

FISKEN OG HAVET, SÆRNUMMER 2 - 1997

ISSN 0802 0620

MILJØRAPPORT

1997

Redaktør
Roald Sætre

HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Mars 1997

6 4004

INNHOOLD

FORORD	5
PROGNOSER FOR 1997	7
PROGNOSIS FOR 1997	8
SAMMENDRAG	9
SUMMARY	11
1. ØKOSYSTEMET I BARENTSHAVET	13
1.1. Havklima.....	13
1.2 Plankton og næringssalter.....	17
1.3 Yngelproduksjon	20
2. ØKOSYSTEMENE I NORSKEHAVET OG PÅ KYSTEN	21
2.1. Havklima.....	21
2.2 Plankton og næringssalter	30
2.3 Yngelproduksjon	35
3. ØKOSYSTEMENE I NORDSJØEN OG SKAGERRAK	37
3.1 Havklima	37
3.2 Plankton og næringssalter	45
3.3 Skadelige alger	47
4. FORURENSING	51
4.1 Organiske miljøgifter og tungmetaller	51
4.2 Olje i fisk	55
5. AKTUELLE TEMA	56
Hvorfor er det hvalsafari ved Andøya?	56
Konsekvenser for fisk og fiskerier av seismiske undersøkelser til havs.....	59
Reduksjon av temperatur og saltholdighet i de øvre vannlag i Norskehavet.....	62
Betydningen av eggproduksjon for årsklassevariasjon hos norsk-arktisk torsk.....	68
Torskerekruttering på Skagerrakkysten	73
Kan vi varsle tilstanden i havet?	76
Hva har skjedd med næringssaltene i Skagerrak?	79

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 Miljørapporten 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 1996. 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 (fra 1935).
- Termografitjenesten - observasjoner av temperatur og saltholdighet fra rutegående fartøy (fra 1935).
- Fjordovervåkning - hydrografiske og kjemiske målinger i utvalgte fjorder (fra 1975).

Forurensningsovervåkning

Denne overvåkingen gjennomføres regelmessig i fjorder, kystfarvann og havområder (Nordsjøen og Barentshavet). Hovedinnsatsen er på organiske miljøgifter, tungmetaller og radioaktivitet både i vann, sedimenter og organismer. Overvåkning er også knyttet til petroleumsaktiviteten på norsk sokkel samt til næringssalter 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 referred to as:*
Miljørapport 1997, Fisken og Havet, Særnr. 2 - 1997

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 og Geofysisk Institutt ved Universitetet i Bergen.

Redaksjonskomité for Miljørapporten 1997 har

vært Roald Sætre (redaktør), Jan Aure og Kari Østervold Toft. Karen Gjertsen har hatt det tekniske ansvaret for tegningene.

