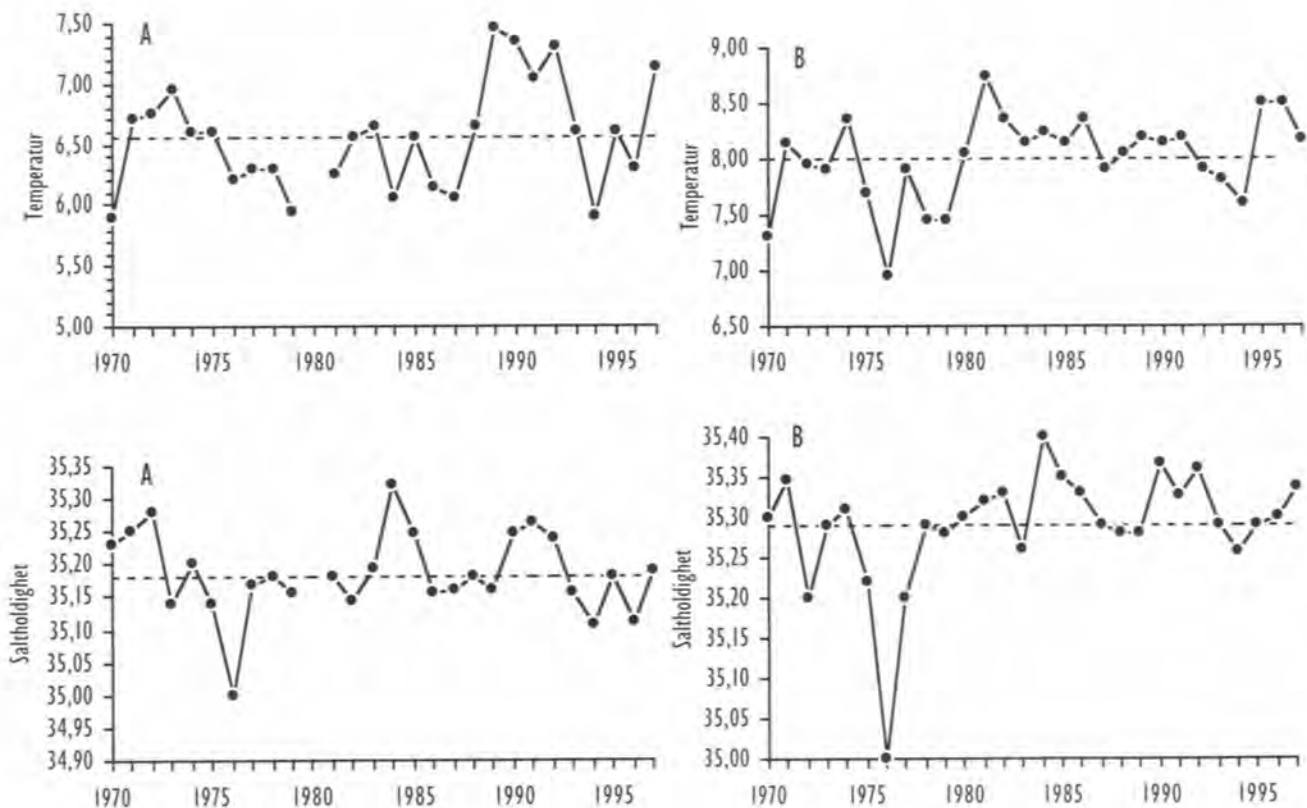
mingen om sommeren lager et markert temperatursprang i 20-50 meters dyp.

Vannmassene i Nordsjøen strømmer hovedsaklig mot klokken (figur 3.1) og nesten alt vannet må innom Skagerrak før det forlater området nordover via Den norske kyststrømmen. Dette bildet er hva vi kan kalle en klimatisk middelsituasjon. Variasjoner i dette bildet fra et år til et annet, det vi kaller havklimavariasjoner, har stor innflytelse på hele det økologiske systemet i Nordsjøen. De viktigste årsakene til klima variasjonene er endringer i innstrømmingen av atlantisk vann, vindforhold, varmeutveksling med atmosfæren og ferskvanntilførselen.

Temperaturen i vannmassene i store deler av Nordsjøen var relativt normale vinteren og våren 1997, litt under normalen i januar og noe over

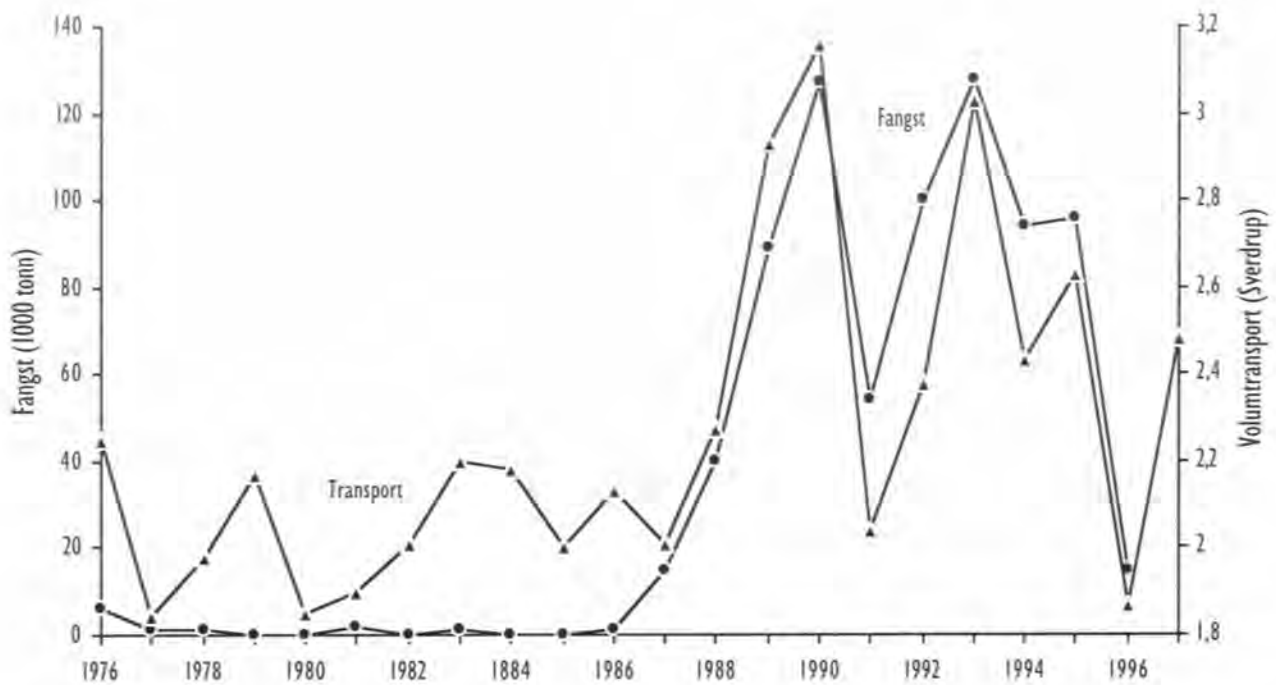
normalen i februar/mars. Sommeren 1997 var karakterisert ved mye sol, varme og lite vind. Overflatetemperaturene steg til 3-4 °C over normalen over det meste av området, med maksimaltemperaturer rundt 22 °C i juli og august i sørlige og østlige deler av Nordsjøen.

Figur 3.2 A viser tidsserier av sommermålinger av saltholdighet og temperatur nær bunnen i nordlige Nordsjøen (posisjon A - se figur 3.1 for lokalisering). Målingene er antatt å representere årets "vintervann" i den vestlige grenen av innstrømmende Atlanterhavsvann, som i løpet av vinteren er innblandet med litt ferskere overflatevann på Nordsjøplatået. Figur 3.2.B viser tilsvarende målinger fra en stasjon på vestskråningen av Norskerenna, i kjernen av innstrømmende atlantisk vann fra Norskehavet til Nordsjøen-Skagerrak (posisjon B - se figur 3.1 for lokalisering



Figur 3.2 Temperatur og saltholdighet nær bunn i nordvestlige del av Nordsjøen (posisjon A: 59°17'N, 00°22'Ø), og i kjernen av atlantisk vann i vestskråningen av Norskerenna (posisjon B: 59°17'N, 03°22'Ø) om sommeren i årene 1970-1997. For lokalisering av posisjonene A og B se figur 3.1.

Temperature and salinity near bottom in the northwestern part of the North Sea (A), and in the core of Atlantic Water (B) at the western shelf edge of the Norwegian Trench during summers of 1970-1997. Location of A and B in figure 3.1.



Figur 3.3

Tidsserier for perioden 1976-1997 for modellert total vanntransport (midlet for første kvartal bestående hovedsaklig av atlantisk vann) sørover i Nordsjøen gjennom et snitt fra Utsira til Orkenøyene og fangst av hestemakrell etterfølgende høst i Nordsjøen.

Modelled transport of Atlantic water into the North Sea between Utsira and Orkney Islands and capture of Horse mackerel.

). Temperatur og saltholdighet er i middel henholdsvis 1-2 °C og ca 0,1 lavere over Nordsjøplataet i forhold til i det innstrømmende atlantiske vannet i Norskerenna.

I perioden 1988 til 1992 hadde Nordsjøen et uvanlig mildt klima, og vintrene 1989 og 1990 var sannsynligvis de varmeste i de siste 130 år, mens 1942 og 1977-79 var de kaldeste. Etter 1992/93 sank temperaturen, og i 1994 lå både saltholdighet og temperatur under det normale i nordlige Nordsjøen. Dette var delvis et resultat av en redusert innstrømming av atlantisk vann i 1993 og økt lokal avkjøling. I 1995 snudde den synkende tendensen i temperatur og saltholdighet i samsvar med økt innstrømming av atlantisk vann i siste halvår av 1994 og i første del av 1995. I 1996 var det igjen en forbigående nedgang i saltholdighet og temperatur over Nordsjøplataet knyttet til redusert innstrømming av atlantisk vann i begynnelsen av året. Tendensen til økt saltholdighet og relativt høye temperaturer både over Nordsjøplataet og i Norskerenna fortsatte imidlertid i 1997 (figur 3.2)

Høsten 1996 og januar 1997 var modellert innstrømming av atlantisk vann til Nordsjøen relativt svak, mens den i middel for resten av 1997 var tilnærmet normal. Beregnet innstrømming av atlantisk vann til Nordsjøen om vinteren (første kvartal) har vist seg å ha stor sammenheng med fangst av hestemakrell den etterfølgende høst i Nordsjøen. Svak vinterinnstrømming av atlantisk vann førte til dårlig fiske i perioden fra 1976 til 1987 og i 1991 og 1996. Øvrige år med relativt sterk innstrømming av atlantisk vann samsvarte med godt fiske av hestemakrell. Ut fra beregnet innstrømming av atlantisk vann til Nordsjøen vinteren 1997 var prognosen en fangst i størrelsesorden 70.000 tonn hestemakrell høsten 1997 (figur 3.3). Den totale fangst av hestemakrell høsten 1997 ble omlag 60.000 tonn.

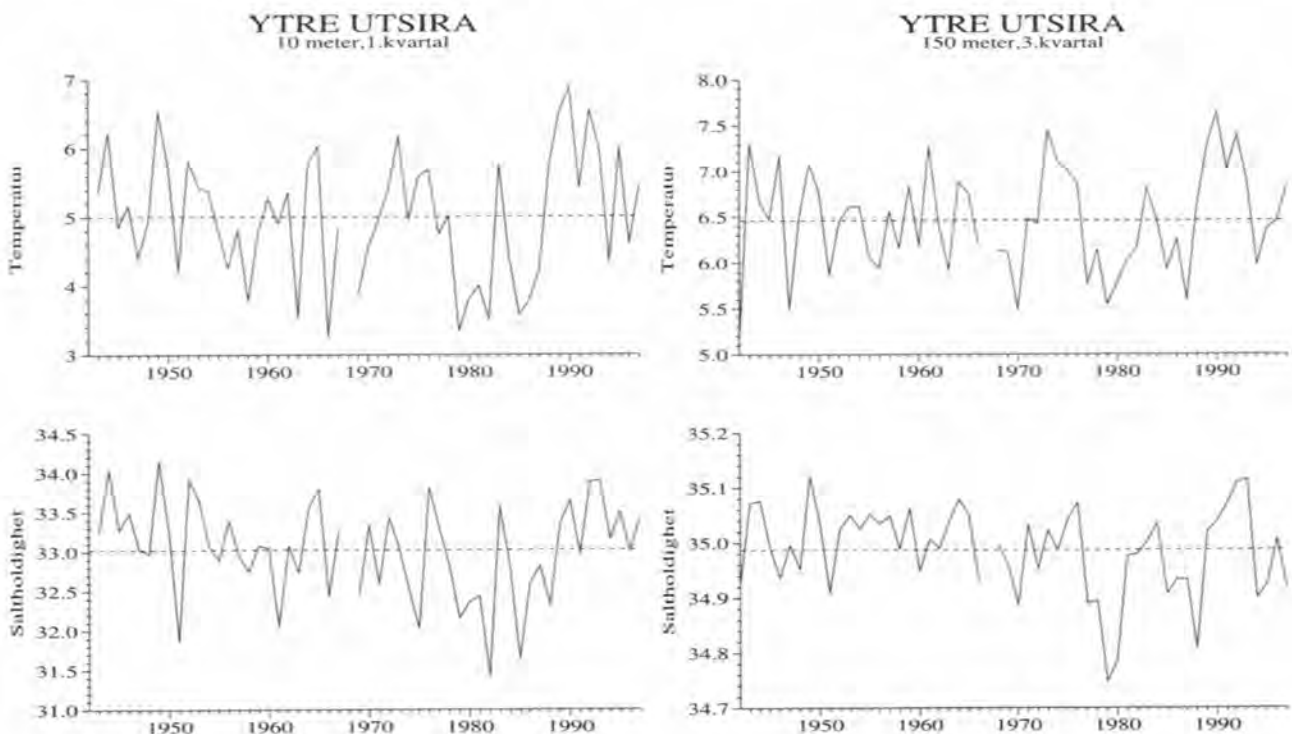
Klimaforholdene i de norske kystfarvannene knyttet til Nordsjøen-Skagerrak observeres regelmessig på de faste hydrografiske stasjoner ved Torungen, Lista, Utsira og Sognesjøen hvor temperatur og saltholdighet blir observert i standarddyp fra overflaten til bunn (for lokalisering se

figur 0). Figur 3.4 viser tidsutviklingen av temperatur og saltholdighet i 10 og 150 meters dyp for henholdsvis 1. kvartal (januar- mars) og 3. kvartal (juli-september) i perioden 1942-1997 ved Utsira.

Tidsseriene fra 10 meters dyp, som representerer variasjonene i overflatelaget, er sterkt avhengige av lokale og regionale vær- og strømforhold og kan derfor vise store svingninger fra år til år. Spesielt interessant er langtidsendringene i overflatesaltholdigheten om vinteren ved Utsira, som fra omlag 1950 fram til første del av 1980-årene gradvis sank til 1-1.5 psu under langtidsnormalen, for deretter igjen å øke til omlag 1.0 psu over langtidsnormalen i begynnelsen av 1990 årene. Målingene fra Utsira viser at overflatetemperaturene den spesielt varme vinteren 1990 lå ca. 2°C over langtidsnormalen. Vintrene 1991, 1992 og 1993 var også relativt varme, med temperaturer henholdsvis 0.6, 1.5 og 0.9°C over det normale for årstiden. Vinteren

1997 lå temperatur og saltholdighet nær eller litt over normalen for årstiden.

I 150 meters dyp ved Utsira, hvor vannmassene er sterkt oppblandet med Atlanterhavsvann, gjen-speiler målingene også de storstilte variasjoner som har sin opprinnelse i innstrømming av atlantisk vann til Nordsjøen (figur 3.4). I dette dypet varierer temperaturen (som i 3. kvartal er nær årets minimum) vanligvis i samsvar med saltholdigheten, idet Atlanterhavsvann er varmere og saltere enn det "lokale dypvann" i Norskerenna. Etter et ganske kaldt år i 1987 økte temperaturen, som i de andre områdene av Nordsjøen, til et ekstremt maksimum i 1990. Etter 1990 har det vært en temperaturnedgang, mens saltholdigheten nådde et ekstremt maksimum i 1993. De høye saltholdighetene ble også observert i store deler av Skagerrak i løpet av 1993 og samsvarer med godt med beregnet stor vinterinnstrømming av Atlanterhavsvann til Nordsjøen i 1993 (figur 3.3). I 1994 falt både temperatur og



Figur 3.4

Middelverdier og årlige variasjoner i temperatur og saltholdighet i 10 (1. kvartal) og 150 meters dyp (3.kvartal) ved Utsira.

Mean values and yearly variation of temperatures and salinity at 10 (1. quarter) and 150 meters depths(3. quarter) at Utsira during 1. and 3. quarter.

saltholdighet litt under det normale. I 1995 og 1996 var forholdene nær det normale for årstiden, mens vannet i 1997 var noe ferskere og varmere enn normalt. Dette kan tyde på en viss nedblanding av ekstra varmt kystvann. Variasjonene i temperatur og saltholdighet de siste åra i Norskerenna ved Utsira samsvarer i stor grad med modellert atlantisk innstrømming til Nordsjøen.

Figur 3.5 viser temperatur og saltinnhold i 10 og 150 meters dyp ved Utsira i løpet av 1997 sammenlignet med langtidsnormalen. Saltholdigheten i overflatelaget indikerer lengre perioder med økt oppstrømning langs kysten om våren og høsten, og ekstremt ferskt, stabil og varmt vann i juli og august. Utover høsten var det igjen en periode med relativt høye saltholdigheter og temperaturer under det normale for årstiden i overflatelaget. I 150 meters dyp varierte temperaturen i løpet av første halvår av 1997 omkring det normale. Nedstrømning av ferskere kystvann bidrog til de periodevise økte temperaturer fra august til desember.

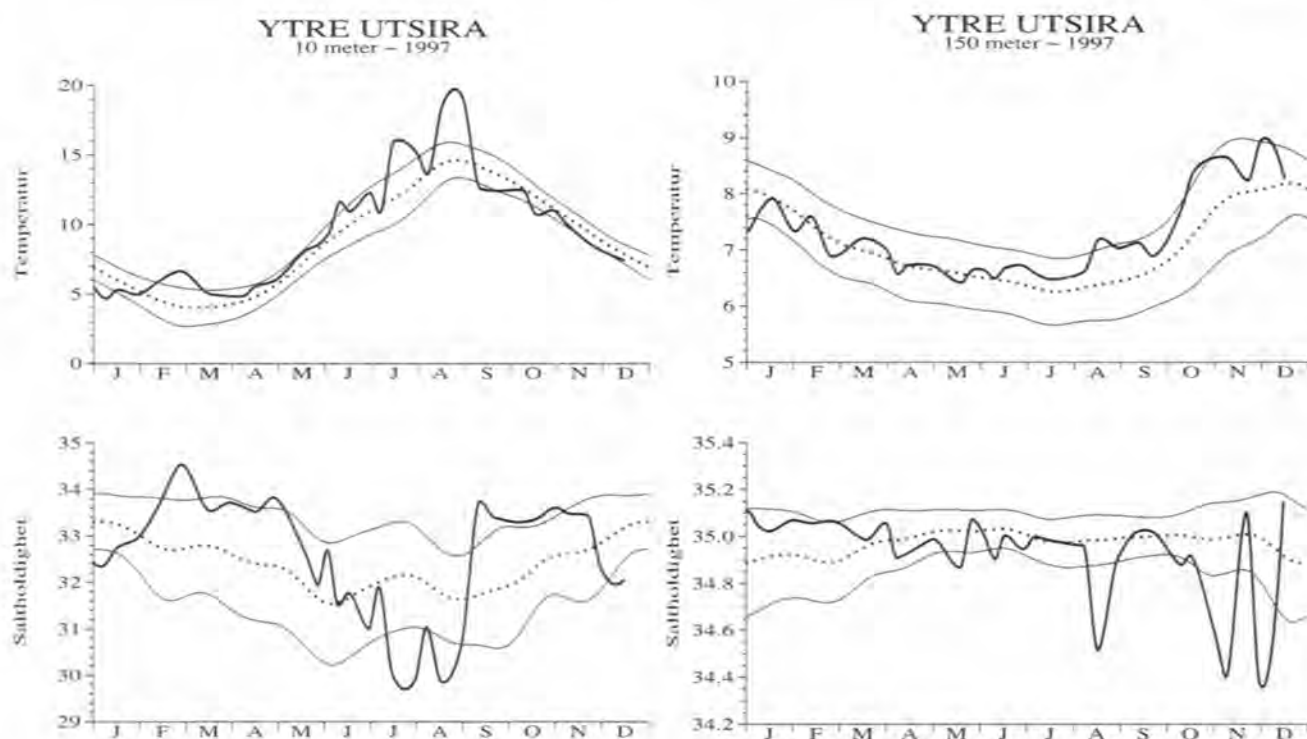
Skagerrak og vestkysten av Danmark

Vannmassene i Skagerrak består av tre hovedvannmasser:

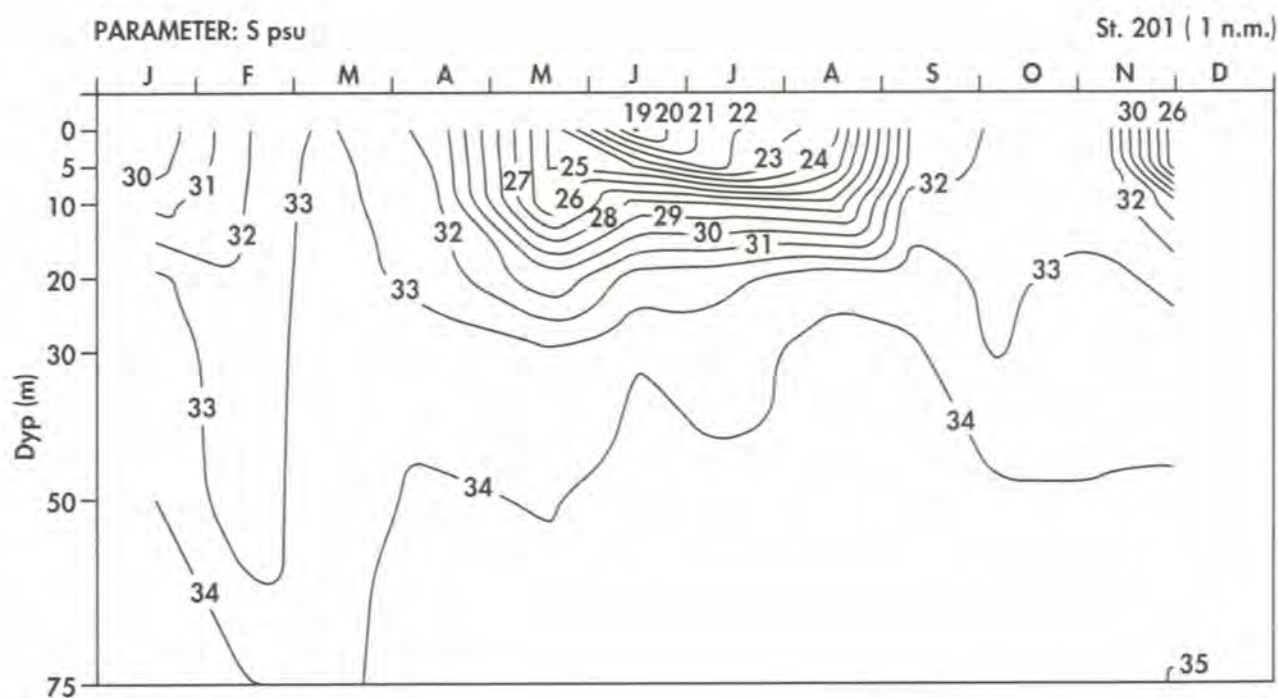
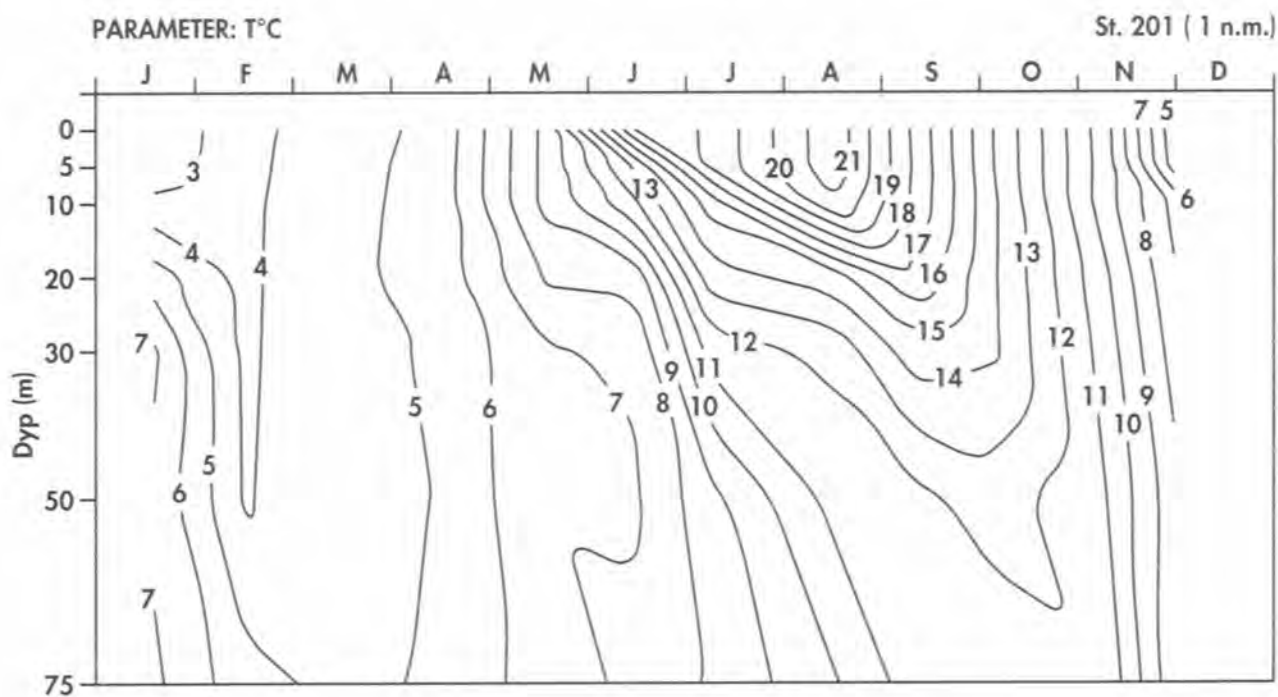
- Skagerrak kystvann som har saltholdigheter mellom 25.0 og 32.0 psu og temperaturer mellom 0°C og 20°C.
- Skagerrakvann med saltholdighet mellom 32.0 og 35.0 psu og temperaturer vanligvis mellom 3°C og 16°C.
- Atlantisk vann med saltholdighet over 35.0 psu og temperaturer mellom 5.5°C og 7.5°C.

I tillegg er vann med saltholdighet mindre enn 25.0 psu definert som brakkevann med opprinnelse i lokal avrenning og innstrømming fra Kattegat.

Skagerrak kystvann er hovedsakelig en blanding mellom vann fra Kattegat/Østersjøen, lokalt ellevann og vann fra sørlige og tildels den sentrale Nordsjøen. Skagerrakvann har et større innslag av innstrømmende vannmasser fra den sen-



Figur 3.5 Temperatur og saltholdighet i 10m og 150m dyp målt ca. hver 10. dag ved Utsira i 1997. Midlere årsvariasjon (prikket) og standardavvik (tynn strek) er også vist.
Temperature and salinity at 10 m and 150 m depth measured about every 10th day at Utsira in 1997. Mean yearly variations (dotted) and standard deviations (thin line) are also shown.



Figur 3.6 Temperatur og saltholdighet i 1997 i de øverste 75 meter, ca 1 n.m. utenfor Torungen fyr ved Arendal.
Temperature and salinity in 1997 in the upper 75 meters at station 1 n.m. outside Torungen lighthouse near Arendal

trale Nordsjøen. Atlantisk vann tilføres Skagerrak fra Norskehavet via den nordlige Nordsjøen og lagrer seg inn under det lettere Skagerrakvannet (figur 3.1).