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

Barentshavet

Havklima
Plankton og næringssalter
Yngelproduksjon

H. Loeng
A. Hassel
P. Fossum

Norskehavet og kysten

Havklima
Plankton og næringssalter
Yngelproduksjon

J. Blindheim og E. Svendsen
B. Ellertsen og F. Rey
P. Fossum

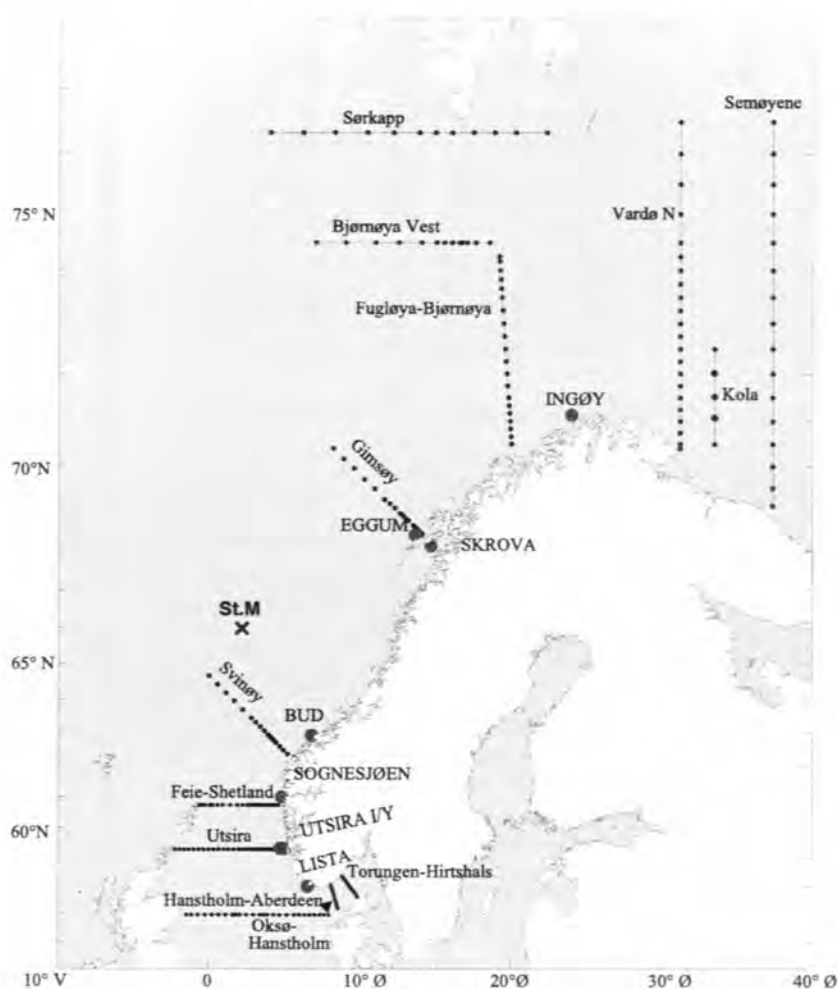
Nordsjøen og Skagerrak

Havklima
Plankton og næringssalter
Skadelige alger

D. Danielssen og E. Svendsen
D. Danielssen, E. Dahl og J. Aure
E. Dahl

Forurensning

K. Stange og J. Klungesøyr



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

PROGNOSE FOR 1997

Havklimaet

- ✓ Redusert tilstrømning av atlantisk vann til Norskehavet og/eller økt transport av arktisk vann fra Polhavet til Øst-Islandstrømmen har i de senere årene medført en generell nedgang i temperatur og saltholdighet i de øvre lag i Norskehavet. Denne situasjonen forventes å vedvare ut 1997.
- ✓ Den vestlige delen av Norskehavet mot Færøyene og Island vil fortsatt være karakterisert ved en sterk innflytelse av relativt ferskt og kaldt arktisk vann.
- ✓ I Barentshavet vil temperaturen trolig bli ytterligere redusert i 1997, med verdier under langtidsnormalen. Isforholdene vil sannsynligvis forverres i forhold til foregående år, og isen forventes å strekke seg sør til 73°N i områdene omkring Sentralbanken.
- ✓ I øvre vannlag langs kysten forventes temperaturene å ligge omtrent på normalt nivå mens den i de dypere lag trolig vil bli redusert til verdier omkring langtidsmiddelet.
- ✓ Etter den kalde vinteren i 1996 har forholdene normalisert seg, og temperaturen i de sentrale og sørlige delene av Nordsjøen forventes å ligge omkring langtidsnormalen. I den nordlige delen av Nordsjøen, derimot, vil redusert atlantisk innflytelse medføre temperaturer under langtidsnormalen.

Produksjonsforhold

- ✓ Overvintringsbestanden av dyreplankton i Barentshavet er blitt vesenlig redusert det siste året. For Barentshavet sett under ett, er dyreplankton-biomassen redusert til det halve siden 1994. Dette vil kunne medføre reduserte næringsforhold for lodde, sild og fiskeyngel i kommende år.
- ✓ Til tross for lav gytebestand, synes 1996-årgangen av lodde å være mye mer tallrik enn i de fire foregående år, blant annet fordi beitepresset fra sild er vesentlig redusert. 1996 årsklassen av lodde ser derfor ut til å gi en brukbar årsklasse. Dette vil kunne gi en raskere gjenoppbygging av loddebestanden i Barentshavet enn tidligere antatt.
- ✓ Larveproduksjonen hos sild i 1996 var den høyeste siden 1985. Årets 0-gruppeundersøkelser viste derimot lave mengdeindekser for sild. Dette, sammen med forventet beitepress fra torsk, gjør at 1996-årsklassen av sild vil være under middels.

Fiskefordeling

- ✓ I vestlige deler av Norskehavet vil innstrømningen av kaldt arktisk vann medføre redusert vestlig utbredelse av silda. Vi venter derfor at sildefordelingen utover våren og sommeren blir omtrent som i 1995/96, da lite av bestanden trakk inn i islandsk sone.
- ✓ Lavere temperatur i Barentshavet vil trolig medføre redusert tilgjengelighet av torsk i det såkalte «Smutthullet»

PROGNOSIS 1997

Ocean climate

- ✓ Reduced inflow of Atlantic water to the Norwegian Sea and/or increased transport of Arctic water by the East-Icelandic Current has, in more recent years, resulted in a general decrease of the temperature and salinity of the upper layers of the Norwegian Sea. This situation is expected to last also in 1997.
- ✓ The western part of the Norwegian Sea north of Iceland and the Faroes will continue to be characterised by a strong influence of relatively cold, low salinity Arctic water.
- ✓ In the Barents Sea the temperature is expected to be further reduced in 1997 with values below the normal. The ice conditions will most likely be more severe compared to the previous year and the ice is expected to reach south to 73 ° N in the areas around the Central Bank.
- ✓ In the upper water layers along the coast the temperature is expected to continue to be around the normal while in the deeper layers it will most likely be reduced to normal values.
- ✓ After the cold winter of 1996 the temperature conditions in the central and southern part of the North Sea have normalised and the temperatures there are expected to be around the normal. In the northern North Sea, however, the reduced Atlantic influence will result in temperatures below the normal.

Ocean production

- ✓ The wintering stock of zooplankton in the Barents Sea has been significantly reduced during the last years. For the Barents Sea as a whole the zooplankton biomass have been reduced to the half since 1994. This will give poorer feeding conditions for capelin, herring and juvenile fish in 1997.
- ✓ In spite of the low spawning stock the 1996 year class of capelin seems to be more numerous than the last four years, partly because the predation pressure from herring on the larvae have been significantly reduced. This could mean that the capelin stock may be rebuilt faster than previously believed.
- ✓ The larval production of herring in 1996 was the highest since 1985. The 0-group investigations, however, showed only an average abundance index. This observation, together with the expected predation pressure from cod, will probably make the 1996 year class of herring below the average.

Fish distribution

- ✓ The inflow of Arctic water in the western part of the Norwegian Sea will result in reduced western distribution of the herring. During spring and summer we therefore expect a herring distribution similar to 1996 where only a minor part of the stock entered into the Icelandic zone.
- ✓ Lower temperature in the Barents Sea will most likely result in reduced availability of cod in the so-called «Loophole».

SAMMENDRAG

Innstrømning av varmt Atlanterhavsvann er bestemmende for klimaet i våre havområder og er en viktig økologisk faktor som virker inn på den biologiske tilstanden i havet. Tilstanden i fiskebestandene er som regel best når temperaturen er høy. Det er særlig i varme perioder vi får tallrike nye årsklasser av fisk.

I løpet av vinteren 1996 var det relativt stor avkjøling med vinter- og vårtemperaturer under det normale for årstiden i kystvannet langs norskekysten, i sentrale-sørlige Nordsjøen og i Skagerrak. Dette medførte periodevis islegging i sørlige Nordsjøen og Skagerrak. I sørlige og sentrale Nordsjøen lå det kalde vintervannet igjen nær bunnen utover våren og sommeren, og i juli måned var feks bunntemperaturene ennå ca 1.5 °C under det normale for årstiden. I nordlige Nordsjø, i dypere lag langs norskekysten og i Skagerrakbassenget var det imidlertid tilnærmet normale temperaturforhold i 1996.

I sentrale og vestlige deler av Norskehavet har det i de siste åra vært en markert nedgang i saltholdighet og temperatur som trolig skyldes en relativt stor transport av kaldt og ferskt arktisk vann fra Polhavet til Øst-Islandsstrømmen i vestlige del av Norskehavet. De lave temperaturer her kan ha medvirket til redusert innvandring av norsk vårgytende sild til islandsk sone i 1996.

I Barentshavet fortsatte avkjølingen hovedsakelig som følge av reduserte tilførsler av atlantisk vann og økt lokal avkjøling, med størst temperaturfall i nordlige og østlige deler av havet. De lavere temperaturene i 1996 innvirket blant annet på fiskefordelingen, og det internasjonale fisket i "Smutthullet" var betydelig redusert som følge av den vestlige forflytning av polarfronten i Barentshavet.

Fra Barentshavet finnes en tidsserie av dyreplankton for perioden 1986-94. Fra 1991 til 1994 ble det observert en klar økning i mengdene av

dyreplankton. I de nordøstre områdene var det en fortsatt økning i 1995, mens planktonmengdene avtok i de øvrige områdene av Barentshavet. Fra 1995 til 1996 var det en markert nedgang i hele havområdet, og midlere biomasse av dyreplankton i Barentshavet var redusert til omlag det halve i forhold til 1994. Nedgangen var trolig knyttet til endringene i klimatiske forhold, med lavere temperaturer og reduserte tilførsler av atlantisk vann.

I 1996 ble det funnet svært høye konsentrasjoner av sildeelarver mellom Haltenbanken og Møre. Det var en klar økning av larvemengdene i forhold til i 1995 og larveindeksen i 1996 var den høyeste siden 1985. På 0-gruppetoktet om høsten var imidlertid mengdeindeksen for sild på et relativt lavt nivå. I Barentshavet ble det funnet loddeelarver over et stort område med høyest konsentrasjoner rundt Varangerhalvøya. Under 0-gruppe toktet høsten 1996 ble hovedtyngden av loddeyngel observert i den nordlige delen av det sentrale Barentshav. Ut fra observasjonen synes 1996-årgangen av lodde å være mye mer tallrik enn de fire forutgående årsklasser, og dette er et lovende tegn på vekst i loddebestanden.

Innholdet av organiske miljøgifter, som PCB i torskelever fra Barentshavet, er vesentlig lavere enn typiske verdier fra torsk i områder med høy miljøbelastning, som sørlige deler av Nordsjøen og Østersjøen. I fisk fra den nordlige delen av Nordsjøen er også verdiene lave, men forhøyede nivåer er observert i bunnsedimentene i de dypere delene av Skagerrak og Norskerenna, noe som reflekteres i verdiene fra fisk fra dette området. Konsentrasjoner av PAH (tjærestoffer) i sediment er også betydelig forhøyet i Skagerrakbassenget/Norskerenna.

Analyser av bunnsedimenter fra Haltenbanken, og fra soklene rundt Færøyene, Island og Jan Mayen inngår nå også i Havforskningsinstituttets miljøkartlegging av nordlige havområder. Ni-

våene av PAH og PCB (polyklorerte bifenyler) i overflatesedimenter på de undersøkte lokalitetene i Norskehavet var svært lave og i mange tilfeller under målegrensen for enkeltkomponenter innen disse stoffgruppene. Sedimentkonsentrasjoner av tungmetallene bly, kvikksølv og kadmium var også lave. Den omfattende olje- og gassproduksjonen i sentrale og nordlige Nordsjøen fører også til økt miljøbelastning. Det er påvist oljerester i fisk, men konsentrasjonene er så lave at de neppe påvirker fiskekvaliteten.