I løpet av året varierte tykkelsen av Skagerrak kystvann, (figur 3.6) stort sett mellom 10 og 20 meter. Nedre grense for Skagerrakvann lå dypere enn 75 meter gjennom hele året. Det var unormalt mye brakkevann langs Skagerrakkysten i

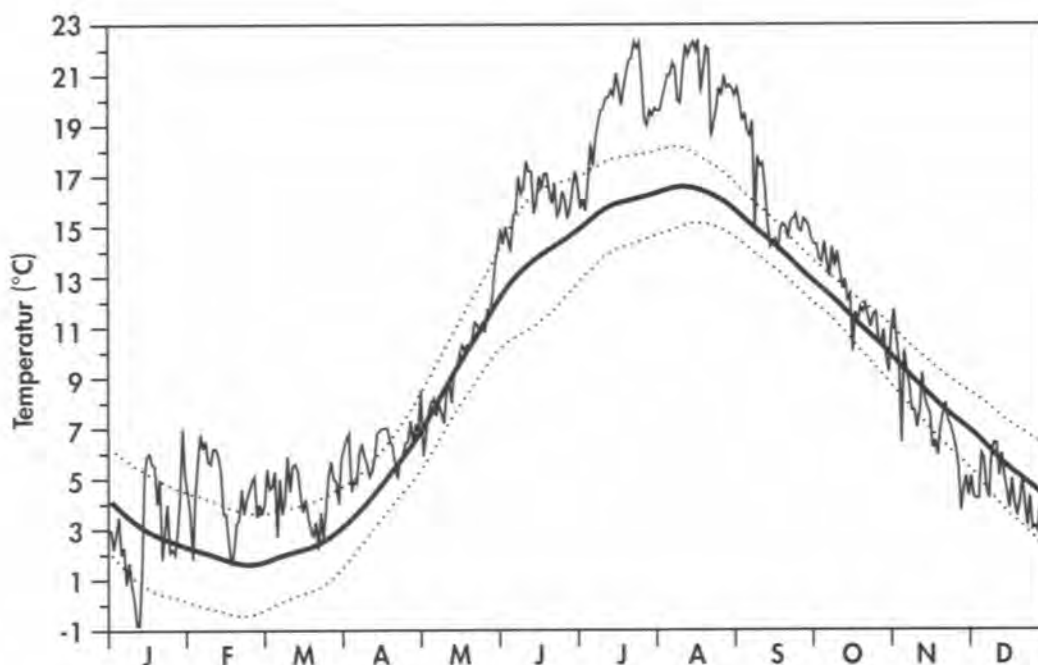
1997 og brakkvann ble observert i hele perioden fra midten av mai til siste halvdel av august. Den sterke og stabile lagdelingen var også en medvirkende årsak til at overflatelaget ble oppvarmet til rundt 4 °C varmere enn normalt i juli og august (figur 3.7).

Temperaturen i øvre vannlag ved Flødevigen (figur 3.7) var noe lav i januar, men steg raskt til godt over normalen i resten av vintermånedene. Etter en relativt normal vår og forsommer fikk vi ekstremt høye temperaturer fra juli og til september pga mye fint og stille vær og sterk lagdeling. Videre utover høsten forløp temperaturen som normalt og på slutten av året lå temperaturene under det normale for årstiden. Temperaturutviklingen langs norskekysten av Skagerrak samsvarer godt med temperaturvariasjonene i overflatelaget i sentrale og sørlige Nordsjø. I 150 m dyp (figur 3.8) var det om våren og sommeren og helt på slutten av året noe sterkere innslag av atlantisk vann enn normalt med temperaturer over det normale for årstiden. Resten av

året var det tilnærmet normale temperaturforhold.

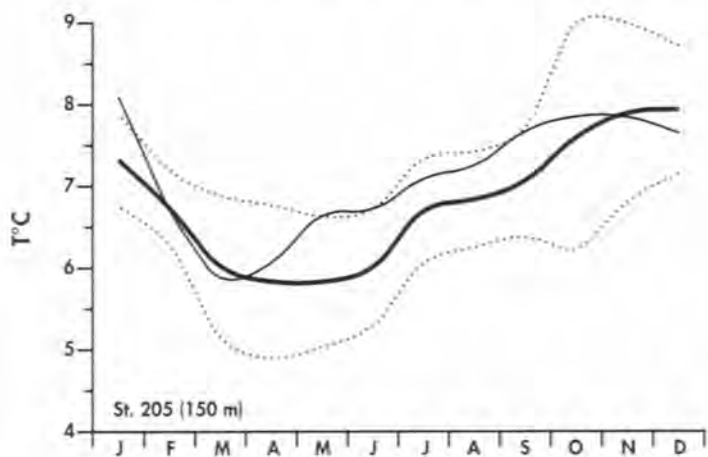
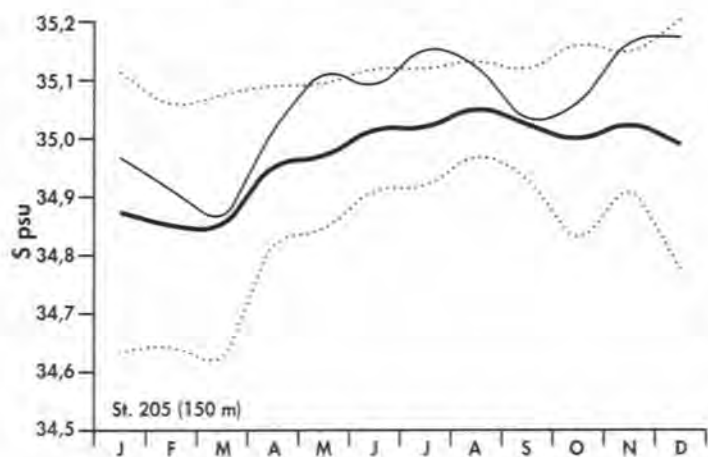
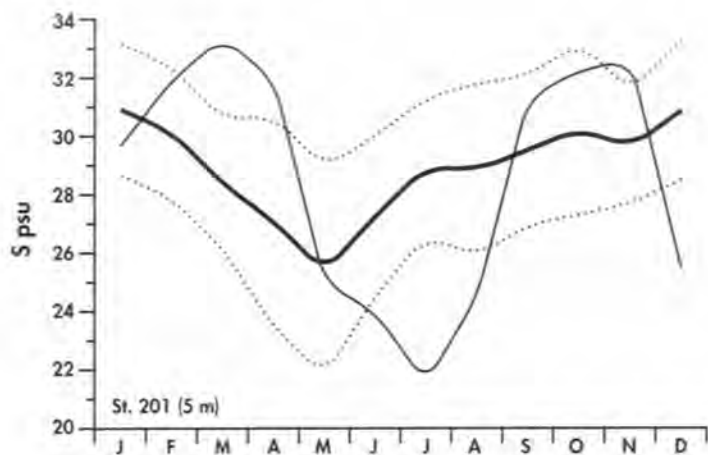
Figur 3.9 viser at oksygenforbruket i 100 meters dyp i Risørbassenget, med terskeldyp på ca 30 meter, også i 1997 hadde et oksygenforbruk som lå omlag 50% høyere enn før omlag 1980. Det økte oksygenforbruk i Risørbassenget og i andre terskelbasseng i indre Skagerrak er i hovedsak et resultat av økte tilførsler av menneskeskapte næringsalter og organisk materiale fra den sørlige Nordsjøen og Kattegat/Østersjøen.

Fra vinteren/våren 1996 til ut på sommeren-høsten 1997 var det en jevn nedgang i oksygenkonsentrasjonene i fjordbassengene i ytre Oslofjord. Laveste observerte oksygenkonsentrasjon nær bunn høsten 1997 lå omkring 2.0 ml/l i Breidangenbasenget, som er under grensen hvor en forventer effekter på det marine liv (figur 3.10). Det ekstra lave oksygeninnholdet i fjordbassengene i ytre Oslofjord i 1997 skyldes i hovedsak manglende innstrømning av oksygenrikt



Figur 3.7

Daglige temperaturobservasjoner på 1 meter dyp i 1997 ved Forskningsstasjonen i Flødevigen. Den tykke linjen viser glattet middeltemperatur i 1 meter dyp sammen med standardavviket (tynne linjer) for 30-årsperioden 1961-1990 samme sted. *Daily temperature observations at 1 m depth in 1997 at the Flødevigen Marine Research Station. The bold curve shows the smoothed mean temperature at 1 m depth together with the standard deviation, for the 30-years period 1961-1990.*



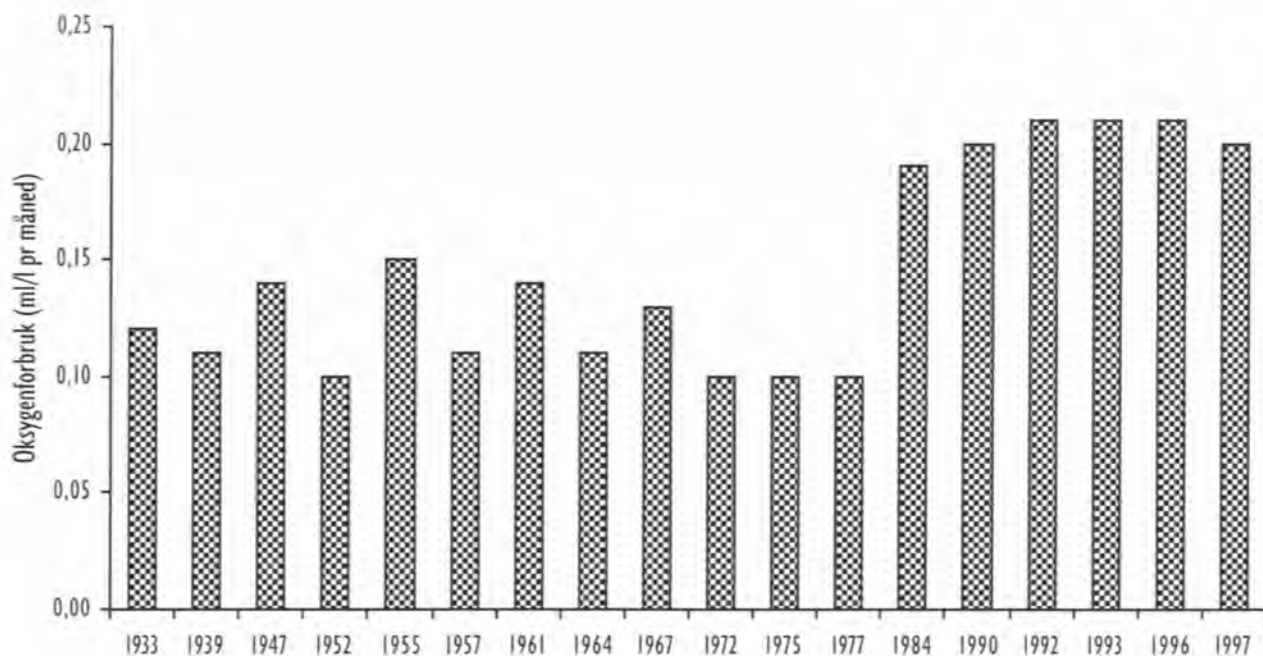
Figur 3.8 Saltholdighet på 5 og 150 meters dyp henholdsvis 1 n.m. og 5 n.m., og temperatur på 150 meters dyp 5 n.m. utenfor Torungen fyr ved Arendal i 1997 basert på målinger ca. en gang pr. mnd. (tynn heltrukken linje). Langtidsmiddel (tykk heltrukken linje) og standardavvik (stiplet linje) i 5 meters dyp er for perioden 1980-1995, og i 150 m dyp for perioden 1961-1990.

Salinity at 5 m and 150 m depth at 1 n.m. and 5 n.m. respectively outside Torungen lighthouse near Arendal in 1997 based on monthly measurements (thin solid line). Long term mean (thick solid line) and st.dev. (dotted line) at 5 m depth for the period 1980-1995, and at 150 m depth for the period 1961-1990.

vann fra Skagerrak til dybbassengene. I Rauøybassenget lenger ute i ytre Oslofjord, var oksygenkonsentrasjonen i 300 meters dyp i september/oktober 1997 den laveste som er observert siden målingene startet i 1936. Som vist for Risørbassenget foran har det vært en økning i oksygenforbruket i fjordbassengene i indre Skagerrak etter omlag 1980 pga langtransportert forurensning. Dette har trolig forsterket oksygen nedgangen i bassengene i ytre Oslofjord og for-

årsaket at oksygenminimum høsten 1997 lå ca 0.5 ml/l lavere enn "normalt".

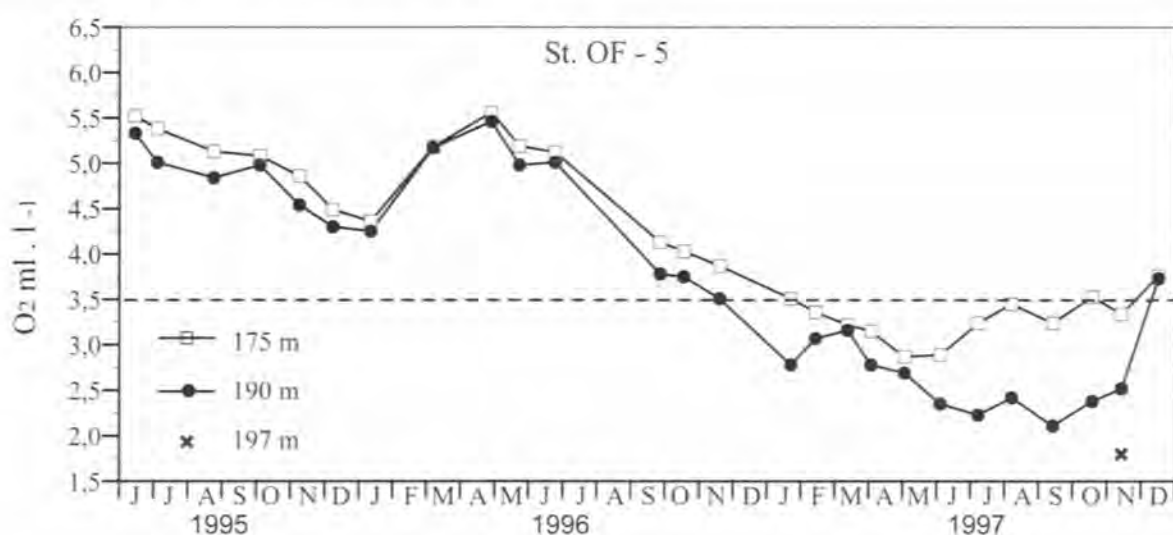
Figur 3.11 viser tidsserier av temperatur, saltholdighet og oksygen i 600 meters dyp i Skagerrakbassenget (posisjon C - figur 3.1). De senere års observasjoner viser at det var en stortilt utskiftning av vannmassene i Skagerrakbassenget i 1991 etter en uvanlig lang stagnasjonsperiode med de laveste oksygen-



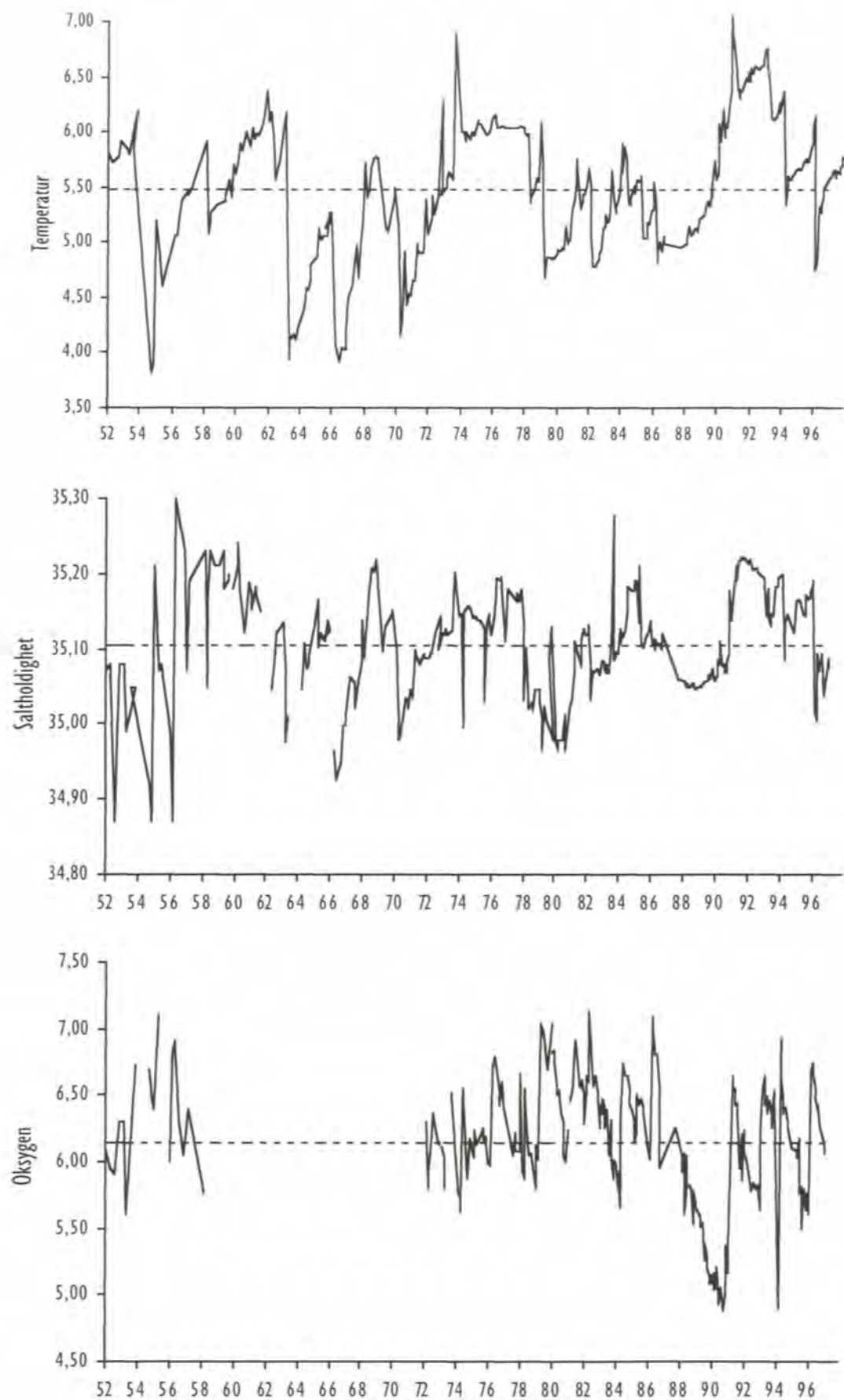
Figur 3.9 Oksygenforbruk i 100 meters dyp i Risørbassenget fra 1930 til 1997
Oxygen consumption at 100 meter depth in the Risør basin from 1930 to 1997.

konsentrasjonene i Skagerrakbassenget som noen gang er observert (ca 4.8 ml/l). Temperaturene i 1990/91, like før innstrømmingen, var de høyeste siden målingene startet i 1947. Unormalt høye temperaturene i Skagerrakbassenget holdt seg fram til ca 1994, da innstrømminger av kjøligere vann fra Nordsjøplatået medførte et markert temperaturfall. Etter innstrømming av rela-

tivt kaldt og oksygenrikt vann fra Nordsjøplatået vinteren 1996, har temperaturen igjen gradvis økt til litt i overkant av normalen. Det har i 1996-1997 vært liten variasjon i saltholdigheten og en gradvis avtagende oksygenkonsentrasjon. Det ser dermed ut til at det ikke har vært ny innstrømming til Skagerrakbassenget siden 1996.



Figur 3.10 Oksygenutviklingen i Breidangenbassenget, innenfor Horten i ytre Oslofjord, fra juni 1995 til desember 1997.
Oxygen concentrations in the Breidangen basin in the outer Oslofjord from June 1995 to Desember 1997.



Figur 3.11

Variasjoner i temperatur, saltholdighet og oksygen i 600 meters dyp i Skagerrak bassenget, posisjon 58⁰08'N, 09⁰11'Ø, for årene 1947-1997.

Variations in the temperature, salinity and oxygen of the bottom water (600 m depth) in Skagerrak for the years 1947-1997.

3.2 Plankton og næringsalter

Skagerrak og vestkysten av Danmark

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 vintre og kraftig nedbør over Nord-Europa. Nedbøren i seg selv er nitrogenrik, og mer viktig, det vaskes også mye næringsalter ut fra jordsmonn. Det meste kommer via store elver som Elben. I milde vintre 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. Vinteren 1997 var det et kjølig klima i Nord-Europa, og relativt lite nedbør og avrenning. Vi observerte derfor ikke uvanlig høye konsentrasjoner av nitrogen i Skagerrak gjennom våren, og heller ikke skjeve/høye N/P-forhold i særlig grad (figur 3.12). Forekomsten av algeslekten *Chrysochromulina* som vi mistenker kan favoriseres ved avrenning fra land, var ganske normal gjennom våren og forsommeren 1997 (se under).

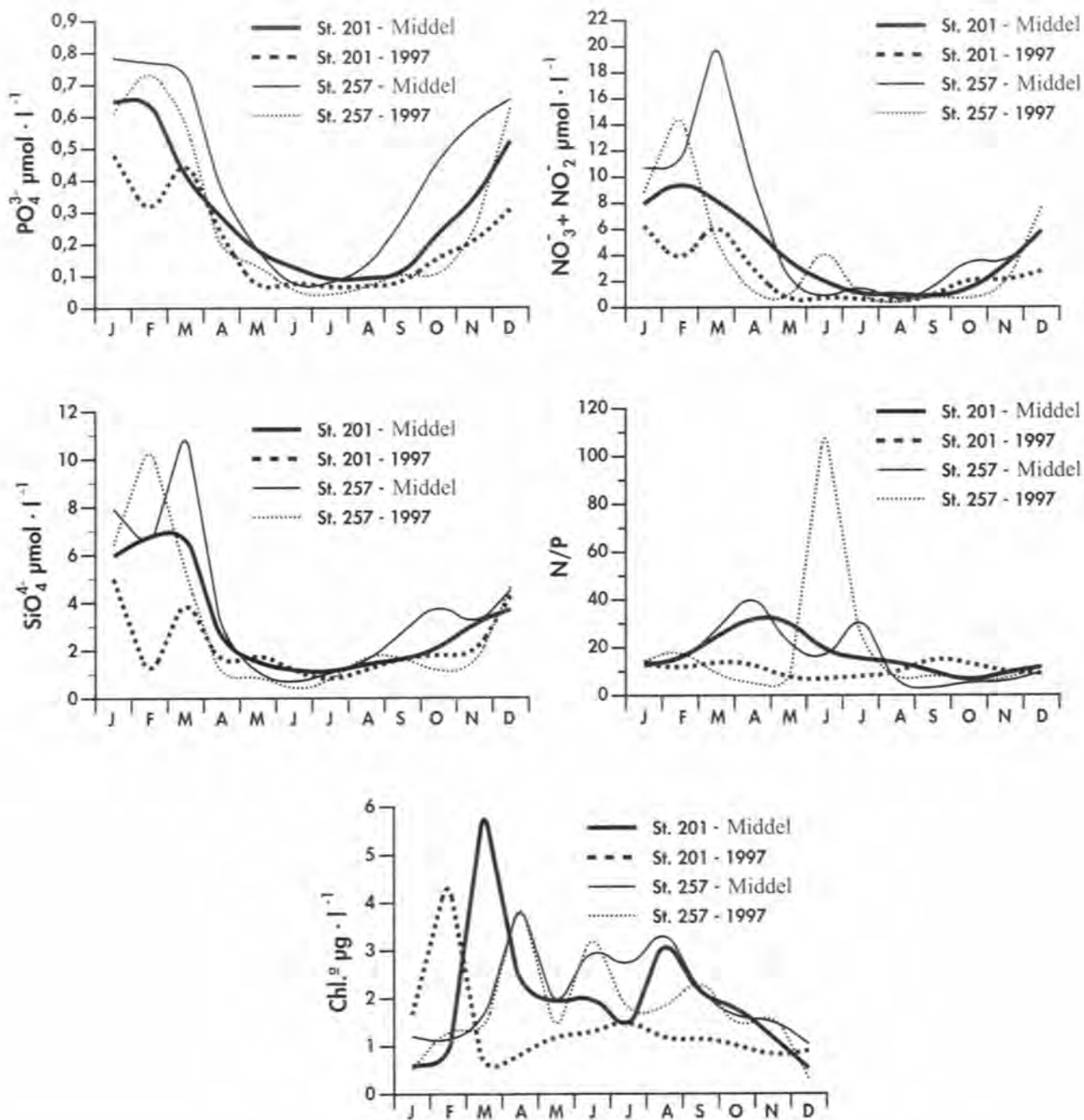
I juni-juli var det kraftig flom i de store elvene i Polen, som munner ut i Østersjøen. Det ble spekulert i media på om næringssaltene fra disse elvene kunne "gjødsle" Skagerrak og gi øket algevekst. Denne muligheten ble avkreftet av Havforskningsinstituttet og det skjedde heller ikke. To forhold gjorde det usannsynlig, 1) næringsstilførsler til kystene om sommeren blir brukt opp av "sultne" alger lokalt, 2) vannvolumene som strømmer fra Østersjøen og inn i Skagerrak er relativt små og kan derfor ikke, selv om de skulle være meget næringsrike, "gjødsle" Skagerrak i betydelig grad. Østersjø/Kattegatvann, med sitt innhold av organismer, kan imidlertid under spesielle vindforhold prege overflatelaget i Skagerrak.

I 1997 startet våroppblomstringen av kiselalger langs svenske- og norskekysten av Skagerrak

uvanlig tidlig. Det var mye alger allerede i januar, mens det normalt ikke er så mye alger før i mars (figur 3.13). Mange ulike arter var relativt tallrikt tilstede. Kiselalgen *Skeletonema costatum* var mest tallrik, men arter fra slektene *Chaetoceros* og *Thalassiosira* bidro også betydelig til den samlede algebiomasse. På dansk side kom våroppblomstringen til normal tid i april (figur 3.12). Etter denne tidlige våroppblomstringen kom det ingen ny oppblomstring, og i store trekk var planktonalgebiomassen stort sett under det normale resten av 1997. Den varme sommeren med lite vind gav et stabilt overflatelaget med lite næring for algevekst i 1997. Mye klorofyll i Flødevigen den 9. mai skyldtes større forekomster av kiselalgeslekten *Fragilaria*, som normalt vokser epifyttisk (vokser på andre alger, eks. fastsittende brunalger eller rødalger), men kan løsne og sveve fritt i sjøen i kortere perioder. De forhøyede klorofyllkonsentrasjonene i Flødevigen om høsten, særlig i oktober, skyldtes i hovedsak kiselalgeslekten *Pseudo-nitzschia*, som var vanlig gjennom hele høsten. Flødevigen er representativ for algebildet i store trekk fra Oslofjorden til Lindesnes. Inna-skjærs i Østfold var det lokalt mye alger gjennom sommeren og høsten, vanligst var dinoflagellaten *Prorocentrum minimum* og ulike kiselalger. Sent på høsten var en kiselalge vi tidligere ikke har registrert i Skagerrak, som heter *Leptocylindrus mediterraneus* vanlig og mot slutten av året var mengdene av silicoflagellaten, *Dictyocha speculum* uvanlig store.