Observasjoner i Skagerrak, Kattegat og østlige Nordsjøen viste unormalt liten innstrømning av menneskeskapt næringsmatter fra sørlige Nordsjøen til Skagerrak vinteren og våren 1996. Næringsstoffforholdene langs den norske Skagerrakkysten var derfor tilnærmet normale med liten risiko for blomstring av skadelige alger. Algesituasjonen langs kysten av Skagerrak var i første halvår 1996 preget av en forholdsvis kraftig og langvarig våroppblomstring av kiselalger (diatoméer), som skulle gi et godt næringsgrunnlag for det nye dyrelivet om våren. Innslaget av skadelige alger i 1996, som for eksempel

Chrysochromulina spp., må i store trekk betegnes som lite i 1996. Foruten endel advarsler om fare for gift i skjell og enkelte direkte påvisninger av gift i skjell i Møre og Romsdal og i Rogaland (dinoflagellaten *Alexandrium*, som kan medføre nerverelammende gift i skjell) har den årvisse oppblomstringen av algen *Prymnesium* gitt fare for fiskedød lokalt i Ryfylkefjordene. Etter september 1996, ble det av Statens Næringsmiddeltilsyn praktisk talt ikke påvist gift i skjell fra noen av de 24 målestasjonene fra svenskegrensen til Troms.

I 1996 har det vært arbeidet med statusrapporter om graden av overgjødning (eutrofiering) i Ytre Oslofjord og i kystvannmassene fra Skagerrak til Vestlandet. Langs Skagerakkysten er det påvist en tildels betydelig regional påvirkning av næringsmatter og organisk materiale som skyldes langtransport fra kystområdene i sørlige Nordsjø og Kattegat/Østersjøen. Resultatene fra undersøkelsene danner grunnlag for politiske beslutninger om tiltak med kostnadsramme på flere milliarder kroner.

SUMMARY

The inflow of warm Atlantic water is decisive to the climate in Norwegian waters, and consequently an important ecological factor which affects the biological conditions in the sea. The state of the fish biomasses is generally improved when the temperature is rising. Rich new year-classes of fish are most often seen in periods with high ocean temperatures.

During the winter 1996 we observed a considerable cooling with winter and spring temperatures below the normal for the seasons in the waters along the Norwegian coast, in the central and southern parts of the North Sea and in the Skagerrak. In periods both the southern part of the North Sea and the Skagerrak were covered by ice. In the southern and the central part of the North Sea we observed cold winter water near the bottom during spring and summer, and in July the bottom temperatures still were approximately 1.5 degrees C below the normal temperature. However, both in the northern part of the North Sea, in the deeper layers along the Norwegian coast and in the Skagerrak basin nearly normal temperature conditions were observed in 1996.

The last years we have observed a marked decrease in salinity and temperatures in the central and western parts of the Norwegian Sea. This is probably caused by a relatively large inflow of cold and fresh Arctic water into the East-Icelandic current in the western part of the Norwegian Sea. The low temperatures may have contributed to reduced immigration of Norwegian spring spawning herring into the Icelandic economic zone in 1996.

In the Barents Sea the cooling continued, mainly as a result of reduced inflow of Atlantic water and increased local cooling. The largest temperature fall was observed in the northern and eastern parts of the ocean. The reduced temperatures in 1996 had an impact on the distribution of fish, and the catches in the so-

called "Loophole" were considerably reduced because of the western displacement of the polar front in the Barents Sea.

From the Barents Sea we have a time series of zooplankton for the period 1986-94. From 1991 to 1994 we observed a distinct increase in the zooplankton biomasses. In the north-eastern areas this increase continued in 1995, while the plankton biomass decreased in the other parts of the Barents Sea. From 1995 to 1996 we observed an explicit decrease of zooplankton in the Barents Sea, down to only fifty percent of an average for this ocean compared to the biomass in 1994. This reduction was probably influenced by the climatical changes, i.e. lower temperatures and reduced inflow of Atlantic water.

In 1996 we observed huge concentrations of herring larvae between the Haltenbanken and Møre, and last year's larvae index was the highest ever since 1985. However, during the juvenile fish (O group) survey in August/September the 1996 year-class of juvenile herring was relatively poor. In the Barents Sea we observed capelin larvae in a huge area, and we found the highest concentrations along the Varanger peninsula. During the same O-group survey most of the capelin larvae were observed in the northern part of the central Barents Sea. Based on that observation the 1996 year-class of capelin seems to be much more numerous than the four preceding year classes. This may be a signal of growth in the capelin stock.

The levels of organic pollutants, as for instance PCB (polychlorinated biphenyls) in cod liver from the Barents Sea, is considerably lower than measured in cod from more contaminated areas such as the southern parts of the North Sea and the Baltic Sea. Higher levels are observed in the bottom sediments in the deeper parts of Skagerrak and in the Norwegian Trench, and we also measured higher values of organic contaminants in fish caught in this area. In addition, PAH

(polyaromatic hydro carbons) concentrations in sediment are also considerably higher in the Skagerrak basin/ the Norwegian Trench.

The IMR environmental monitoring routines of our northern ocean areas also includes analysis of the bottom sediments from the Haltenbanken and the shelves surrounding the Faroe Islands, Iceland and Jan Mayen. In the top layers of the monitored locations in the Norwegian Sea we found very low levels of PAH and PCB, in many cases below measurable concentrations. Additionally the sediment concentrations of the heavy metals lead, mercury and cadmium were low. The extensive oil and gas production in the central and northern parts of the North Sea has caused an increased environmental pressure. However, the observed concentrations of oil components in fish are so low that they are regarded not to affect the fish quality.

In the Skagerrak, Kattegat and the eastern parts of the North Sea we observed an unusual low inflow of nutrients, originating from human activities, from the southern North Sea to the Skagerrak during the winter and spring of 1996. As a consequence, there was almost normal concentrations of nutrients in the the Skagerrak coastal waters, and a low probability for harmful algae blooms.

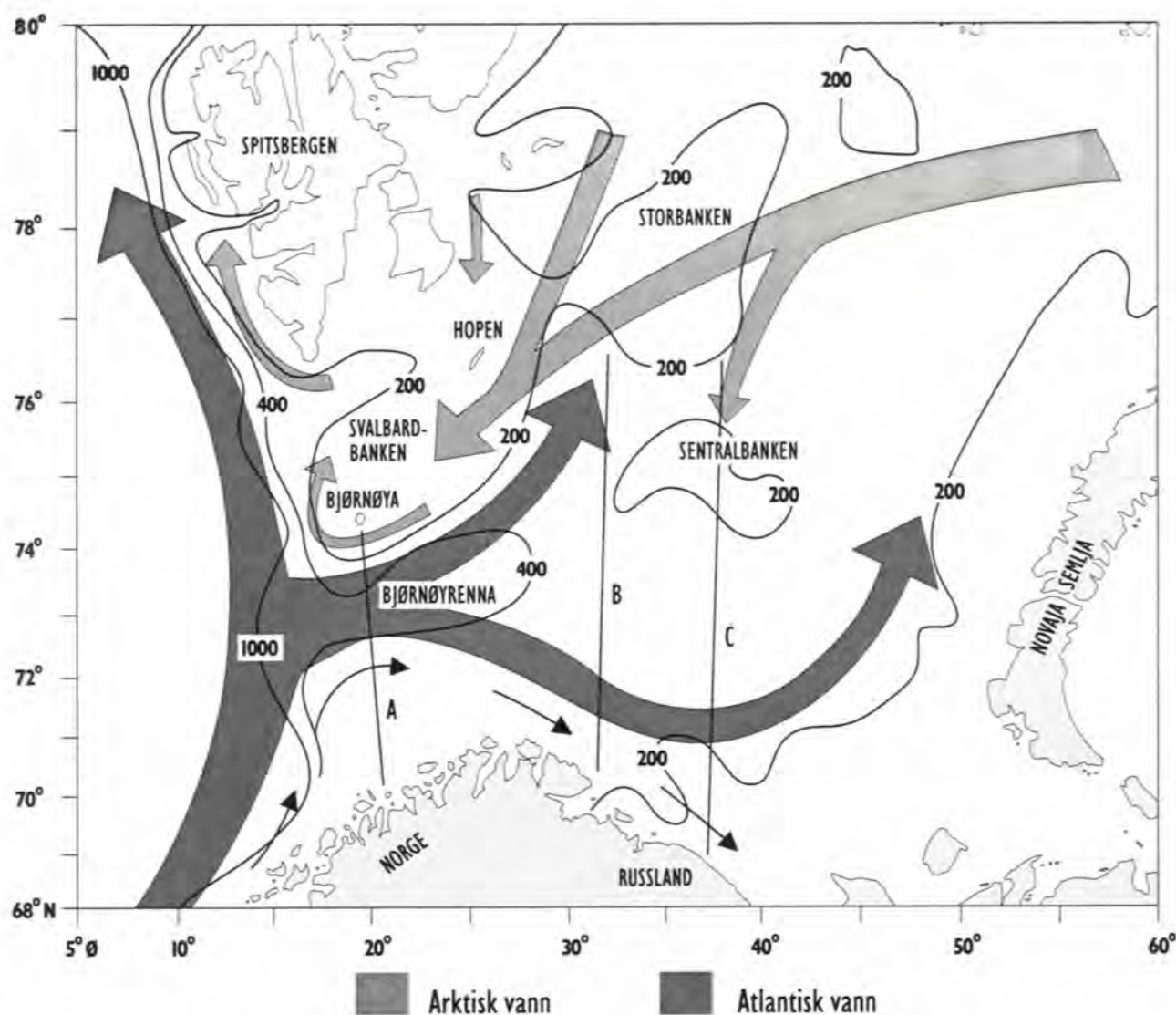
In 1996 IMR has been a major contributor to status reports on eutrofication in the the outer Oslofjord basin and in the coastal waters to the west coast of Norway. In the Skagerrak coastal waters we have observed a considerable regional influence of nutrients and organic material transported from the southern parts of the North Sea and the Kattegat/ Baltic Sea.