Alger langs kysten fra Rogaland og nordover

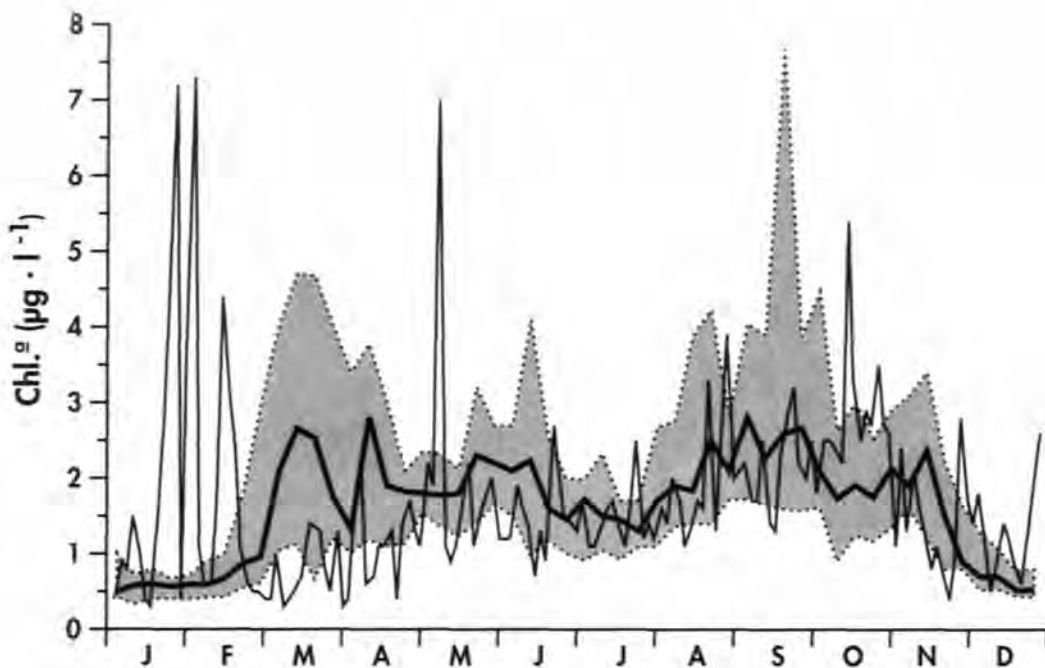
For denne delen av kysten startet den regelmessige overvåkingen med ukentlige prøver i første halvdel av mars. Da var våroppblomstringen av kiselalger igang i deler av Rogaland og Hordaland, men videre nordover var det lite alger. I siste halvdel av mars kom våroppblomstringen igang videre nordover til og med i Sogn- og



Figur 3.12

Månedsmidler for de øvre 30 meter utenfor Torungen fyr ved Arendal (st. 201) og de øvre 25 meter st. 257 utenfor Hirtshals i 1997 for fosfat, nitrat+nitritt, silikat, forholdet mellom nitrat+nitritt og fosfat og klorofyll-a (stiplede linjer). De heltrukne linjene viser langtidsmidlet for perioden 1980-1995 på st. 201 unntatt for silikat hvor langtidsmidlet er for perioden 1988-1995 og på st. 257 hvor langtidsmidlet er for perioden 1988-1995 for alle parametre.

Monthly means in the upper 30 meters outside Torungen lighthouse near Arendal (st. 201) and the upper 25 meters at st. 257 outside Hirtshals in 1997 for phosphate, nitrate+nitrite, silicate, N:P ratio and chlorophyll-a (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 parameter.



Figur 3.13 Klorofyll a i Flødevigen, 0-3 meters dyp. Tynn heltrukken linje er målinger i 1997. Tykk heltrukken linje er medianer for hver uke basert på alle data i perioden 1989-96. Stiplede linjer er første og tredje kvartiler.
Chlorophyll a in the Flødevigen Bay, 0-3 meters depth. The thin curve is data from 1997. The bold curve is medians for every week based on all data for the period 1989-1996. Dotted lines are first and third quartiles.

Fjordane, og i april ble det etterhvert mye kiselalger helt opp i Troms. I store trekk grodde kiselalgene først opp i fjordene og så, litt forsinket, ute i skjærgården. De vanligste kiselalgene var *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros* spp. I nord var også flagellaten *Phaeocystis* vanlig i april. Etter våroppblomstringen var det fortsatt mye kiselalger i mange fjorder, tildels over en lang periode. Den dominerende art var ofte forskjellig fra fjord til fjord. I oktober avtok algekonsentrasjonene og resten av året var det stort sett lite alger langs hele kysten. Den vanligste kiselalgen på slutten av sesongen var *Pseudonitzschia*.

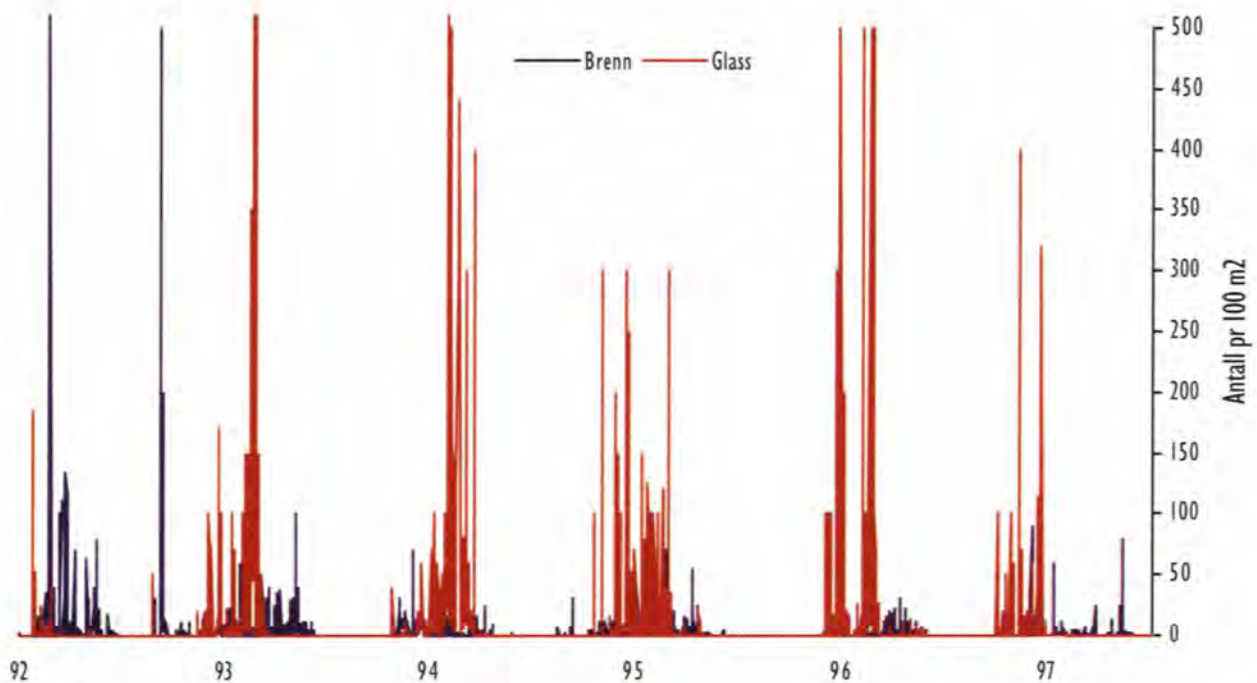
De ytre kystområder var fra slutten av mai preget av kalkalgen *Emiliana huxleyi*, som gir grønnlig sjø uten å representere så mye algebiomasse i form av klorofyll. Mot slutten av august ble den registrert helt opp i Finnmark. Men, til tross for at den etterhvert forekom langs hele kysten ble det ikke uvanlig store konsentrasjoner av denne typiske sommeralgen. Innslaget av store dinoflagellater var relativt lite langs kysten i 1997.

Maneter

Siden 1992 har det vært daglige registreringer av brennmanet (*Cyanea capillata*) og glassmanet (*Aurelia aurita*) i Flødevigen. Det gjøres på samme tid hver dag ved at observatøren teller hvor mange maneter som kan ses over en flate på ca 10 x 10 m uten for kaien. I tillegg gjøres notat over ca størrelse på manetene. På Skagerrakkysten opptrer stormaneter nær sjøoverflaten så å si bare i sommerhalvåret. Forekomst av stormaneter er meget avhengig av vindretning og strøm og derfor kan de 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 brennmaneter forekomme i korte perioder. Ved fralandsvind kommer gjerne manetene til overflaten. Når det senere blir pålandsvind kan maneter samles i store tettheter i bukter og fjorder. Glassmanetene kommer gjerne til syne først om sommeren og opptrer ofte i store tettheter til slutten av juli. Brennmanetene viser seg gjerne litt senere men holder seg i overflatevannet lenger utover ettersommeren og høsten (figur 3.14).

I 1997 ble det registrert forholdsvis få maneter. Glassmanetene kom forholdsvis tidlig og forsvant allerede i slutten av mai. Brennmanetene var spredt utover hele sommeren men i meget lave tettheter. Brennmaneter er organismer knyttet til forholdsvis kaldt vann. I 1997 var det, som beskrevet foran, meget høye sjøtemperaturer og

unormalt lave saltholdigheter på Skagerrakkysten og de lave forekomstene av brennmaneter kan være et resultat av de spesielle hydrografiske forholdene på Sørlandskysten i 1997. (Se kapittel 5: Invasjon av kolonimaneten *Apolemia uvaria* langs norskekysten i 1997)



Figur 3.14

Forekomst av brennmanet (*Cyanea capillata*) og glassmanet (*Aurelia aurita*) i Flødevigen 1992-1997. Ukemiddel.

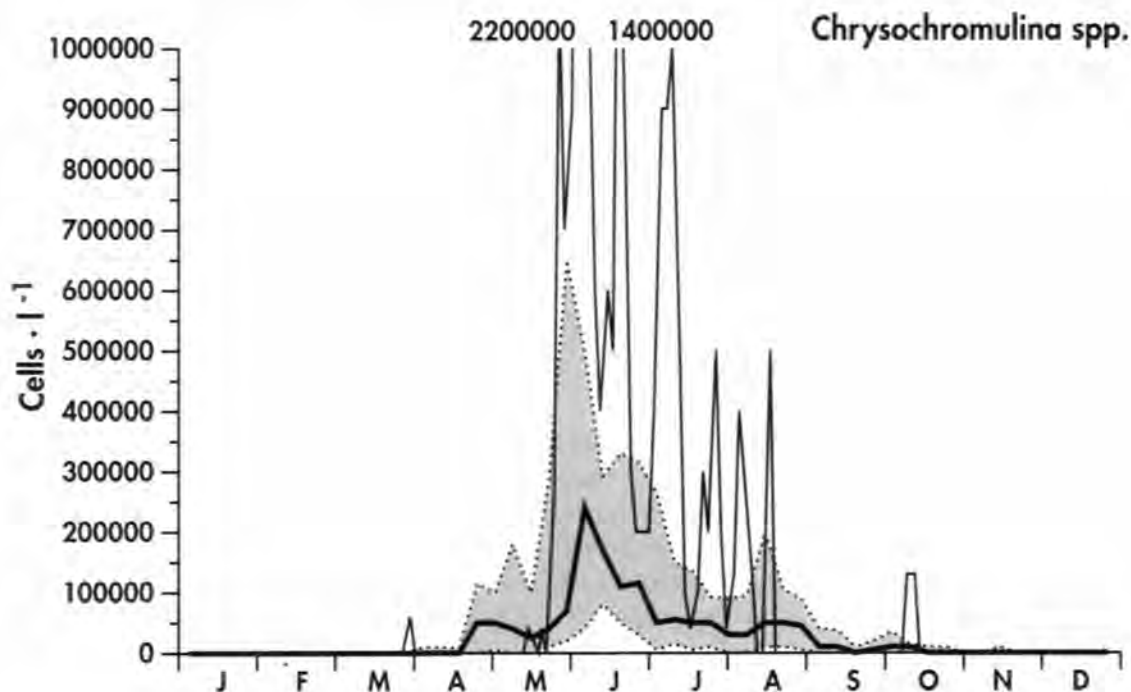
*Occurrence of *Cyanea capillata* and *Aurelia aurita* in the Flødevigen Bay 1992-1997. Weekly mean.*

3.3 Skadelige alger

For å kunne varsle fiskeoppdrettere og skjell- dyrkere om risiko for skadelige planteplankton- forekomster før problemer oppstår, har Havforskningsinstituttet siden 1981 overvåket *Gyrodinium aureolum*, som kan gi brun sjø og fiskedød, og siden 1984 slekten *Dinophysis*, som regnes som årsaken til problemene med diaré- fremkallende gift i skjell. Etter en stor og drama- tisk oppblomstring av *Chrysochromulina polylepis* i mai 1988, kom også *Chryso- chromulina*-slekten med i overvåkningspro- grammet. De siste årene er også forekomsten av algeslekten *Alexandrium* i håvtrekk vært regis- trert. Forekomst i håvtrekk kan ikke omregnes til konsentrasjoner i sjøvann, men gir en pekepinn om algen er vanlig eller ikke. *Alexandrium*-cel-

ler kan inneholde farlige, lammende (paralyser- ende) gifter og deres relative forekomst i håv- trekk brukes til å vurdere risiko for gift- opphopning i skjell.

Resultatene av overvåkingen har etter hvert fått interesse ut over den kortsiktige varslings, både innen forvaltning og forskning. Mange spør seg om oppblomstringer av skadelige alger skjer hyppigere enn tidligere, og om slike opp- blomstringer i noen grad kan skyldes påvirknin- ger av menneskets aktiviteter. En systematisk overvåking, som går over tid, vil kunne belyse slike spørsmål. Erfaringsmessig har de fleste større, skadelige algeoppblomstringer startet i Skagerrak, for så å bli spredd med kyst-



Figur 3.15

Chrysochromulina spp. i Flødevigen, 0-3m dyp. Tynn heltrukken linje er målinger i 1997. Tykk heltrukken linje er medianer for hver uke basert på alle data i perioden 1989-96. Stiplede linjer er første og tredje kvartiler.

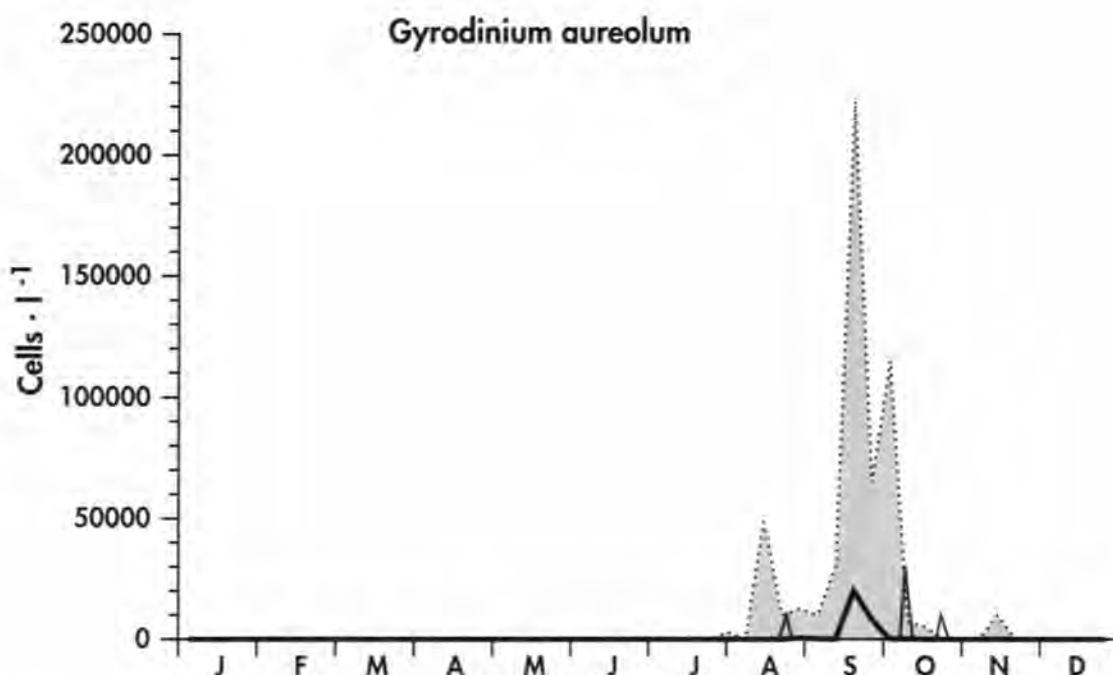
Chrysochromulina spp. in the Flødevigen Bay, 0-3m depth. The thin curve is data from 1997. The bold curve is medians for every week based on all data for the period 1989-1996. Dotted lines are first and third quartiles.

strømmen. En overvåkning i Skagerrak, hvor kyststrømmen starter, har derfor gitt et grunnlag for også å si noe om mulig opptreden av disse algene på Vestlandet.

Idag bygger overvåkningsprogrammet i regi av Havforskningsinstituttet på følgende prøvesett: 1) vannprøver i et snitt på tvers av Skagerrak ca hver måned, 2) vannprøver (0-3 meter) annen hver dag fra Flødevigen og 3) eventuelt ekstra-prøver i perioder med økt risiko for oppblomstring av skadelige alger.

Etter oppblomstringen av *Chrysochromulina*

polylepis i 1988 økte etter hvert den nasjonale innsatsen på algeovervåkning. I 1997 var foruten Havforskningsinstituttet også Fiskeridirektoratet/ Fiskerisjefen for Skagerrak, OCEANOR, NIVA, Veterinærhøgskolen, Næringsmiddelkontrollen i Dalane og Statens næringsmiddeltilsyn (SNT) involvert i en integrert algeovervåkning. I 1997 foregikk denne overvåkingen ukentlig på minst 26 stasjoner fra svenskegrensen til Finnmark fra første halvdel av mars til ut september. Resultatene ble brukt til å lage en ukentlig "Algeinfo", som i regi av Havforskningsinstituttet blir lagt ut på Internet med adresse: <http://www.efan.no/alger/alg.htm>.



Figur 3.16

Gyrodinium aureolum i Flødevigen, 0-3m dyp. Tynn heltrukken linje er målinger i 1997. Tykk heltrukken linje er medianer for hver uke basert på alle data i perioden 1989-96. Stiplede linjer er første og tredje kvartiler.

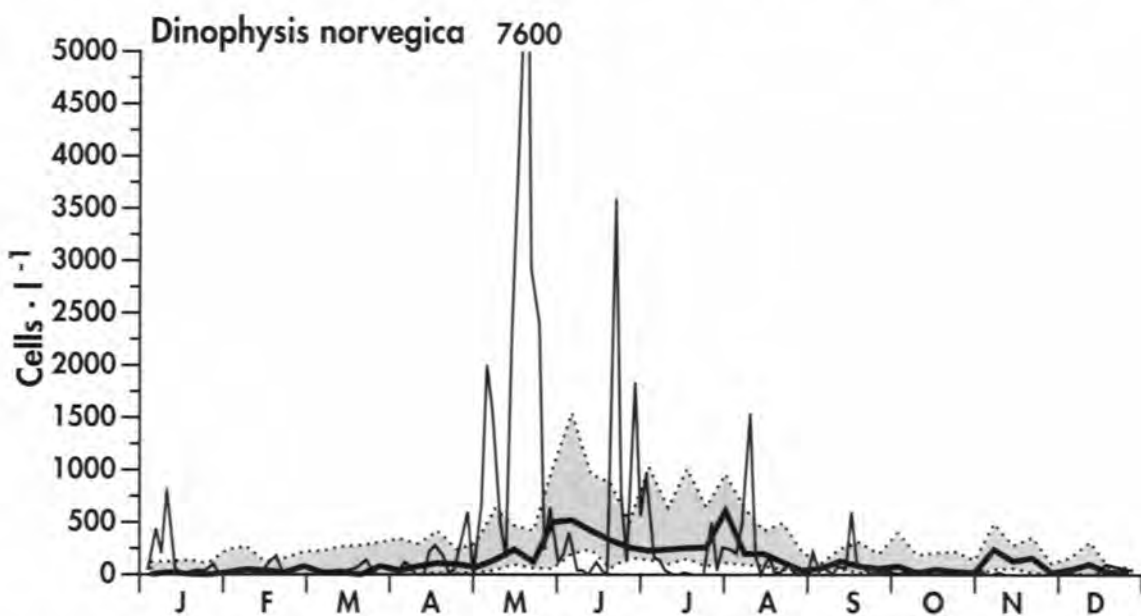
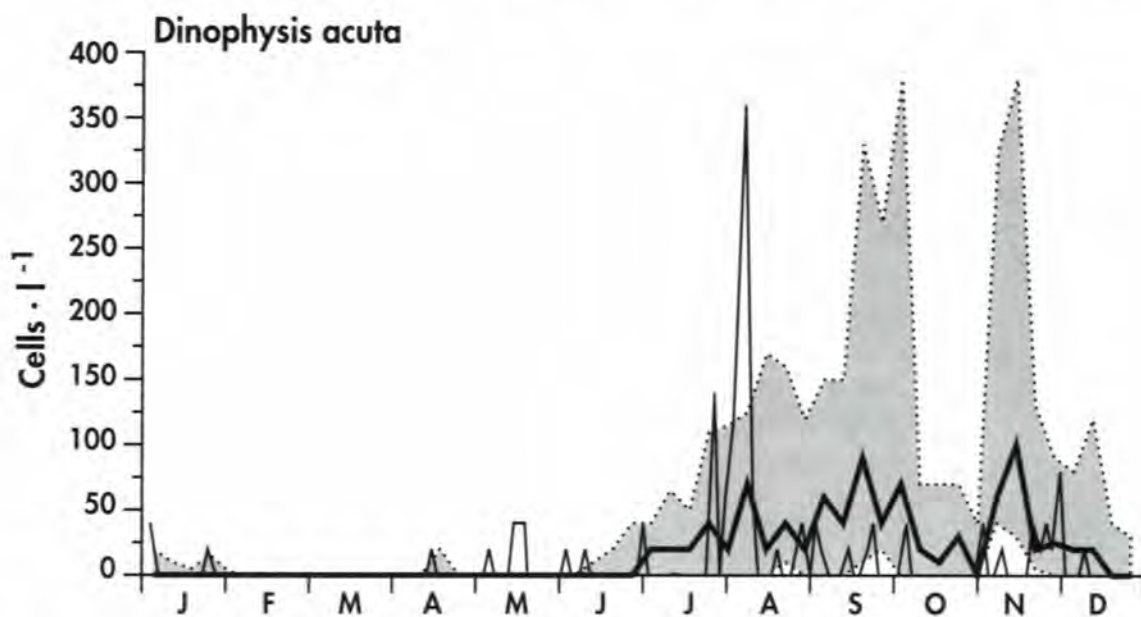
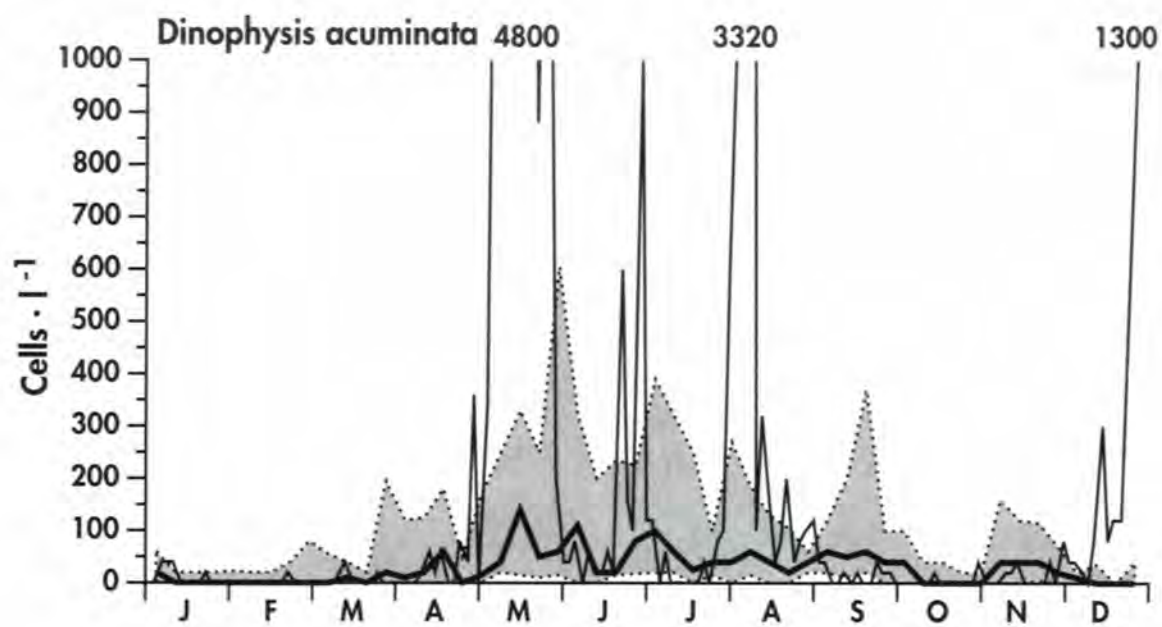
Gyrodinium aureolum in the Flødevigen Bay, 0-3m depth. The thin curve is data from 1997. The bold curve is medians for every week based on all data for the period 1989-96. Dotted lines are first and third quartiles.



Figur 3.17

Dinophysis acuminata, *D. acuta* og *D. norvegica* i Flødevigen, 0-3 meters dyp. Tynn heltrukken linje er målinger i 1997. Tykk heltrukken linje er medianer for hver uke basert på alle data i perioden 1989-96. Stiplede linjer er første og tredje kvartiler.

Dinophysis acuminata, *D. acuta* and *D. norvegica* spp. in the Flødevigen Bay, 0-3 meters depth. The thin curve is data from 1997. The bold curve is medians for every week based on all data for the period 1989-96. Dotted lines are first and third quartiles.



Skadelige alger i Skagerrak

I store trekk var det lite problem med skadelige alger i Skagerrak i 1997. Det spesielle var forekomst av forholdsvis mye *Alexandrium* spp. i mai-juni. Den har ikke tidligere opptrådt så regelmessig at vi har laget kurver som viser "normalforekomst" av denne algen, og den kan lett forveksles med andre alger. I 1997 førte forekomsten av denne algen, maksimalt opptil 5-10 000 celler/liter, til at blåskjell akkumulerte paralyserende gifter over faregrensen for en periode i mai og juni. Siste gang det ble påvist lammende gift i større omfang i skjell langs kysten av Skagerrak var i 1982. Algeslekten *Chrysochromulina* forekom til vanlig tid og i litt større mengder enn det normale (figur 3.15). Høyeste registrerte konsentrasjon var 2.2 mill celler/liter. *Gyrodinium aureolum* ble i 1997 bare såvidt registrert i Flødevigen (figur 3.16). Den høyeste registrerte konsentrasjonen av denne algen i Skagerrak i 1997, 40 000 celler/liter, ble gjort på 9 meter dyp i ytre Oslofjord i første halvdel av september. I det vestlige Kattgat og nordlige Beltområder var det i september en begrenset oppblomstring av *Gyrodinium aureolum*, som forårsaket noe dødelighet blant bunndyr på grunn av giftvirkning da algen la seg på bunnen. Krepsdyr så ut til å tåle disse algene bedre. De ulike arter av *Dinophysis* hadde en vanlig forekomst, selv om *D. acuminata* var ekstra tallrik en kort periode helt på slutten av året, og *D. acuta* var noe mindre tallrik enn normalt gjennom sin sesong (figur 3.17). På grunn av påviste mengder av *Dinophysis* ble det i perioder varslet fare for diarégivende gift i skjell, men slik gift ble bare påvist i små mengder ved én anledning i Aust- og én i Vest-Agder i henholdsvis mai og juni 1997.

Skadelige alger langs resten av kysten

Langs kysten, fra Rogaland og nordover, var det i første rekke andre institusjoner enn Havforskningsinstituttet som overvåket alger. I sum var forekomsten av skadelige alger i 1997, som i 1996, relativt beskjeden. I Ryfylkefjordene ble det ikke registrert noe *Prymnesium* av betydning. Det var heller ingen andre tilfeller av fiskedød langs kysten i 1997 som kunne knyttes til giftige alger, men i områder hvor *Emiliania huxleyi* forekom i større mengder ble det noen steder registrert appetittmangel og forhøyet dødelig blant oppdrettsfisk. I Nordland og Troms kan en rik forekomst av kiselalgene, *Leptocylindrus minus* og *Chaetoceros* spp. ha hatt samme virkning i noen oppdrettsanlegg.

Alexandrium spp. førte til stedvis opphopning av paralytisk gift i skjell fra Rogaland til Trøndelag i perioden april-juni. I Rogaland var problemet noe større enn tidligere, 900 museenheter gift ble registrert i april, faregrensen er 200 museenheter. Men, som vanlig var problemet størst i Romsdal hvor det ble registrert opptil 16 000 giftenheter i mai. I juli ble det påvist paralytisk gift i skjell over faregrensen i Nordland, og i september i Troms (Tromsø) og Finnmark (Vadsø) hvor skjellene forble giftige også gjennom oktober. Paralytiske gifter har tidligere ikke vært vanlige i Nord-Norge, og 1997 var første gang slike gifter ble påvist i Finnmark. Dette betyr at paralyserende gifter nå kan forekomme langs hele kysten fra svenskegrensen til Finnmark. *Dinophysis* spp. forekom, av og til over faregrensen på strekningen fra Rogaland til Nordland, men diarégivende gift av betydning ble bare påvist Sognefjorden.

4. FORURENSING

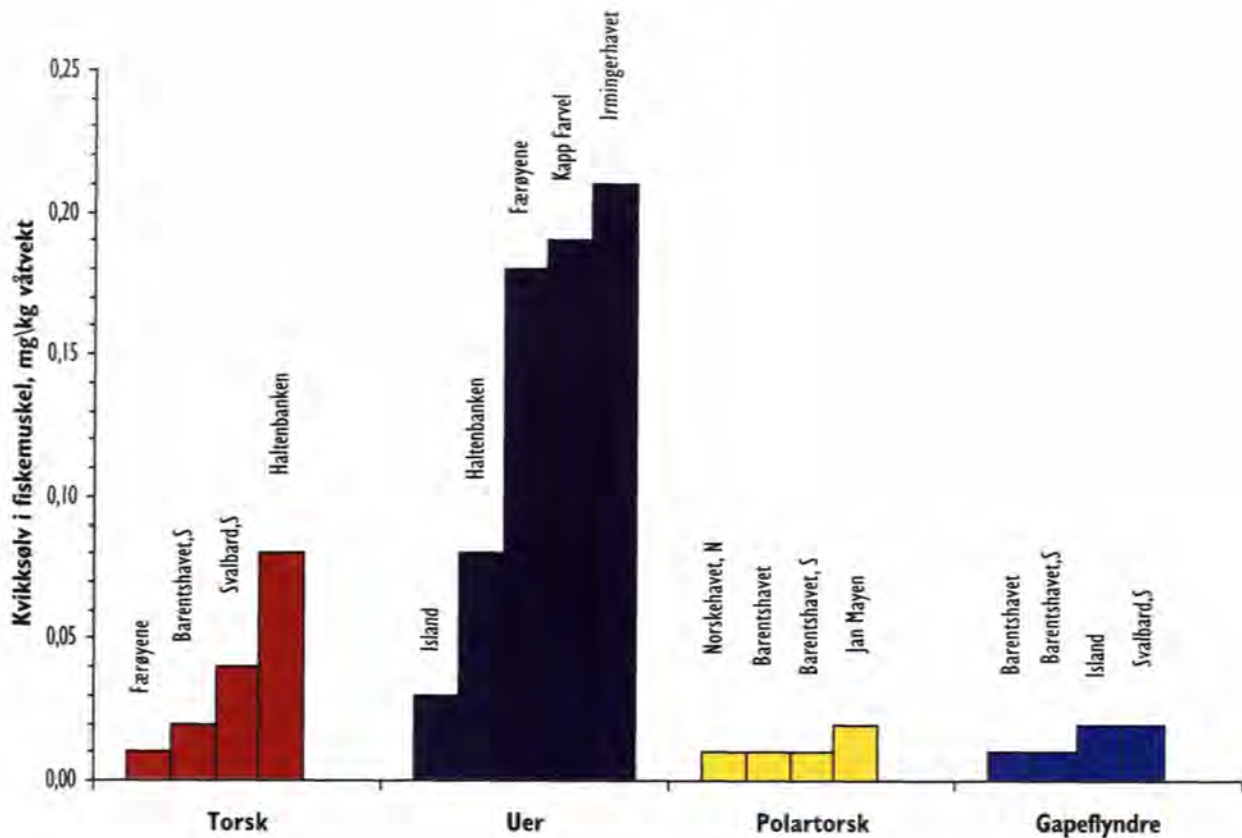
4.1 Forurensing

I de senere årene har Havforskningsinstituttet analysert fisk og sedimenter fra Nordsjøen, Barentshavet og Norskehavet for organiske miljøgifter og tungmetaller. Syntetiske stoffer som PCB og DDT, og tungmetallene bly, kvikksølv og kadmium, kan gi alvorlige effekter på organismer gjennom å påvirke viktige livsprosesser. Eksempler på virkninger av miljøgifter er skader på nervesystemet, nedsatt reproduksjonsevne, forstyrrelse av enzymesystemer, påvirkning av hormonbalansen og nedsatt immunforsvar. Miljøgifter transporteres langt fra kildene med hav- og luftstrømmer. Syntetiske stoffer som PCB og DDT finnes i små konsentrasjoner i miljøet over hele kloden, eksempelvis i pingviner i Antarktis og i isbjørn på Svalbard. Ny bruk av PCB har vært forbudt i Norge siden 1980, og tilsvarende regelverk er innført i de fleste industrialiserte land. Langsom nedbrytning vil imidlertid føre til at PCB, DDT og andre stabile organiske miljøgifter vil finnes i miljøet i lang tid framover, og representere en trussel for organismer som lever i forurensede miljøer. Tungmetaller finnes i jordkorpen og et visst naturlig nivå finnes i alle levende organismer. Hvor grensen går for hva som er naturlig, og hva som skyldes menneskelig påvirkning i det området hvor organismen lever, er ikke alltid lett å avgjøre. Noen arter tåler tilsynelatende godt å leve i områder med høyt nivå av tungmetaller, mens andre og mer følsomme arter vil bukke under.

I Miljørapportene 1994-1997 presenterte vi noen resultater fra undersøkelsene i Barentshavet og Norskehavet, inkludert fordelingsmønster av utvalgte PAH (polyaromatiske hydrokarboner) og metaller i bunnsedimenter, og nivåer av klorerte organiske miljøgifter og tungmetaller i fisk. Vi kan nå sammenstille data fra et stort geografisk område ved å ha analysert prøver av sedimenter og fisk fra hele Barentshavet, Haltenbanken og

grunne områder rundt Island, Færøyene og Jan Mayen, samt fisk fra dypområder i Irmingerhavet mellom Island og Grønland. Prøvene er representative for de områdene hvor de er samlet, men man må være varsom med å trekke for vidtgående konklusjoner om hele havområder basert på data fra et fåtall prøver. Noen generelle betraktninger kan vi likevel tillate oss.

Innholdet av DDT (sum av p,p'-DDT, -DDE og -DDD) er analysert i lever av fisk fra hele undersøkelsesområdet. Som andre klorerte organiske miljøgifter som oppkonsentreres i næringskjedene, taes DDT først og fremst opp i fett og vil anrikes i leveren på grunn av det høye fettinnholdet i dette vevet. De høyeste DDT-verdiene ble funnet i uer fra Irmingerhavet og fra sørspissen av Grønland, mens uer fra Jan Mayen hadde lave nivåer. Hos torsk var verdiene høyest i prøver langs Norskekysten, og lavest i torsk fra Færøyene. Gapeflyndre og polartorsk hadde gjennomgående lave nivåer av DDT i forhold til torsk og uer. Nivåforskjellene i de undersøkte fiskeartene har sammenheng både med artenes plassering i næringskjeden og med fiskenes alder. Eldre torsk beiter blant annet på fisk, og plasseres gjerne et trinn høyere i næringskjeden enn arter som polartorsk, som i hovedsak spiser plankton. Uer har en sammensatt diett som i hovedsak består av dyreplankton, og dette vil plassere den lavere i næringskjeden enn torsk. Samtidig blir uer svært gammel, og de eldste individene vil akkumulere miljøgifter over lang tid. Aldersbestemmelse ved hjelp av fiskens øresteinerte viste at ueren fra Irmingerhavet og fra sørspissen av Grønland var 13-26 år gamle, mens ueren fra Jan Mayen, hvor DDT-nivåene var betydelig lavere, var 6-8 år. Gjennomsnittsalderen på torskene fra de forskjellige lokalitetene som inngikk i undersøkelsen var 2-8 år, polartorsk var 2-5 år og gapeflyndre 6-13 år.



Figur 4.1 Innhold av kvikksølv (mg/kg våtvekt) i muskel av torsk, uer, polartorsk og gapeflyndre fra nordlige havområder.
Levels of mercury (mg/kg wet weight) in fillet of cod, redfish, polar cod and long rough dab from northern seas.

Man har lenge kjent til de negative miljøeffektene av DDT, og bruken har vært forbudt i Vest-Europa og Nord-Amerika siden 1970-årene. Stoffet er imidlertid fremdeles i bruk i andre deler av verden, både på grunn av mangel på regelverk og fordi DDT er effektivt i bekjempelse av malaria. Et av nedbrytningsproduktene, p,p'-DDE, er spesielt stabilt i miljøet og finnes gjerne i høyere konsentrasjoner i organismene enn "moderstoffet" p,p'-DDT. Høyt innhold av DDE er årsak til at rovfugl legger egg med tynne skall og får vanskeligheter med å reproducere seg. Negative biologiske effekter av DDT på fisk er påvist i laboratorieforsøk. Det er imidlertid stor usikkerhet omkring hvilke doser som er skadelige for forskjellige arter på ulike livsstadier. Nivåene av DDT i fisk fra åpne, nordlige havområder er generelt lavere enn fisk fra forurensningsbelastede områder i sørlige deler av Nordsjøen og Østersjøen. Slike konsentrasjoner er ikke forventet å skape problemer for fisken

selv, eller å være forbundet med helserisiko for mennesker som spiser den. Det er viktig å huske på at det magre fiskekjøttet inneholder kun en brøkdel av de fettløselige miljøgiftene som konsentreres i leveren.

Kartlegging av tungmetaller i de samme fire fiskeartene torsk, uer, polartorsk og gapeflyndre, gav noen interessante og tildels overraskende resultater. Analysene ble utført i samarbeid med Fiskeridirektoratets Ernæringsinstitutt i Bergen. Det er tidligere dokumentert at kvikksølv akkumuleres i muskelvevet med alderen, og dette mønsteret går igjen også i våre data. Som nevnt over var det noen svært gamle uer som hadde de høyeste DDT-nivåene, og disse hadde også høyest innhold av kvikksølv. Disse fiskene fra åpne havområder langt fra industrikilder hadde like høye kvikksølvnivåer som fisk fra mer forurensningsbelastede områder i Nordsjøen. Innholdet av kadmium i uerlever var svært høyt,

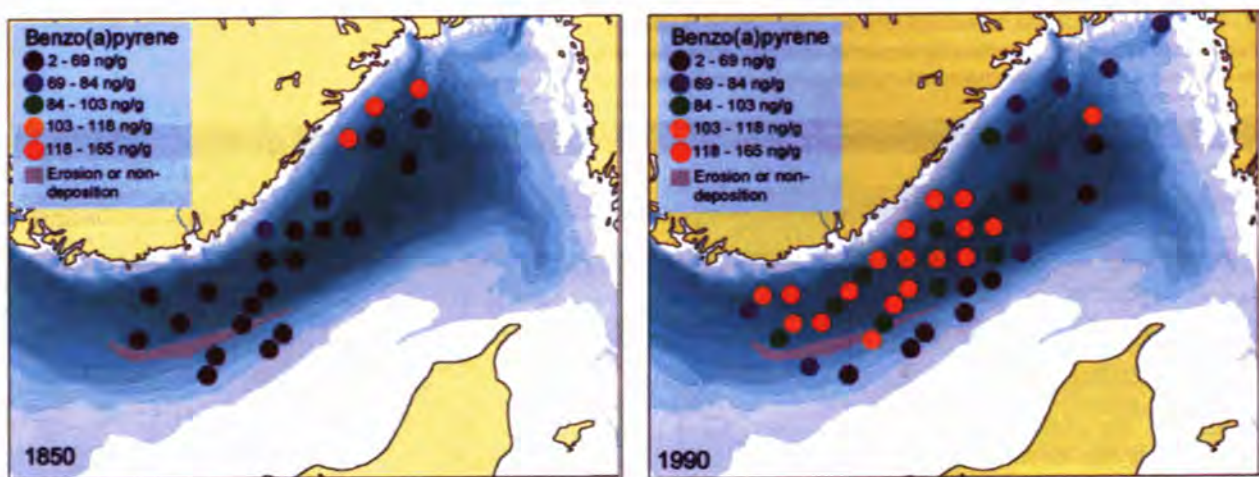
med verdier opptil 11 mg/kg våtvekt. Sjømat med kadmiuminnhold over 0,3-0,5 mg/kg anbefales ikke som menneskeføde. Siden lever av uer ikke anvendes skaper ikke dette store problemer. Det var lave konsentrasjoner i muskelvevet i alle de undersøkte artene, med verdier under 0,01 mg/kg kadmium. Om det høye nivået i leveren skaper problemer for fisken selv er ikke kjent. Høyt innhold av tungmetaller i indre organer er også funnet i andre arter knyttet til det marine økosystemet rundt Grønland, blant annet i hval og sjøfugl. Siden kadmium er et element som forekommer naturlig i miljøet og blant annet finnes i skallet på små krepsdyr, er det ikke usannsynlig at enkelte arter har tilpasset seg et naturlig høyt kadmiumnivå, og dermed ikke tar skade av dette.

Bunnsedimenter kan betraktes som miljøarkiv. Organiske partikler som har knyttet til seg forurensningskomponenter, synker kontinuerlig til bunns. De dypere lag av bunnsedimentene er derfor avsatt tidligere enn toppen. Det finnes forskjellige metoder for å aldersbestemme en sedimentprøve f.eks. ved å bruke den sedimenttykkelse som i middel avsettes pr. år. Ved å ta sedimentprøver hvor lagdelingen er urørt, kan en derfor gå tilbake i tid ved å måle på forskjellige dyp i sedimentprøven. Et sentralt spørsmål i enhver miljøvurdering vil være på hvilket tids-

punkt den menneskelige innflytelsen begynte å gjøre seg gjeldende.

Havforskningsinstituttet har sammen med en rekke andre norske institusjoner deltatt i et marin-geologisk kartleggingsarbeid i Skagerrak. Arbeidet ble ledet av Norges Geologiske Undersøkelser og resultatene rapportert i 1997. Fra dette arbeidet vil vi trekke frem fordelingen av noen polysykliske aromatiske hydrokarboner(PAH). Denne stoffgruppen består av en rekke forbindelser som for eksempel C₂-naftalen og benzo(a)pyren. Den første av disse er representativ for olje og oljeforurensning og mens den andre genereres først og fremst ved ufullstendig forbrenning av fossilt brensel som kull eller olje. Figurene 4.2 og 4.3 viser fordelingen av disse stoffene omkring 1850 og i 1990. Her ser vi klart at både forurensningsnivået og fordelingsmønsteret har endre seg gjennom de 140 årene som målingene dekker.

Det pågår nå en kartlegging av organiske miljøgifter i fisk og fiskesamfunn i Skagerrak for å undersøke opptak og transport gjennom næringskjeden. Nye prøver av fisk og sediment er innsamlet fra Norskehavet i forbindelse med instituttets rutinemessige overvåkning av forurensningssituasjonen i norske havområder. De første resultatene fra disse nye undersøkel-



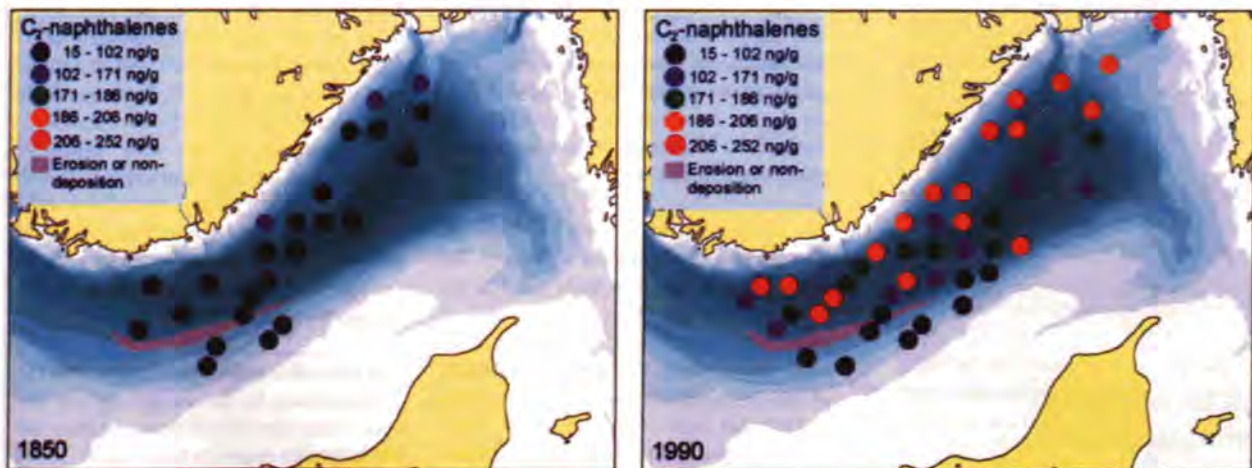
Figur 4.2

Endringer i konsentrasjonene av benzo(a)pyrene (ng/g tørrvekt) i sediment i Skagerrak fra 1850 til 1990.

Changes in concentration of benzo(a)pyrene (ng/g dw) in Skagerrak sediments from 1850 to 1990.

sene vil bli presentert i neste års miljørapport. Videre legges det ned økt innsats i å finne frem til egnete metoder for kjemisk og biologisk overvåking av utslippene fra petroleumsvirksomheten på norsk sokkel. For Nordsjøen utgjorde i 1997 de totale utslipp av produksjons-

vann til vannsøylen over 300 millioner kubikk-meter, og dette volumet er økende. Produksjonsvann inneholder en del organisk materiale, og i tillegg små mengder oljekomponenter og kjemikalier. Virkningene av slike utslipp på miljøet er foreløpig dårlig kjent.



Figur 4.3 Endringer i konsentrasjoner i C₂-naftaliner (ng/g tørrvekt) i sediment i Skagerrak fra 1850 til 1990. (Ill.: NGU Special publication 8, 1997)
Changes in concentrations of C₂-naphthalenes (ng/g dw) in Skagerrak sediments from 1850 to 1990.

4.2 Technetium-99 i norske havområder

Technetium-99 er et fisjonsprodukt karakteristisk for utslipp fra reprosesseringsanlegg. ⁹⁹Tc er en lav-energi β-emitter med en halveringstid på 213 000 år og kan dermed betraktes som "evigvarende" innenfor vårt tidsperspektiv. De to hovedkildene til ⁹⁹Tc i norske havområder er kjernekraftanleggene Sellafield i England ved Irskesjøen og La Hague i Frankrike ved Den engelske kanal. Utslippene fra Sellafield har i den senere tid vært gjenstand for oppmerksomhet i norske medier.

Allerede i begynnelsen av 1950-årene ble det sluppet ut små mengder ⁹⁹Tc fra Sellafield. Utslippene derfra skjer periodisk og stammer fra mellom-aktive væsker. Disse lagres forut for ut-

slipp for å tillate nedbrytning av andre radioaktive stoffer. Fra 1978 frem til 1986 var de totale utslippene fra Sellafield på 305 TBq (Bq=Bequerel, TBq=10¹² Bq) hvorav det vesentligste ble sluppet ut i 1978, 79 og 80. Etter 1980 ble utslippene fra Sellafield kraftig redusert, og på 80-tallet var utslipp fra La Hague dominerende. Fra 1994 har utslippene av ⁹⁹Tc fra Sellafield økt kraftig, men de overskrider ikke utslippene fra slutten av 1970-tallet. I 1995 var utslippet fra Sellafield på størrelse med utslipp som ble gjort i 1978, 192 TBq, mot utslipp på 3-6 TBq pr. år i perioden 1981-1993.

Tidlig i 1994 ble et nytt renseanlegg for actinider satt i drift i Sellafield, "the Enhanced Actinide

Removal Plant (EARP)". Dette førte til en betydelig reduksjon i utslipp av enkelte radioaktive elementer som f. eks. plutonium og americium. Men samtidig økte utslippene av andre radionuklider betydelig, deriblant technetium. Britiske myndigheter har satt den øvre grensen for tillatte utslipp til 200 TBq pr. år. Utslippene av ^{99}Tc , som er i underkant av 200 TBq pr. år er forventet å fortsette på samme nivå i flere år.

Utslipp fra Sellafield til Irskesjøen følger havstrømmene nord om Skottland og inn i Nordsjøen, et stykke sydover igjen langs kysten av Skottland og England, nordover langs kysten av Danmark, videre via Skagerak langs norskekysten, inn i Barentshavet og vest av Svalbard. Technetium fra Sellafield vil altså med tiden nå alle norske kyst- og fiskeriområder. Technetium transporteres i sjøvann som TcO_4^- . Dette ionet oppfører seg svært konservativt i sjøvann, det vil si at det holder seg løst i vannet. Dette, sammen med den lange halveringstiden, gjør technetium tilgjengelig for opptak i biota over lange tidsperioder, og vil være en potensiell kilde for økte stråledoser til mennesker.

Tang er velegnet til studier av fordeling av sporelementer i marint miljø. Målinger av technetium-innholdet i tang kan si oss noe om grad av kontaminering. I tillegg kan vi få informasjon om transporttid fra utslipp-stedet og den fortykning utslippet har vært gjenstand for frem til norske kystområder. Institutt for Energiteknikk (IFE) har samlet inn tang fra 11 steder langs norskekysten siden 1980. I et utvalg av disse prøvene har ^{99}Tc -innholdet blitt målt. Det store utslippet av ^{99}Tc fra Sellafield i 1978 gjorde seg tydelig gjeldene i tangprøver fra Utsira i 1980. Fra 1980 og frem til 1995 har nivået i tang sunket.

Etter 1994 har ^{99}Tc -verdiene i tang igjen økt. Statens Strålevern har gjennomført noen få målinger på tang fra Ytre Oslofjord og Troms i 1996 og 1997. I november 1996 ble det funnet 36 Bq/kg tørrvekt i tang fra Ytre Oslofjord, mens det i november 1997 ble målt 170 Bq/kg tørrvekt i tang fra samme sted. Dette viser tydelig at utslippsplumen fra Sellafield har nådd norske farvann. Som nevnt er dagens utslipp på størrelsesorden med utslippene fra slutten av 1970-

årene, og målinger som ble gjort utover i 1980-årene viste en jevn nedgang i innholdet av ^{99}Tc i tang. Dersom dagens utslipp reduseres kan vi altså forvente en ny reduksjon i kontamineringen av norske farvann.

Undersøkelser i Irskesjøen viser at bunndyr oppkonsentrerer ^{99}Tc i stor grad. Britiske forskere har bestemt konsentrasjonsfaktorer for technetium fra sjøvann til hummer, sjøkreps og blåskjell. De finner svært varierende verdier i de forskjellige organene i sjødyrene, i hummer varierer verdiene fra 380 til 65000. I *StrålevernRapport 3:1998* er det publisert resultater fra målinger av bl.a. hummer fra norske farvann. Målingene er gjort i november-desember 1997. I en hummer fra Ytre Oslofjord er det målt ^{99}Tc -innhold på 56 Bq/kg tørrvekt (11,2 Bq/kg våtvekt), og i to hummere fra Sunnhordland er innholdet henholdsvis målt til 180 og 270 Bq/kg tørrvekt (35 og 42 Bq/kg våtvekt). Målinger av reker og blåskjell er også utført. I reker fra Ytre Oslofjord er det målt 2,2 Bq/kg tørrvekt, og i blåskjell fra henholdsvis Onsøy i Ytre Oslofjord og Hillesøy i Troms er det målt 7,6 og 2,4 Bq/kg tørrvekt.

Målingene i tang (*Fucus serratus*) fra Ytre Oslofjord, viser en femdobling i aktivitetsnivåene av ^{99}Tc fra 1996 til 1997. Statens Strålevern oppgir at EU har satt en tiltaksgrense på 1250 Bq/kg (våtvekt). Aktivitetsnivåene i hummer er i dag ca 30 ganger lavere enn denne tiltaksgrensen som skal gjelde ved en eventuell fremtidig atomulykke. Hvis technetium-innholdet i sjømat overskrider tiltaksgrensen må inntaket av den kontaminerte maten reduseres. Betyr så disse tallene noe for vår bruk av sjømat?

Usikkerhet knyttet til stråledoser av ^{99}Tc hos mennesker er flere, kostholdsvaner er i så måte en viktig faktor. Det eksisterer også usikkerheter om hvordan ^{99}Tc vil oppføre seg i det marine miljø. Hvordan fordeles technetium med vannmassene? Hvor lang er oppholdstiden, og dermed eksponeringstiden, for stedbundne organismer? Hvordan skjer eventuelle opptak i fisk? Spørsmål som dette bør utredes før man kan etablere et fullstendig estimat av stråledoser til mennesker og miljø fra den nåværende og fremti-

dige technetium-forurensningen. Det er imidlertid viktig å understreke at ^{99}Tc -nivåene som nå har vært gjenstand for stor oppmerksomhet i media er så lave at de overhodet ikke representerer noen fare med hensyn på konsum av norsk sjømat. Men de økte ^{99}Tc -nivåene i norske far-

vann viser at vi ligger utsatt til i "enden" av transportrutene for utslipp i havet sør for oss. Av måleseriene fra 1980 og frem til i dag vet vi også at nivået i våre områder vil synke når utslippene reduseres.

Invasjon av kolonimaneten *Apolesia uvaria* langs norskekysten i 1997

Jan Helge Fosså

De første meldingene om at oppdrettslaks var blitt angrepet av en ukjent manet kom fra Fedje i begynnelsen av desember 1997 (figur 5.1). Fedje ligger ut mot åpne havet, på grensen mellom Hordaland og Sogn og Fjordane. Store konsentrasjoner av maneter i lange bånd drev inn mot merdene og gikk i småbiter når de traff notveggen, slik at de gikk gjennom maskene. Effektene på fisken varierte fra redusert appetitt og endret atferd til død. Fisk som kom i kontakt med manetene, fikk brannskader på skinnet med økt fare for infeksjoner. Det oppsto også øyeskader hos fisken, noe som kan ødelegge synet. Laks som døde hadde fått manetene i gjellene. I tillegg til direkte kontakt med manetene, kan stresset som manetene påfører fisken, føre til panikk-atferd og skader hvis fisken svømmer i notveggen. I Hordaland døde i alt 10-12 tonn laks på to anlegg ytterst i Øygarden og på Fedje, mens et ukjent antall tonn ble nødslaktet. Det ble på Sotra også konstatert at manetene la seg over ruser som sto ute og drepte fisken inne i rusene. Etter de første meldingene fra Hordaland, strømmet det inn med rapporter om tilsvarende manetforekomster langs hele kysten, fra Arendal i sør til Finnmark i nord. Tidlig i november hadde man også observert arten ved Bohuslän på den svenske vestkysten. I begynnelsen var det usikkert hvilken art det var. Prøver fra Norge ble sendt til en spesialist i England som konstaterte at arten var *Apolesia uvaria*. Man vet lite om artens biologi, men spesialistene mener at *Apolesia* er den mest interessante, men også den vanskeligste å studere av alle disse kolonimanetene.

Hva er en kolonimanet?

Siphonophora (kolonimaneter) er en orden innen klassen Hydrozoa innen dyrerekken Cnidaria eller nesle dyr. De andre ordnene i denne dyrerekken er Anthozoa (koraller og sjøanemoner) og Scyphozoa (stormaneter som glassmanet, brennmanet og dypvannsmaneten *Periphylla*). Et

fellestrekk for alle nesle dyr er neslecellene som brukes til forsvar og til å fange byttedyr med. Ved berøring av neslecellen utløses en pigg som trenger gjennom huden på byttedyret, et giftstoff sprøytes inn, og byttet lammes eller drepes. Neslecellene sitter hovedsakelig på tentaklene (brenntråder). Hos noen arter kan brenntrådene bli meget lange. Hos vår hjemlige brennmanet kan de bli titalls meter. På norsk har vi ikke noe innarbeidet navn for siphonophorer, men kjede- eller kolonimaneter er ganske dekkende i hvertfall for noen arter. For *Apolesia* bruker fiskerne bl.a. betegnelsen perlekjedemaneter. Dette navnet stammer fra det inntrykket maneten gir når den blir tatt opp av vannet. Det er såkalte brakker, eller gelegemer som ser ut som perler. Det er interessant at fiskerne har et eget navn på en art som marinbiologene ikke har kjent til finnes langs kysten før i 1997!

Oppbygningen av superorganismen *Apolesia*

En fullt utviklet siphonophor består av en rekke forskjellige strukturer eller individer (figur 5.2). De forskjellige individene har spesielle funksjoner; for eksempel som svømmeindivider, fødeopptaksindivider, og noen står for reproduksjonen. Til forskjell fra de fleste andre hydrozoene har siphonophorene ikke noen generasjonsveksling mellom et bunnstadium og en frittsvømmende manet. Istedet er disse hydrozoene, helt pelagiske og har utgaver av begge stadiene. Disse sitter langs en hovedstreng som går gjennom hele den frittsvømmende organismen. Alle de forskjellige strukturene oppstår ved knopping fra den ene siden av hovedstrengen. *Apolesias* kropp har to hoveddeler (figur 5.2). Den fremre består av et flytelegeme og dusin svømmeklokker som kan drive dyret fremover ved hjelp av jetprinsippet. Svømmeklokkene kan fylles med vann som presses ut av en liten åpning ved hjelp av muskelsammentreknings. Bakenfor kommer den delen av dyret som kan bli 20-30



Figur 5.1.