I. ØKOSYSTEMET I BARENTSHAVET

I.1 Havklima

Barentshavet er et sokkelhav på omtrent 1.4 millioner km² hvor størstedelen er grunnere enn 300 m og det midlere dypet er 230 m (figur 1.1). Bunntopografien har stor innflytelse på fordeling og bevegelse av vannmassene. Innstrømmingen av atlantisk vann til Barentshavet (Nord-

kapp-strømmen) deler seg i en nordlig og en sørlig del. Innstrømming 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 inn-



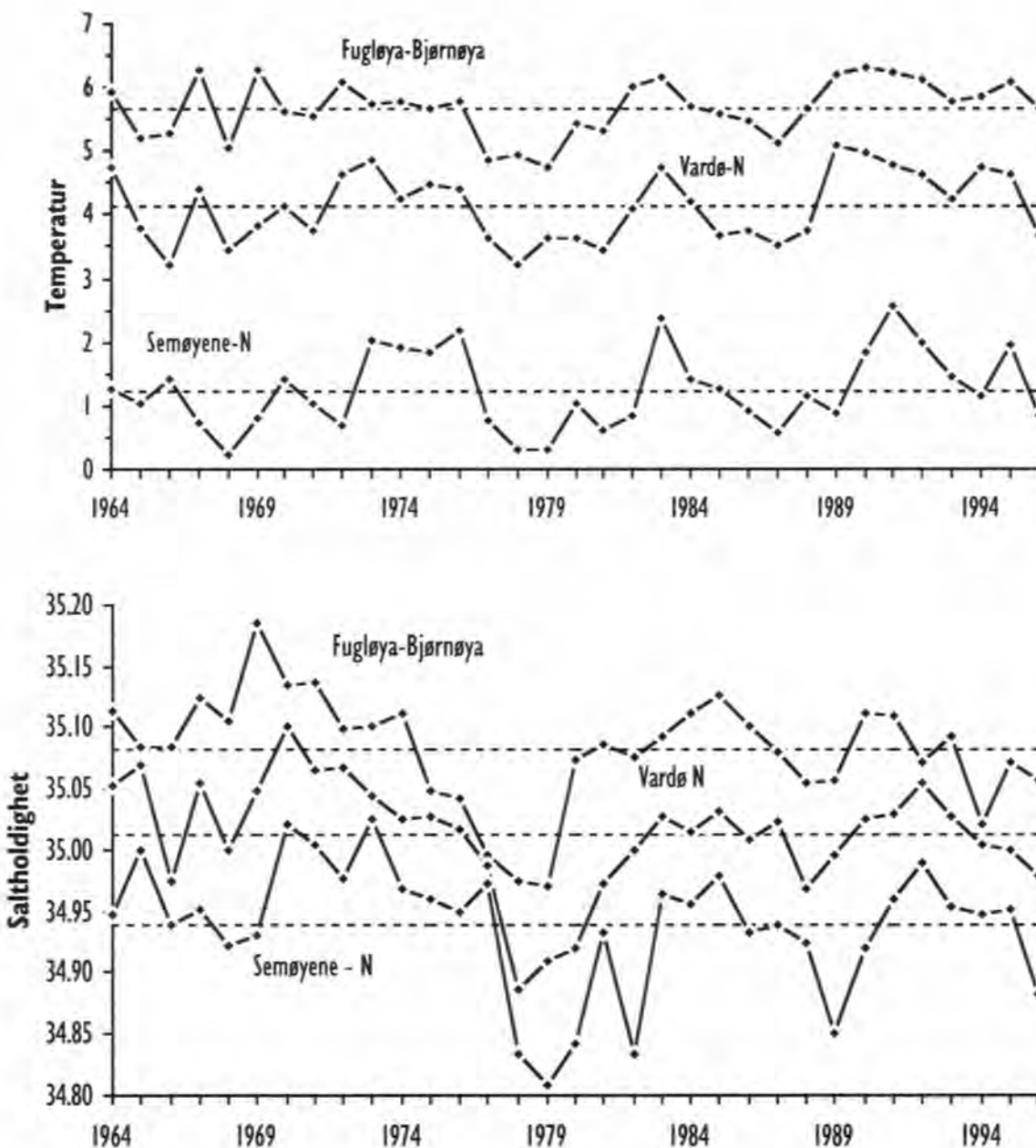
Figur 1.1

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.

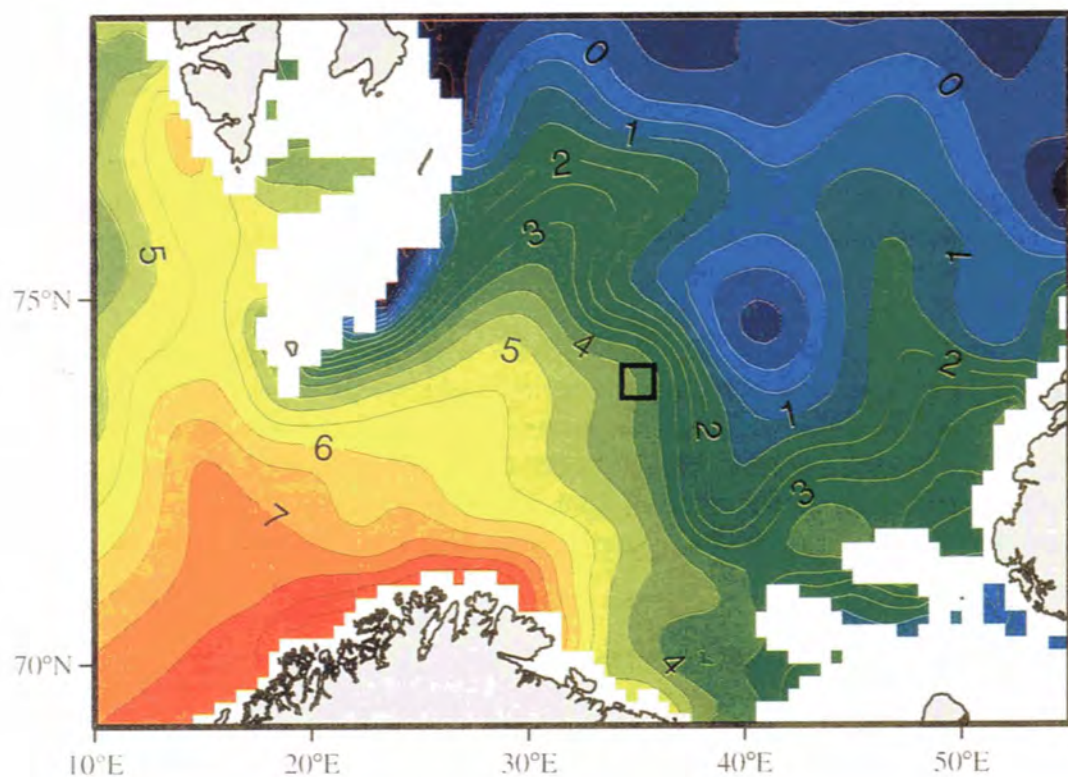
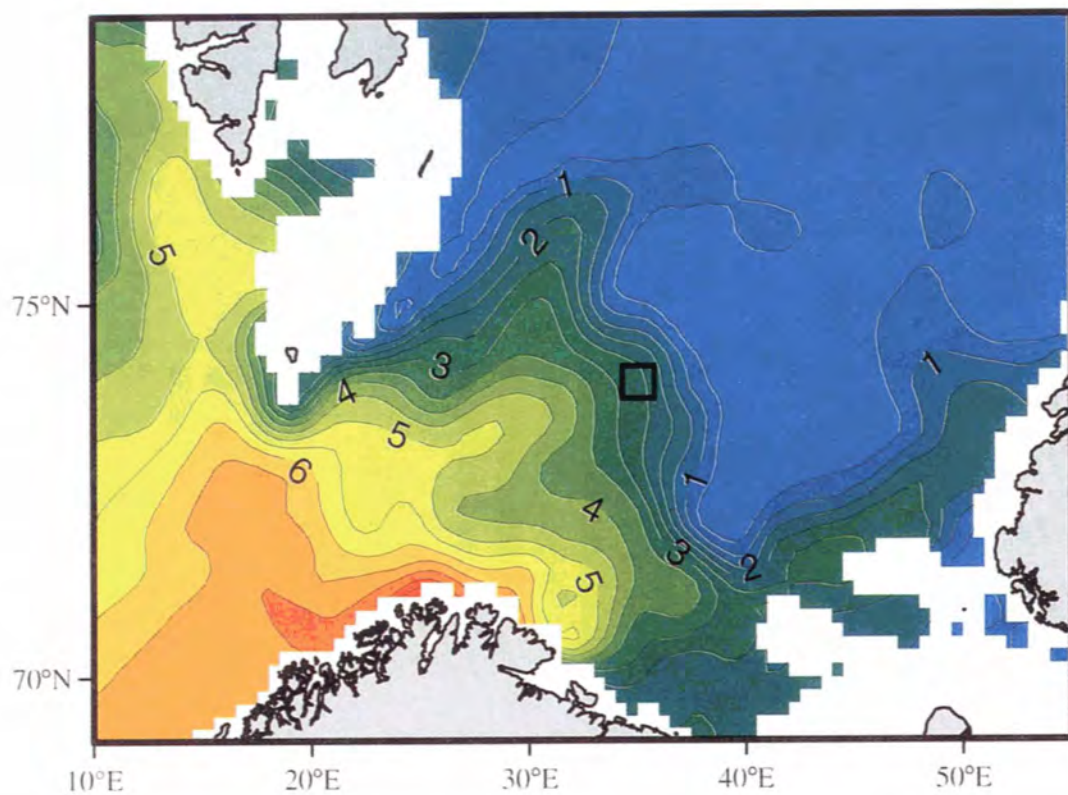
strømmingsvolum og egenskaper ved det atlantiske vannet. I perioden 1989 - 1995 har temperaturen i Barentshavet vært høyere enn langtidsnormalen.

Etter at temperaturen avtok i hele Barentshavet i 1994 i forhold til året før og lå nær langtidsnormalen, var det en mindre temperaturøkning i 1995. I 1996 falt temperaturen igjen i hele Barentshavet med minst temperaturfall i de vestlige delene av havet. I snittet Fugløya-Bjørnøya