Kolonimaneten, *Apolemia uvaria*, som invaderte norskekysten i november og desember 1997. Det store fotografiet er tatt ved dykking og det lille fotografiet er et nærbilde tatt i akvarium. Foto: Alf J. Nielsen.

The Siphonophore Apolemia uvaria invaded the coasts of Norway during November and December 1997. The large photo is taken in situ by a diver, the small photo is taken in an aquarium. Photos: Alf J. Nielsen.



meter langt. Med jevne mellomrom sitter det funksjonelle grupper med representanter fra de forskjellige funksjonstypene. En slik funksjonell enhet kalles et *cormidium*. Hos *Apolemia* sitter det ett eller noen få fødeopptaksindivid omkranset av 50 eller flere palper (palper er fangarmer som er mye kortere og tykkere enn brenntrådene). Ved basen av hver av disse finnes tentakler eller brenntråder. Med tentaklene fanges byttedyrene. Noen av palpene er brunrøde og tett besatt med nesleceller. Det er sannsynligvis disse som brenner både fisk og mennesker. Palpene er

i ustanselig bevegelse på levende dyr. Rundt en funksjonell gruppe sitter det en mengde gelelegemer som fungerer som beskyttelse, oppdriftsregulatorer og som et ytre skjelett. Hovedstrengen som går gjennom hele dyret, kan strekkes ut. I utstrakt tilstand kan det være opp til 5 cm avstand mellom de funksjonelle gruppene. Hovedstrengen kan trekke seg sammen med muskler og anta formen som vist på figur 5.2. Muskelene finnes bare på den ene siden av hovedstrengen, og dyret blir derfor spiralformet når det trekker seg sammen. Når vi fanger dyret,

ser vi det i sammentrukket tilstand. Den bakre delen av dyret kan plutselig deles i mindre deler som lever videre på egen hånd.

Livssyklus

Livssyklusen til *Apolemia* er ikke kjent, men nedenfor beskrives en generell livssyklus for siphonophorer som man tror gjelder for *Apolemia*. Det er en stor variasjon i siphonophorenes reproduksjonssyklus så det er vanskelig å generalisere. Likevel kan man se på maneten som et umodent larvestadium som bærer med seg og gir næring til formeringsindividene som egentlig blir de voksne modne individene. Vanligvis løsner formeringsindividene (gonophorene) fra maneten før kjønnsproduktene blir sluppet. De hunnlige formeringsindividene inneholder bare ett egg. Det er ytre befruktning, og det befruktede egget utvikles raskt til en planktonisk larve. Etter en tid omdannes larven, og slik starter utviklingen mot en kolonimanet. Det resulterer senere i en manet med fullt utviklede svømmeindivider, og en hovedstamme som gradvis forlenges og hvor det etterhvert dannes grupper av fødeopptaksindivider med tilhørende tentakler, palper og gelelegemer. I tilgjengelig litteratur er det litt usikkert hvor formeringsindividene (gonophorene) dannes, men de ser ut til å være best utviklet i den bakre delen av kolonien.

Levetiden til siphonophorartene er dårlig kjent, men det er ting som tyder på at noen kan bli ti år eller mer.

Fødeopptak

Siphonophorene er rovdyr og lever mest av små krepsdyr og fiskelarver som de fanger med neslecellene på brenntrådene. Lengden på brenntrådene varierer med størrelsen på dyrene. Maneten som kalles portugisisk krigsskip, kan ha brenntråder på 10-20 m.

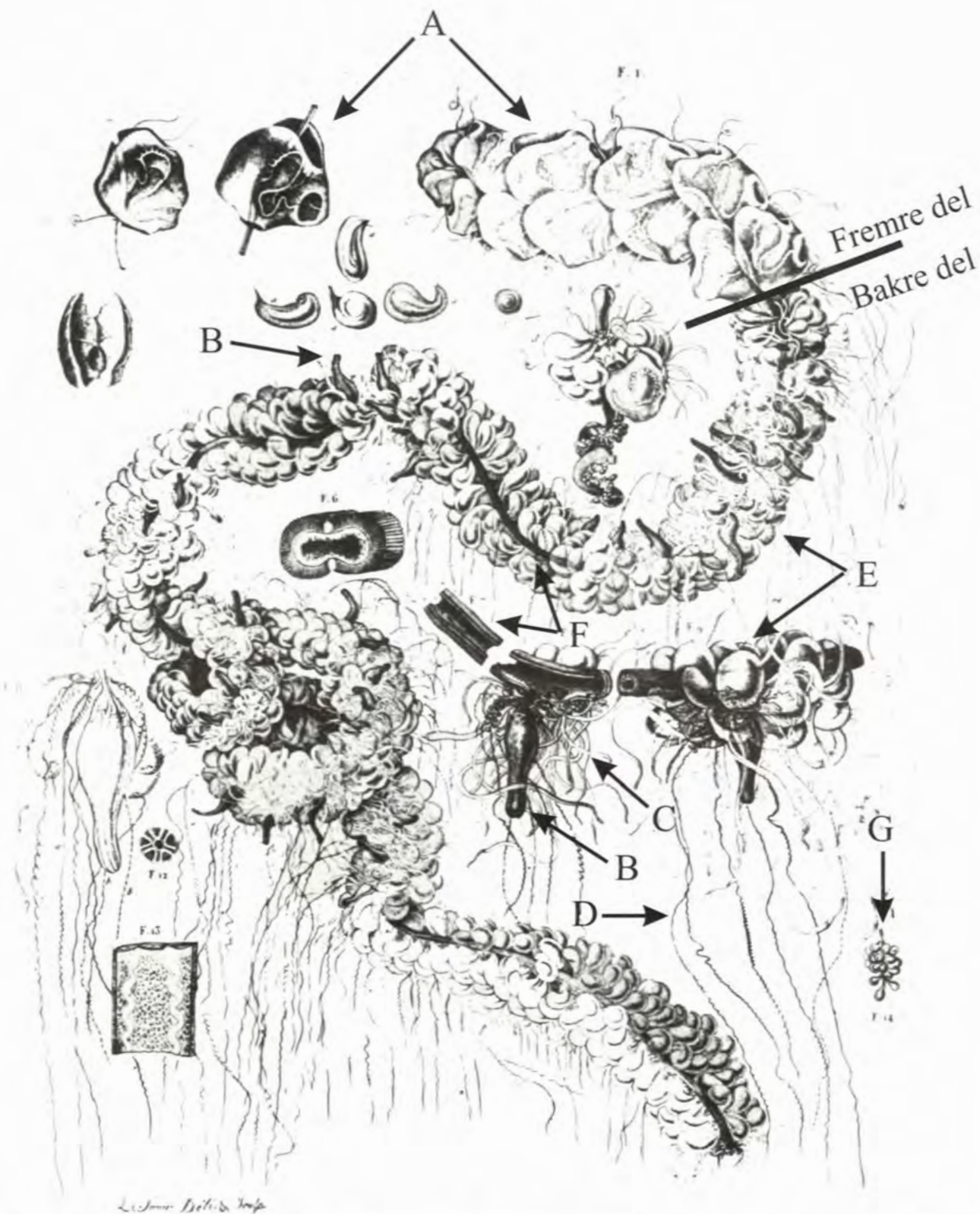
Siphonophorenes fangststrategi består av to faser: En fiskefase hvor manetene ligger stille og sprer ut tentaklene til et fint nett og venter på at byttedyrene skal svømme inn i nettet og en svømmefase som initieres av at dyret ikke er

fornøyd med fangsten. De forskjellige artene sprer ut nettet av brenntråder på forskjellig måte og dette nettet kan ha en eventyrlig oppbygning.

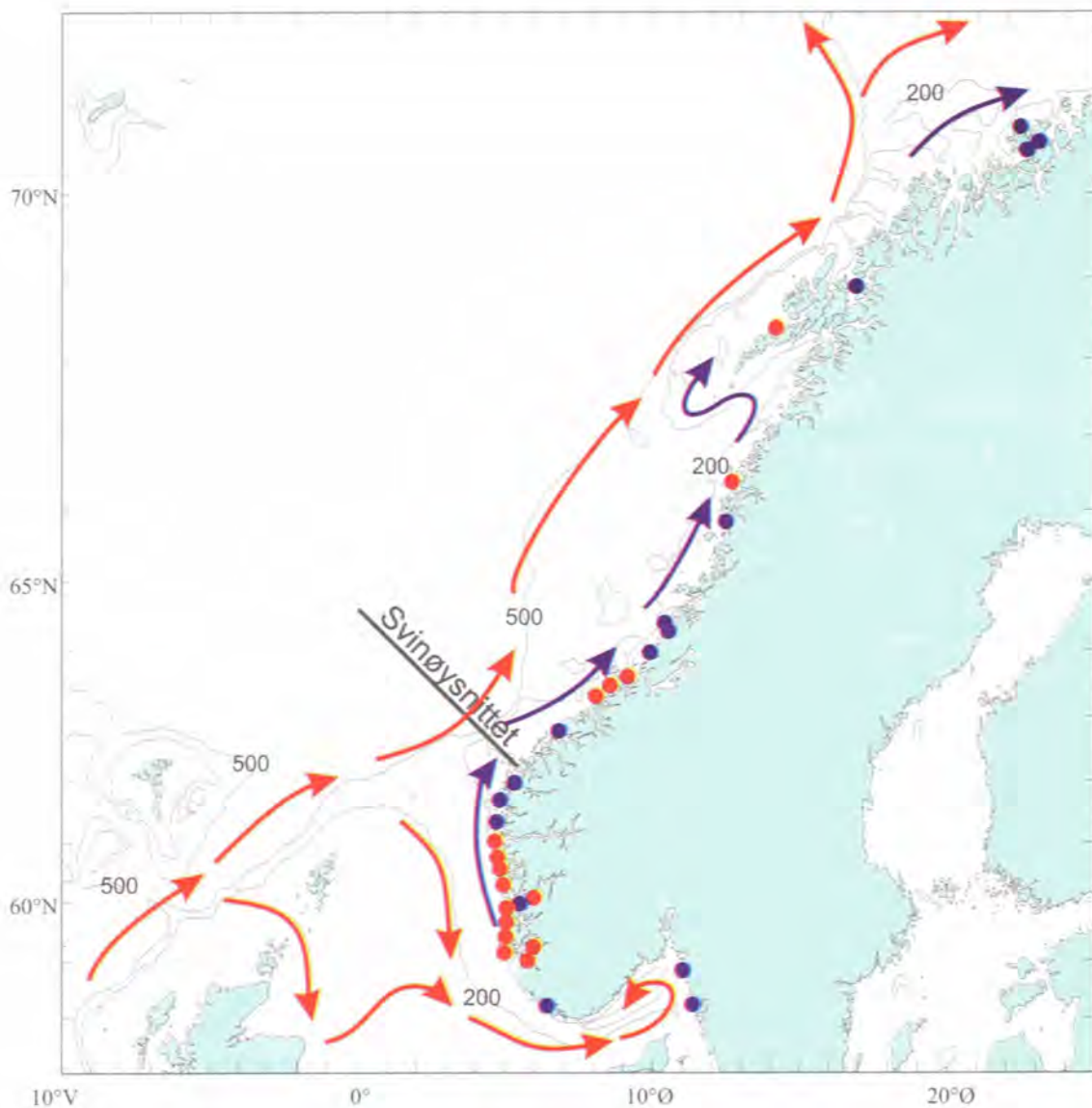
Det finnes ikke mange opplysninger om hvordan *Apolemia* fanger sitt bytte, men fra opplysninger i litteraturen og det jeg har observert av dyret i akvarium, ser det ut til at fiskingen til *Apolemia* foregår på følgende måte: *Apolemia* strekker ut hovedstrengen og kan på den måten øke lengden betraktelig, og det kan bli en avstand på opptil 5 cm mellom de funksjonelle enhetene og tilhørende palper, tentakler og gelelegemer. På denne måten øker *Apolemia* fangstvolumet fordi tentaklene kan strekkes langt ut, minst 30 cm. I akvarium kunne man se hvordan tentaklene utgjorde et tett og dødelig nett for krepsdyr eller fiskelarver i nærheten. I en naturlig situasjon vil *Apolemia* høyst sannsynlig spre tentaklene ut i flere retninger og ikke bare nedover, og med en lengde på 20-30 m kan en koloni fiske i et stort område. Når et byttedyr fanges av tentaklene, føres byttet til fødeopptaksindividet hvor byttet blir fordøyet. Næringsstoffene spres til hele kolonien gjennom en kanal i hovedstrengen. Når *Apolemia* svømmer trekkes brenntrådene inn og hovedstrengen trekkes sammen med muskler på den ene siden, noe som fører til at hele kolonien får en spiralform. Når den svømmer, skruer den seg fremover i vannet. Bortsett fra at siphonophorene spiser dyreplankton, fiskelarver og andre maneter, vet man lite om deres betydning i det pelagiske næringsnettet.

Hvor kommer manetene fra?

Det er sparsomt med opplysninger i litteraturen om utbredelsen til *Apolemia uvaria*, men den er best kjent fra Middelhavet. Ved den franske Riviera er den knyttet til oppstrømningsperioder og regnes derfor som en dypvannsort. Den er også rapportert fra Atlanterhavet, Det indiske hav og fra Stillehavet, noe som tyder på en meget vid utbredelse. I Europa er det også observasjoner fra Irskesjøen, langs vestkysten av Storbritannia og i den nordlige delen av Nordsjøen. De nordlige observasjonene er sjeldne og uregelmessige. Mot denne bakgrunnen er det merkelig at arten i 1997 plutselig finnes på den svenske vestkysten og langs hele norskekysten i



Figur 5.2. *Apolemia uvaria*. Dette er en kopi av en gravering som ble publisert i 1811. Den tykke sorte streken markerer grensen mellom den fremre delen av maneten med svømmeklokker og den bakre delen med andre typer av strukturer. Den bakre delen kan bli 30-40 meter lang!
 A: svømmeklokker. B: fødeopptaksindivid. C: palper D: brenntråder E: gelelegemer
 F: hovedstreng G: formeringsindivid
Apolemia uvaria. A slightly modified copy of an engraving published in 1811. The black horizontal bar shows the transition between the anterior region with swimming bells and the rear region dominated by other structures. The rear region may reach a length of 30-40 m!
 A: swimming bells B: feeding individuals C: palpons D: tentacles E: bracts F: stem
 G: reproducing individual



Figur 5.3. Atlanterhavsvannet (røde piler) kommer sørfra med det som kalles Den nordatlantiske strømmen (populært kalt Golfstrømmen). Innenfor atlanterhavsvannet går Kyststrømmen (blå piler) som delvis har sin opprinnelse i Østersjøen. Avhengig av vær og vind blandes disse vannmassene med hverandre. Svinøysnittet er tegnet inn, se figur 5.4. Røde sirkler: masse forekomst av *Apolemia*. Blå sirkler: lave tettheter. Data fra Oceanor AS ved Karl Tangen. *The North Atlantic Drift transports Atlantic water northwards along the continental slope (red arrows). Between the Atlantic Water and land one find Coastal Water which partly originates from the Baltic. These water masses mix with each other depending on the influence from weather and local currents. Red circle: mass occurrence of *Apolemia*. Blue circle: low densities. Data provided by Karl Tangen, Oceanor AS.*

tildels meget høye tettheter. I Norge ble den observert av fiskere langt til havs såvel som langs den ytre kysten og inne i fjordene. På EWOS-anlegget ved Lønningstrand i Samnangerfjorden ble *Apolemia* observert på notveggen 9. og 10. desember samtidig med en økt saltholdighet i vannet, hvilket viste at manetene kom utenfra med en saltere vannmasse.

15. og 16. desember 1997 ble det tatt planktonprøver langs et av Havforskningsinstituttets faste overvåkningssnitt (figur 5.3 og 5.4). Dette går fra Svinøy fyr ved Stadt og 300 km ut i Norskehavet. Resultatene viste at *Apolemia* fantes fra 200-300 meters dyp og opp til overflaten på de fleste av de 14 stasjonene som ble undersøkt. De fantes i en kjerne av atlanterhavsvann med

en temperatur på 8-9,6°C og saltholdighet høyere enn 35 ‰. Atlanterhavsvannet strømmer nordover langs Eggakanten og et godt stykke ut i havet. I kystvannet som ligger mot kysten innenfor atlanterhavsvannet, fantes det også maneter, men i mindre grad. Det er således mest sannsynlig at *Apolesia* kommer til våre breddegrader med atlanterhavsvannet (rett før dette ble trykt, ble det også funnet *Apolesia* i prøver på Svinøysnittet fra april 1996).

Atlanterhavsvannet kommer sørfra mellom Færøyene og Shetland, og en mindre gren går inn i Nordsjøen nord for Shetland (figur 5.3). Dette vannet fortsetter sør-østover langs den vestlige og sørlige skråningen av Norskerenna og dukker opp og blander seg med andre vannmasser i Skagerrak. Det er således fullt mulig å forklare forekomsten av *Apolesia* ved den svenske vestkysten med at den er transportert inn med atlanterhavsvannet som skissert ovenfor. Også på svenskekysten ble det rapportert om store mengder, så det må ha vært ekstraordinært mye av arten i 1997. Da man via mediene ble oppmerksom på manetene, ble den rapportert i store mengder langs hele kysten, og som vist ovenfor, også langt til havs kanskje i enda større mengder enn inne ved land. Den er også observert på Shetland. I januar 1997 drepte *Apolesia* all fisken i et lakseoppdrettsanlegg der, så det er tydelig at den var på vei nordover.

Det er en teoretisk mulighet for at manetene kan komme fra Middelhavet. Tidligere er det beskrevet en driftsrute til våre farvann som transporterer såkalt Lusitansk plankton fra Middelhavet. Planktonet driver ut ved Gibraltar med en understrøm som dreier nordover, og flyter langs kontinentalskråningen på dypt vann. Ved Skottland dukker strømmen opp og blander seg med de øvre vannmassene og blir fraktet videre nordover til norskekysten og til de nordlige delene av Nordsjøen. Maneten kan altså ha kommet fra Middelhavet og formert seg på veien.

Arten er muligens vanligere i våre farvann enn hva tidligere observasjoner kan tyde på. Opplysninger fra fiskere indikerer at arten faktisk forekommer regelmessig. *Apolesia* kan forveksles med salper som kan forekomme i store meng-

der langs kysten. Disse kan også danne lange kjeder, for eksempel *Salpa fusiformis*. Imidlertid ser ikke disse ut som perlekjeder når de blir tatt opp av vannet. Det virker derfor sannsynlig at det er *Apolesia* fiskerne har observert, men det er vanskelig å være helt sikker.

Tidligere invasjoner av salper

I 1955 var det en massiv invasjon av salpen *Salpa fusiformis* som er beskrevet av H. Brattström. Tettheten var noen steder så enorm at den ble beskrevet som en suppe eller grøt av salper. Toppåret var 1955, men salpene forekom også i store mengder i 1954 og flere år etter 1955. I følge Brattström kan salpene forekomme i større mengder ute på havet enn inne ved kysten. Dette ble også bekreftet fra observasjoner på Stasjon M i Norskehavet foretatt av K.F. Wiborg. Avhengig av vær og vind ble salpene drevet inn mot kysten og inn i fjordene. Salpene kommer oftest i tiden juli-september med de største mengdene i september-oktober. Innslaget er vanligvis størst på Vestlandet mellom Bergen og Møre, oftest i den nordlige delen av området. Invasjonene når også de aller nordligste delene av landet. Salpene blir også ført inn i Nordsjøen og Skagerrak og ser ut til å være knyttet til innstrømning av atlantisk vann (figur 5.3). Således likner invasjonen av *Apolesia* mye på salpeinvasjonene og blir høyst sannsynlig spredt på samme måte. Salpeinvasjonene kom i flere år etter hverandre, man snakker om perioder med salper og perioder uten. Invasjonen av *Apolesia* i 1997 kan derfor bli et år i rekken av flere med *Apolesia* i våre farvann.

Under salpeinvasjonen i 1955 var fisket dårlig, både fordi fisken forsvant og fordi redskapene ble fulle av salper og tildels revnet av de store mengdene. Det ble også diskutert økologiske følger av de astronomiske mengdene med salper. Man antok at salpene nødvendigvis måtte spise mye plankton, og således være næringskonkurrenter til fisk, for eksempel sild. Flere har hevdet at de ser en sammenheng mellom invasjoner av salper og dårlige årsklasser av sild. I den forbindelse kan det nevnes at i 1997 var kondisjonen til norsk vårgytende sild på et bunnnivå, og sildelarvene vokste svært dårlig. Det

trenger ikke være en direkte sammenheng mellom dårlige forhold for sild og mye salper eller maneter, men begge fenomener kan være en følge av storstilte prosesser i havet.

Er manetene kommet for å bli?

Faunaen langs norskekysten og i de norske fjordene er meget ung sett med biogeografiske øyne. Den har bare hatt tiden etter siste istid til kolonisering. Det betyr at nye arter stadig vil komme til våre kyster og «forsøke» å kolonisere nye områder. Om en slik stor invasjon av *Apolemia* som vi fikk i 1997 vil kunne føre til at den slår seg til i våre farvann, er vanskelig å si. I tilfelle er det sannsynligvis de største og dypeste fjordene og Norskerenna som peker seg ut som potensielle områder. Dypvannsmaneten *Periphylla periphylla* finnes i mange av de dype norske fjordene og er et eksempel på en oseanisk manet som har kolonisert fjordene. I noen fjorder kan den til og med forekomme i svært høye tettheter. Det er vanskelig å si hva som gjør at noen arter slår seg til i fjordene, mens andre ikke gjør det. Vanligvis vet vi altfor lite om biologien til mange av de marine artene. Når det gjelder *Apolemia*, forekommer den ifølge fiskerne regelmessig langs kysten (selv om dette har gått forskerne hus forbi). Hvis så er tilfelle, har arten hatt mange sjanser til å kolonisere våre hav- og fjordområder. Det er derfor ikke noen spesiell fare for at den skulle kolonisere våre områder akkurat i år, bortsett fra at den i 1997 forekom i usedvanlig høye tettheter og trengte inn i fjordene. Den store invasjonen av salpen *Salpa fusiformis* i 1955 førte til at man fant overvintrende individer i flere fjorder på Vestlandet og i Nord-Norge, men de forsvant etter hvert. Det er ikke lett å forutsi om en art trives og vil reprodusere i nye områder, men det har vist seg før at arter kan vise ukjente egenskaper på nye steder.

Hva kan oppdretterne gjøre for å verge seg mot kolonimanetene?

Hvis det kommer vannmasser inn mot kysten med store tettheter av spesielle organismer, er det ingenting man kan gjøre med det. Det vil også være vanskelig å varsle hvor store konsentrasjoner som vil komme. Det vil avhenge av

lokale vær- og strømforhold, som hurtig kan endres. Det beste for oppdretterne er kanskje i slike situasjoner å alliere seg med de lokale fiskerne som oftest vil være de som vet om det er maneter i området og som også kjenner de lokale strømforholdene. Hvis manetene først kommer til anleggene, er det oppdretterne selv som må avgjøre om det lønner seg å stenge av merdene med for eksempel presenninger eller lignende fysiske hindringer. Å flytte anleggene midlertidig er også en mulighet. Konsentrasjonene i vannet kan man lite gjøre noe med. En annen mulighet er å ikke fore fisken, slik at den holder seg dypt i merdene. Erfaring fra Øygarden tyder på at fisk som holdt seg nær overflaten var mest utsatt for å bli brent av manetene.

Faren for fremtidige problemer med geleplankton for oppdretterne

Oppdrett i sjøen vil alltid være sårbart for uønskede biotiske og abiotiske faktorer som giftige alger, parasitter, brennmaneter av forskjellig slag og giftutslipp. Probleemene med brennende maneter var inntil nylig ukjent. På Shetland har oppdretterne tidlig i 1997 hatt problemer med glassmaneter (*Aurelia aurita*) og har mistet mye fisk. Problemet var masseforekomst av de minste stadiene og unge individer. En hypotese er at polyppstadiet finnes i store mengder på anlegget (flytebrygger etc.) og kanskje til og med er i stand til å nyttiggjøre seg overskuddsforet.

Masseforekomst av en annen liten manet (≤ 15 mm), *Solmaris corona*, på Shetland i august-september 1997 førte også til problemer, og all fisken i minst ett anlegg strøk med. Denne maneten er oseanisk og har en sørlig utbredelse. Forekomsten på Shetland kan forklares med lokal tilstrømming av atlantehavsvann eller endringer i Atlanterhavsstrømmen. Denne maneten kan, som *Apolemia*, siden komme til våre kyster.

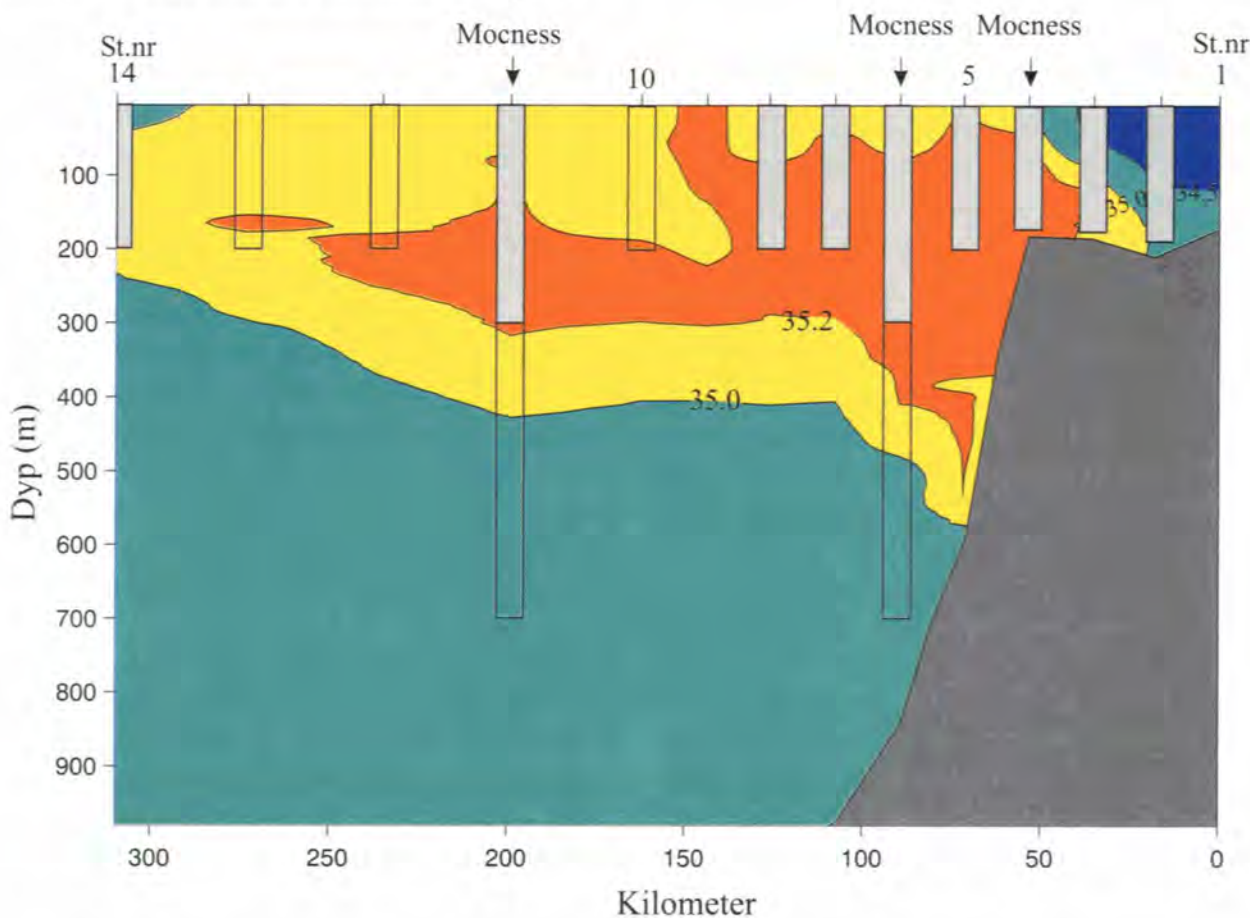
Det er altså to typer manetforekomster som kan skape problemer for oppdretterne: 1) masseinvasjon av oseaniske arter som kommer sørfra med atlantehavsvannet, og 2) oppblomstring av lokale arter. Om sommeren forekommer det store mengder av vanlig glassmanet i Kattegat, Skagerrak og langs norskekysten uten at dette van-

ligvis skaper problemer. Denne arten er relativt stor og går ikke lett i stykker og vil derfor holdes utenfor fiskemerdene. De oseaniske artene som hittil har skapt problemer har enten vært små (*Solmaris corona*), eller har lett for å gå i småbiter (*Apolemia*), og har på den måten kommet seg inn i merdene.

Blir badesesongen til sommeren ødelagt?

Massemediene har vært svært opptatt av om manetene kommer til å ødelegge badesesongen til sommeren. Det avhenger av hvor mye maneter som eventuelt blir tilført våre farvann, og igjen hvordan de lokale værforholdene blir. Generelt kan man si at den største faren er på Vest-

landet mellom Bergen og Møre og ytterst på kysten, og faren blir større ved nordavind og fra-landsvind. Ved disse vindretningene trekker atlantehavsvannet tettere inn til kysten. Ved sørlige vinder har atlantehavsvannet en tendens til å presses utover av kystvannet. Nordover blir faren sannsynligvis mindre fordi tettheten av maneter tynnes ut på vei nordover. Erfaringene tilsier også at de største mengdene pleier å komme om høsten etter at badesesongen er over. Vi anser det som usannsynlig at hele badesesongen vil bli ødelagt. Det kan kanskje bli snakk om lokale forekomster en begrenset del av sommeren. Men alt avhenger av hvor store mengder som kommer sørfra med atlantehavsvannet.



Figur 5.4. Svinøysnittet er et av Havforskningsinstituttets faste overvåkningssnitt. Planktonprøver med WP-II håv ble tatt fra 200-0 meters dyp på hver stasjon i tiden 15.-16. desember 1997. På tre stasjoner ble det i tillegg tatt vertikaldelte prøver med Mocness. Resultatene viser at *Apolemia* fantes i kjernen av Atlanterhavsvann som strømmer nordover langs kysten (fylte søyler = *Apolemia* i prøvene).

*Plankton is monitored regularly along the Svinøy transect. Vertical hauls from 200 meters depth to the surface with WP-II net were taken on all stations during 15-16 December 1997. In addition three vertically sectioned hauls from 700 meters depth were taken with a Mocness. The results show that *Apolemia* was present in the core of Atlantic Water that flows northwards along the continental slope (filled bars = *Apolemia* present).*

Ødelegger fisket korallrevene på den norske kontinentalsokkelen?

Pål Buhl Mortensen

Lophelia-revenes biologi og økologi

L*ophelia pertusa* (L.) er en revdannende dypvannskorall med en vid geografisk utbredelse spesielt i Nord-Atlanteren. Den finnes ofte på kontinentalskråningene og kontinentalkantene mellom 200 og 400 meters i temperaturer mellom 4 og 8°C. Figur 5.5 viser et kart over den kjente utbredelse av *Lophelia*-rev langs norskekysten. I de norske fjordene og på den svenske vestkysten finnes den i det samme temperaturområdet, men på grunnere vann. *Madrepora oculata* er en annen steinkorall som ofte finnes sammen med *Lophelia*, men denne korallen bygger ikke store revstrukturer. Fiskere har kjent til slike rev så lenge det har vært drevet fiske med lineredskap på dypt vann, og kaller dem ofte «uerstø», noe som henspeiler på revenes rike forekomster av uer. Tidligere kjente man bare korallen fra materiale innsamlet med bunnskrape. Utviklingen av moderne undervannsteknologi har nå lagt forholdene til rette for direkte undersøkelser av korallrevene i dypet. Video-opptak som Statoil har gjort siden 1992, har gitt oss en helt ny forståelse av korallrevenes oppbygning og dyreliv. I forbindelse med planleggingen av en rørledningstrasé til land, fra Heidrun-feltet utenfor Trøndelagkysten, ble det utført akustiske undersøkelser og visuelle inspeksjoner med ubemannet undervannsfartøy av havbunnen. Her ble det oppdaget mange store *Lophelia*-rev på 200-400 meters dyp mellom Haltenbanken og Frøyabanken. Det største revet som er funnet er anslått til å være mellom 5 og 10 km langt, 200 meter bredt og opp til 35 meter høyt. Ingen andre steder er det påvist så store levende *Lophelia*-rev og i så store konsentrasjoner som på den norske kontinentalsokkelen mellom 60^o og 70^o N.

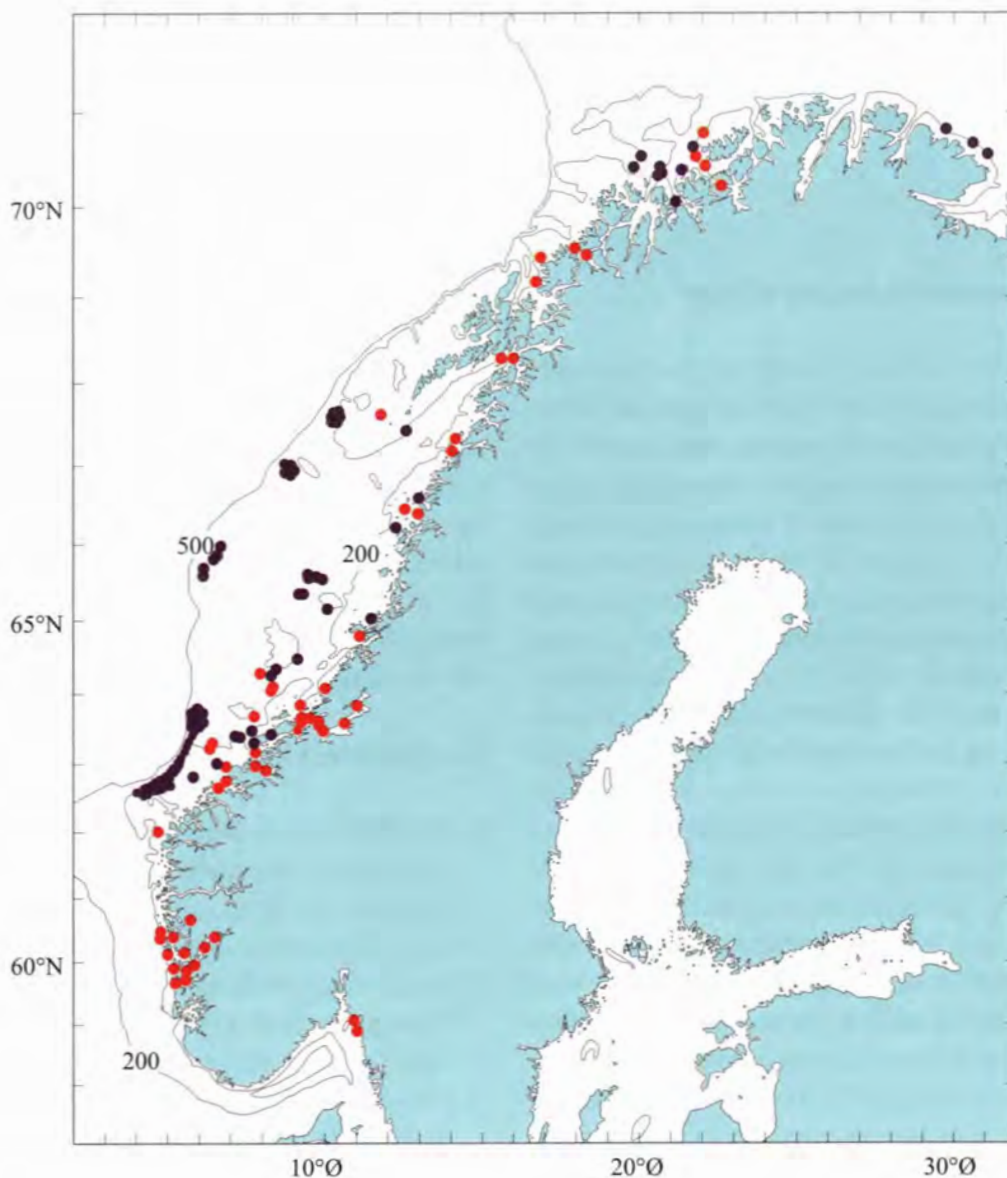
Lophelia-koloniene består av enkeltpolypper som har et felles skjelett av kalsiumkarbonat. De fleste *Lophelia*-rev i Midt-Norge har et grunn-

flateareal rundt 15 000 m², men det er også funnet rev på over 500 000 m². Sonar- og ekkoloddregistreringer viser at revene består av et koralllag som dekker naturlige forhøyninger på havbunnen. Tykkelsen av dette laget er ikke kjent, men ekkoloddregistreringer indikerer at korallaget kan være opp til ca 10 meter tykt. Det er ikke kjent hva *Lophelia* lever av, men det faktum at den har nesleceller, taler for at den er et rovdyr. Sannsynligvis utgjør planktoniske krepsdyr en viktig del av føden.

Et *Lophelia*-rev kan deles inn i tre ulike soner

1. Rundt revene er bunnen dekket av et lag med korallgrus (fragmenter av korallskjelett). Bredden på dette området varierer mellom noen få meter til flere titalls meter.
2. Fra foten av revet og omtrent midtveis opp til toppen består bunnen for det meste av døde korallblokker. Bunnen her er mer uryddig enn i de andre sonene, og ofte finner man blokker av levende *Lophelia* som har falt ned fra toppen av revet. Disse blokkene ser ut til å dø etter en tid og blir etterhvert underlag for nye levende kolonier. På denne måten vokser revene horisontalt. Det er denne delen av revet som har det høyeste artsmangfold.
3. Toppene av et rev består hovedsakelig av levende *Lophelia*-kolonier. Den døde og den levende sonen har omtrent like stor utstrekning vertikalt. Kolonier som vokser på revtoppene har ofte form som en kuppel. Kuppelformede kolonier kan bli ca to meter høye før de faller fra hverandre.

Levende *Lophelia*-kolonier kan sannsynligvis bli eldre enn 250 år, mens de eldste fragmentene fra Midt-Norge er ved hjelp av isotopanalyser datert til å være ca 8000 år gamle. Lengdeveksten av korallgrenene ligger mellom 2 og 10 mm per år. Med en antatt gjennomsnittsvest på 7 mm per år vil et to meter høyt korallhode være 285



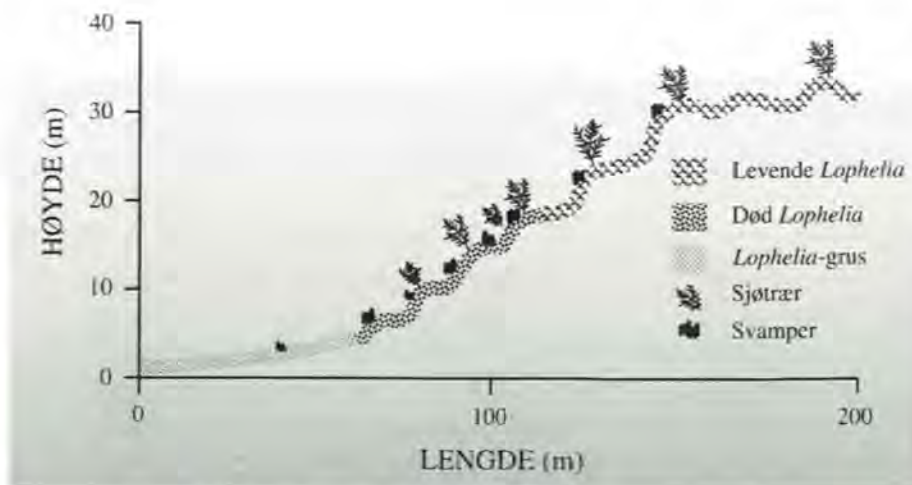
Figur 5.5. Kart som viser utbredelsen av *Lophelia*-rev langs norskekysten. Blå punkter angir forekomster som er rapportert av fiskere, og røde punkter angir forekomster som er rapportert i vitenskapelige arbeider.

Map showing the distribution of Lophelia-banks along the Norwegian coast. Blue areas indicate bank-areas provided by local fishermen, and red areas indicate bank-areas compiled from scientific literature.

år gammelt. Boresvamper huler ut og svekker døde korallgrener, og revet pakkes på denne måten sammen etterhvert. Brutto høydevekst er således mye lavere enn veksten av grenene skulle tilsi. Et rev som er 8000 år gammelt og 15 meter tykt, har gjennomsnittlig vekst 1.9 mm per år i høyden.

Revene er altså store, biologiske konstruksjoner med en kompleks romlig struktur som gjør dem til et egnet leveområde for mange fastsittende

og frittlevende organismer. Figur 5.7 illustrerer et typisk *Lophelia*-rev og de vanligste organismene som lever der. Hittil er det funnet rundt 700 arter på *Lophelia*-revene i våre farvann. Områdene med korallrev er kjent som gode fiskeplasser både for line og garn. Sei og uer (uer og lus-uer) er de vanligste fiskeartene på revene, og det er vanligvis mer fisk på revene enn på bløtbunnen utenfor. Uer er observert svømmende et par meter over substratet, liggende på substratet eller i huler mellom korallhodene. Brosme er



Figur 5.6.

Dybdeprofil over et typisk *Lophelia*-rev, med en skjematisk fremstilling av utbredelsen av bunntyper, svamper og hornkoraller.

Depth-profile across a typical Lophelia-bank, with a schematic presentation of the distribution of bottom types, sponges and gorgonian corals.

også observert, men mer spredt enn sei og uer. Sannsynligvis har revene betydning for disse fiskeartene som oppvekstområde, skjulested eller som matfat, men dette er forhold som ennå ikke er undersøkt.

Trusler mot *Lophelia*-revene

Det er velkjent at mange tropiske korallrev er truet av menneskelige aktiviteter og miljøforstyrrelser. For *Lophelia*-rev er det spesielt to faktorer som kan være aktuelle; nedslamming ved økede partikkelmengder i vannet for eksempel ved oljeboring og oljeutvinningsaktiviteter, og direkte fysiske ødeleggelser som ved trålfiske. Her vil vi kun se på effektene av fiske. Helt siden fiskerne begynte å operere til havs i dype områder har de vært i kontakt med korallrev. På eller ved korallrev kan fiskerne få korallfragmenter både på line og garn, og trål kan ta med seg større og mindre klumper i trålssekken. Mange mener at den tiltagende trålvirksomheten har ført til økt ødeleggelse av koraller. Trålerne har gradvis trukket inn i korallområdene og brutt ned de tildels skjøre strukturene. I de senere år har det kommet til større båter med kraftigere maskiner og redskap som gjør det lettere å operere i slike områder. Tidligere var risikoen større for å miste eller skade redskapen dersom man kom for langt inn i *Lophelia*-rev. Det hevdes også at trålerne enkelte steder først bare bruker gearet (det vil si at trålposen er tatt av) i et område for å rydde vei!

Også fiskeriene selv kan bli negativt påvirket av trålingen. Mengden av fiskeføde kan bli redu-

sert i områder med utarmede korallsamfunn. Dette kan få en negativ effekt på noen fiskebestander; spesielt uerartene, men også brosme, lange, blålange og sei. Det er kjent at fiskere som driver spesielt med passive redskaper som garn og line, ofte setter bruket ved og på korallene, da de der får større utbytte. Mange fiskere mener også at fangstene av særlig uer har gått drastisk ned etter at trållaktiviteten i korallområdene økte. Disse problemstillingene er også aktuelle i Storbritannia hvor det finnes korallområder nord og nordvest for Skottland, ved Rockall og bankene omkring. Der har man allerede begynt å snakke om fredning av visse områder.

Gjennom et forprosjekt støttet av NFR, har vi fått informasjon fra 40-50 utvalgte fiskere om utbredelse og ødeleggelse av korallrev fra Røstbanken i nord til Stadt i sør. De fleste opplysningene er fra eggakanten, og det er interessant at vi fra forskjellige fiskere får opplysninger om ødeleggelse på de samme stedene. Betydelige korallområder er trålt bort eller redusert. Dette gjelder spesielt på eggakanten utenfor Møre og Trøndelag, men også andre steder på sokkelen mellom Stadt og Røst. Med den langsomme veksten som *Lophelia* har, vil det ta flere hundre år før et rev bygges opp igjen, hvis det da etableres på nytt. De viktigste oppgaver fremover er å dokumentere skadene bedre, beskrive artsmangfoldet på revene og ikke minst å få bedre kjennskap til viktige sider av *Lophelia pertusas* økologi. Reproduksjonsbiologien og fødevalget hos denne arten er fremdeles ukjent. Vern av utvalgte havbunnsområder i Midt-Norge er for tiden under vurdering i Miljøverndepartementet.



Figur 5.7. Fotomontasje som illustrerer et typisk *Lophelia*-rev og dyrene som lever der. Montasjen er laget ved hjelp av digitaliserte fotografier fra et rev ved Nordleksa (NØ for Hitra). 1: levende *Lophelia* (hvit variant), 2: levende *Lophelia* (rød variant), 3: død *Lophelia*, 4: risengrynkoral, 5: sjøtre (lite eksemplar), 6: sjøbusk, 7: reirskjell, 8 lus-uer og 9: *Geodia* (svamp).
*Fotocollage illustrating a typical Lophelia-bank and associated megafauna. The collage is constructed from digitalised photos from a bank at Nordleksa (NE of Hitra). 1: living Lophelia (white variant), 2: living Lophelia (red variant), 3: dead Lophelia, 4: a gorgonen coral (*Primnoa resedaformis*), 5: a gorgonen coral (*Paragorgia arborea*), 6: a gorgonen coral (*Paramuricea placomus*), 7: a bivalve (*Acesta excavata*), 8 red fish (*Sebastes viviparus*), and 9: a sponge (*Geodia sp.*).*

Ministerkonferansen for Nordsjøen i mars 1997 - Hva ble egentlig resultatet?

Roald Sætre

Norsjøkonferansene har vært et meget effektivt redskap for å redusere forurensningene til Nordsjøen. På konferansens 4. møte i Esbjerg i 1995 ble også fiskeriene satt på dagsorden som et prioritert arbeidsområde for Nordsjøkonferansen. I Ministererklæringen fra dette møtet hetet det at "en videre integrering av fiskeri- og miljøpolitikk bør utvikles for å beskytte miljøet i Nordsjøen og sikre bærekraftige fiskebestander og tilhørende fiskerier". Man ble så enige om å holde et Mellommøte for ministrene i Bergen i mars 1997 for å drøfte videre fiskeriene og fiskerirelaterte miljøspørsmål. På Bergensmøtet deltok miljø- og fiskeriministrene fra alle Nordsjølandene, samt EU kommisjonen. I tillegg var en rekke miljøorganisasjoner og forskjellige nærings sammenslutninger representerte med observatører.

Som et ledd i forberedelsen til dette møtet ble det i samarbeid mellom Det internasjonale råd for havforskning (ICES) og norske og internasjonale forskere og fiskeriforvaltere utarbeidet en "Tilstandsrapport for fiskebestandene og for de miljøspørsmål som er knyttet opp til fiskeriene". Tilstandsrapporten gir bestandsstatus for de viktigste artene av både fisk, marine pattedyr og sjøfugl. Den beskriver det nåværende forvaltning, og klargjør både de økologiske effekter av fisket og effektene på fisket og fiskeressursene av andre menneskelige aktiviteter. Til slutt drøfter rapporten en del elementer som kan inngå i en ny og forbedret forvaltning av Nordsjøen. Ministermøtet hadde altså en omfattende dagsorden, men det klart viktigste punktet var den urovekkende situasjonen for fiskeressursene. I slutterklæringen fra møtet (Statement of Conclusions) sier så ministrene hva de vil gjøre med de problemene som er beskrevet i tilstandsrapporten.

Hva er egentlig resultatet av ministermøtet og står dette i et rimelig forhold til den store innsatsen som var lagt ned i møteforberedelsene? Noen

miljøorganisasjoner var raskt ute med uttalelser om at slutterklæringen ikke var verd papiret den var skrevet på. Ministrene ble anklaget for at de foreslåtte tiltakene var for uforpliktende, ikke gikk langt nok eller var for lite konkrete. Det ville være ønskelig å få forvaltningen av fiskebestandene inn på et riktigere spor raskere enn det erklæringen legger opp til. Til tross for dette representerer slutterklæringen fra Bergensmøtet representerer et viktig skritt for å få til en mer fornuftig fiskeriforvaltning i Nordsjøen. Tar en hensyn til de kortsiktige, negative sosio-økonomiske konsekvensene som mange av de foreslåtte tiltak klart vil få og at disse dessuten slår ulikt ut for de forskjellige lands flåtegrupper, er antagelig slutterklæringen det maksimale man realistisk kunne forvente ble vedtatt.

Slutterklæringen fra ministermøtet i Bergen har status som en politisk intensjonserklæring og er ikke en folkerettslig bindende avtale. Ministrene vil likevel ikke kunne løpe fra de forpliktelser de har påtatt seg ved å undertegne slutt-dokumentet. Derfor vil dette være et viktig dokument å bruke i de årlige kvoteforhandlingene Norge har med EU. La oss nå se på hva ministrene egentlig ble enige om.

I de overordnede retningslinjer for forvaltningen av Nordsjøen introdusere slutterklæringen fra Bergensmøtet slike elementer som økosystemtilnærming, bevaring av biologiske mangfold, lokal/regional gjennomføring av globale konvensjoner eller avtaler og å unnlate å løse problemer i Nordsjøen ved å eksportere dem til andre deler av verden. Forvaltningsmålene er å sikre bærekraftig bruk av fiskeressursene, bærekraftige og sunne økosystemer samt levedyktige fiskerier.

En av de viktigste strategiene for å nå disse målene er å sørge for at gytebestandene for de kommersielle fiskeartene har en størrelse og alderssammensetning som sikrer levedyktigheten hos

disse. Det vil si at størrelsen av de viktige bestandene i Nordsjøen må betydelig opp. For å få dette til, inneholder slutterklæringen en tiltakspakke for å opprettholde og eventuelt gjenoppbygge gytebestandene. En annen tiltakspakke tar sikte på vern av ungfisk. Som en del av denne ligger det også inne et punkt om at «man så raskt som overhode mulig undersøker alle muligheter, inkludert innføringen av et forbud, for å minimalisere utkast».

I Norge er det ulovlig å kaste ut fisk, derfor må all fisk som er fanget landes. I EU derimot, er det ulovlig å lande fisk som ikke holder minstemål, ikke lovlig arter eller fangster utover de tillatte kvotene. Slike fangster går derfor overbord. EUs utkastpåbud representerer en sløsning med ressurser samtidig som de bidrar vesentlig til å redusere den andel av fiskebestandene som overlever frem til gyteferdig alder. På møtet stod Norge hardt på for å få innført et utkastforbud i Nordsjøen og fikk delvis støtte av en del andre land. Dette er en svært vanskelig sak for EU da det betyr en drastisk omlegging av deres fiskeriforvaltning. Et eventuelt utkastforbud må kobles til en rekke andre tiltak som minimum fangstbar fiskestørrelse, stengning av områder og øket utvikling og bruk av selektive redskaper. I tillegg vil det være nødvendig med kontrolltiltak. Vi tror at vedtakene på Bergensmøtet bringer oss et godt skritt nærmere et utkastforbud i Nordsjøen. Det er selvsagt skuffende at det ikke var mulig å innføre dette nå. Det positive er imidlertid at for første gang var fiskeriministrene i EU villige til å diskutere problemet.

Når det gjelder de økologiske effektene av fiskeriene har det vært knyttet mest bekymring til den intense bruken av bunnredskaper, spesielt bomtrål, i de sørlige delene av Nordsjøen. Her anbefaler slutterklæringen forskning for å kvantifisere effektene av slike redskaper samtidig som det åpnes for restriksjoner på fiskerier som har en uforholdsmessig stor, negativ virkning på økosystemet. Slutterklæringen tar også opp virkningen av andre menneskelige aktiviteter, både landbaserte og slike som finner sted til sjøs, på fiskeressursene og fiskeriene. På disse områdene anbefaler ministrene at dette følges opp i andre internasjonale fora.

I slutterklæringen var en også enige om å styrke og videreutvikle samarbeidet mellom nordsjølandene på kontrolliden, herunder utveksling av observatører og teknologi. Det var videre enighet om å utvikle og innføre bedre metoder for kontroll og overvåking både på land og sjø og samtidig bedre rutinene for registrering og avregning av fangster. I tillegg inneholder slutterklæringen også en rekke forslag om å dekke kunnskapshull slik at grunnlaget for forvaltningen styrkes. På norsk initiativ anbefalte ministermøtet å starte opp et målprogram for å kartlegge utkastnivået i alle relevante fiskerier, å overvåke dette og derved sikre at basis for ICES rådgivning styrkes.

Resultatene fra ministermøtet i Bergen vil sannsynligvis få stor betydning for det videre arbeidet med å forbedre forvaltningen av økosystemet i Nordsjøen. Når det gjelder ansvaret for oppfølgingen så sier ministrene i slutterklæringen at de inviterer de ansvarlige myndigheter, dvs. EU og Norge, til umiddelbart å ta opp de aktuelle anbefalingene i passende fora. Det klart viktigste av slike er de årlige bilaterale fiskeriforhandlingene mellom EU og Norge.

Noe av det nødvendige arbeidet er allerede startet opp bilateralt mellom EU og Norge. Den felles «Arbeidsgruppe for bevaring av bunnfiskebestandene i Nordsjøen» vil på sitt møte i juni i år evaluere hvorledes forskjellige typer reguleringstiltak, inkludert utkast, har virket inn på fiskemønsteret, fangstene og bestandene. Det er også satt i gang forberedelser for å endre forvaltningsregimet for sild, makrell og torsk. Etter sterke anbefalinger fra havforskerne i juni 1996 ble sildekvoten for dette året halvert og samtidig ble det lagt føringer for på hvilket nivå fiskedødeligheten for denne bestanden bør være i de nærmeste årene.

I samarbeidet mellom Norge og EU er det en økende forståelse for at et samarbeid på kontrolliden er et viktig bidrag til en bedre forvaltning i Nordsjøen. Dette er blant annet komme til uttrykk i avtalen for 1996 og 1997. Det har i mai 1996 vært et nyttig møte med EU-kommisjonen om felles problemer med kontroll av fisket i Nordsjøen. Generelt vil samarbeidet mellom EU-

kommissjonen og Norge bli styrket i tiden fremover. Dette gjelder både det formelle institusjonelle samarbeidet og det mer uformelle samarbeid mellom personer innenfor «de ansvarlige kontrollinstanser i EU og Norge». Norge har også inngått samarbeidsavtaler på kontrollsiden med en rekke enkeltland som har tilknytning til fiske i Nordsjøen.

Sluttklæringen anbefaler at partene, dvs. EU og Norge, rapporterer regelmessig fremgangen i arbeidet og at dette skjer første gangen i passende tid før neste Nordsjøkonferanse, som sannsynligvis vil finne sted i år 2002. Både Storbritannia og Tyskland gav på møtet uttrykk for at de ville kreve fremgangsrapportering langt tid-

ligere når de fikk ansvaret for EUs presidentskap.

Et viktig mål for ministermøtet i Bergen var å legge forholdene til rette for en bedre integrering av fiskeri- og miljøforvaltning i Nordsjøen. På fiskerisiden har man de bilaterale fiskeriforhandlingene mellom EU og Norge mens noe tilsvarende instrument på miljøsidan ikke finnes. Dersom man skal følge opp sluttklæringens intensjon om å legge et økosystem tilnærming til grunn for den fremtidige forvaltningen av Nordsjøen, vil det være nødvendig å finne frem til etablerte eller nye fora hvor slike spørsmål kan tas opp.

Skogbranner i Sørøst-Asia, stormer og flom i Chile og Peru, tørke i Australia og California i alarmberedskap. Flere ganger det siste halvåret har mediene omtalt ekstreme værforhold, og hver gang har El Niño fått skylden. Dette fenomenet fra det tropiske Stillehavet er det klareste eksempel på hvordan naturlige variasjoner i havklimaet kan påvirke forholdene på land på dramatisk vis.

Havet og vårt klima

Også på våre kanter har havet stor betydning for klimaforholdene på land. Det er for eksempel stor forskjell på de typisk milde vintre og kjølige sommerne på Vestlandet, og kalde vintre og de varme sommerne i innlandet. Forskjellen skyldes i stor grad havets innflytelse på kystklimaet. Mens temperaturen i luften kan forandre seg mye i løpet av noen timer, går prosessen mye tregere i havet. Det tar uker og måneder å varme opp et kaldt hav etter vinteren, men til gjengjeld holder det lengre på varmen. I fjor opplevde vi en spesielt varm sommer, slik at store energimengder ble tilført havet fra sola. Dette kan en fortsatt merke resultater av i vinter, i form av høye sjøtemperaturer mange steder langs kysten.

På Vestlandet merkes godt forskjellen på en solrik og en våt sommer, men ulikhetene her er små i forhold til de omveltninger i det normale værmønsteret El Niño bringer med seg til landene nær Stillehavet. For det er i de tropiske delene av dette enorme havet fenomenet har sitt utspring, og det er her virkningene er størst.

Historien

Så tidlig som på 1500-tallet kjente fiskere til at det vanligvis kalde og fiskerike farvannet ved kysten av Peru hvert andre til syvende år ble erstattet med mye varmere vann, og at fisken da forsvant. Disse årene var også preget av store nedbørsmengder og flom i et ellers svært tørt område. Navnet El Niño kommer fra spansk der

«el niño» betyr guttebarn og «El Niño» Jesusbarnet. Fenomenet fikk dette navnet fordi det gjerne dukket opp ved juletider.

Først mye senere begynte man å skjønne at dette ikke var noe lokalt fenomen, men at det var sammenheng mellom El Niño og atmosfæriske forhold på den andre siden av Stillehavet. Den britiske vitenskapsmannen Sir Gilbert Walker fant i begynnelsen av dette århundret statistiske sammenhenger mellom El Niño, svekket monsunvind og lite nedbør i Øst-Asia, og variasjonene i trykkforskjellen mellom øst og vest i Stillehavet (Southern Oscillation). Walker påviste sammenhengene statistisk, men det var nordmannen Jack Bjerknes, da professor ved Universitetet i California, som på slutten av 1960-årene først forklarte fysikken bak fenomenet. Forklaringen til Bjerknes dannet grunnlaget for mye av det vi i dag vet om prosessene bak El Niño-Southern Oscillation (ENSO), et begrep som omfatter både det som skjer i havet og i atmosfæren. Navnet El Niño er fortsatt knyttet til de spesielt "varme episodene".

Forklaringen

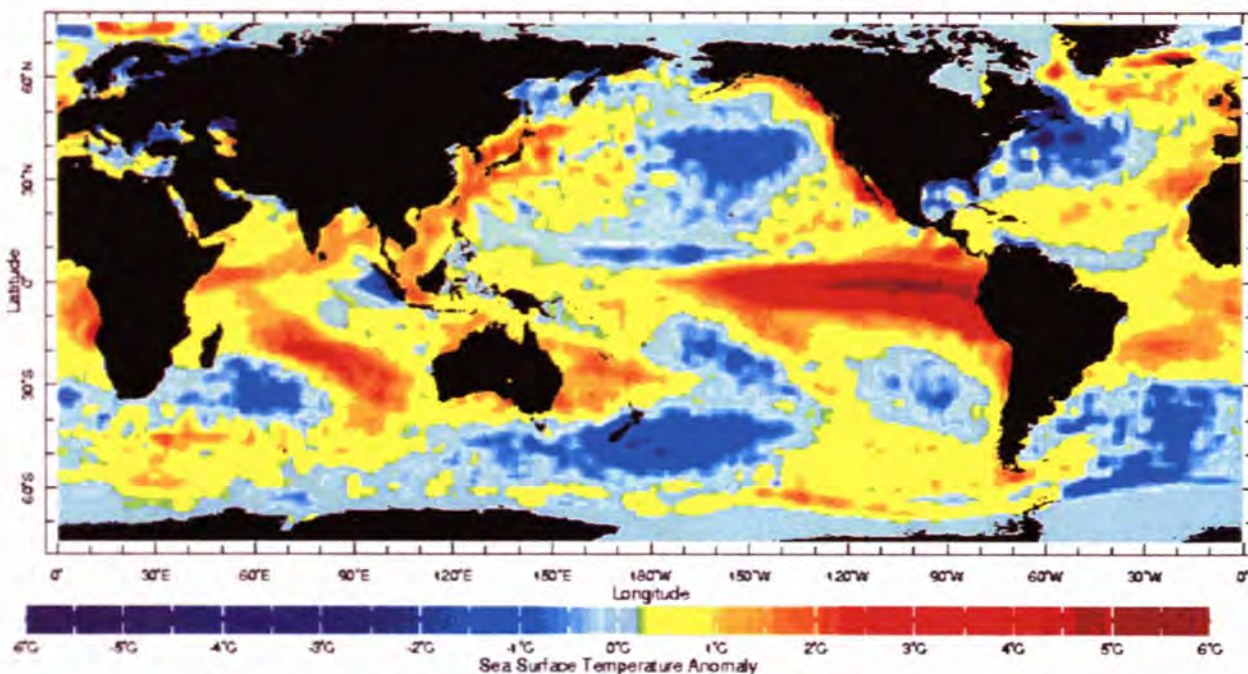
Vannmassene i tropiske farvann består av et varmere overflatelag og kaldere vannmasser under. Den normale situasjonen i Stillehavet (fFigur 5.8) er passatvinder som skyver det varme overflatevannet vestover mot Asia. En får altså et forholdsvis tykt lag med varmt vann i vest, mens en i øst kun har et tynt lag. Når overflatevannet i øst forflyttes vestover erstattes det av kaldere, næringsrike vannmasser nedenfra. Det er denne oppstrømningsprosessen som gir næringsgrunnlaget for de store fiskebestandene ved kysten av Peru og Chile. Over de store områdene med varmt overflatevann i vest foregår det en voldsom fordamping som medfører mye regn.

Det er fortsatt uklart hva som utløser en El Niño-episode, men det første tegnet er som oftest en svekking av passatvindene i det vestlige Stillehavet. Dette fører igjen til at strømmen mot vest

snur, slik at varmt overflatevann beveger seg tilbake mot kysten av Sør-Amerika som store langsomme bølger på grensesjiktet mot det kaldere vannet under. På grunn av vindretningen og det tykkere varmtvannslaget stopper oppstrømmingen av næringsrikt vann i øst. Produksjonen i havet reduseres kraftig, og fisk, sjøfugl og sjøpattedyr sulter og dør. Temperaturen i seg selv, opp til 10 grader over normalen (figur 5.9), gjør også sitt til å skremme fisken nordover, vekk fra det området der den pleier å leve. Siden storskala fordamping følger områdene med høyest overflatetemperatur, forflytter også nedbøren seg østover slik at det blir tørrere enn normalt i Sørøst-Asia og våtere på vestkysten av Sør-Amerika.

Måling og varsling

Kunnskapen om ENSO har økt vesentlig siden forrige store El Niño helt overraskende slo til i 1982/83. Dette skyldes ikke minst de store ressursene som er satt inn på å samle inn data. Et nettverk av automatiske bøyer, spredd ut over store deler av det tropiske Stillehavet, måler temperatur og andre viktige variabler. Satellitter som går i bane rundt jorda måler både vindhastighet nær havoverflaten, havtemperatur og vannstand. Målinger av vannstand kan avsløre mye om strømforhold og sirkulasjonsmønstre i havet. Siden bølgene med det varmere vannet bruker flere måneder på å forplante seg østover før de når



Figur 5.8. Øverst vises den normale situasjonen i det tropiske Stillehav. Den er preget av vesentlig høyere overflatetemperaturer i vest enn øst med tilhørende områder med stor fordamping og nedbør i form av monsunregn. Passatvinder blåser fra øst mot vest. Under havoverflaten ser vi at sprangsjiktet, som skiller mellom det varme overflatevannet og de kjøligere vannmassene under, heller nedover fra øst mot vest. Under El Niño forhold, nederst, forflyttes det varmeste vannet og nedbørsområdet østover. Passatvindene har snudd og dypden av sprangsjiktet har blitt grunnere i vest og dypere i øst.

The upper panel shows the normal situation in the tropical Pacific. It is characterized by distinctly higher sea surface temperatures in the western regions than further east. Connected to the highest sea temperatures massiv convection and precipitation as monsoon rain is also found in the west. The trade winds blow steadily from the east towards Asia. Under the sea surface the thermocline, which divides the warm upper layer from the colder water masses below, slopes from east to west. During El Niño conditions, lower panel, the hottest water and the connected high precipitation has moved eastwards. The trade winds have changed direction and the depth of the thermocline has become shallower in the west and deeper in the east.

kysten av Sør-Amerika, er det mulig å følge en El Niño i anmarsj i god tid før de største virkningene viser seg.

I tillegg til at data brukes direkte, anvendes de i varslingsmodeller. Dette er datamaskinprogrammer som grovt sett kan sies å være enten statistiske eller dynamiske. Statistiske modeller benytter seg av historiske sammenhenger. Har det for eksempel vært en klar sammenheng mellom spesielle vindforhold i det vestlige Stillehavet og høye temperaturer lenger øst tre måneder seinere, vil statiske modeller varsle varmere forhold når slike vinder observeres. Dynamiske modeller derimot, er bygget opp av matematiske ligninger som representerer de fysiske lovene som styrer prosessene i hav og atmosfære. Ved å ta utgangspunkt i målte verdier kan en løse ligningene og beregne varsler for utviklingen framover.

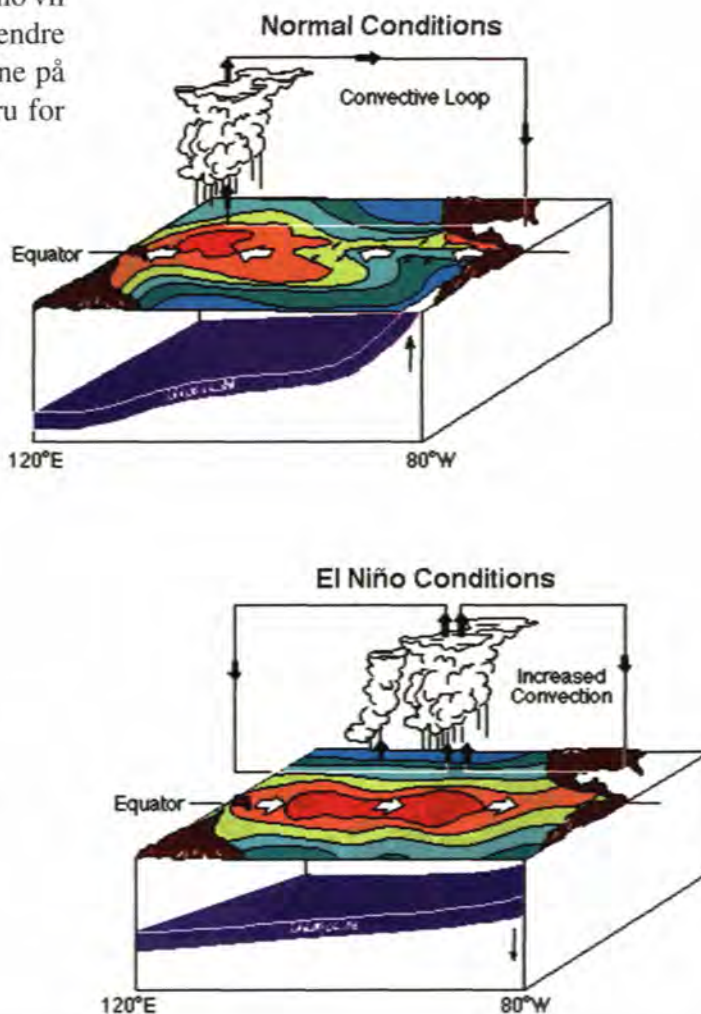
Konsekvenser for Norge?

Nord-Europa er et av de områdene på jorden som merker minst til effektene av El Niño. El Niño vil likevel kunne påvirke hverdagen vår ved å endre betingelsene for bedrifter og påvirke prisene på bestemte varer. Før 1972-episoden sto Peru for 30% av verdens produksjon av fiskemel.

I løpet av to år sank produksjonen fra 10 til 2 millioner tonn. Dette førte til stor prisøkning på fiskemel over hele verden, og Peru har aldri igjen oppnådd den posisjonen de engang hadde. Også den nåværende El Niño vil kunne virke inn på norsk fiskeindustri. Norske bedrifter som lager produkter basert på tare kan overta en større del av det globale markedet hvis amerikanske konkurrenter får problemer som følge av at deres tare ødelegges av for høye temperaturer. På den andre side vil alle tareprodusentene kunne få problemer dersom kundene mister tiltro til at de er stabile leverandører. Det kan videre nevnes at sammenbruddet i den peruanske fiskemelproduksjonen i 1972 førte til en tredobling i prisen på soyabønner i USA, som igjen førte til dyrere kylling. I 1983 førte tørke i Filippinene til dyre kokosnøtter, noe som medførte prisøkning på såpe og vaskemidler.

Figur 5.9. Avvik mellom overflatetemperatur for januar 1998 og normalverdier for januar. Legg spesielt merke til den røde tungen med vesentlige høyere temperaturer enn normalt som strekker seg fra kysten av Sør-Amerika og langs ekvator tvers over to tredjedeler av Stillehavet. Også oppover vestkysten av USA og Canada og nedover kysten av Chile er det klart varmere enn normalt.

January 1998 sea surface temperature anomalies. Notice the red tongue of water with particularly higher temperatures than normal extending from the coast of South America along the equator, covering two thirds of the Pacific. Up along the west coast of the US and Canada and down the coast of Chile sea temperatures are also a lot higher than normal.)



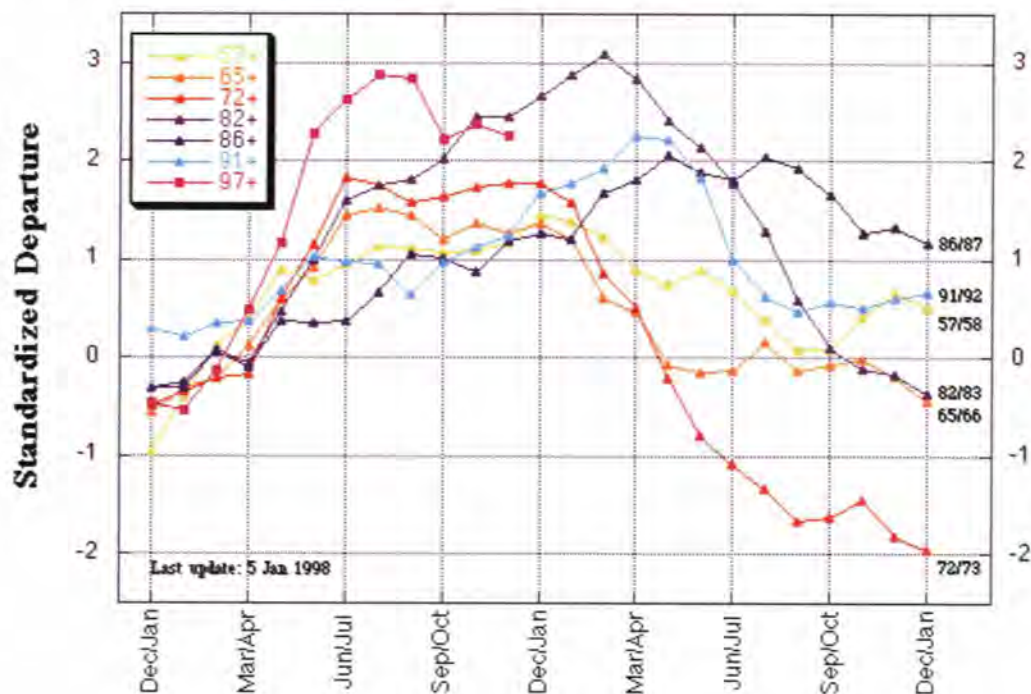
Hva skjer denne gangen?

De første indikasjonene på den El Niño vi nå står midt oppe i kom allerede i vår. I løpet av juni ble det mer og mer klart at dette kunne bli den kraftigste episoden i moderne tid, til og med verre enn den store 1982/83-episoden (figur 5.10). Siden den gang har media rapportert om hendelser som mer eller mindre direkte har sitt utspring i de unormale klimaforholdene. Brannene i Indonesia var påsatt, men det var El Niño-forholdene som gjorde at det forventete monsunregnet ikke kom og slukket dem. Stormer og ødeleggelser i flere av Chiles store havnebyer er en direkte effekt av El Niño, det samme er tørke i deler av Australia. I den senere tiden har andre deler av Australia vært utsatt for storflom. Strøk langt unna det tropiske Stillehavet er også utsatt for effekter av El Niño. I det sørlige Afrika er en tørkekatastrofe på

gang, og i California venter man på at virkningene en har sett lenger sør skal nå også deres kystområder. Selv om El Niño gjerne når sitt høydepunkt i løpet av januar, kan en på ingen måte være trygg på at dette er tilfellet denne gang. Ertvirkningene vil en i alle tilfeller kunne merke langt inn i sommeren.

Mye å lære

Fenomener som El Niño kan ikke oppstå på våre kanter, da de fysiske betingelsene bare finnes nær ekvator. Likevel fører den store forskningsinnsatsen til mye ny kunnskap som også kan anvendes på våre havområder. ENSO er et svært klart eksempel på hvor tett samspillet kan være mellom havet og atmosfæren og ikke minst på hvor følsomt livet i havet er for naturlige klimasvingninger.



© Klaus Wolter and Michael Timlin
NOAA-CIRES Climate Diagnostics Center, University of Colorado at Boulder

Figur 5.10. Ulike El Niño episoder sammenlignes med hensyn på hvor kraftige de har vært i ulike faser av sitt forløp. Den såkalte multivariate indeksen fanger opp ulike sider ved El Niños som over flatetemperatur og forskjell i lufttrykk mellom det østlige og vestlige Stillehavet. Merk at den El Niño vi nå er inne i var klart sterkere enn tidligere episoder fra mai/juni til august/september og at den fortsatt er blant de aller sterkeste.

El Niño episodes are compared according to severity during different phases of their development. The so called multivariate index measures several aspects of the El Niños, like sea surface temperature and difference in air pressure between the eastern and western Pacific. Note that the current El Niño was the strongest on record from May/June until August/September 1997 and that it still is among the most severe.

Et nytt system for automatisk varsling av ekstreme miljøsituasjoner

Trygve Gytre

Introduksjon: En viktig del av marin miljøovervåkning går ut på å kunne oppdage ekstreme miljøsituasjoner på et tidlig stadium. En ekstrem miljøsituasjon kan være naturgitt, som for eksempelet brått fall i sjøtemperaturen eller en plutselig oppblomstring av skadelige alger.

Den kan også skyldes en menneskeskapt hendelse. Oljesøl fra skips - eller plattformulykker, utslipp av giftige kjemikalier og introduksjon av radioaktive isotoper fra kjernefysiske reaksjoner er typiske eksempler på ekstreme situasjoner som skyldes bevisste eller ubevisste menneskelige handlinger. Typiske fellestrekk for slike ekstreme miljøsituasjoner er at de kommer plutselig og at de påkaller stor oppmerksomhet i media.

For Norge som selger fisk og fiskeprodukter på det internasjonale marked, er det viktig å kunne dokumentere at alle hav, kystområder og oppdrettsanlegg som norsk fisk hentes fra, er fri for giftige kjemikalier og radioaktive nukleider. Skulle det oppstå en ekstrem forurensnings-situasjon i et følsomt havområde, er det viktig at situasjonen oppdages så tidlig at myndighetene rekker å organisere effektive tiltak.

For fiskeoppdrettere og skjelldyrkere kan muligheten for å bli varslet om at en ekstrem situasjon nærmer seg bety et være eller ikke være for arbeidsplassene.

«Undervanns røykvarsling»

Kontroll med ekstreme miljøsituasjoner kan i prinsippet sammenliknes med kontroll av brann ved hjelp av røykvarsler. En huseier ønsker å bli varslet øyeblikkelig dersom en brann oppstår. Han vil også gjerne ha beskjed dersom røykvarsleren ikke lenger fungerer. Men så lenge varsleren er i orden og det ikke brenner, vil han at varslingssystemet forholder seg passivt. Ingen ønsker å bli oppringt døgnet rundt med beskjed om at alt er i orden, og at det ikke brenner.

Såvel lokalt som globalt finnes det mange potensielle miljøbomber som bør overvåkes etter røykvarslerprinsippet.

- På havbunnen finnes flyvrak og ubåtvrak med radioaktivt innhold som kan begynne å lekke og slippe ut radioaktive fisjonsprodukter. - Tønner med nervegass og annet giftig innhold kan når som helst springe lekk og slippe innholdet ut i sjøen.

- Oppdrettere langs kysten er bestandig urolig for at vannmasser med ekstremt lav temperatur eller med innhold av farlige organismer som for eksempel giftige alger og maneter, plutselig skal ramme deres anlegg.

Ekstreme miljøsituasjoner kan oppdages ved at oppsynsskip reiser rundt og tar kontinuerlige stikkprøver, eller ved at det opprettes et nettverk av observasjonsbøyer som sender ut regelmessige situasjonsmeldinger. Begge løsninger er unødvendig kostbare og omfattende dersom behovet først og fremst er varsling av en ekstrem situasjon og ikke kontinuerlig overvåkning.

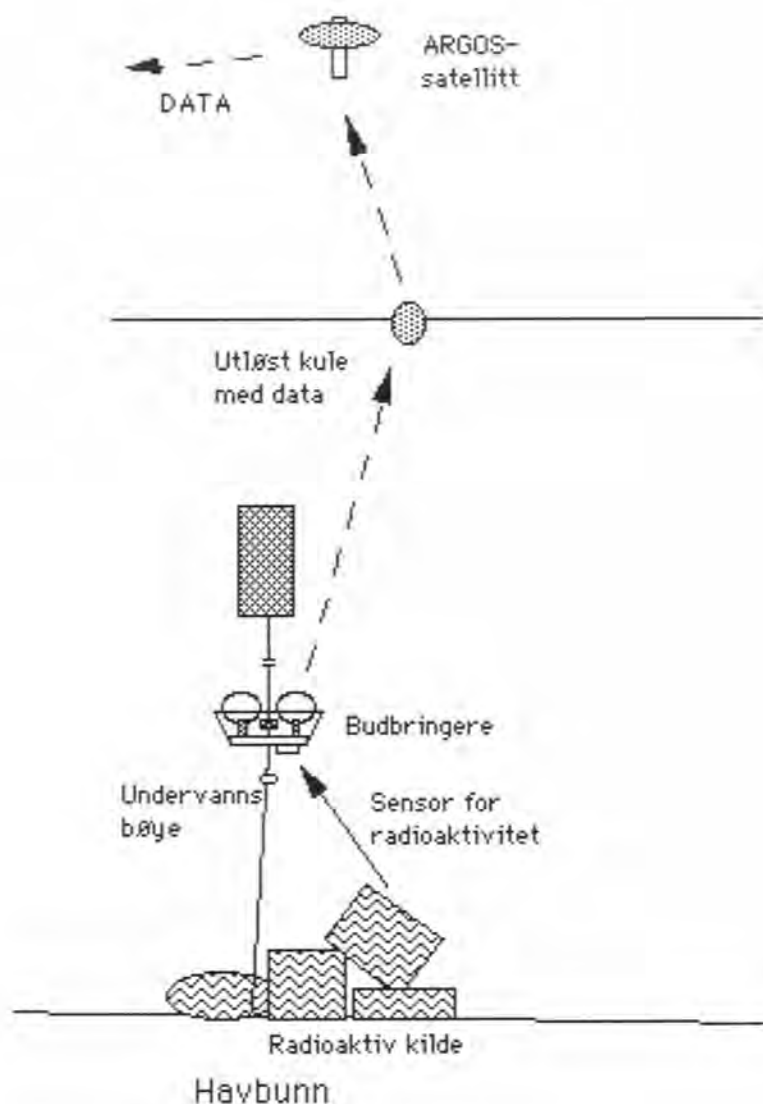
Varslingsalternativet

HI har i 1997 med støtte fra Norges forskningsråd utviklet et generelt system for varsling av ekstreme miljøsituasjoner. Systemet er i første rekke tenkt å kunne gi hurtig varsel om undervannsutslipp av radioaktive materialer. Men det kan også brukes til å varsle om lokale akutt-situasjoner av ulik art. Figur 5.11 illustrerer prinsippet.

I et risikoområde dypt nede på havbunnen - for eksempel nær et radioaktivt ulykkessted eller ved et undervannsdepot for radioaktivt avfall, plasseres en undervanns målebøye som inneholder et måleinstrument for radioaktivitet og et sett med budbringere. Måleinstrumentet inneholder en detektor for gammastråling.

Figur 5.11 Prinsipp for undervanns varslingsystem. Systemet består av et måleinstrument for den aktuelle miljøparameter (for eksempel radioaktivitet) og et sett med frigjørbare budbringerne montert i en standardisert ramme. Budbringerne inneholder dataminne og kommunikasjonsutstyr. Systemet plasseres i et aktuelt fareområde, for eksempel nær en dumpelass for radioaktivt avfall. Dersom måleinstrumentet oppdager at en unormal miljøsituasjon har oppstått, overføres siste målesett til en av budbringerne som deretter frigjøres. Budbringeren flyter opp og sender beskjed om det intrufne til systemeieren via satellitt.

Principle for the underwater early warning system. The system carries a sensor for the environmental parameter in question (for instance radioactivity) and a number of releaseable spherical messengers. The messengers contain data memory and equipment for data communication. The system may be moored inside an actual "high risk" area like the site for a sunken nuclear submarine. If an extreme situation (like leakage of radioactive materials) is detected, information from the sensor will be transferred to a messenger via infrared communication. Then the messenger is released. The messenger will rise to the surface and transmit its information to the system owner via satellite.



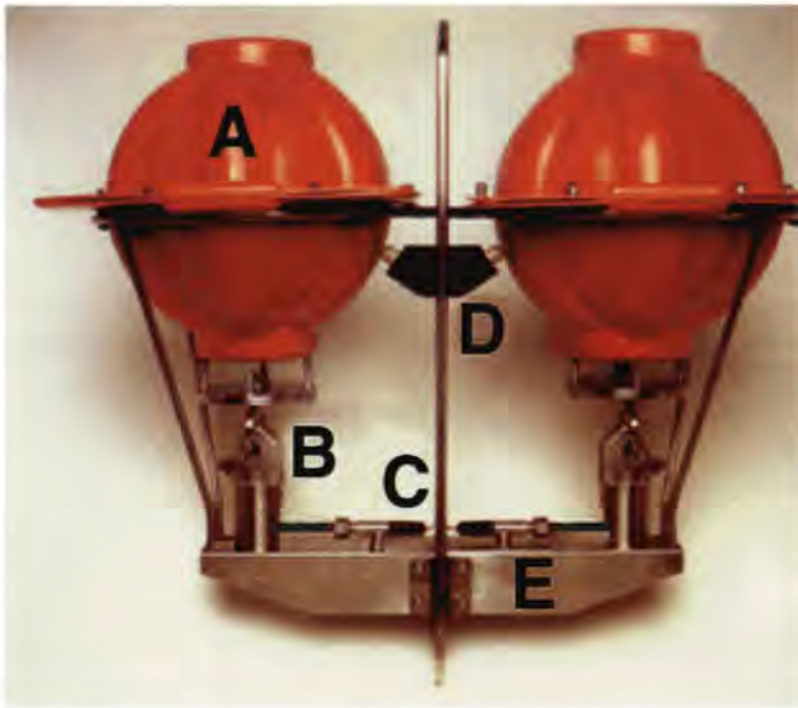
Fisjoner som foregår i et kjernefysisk kraftverk og i atombomber kan skape rundt 200 radioaktive isotoper av 36 elementer. Blant disse vil det alltid være rikelig med isotoper som direkte eller indirekte forårsaker gammastråling. I praksis kan derfor de fleste radioaktive utslipp oppdages av et måleinstrument som reagerer på gammastråler.

Dersom detektoren oppdager at stråleintensiteten overskrider en spesifisert grense, konkluderer den at det sannsynligvis skjedd et radioaktivt utslipp som den må varsle om.

Her kommer budbringerne inn (figur 5.12). Budbringerne er glasskuler med diameter på 12-15 cm som om nødvendig kan tåle flere tusen me-

ters vanntrykk. Inne i hver glasskule ligger det spesialkomponenter som for eksempel batterier, mikroprosessor med minne og følerelementer. Budbringerne inneholder også kommunikasjonsutstyr. Kommunikasjon mellom budbringer og måleinstrument utføres ved hjelp av en liten infrarød sender/ mottaker som både kan ta imot data fra måleinstrumentet og sende svar tilbake gjennom det gjennomsiktige kuleglasset. Kommunikasjon med systemeieren skjer via en kompakt ARGOS-satellittsender som også ligger i budbringeren.

ARGOS er navnet på et globalt kommunikasjonsystem basert på satellitter. En ARGOS-sender kan fra hvor som helst på jorden få kontakt med



Figur 5.12

Foto av en budbringermodul bestående av to innkapslede budbringere montert i standardramme: A - Budbringerkule (beskyttet av et hus av plast), B-Utløsermekanisme, C-Elektrokjemisk sikring for utløser, D-Infrarød kommunikasjonsenhet, E-Basisplate med plass til måleinstrument.

Photo showing a messenger module consisting of two releaseable messengers mounted in a standardized frame: A - Messenger sphere (protected by plastic shield), B - Release mechanism for messenger, C- Electro-chemical fuse for the release mechanism, D- Infrared instrument/ sphere communication unit, E-Mechanical structure with space for a measuring instrument

en ARGOS- satellitt og legge igjen en beskjed. Beskjeden er som regel et måleresultat eller en posisjon fra et forankret eller drivende måleinstrument. Når satellitten siden passerer over en mottakerstasjon, hentes beskjeden ned og den som eier senderen blir straks informert om beskjedens innhold via fax eller e-mail.

Så snart måleinstrumentet for radioaktivitet har avgjort at varsling er nødvendig, overføres de sist målte data til nærmeste budbringer. Deretter frigjøres den utpekte budbringer ved at en mekanisk holdemekanisme utløses, og budbringeren flyter opp.

Avanserte budbringere kan i tillegg til å formidle beskjeder fra moderinstrumentet også måle temperatur, saltholdighet og andre parametre fra egne måleinstrumenter under oppstigningen. Derved kan mottakere av varslet også bli i stand til å vurdere de lokale vannmassenes aktuelle hydrografi.

Når budbringeren til sist når overflaten, sender den sitt lagrete budskap til ARGOS-satellittsystemet som straks formidler beskjeden videre til den organisasjon eller de myndigheter som driver målesystemet.

I tillegg til indre instrumenter kan budbringeren også utstyres med en ekstern mottaker av typen GPS (Global Position Service), som angir dens nøyaktige posisjon. Dersom budbringeren sender gjentatte posisjonsmeldinger etter at den har nådd overflaten, får systemeieren i tillegg et inntrykk av strømforholdene på stedet.

Muligheter

Det nye budbringersystemet er ennå under utvikling, men allerede nå indikerer det en mulig interessant løsning for flere av HIs varslings- og overvåkningsproblemer. En aktuell oppgave kan for eksempel være å kontrollere om det skjer radioaktive utslipp fra russiske elver som strømmer ut i Barentshavet. En annen aktuell anvendelse vil være å supplere HIs regulære overvåkning av den sunkne atomubåten Komsomoletz som ligger på ca 1500 m dyp i Norskehavet.

Strategiske muligheter

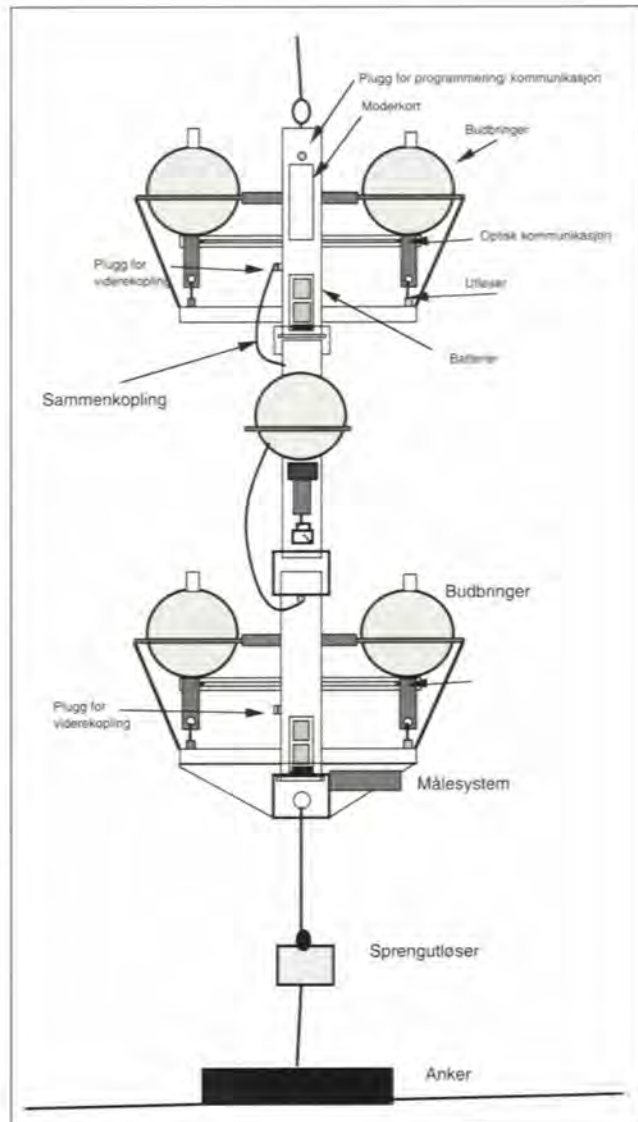
Endelig åpner systemet muligheter for strategisk beredskap og til å hente inn miljødata fra utilgjengelige havområder.

Figur 5.13

Prinsipp for et sammensatt varslingsystem: Flere moduler kan monteres over hverandre og utløses i sekvens. Dette muliggjør utsending av rutinemeldinger som viser at systemet er operasjonelt og utsending av oppdaterte tilstandsrapporter under en hendelse. Dersom budbringerne utstyres med instrumenter som kan utføre miljømålinger under oppstigningen, kan varslingsystemet også benyttes til regulær overvåking av vanskelig tilgjengelige hav- og kystområder.

Principle for a multimodular early warning system:

A number of messenger modules may be mounted on top of each other and released in sequence. Multimodular systems allow release of routine messages in order to prove operability and may also supply sequenced situation reports during an actual extreme environmental situation. Messengers equipped with their own instruments can measure additional environmental parameters like temperature and salinity during their rise to the surface. Such messengers may also be used for regular environmental monitoring of remote waters or waters with limited access.



Effektiv ubåtjakt i fjorder forutsetter for eksempel kjennskap til fjordens hydrografi. Et undervanns varslingsystem med sensorer for temperatur, trykk og saltholdighet kan forhåndsplasseres i strategiske områder og fjernutløses ved behov.

Varslingsystemet kan omgjøres til et operasjonelt overvåkningssystem ved at det programmeres til å slippe fri en instrumentert budbringer til forutbestemte tider (figur 5.13). Denne type budbringer kunne konstrueres til å stige opp, sende data og synke ned igjen flere ganger.

Alternativ kommunikasjon

ARGOS-systemet har i dag en begrenset mulighet til å overføre store datamengder. Det egner seg derfor først og fremst til varslingsformål. Men alternative laveffekt kommunikasjonssystemer er på vei. Eksempelvis er et globalt nett for mobiltelefoner basert på lavbanesatellitter snart en realitet.

Et varslingsystem som det beskrevne satt opp med neste generasjon av mobiltelefonen, vil gjøre det praktisk mulig å overføre nærmest ubegrensede datamengder fra hvor som helst på havet. Perspektivene for fremtidig bruk av systemet er spennende.

Drivbøyer – et nyttig verktøy for å kartlegge strømmen i havet

Roald Sætre

Strømobservasjoner i havet kan gjøre på to prinsipielt forskjellige måter:

- Registrering i et fast punkt ved hjelp av strømmålere
- Ved å følge driften av et flytende legeme

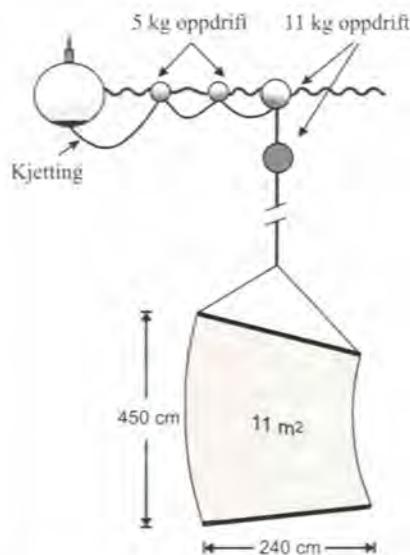
Begge måleprinsippene har både fordeler og ulemper og valget av metode vil derfor være avhengig av det fenomen man ønsker å beskrive. Den mest komplette beskrivelse av havstrømmene er ofte fremkommet ved en kombinasjon av de to metodene. For kartlegging av overflatestrømmene har strømflasker vært brukt i mer enn hundre år. Inne i flasken ligger det vanligvis et postkort hvor finneren blir bedt om å notere ned tid og sted for funnet og returnere kortet til den institusjon som har sluppet ut strømflasken. Vanskeligheten ved slike observasjoner er at en som regel bare kjenner utslippssted og funnsted. Strømflasken har sannsynligvis ikke fulgt den rette linje mellom disse to punktene og kan ha ligget lenge i strandsonen før den blir oppdaget. Strømflaskeobservasjoner kan nok derfor gi et brukbart bilde av de generelle strømretninger, men kan vanskelig gi størrelsen på strømhastighetene.

Også andre flytende legemer enn strømflasker har vært brukt til å beregne havstrømmer. Et klassisk eksempel er det som tid-

ligere leder for Havforskningsinstituttets Oseanografisk avdeling, Jens Eggvin, beskriver i sin doktoravhandling fra 1940:

25. september 1939 falt en person overbord fra dampbåten "Trio" utenfor Risør. 27 dager senere ble vedkommende funnet drivende i sjøen ved Hernar nord for Bergen. Eggvin beregnet at liket måtte ha drevet med en midlere hastighet på 22.4 cm/s, noe som stemmer meget godt med hastigheten i Kyststrømmen langs denne delen av norskekysten.

Denne type drivlegemer er nok et unntak, og noe stort datamateriale fra slike kan man neppe gjøre regning med.



Figur 5.14.
Drivbøyesystemet brukt av Havforskningsinstituttet

The drifting buoy system used by Institute of Marine Research

Siden 1978 har en hatt muligheten for å bruke drivbøyer som har en liten radiosender ombord og som blir posisjonsbestemt via satellitt. Dette såkalte Argos-systemet bruker to satellitter som går i bane over polområdene i en høyde av ca. 800 km. Drivbøyenes posisjon bestemmes hver gang en av satellittene passerer over bøyen, vanligvis 10-15 ganger i døgnet i våre farvann. På denne måten kan en få langt mer detaljert informasjon om strømmen enn det som er mulig ved bruk av strømflasker.

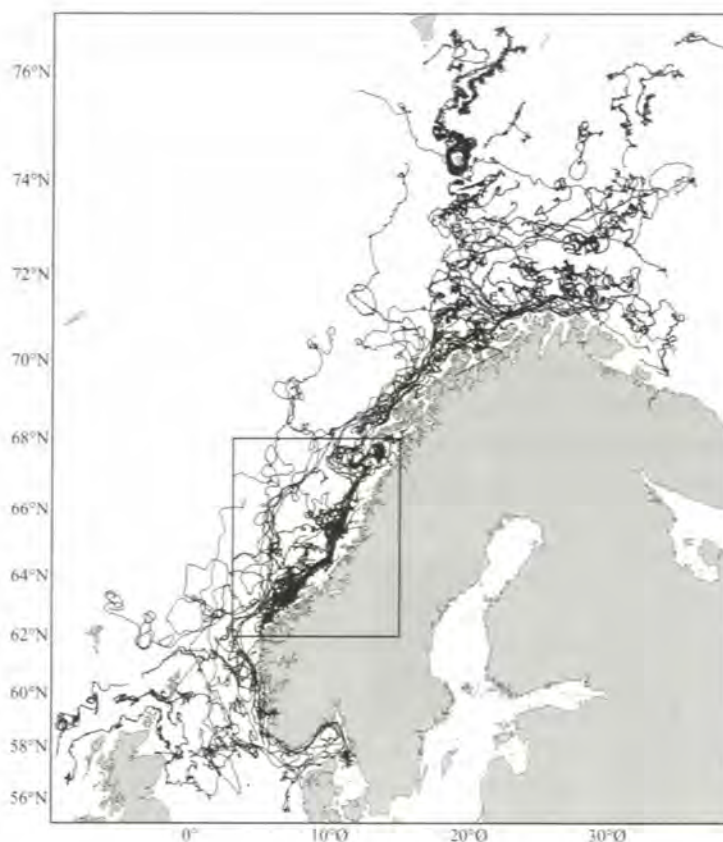
Havforskningsinstituttet har siden tidlig i åttiårene hatt et program for utsetting av Argos drivbøyer, og mer enn 200 slike drivbøyer er satt ut. Formålet med dette var å få

Fig. 5.15.

Drivbaner til alle norske drivbøyer satt i perioden 1982-1996.

Trajectories of all the Norwegian drifters during 1982-1996.

informasjon om de strømforholdene som bestemmer transport og spredning av fiskeegg og -larver. Figur 5.14 viser hvorledes et slikt drivbøyesystem ser ut. Bøyen som flyter på overflaten, er festet til et seil på ca 11 m² dypere nede. Seildypet kan variere mellom 10 og 100 meter. I de fleste eksperimentene har seilet vært plassert i 30 meters dyp. Figur 5.15 gir en oversikt over drivbanene til alle de mer enn 200 Argosbøylene som er satt ut i perioden 1982-1996. Som vi ser, er slike bøyer blitt satt ut både i Nordsjøen, langs norskekysten og i Barentshavet. Omkring 80 % av utsettingene er foretatt i mars-april.



Figur 5.16 viser hvorledes et slikt samlet drivbaneplokk ser ut for midt-norsk sokkel mellom Statt og Vestfjorden. På dette kartet har vi også lagt inn dybdekoter. Til å begynne med kan et slikt "spagettiplot" virke forvirrende, men ser vi nærmere etter, så trer det frem karakteristiske

strukturer: Strømmen synes i stor grad å følge bunnkonturene. Utenfor Møre ser det ut til at det vannet som strømmer nordover, deler seg i to deler; en indre hovedstrøm som går kloss i kysten, og en mindre fremtredende del som følger eggkanten lengre ute. Det ser også ut til å være områder hvor bøylene kan gå rundt i ring og dermed oppholde seg i området i lengre tid.



I figur 5.17 har vi delt området opp i ruter og beregnet hvor mange timer bøylene i gjennomsnitt oppholder seg i hver rute. Likeledes har vi beregnet den maksimale oppholdstiden i hver rute. De skraverte rutene her er områder hvor midlere oppholdstid er mindre enn 150 timer. Som vi ser, er det først og fremst i rutene langs kysten at oppholdstiden er minst, det vil si at strømmen er sterkst. I flere av rutene kan den maksimale oppholdstiden være 12-1300 timer det vil si over 50 døgn.

Figur 5.16. Drivbaneplokk for midt-norsk sokkel mellom Statt og Vesterålen.

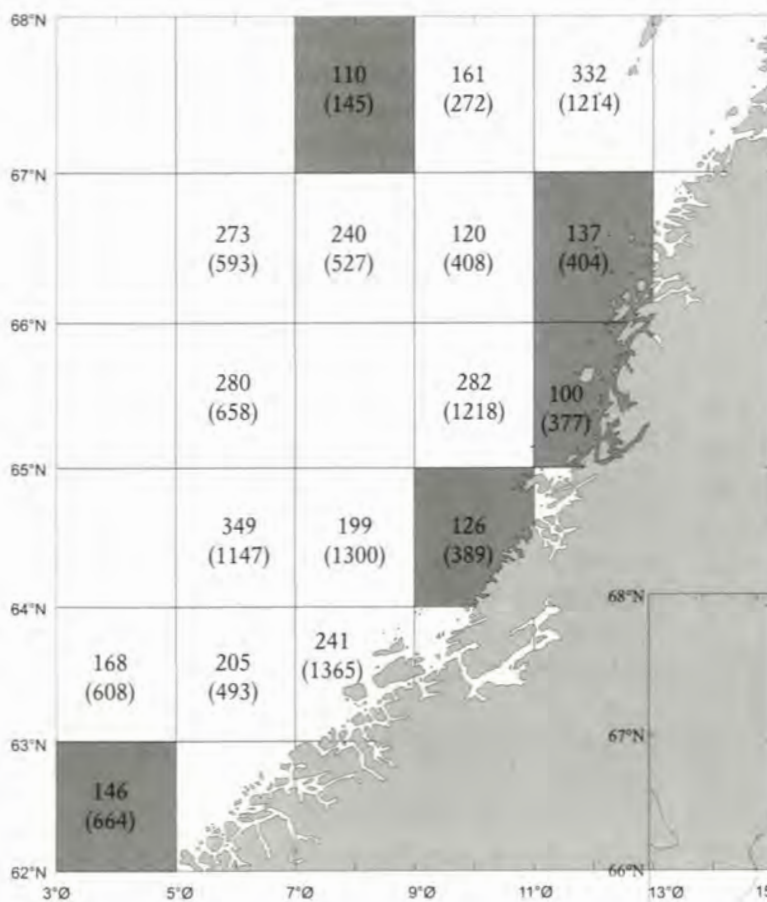
Trajectories of the Norwegian drifters at the central Norwegian shelf.

Ved å studere både alle drivbanene i sammenheng og driften av de individuelle bøyene, kan man altså få mye informasjon om strømforholdene i et område. I dette området ble undersøkelsen gjort først og fremst for å belyse transporten nordover av sildelarver fra Møre. Figur 5.18 er et forsøk på å oppsummere all denne informasjonen. Den viser de viktigste transportruter for sildelarvene. Hovedruten er den indre kystruten som beveger seg på innsiden av de fleste bankområdene. En mindre viktig rute følger eggakanten lengre ute. Mellom disse er det et par tverrforbindelser som også av og til tas i bruk. I dette området er bunn-

topografien den viktigste styrende mekanisme for strømmen.

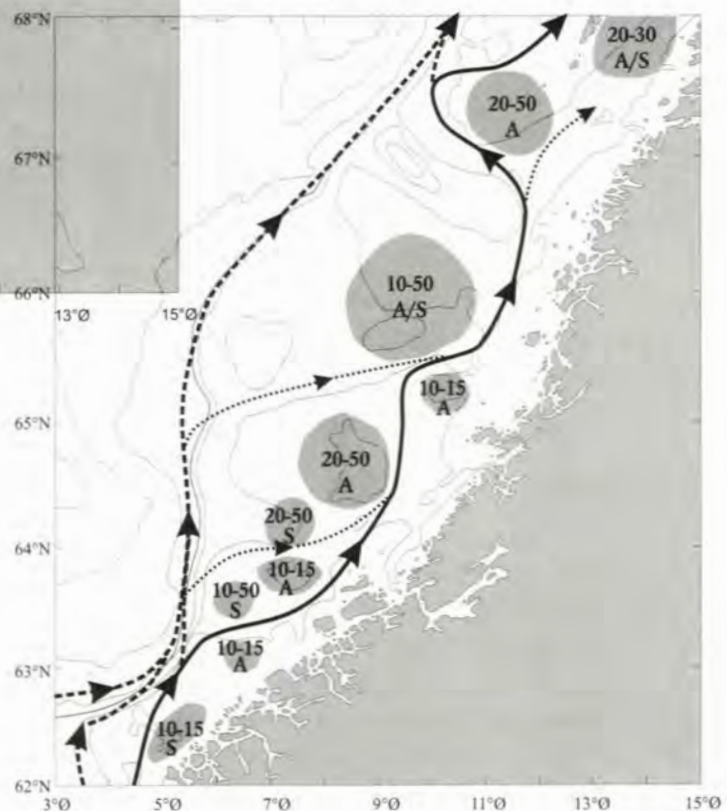
Over sokkelområdet har vi også skravert en del områder. Disse er lokaliteter hvor bøyene kan bli fanget opp av mer eller mindre permanente virvler og derved oppholde seg i området for en lengre periode. Slike områder kalles ofte for retensjonsområder eller "bakevjer", hvor mengden av marine organismer som plankton eller fiskelarver kan konsentreres. Tallene inne i områdene indikerer hvor lenge bøyene kan oppholde seg i det aktuelle området og bokstaven rotasjonsretningen i "bakevjen". A betyr her rotasjon med klokken og S rotasjon mot klokken.

Transporttiden fra Møre til utenfor Lofoten er i gjennomsnitt på ca 75 døgn uavhengig om larvene har fulgt den ytre ruten langs eggakanten eller den indre kystruten. Dette kan synes noe overraskende, ettersom strømhastigheten vanligvis er høyest langs den indre kyst-ruten. På den andre siden er også sjansen for å bli fanget opp i noen av "bakevjene" mye større langs den indre kyst-rute enn ute langs eggakanten. Slike "bakevjer" eller retensjonsområder har sannsynligvis stor betydning for fiskelarvenes drift og overleving.



Figur 5.17.
Midlere og maksimal oppholdstid for drivbøyene i de enkelte rutene.

Mean and maximum residence time for the drifter in the different grids.



Figur 5.18.
Viktige transportruter og oppbremsingsområder på sokkelområdet Statt-Røst.
Important transport routes and whirlpool areas on the shelf from Statt-Røst.

Ekstreme oksygen og næringssaltforhold i indre Sørfjorden -Hardanger

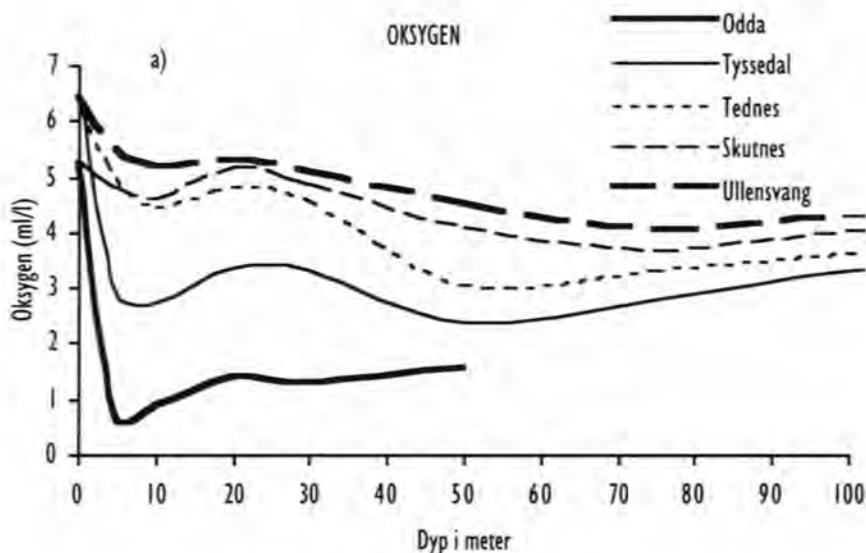
Jan Aure

Sørfjorden i Hardanger har i mange år vært kjent for å ha store problemer med utslipp av tungmetaller og miljøgifter, og det har vært investert store midler for å redusere utslippene. Mindre kjent er det at industrien i Odda også slipper ut store mengder oksygenforbrukende stoffer som i tillegg tilfører fjorden store mengder nitrat.

Under tokt med forskningsfartøyet "Michael Sars" i november 1997, ble det observert tilnærmet oksygenfrie vannmasser i Sørfjorden ved Odda. Oksygenkonsentrasjoner på omlag 1 ml/l ble målt fra underkanten av brakkevannslaget til ca 50 meter dyp (bunn). Ved Tyssedal, ca 5 km utover i fjorden fra Odda, var det fortsatt "kritisk" lave oksygenkonsentrasjoner med verdier mellom 2.5 og 3.5 ml/l helt ned til ca 100 meters dyp. Forholdene bedret seg gradvis utover i fjorden, og ved Ullensvang var oksygeninnholdet tilnærmet normalt med oksygenkonsentrasjoner over ca 4.5 ml/l (figur 5.19 a). Dette er det laveste oksygenivå som vi har observert i fjorden siden målingene startet i 1991. De lave oksygen-

konsentrasjonene i indre del av Sørfjorden har trolig ført til at stasjonære marine organismer har strøket med pga oksygenmangel, mens fisken har trukket unna de oksygenfattige områdene av fjorden.

I tillegg til lite oksygen, ble det observert ekstremt høye konsentrasjoner av nitrat. Maksimumskonsentrasjonene på ca 65 μM ved Odda og ca 50 μM ved Tyssedal, er de høyeste som noen gang er målt i frie fjordvannmasser i Norge (figur 5.19 b). Det ble også observert tildels betydelige overkonsentrasjoner i de øverste 70 meter av vannsøylen ved Skutnes ca 20 km utenfor Odda. Ved Ullensvang ca 30 km utover i fjorden var det fortsatt betydelige overkonsentrasjoner av nitrat i brakkevannslaget. Slike ekstreme konsentrasjoner skaper et unormalt forhold mellom næringssaltene i Sørfjorden. Dette er trolig årsaken til at den skadelige algen *Dinophysis*, som blant annet medfører giftige skjell, blomstrer årlig i Sørfjorden. Den årvisse blomstring av *Dinophysis* medfører at Sørfjorden er lite egnet til blåskjell-

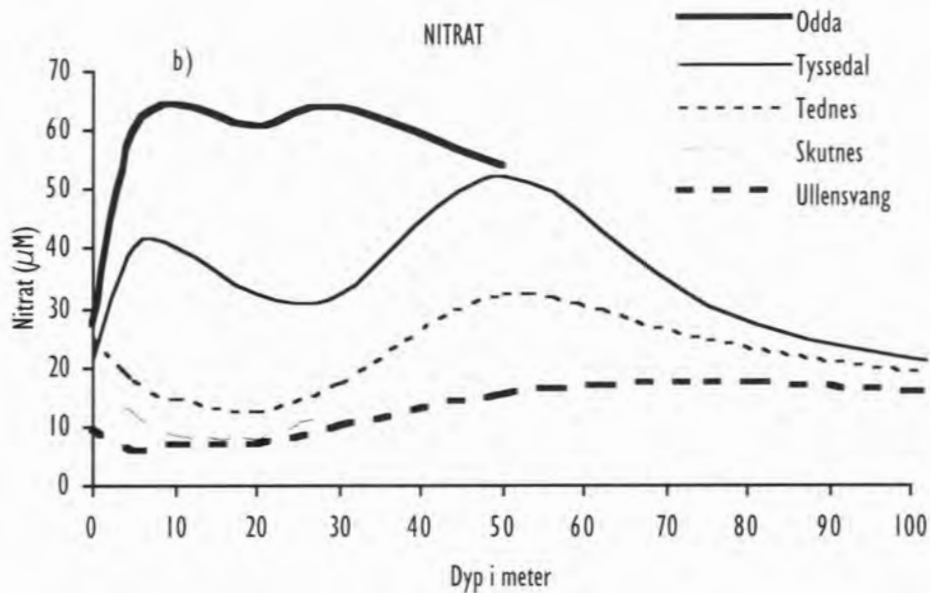


Figur 5.19 a Oksygenkonsentrasjoner målt i Sørfjorden i november 1997.
Concentrations of oxygen observed in Sørfjorden in November 1997.

dyrkning og høsting av blåskjell til privat konsum. I hvilken grad Sørfjorden "eksporterer" *Dinophysis* til utenforliggende fjordområder er ukjent.

Havforskningsinstituttet har fått opplyst at det nå er et utslipp av omlag 50.000 tonn pr år av såkalt Dicy-kalk fra Odda Smelteverk. Utslipet av kalk

har imidlertid foregått over en rekke år og er hovedårsaken til de dårlige oksygen- og næringssaltforholdene i Sørfjorden. Kalken reagerer med sjøvann, forbruker oksygen og produserer nitrat. Det er nå på gang tiltak for å fjerne utslippet av kalk til Sørfjorden. Vi håper derfor at de unormale oksygen- og næringssaltforholdene i fjorden vil bedre seg i årene som kommer.



Figur 5.19 b

Konsentrasjoner av nitrat målt i Sørfjorden i november 1997.
Concentrations of nitrate observed in Sør fjorden in November 1997.