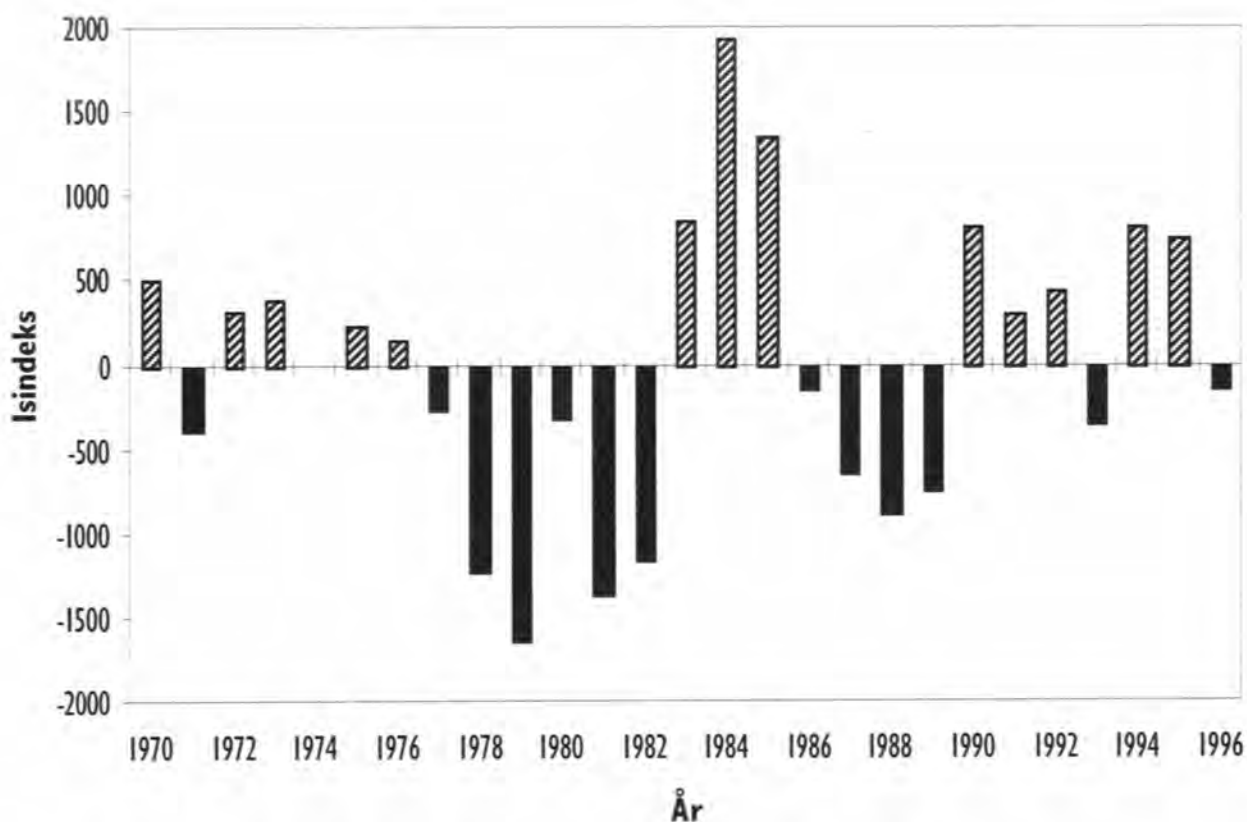
var temperaturen hele tiden lavere enn året før, med de største forskjellene i første halvår. I vinterhalvåret var temperaturen hele $0,8^{\circ}\text{C}$ lavere enn i 1995 og $0,1^{\circ}\text{C}$ - $0,3^{\circ}\text{C}$ under langtidsnormalen. Utover sommeren og høsten avtok forskjellen mellom de to årene samtidig som temperaturen ble liggende nært opp til langtidsnormalen (figur 1.2). I de mer sentrale og østlige deler av Barentshavet var temperaturfallet i 1996 betydelig mer markert enn lenger vest.



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 1964-96. *Mean temperature and salinity between 50 and 200 meter in August/September in the section Fugløya-Bjørnøya, Vardø-North and Sem Islands-North, 1964-96.*



Figur 1.4 Temperaturfordelingen i Barentshavet i 100 meter for august-september. Øverst: 1996, Nederst: 1992. Den sørvestlige delen av Smutthullet er markert.
Distribution of temperature in 100 m depth during August-September. Upper: 1996. Lower: 1992. The southwestern part of the Lophole is marked.



Figur 1.3 Isindeks for Barentshavet i perioden 1970-1996. Positive verdier betyr lite is, negative verdier indikerer mye is.
Ice index for the period 1970-1996. Positive values indicate little ice, while negative values show more severe ice conditions.

Langs snittet Vardø-Nord lå temperaturene omkring en grad lavere enn året før og var $0,3^{\circ}$ - $0,4^{\circ}$ C under langtidsmidlet. Langs Semøysnittet var temperaturen hele $1,5^{\circ}$ C lavere enn året før, mens den på høsten var bare $0,3^{\circ}$ C lavere. I forhold til langtidsnormalen var temperaturen $0,5^{\circ}$ C lavere om vinteren og $0,3^{\circ}$ C i sommerperioden. Det var små endringer i saltholdighetene fra 1995 til 1996, men det har vært en tendens til avtakende saltholdighet jevnt over. Som det fremgår av figur 1.2 lå saltholdigheten i 1996 under langtidsnormalen.

I 1996 var det betydelig mer is i løpet av vinteren enn året før (figur 1.3), og isgrensene lå størstedelen av vinteren mellom 74° N og 75° N. I gjennomsnitt er dette en breddegrad lenger sør enn året før. I løpet av sommeren 1996 var hele Barentshavet så godt som isfritt.

Figur 1.4 viser to forskjellige temperaturfordelinger i 100 meters dyp i Barentshavet fra

august-september; den øverste er fra 1996 og den nederste viser situasjonen i et typisk varmt år som 1992. Forskjellene mellom disse to årene er spesielt store i den nordlige og østlige delen av havområdet samt langs kysten av Troms og Finnmark. På figurene har vi markert den sørvestlige delen av Smutthullet hvor størstedelen av det internasjonale fisket foregikk i 1996. 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. Selv små øst-vestforflytninger av vannmassene kan gi store temperaturendringer i Smutthullet. Disse vannmasseforflytningene ser vi tydelig mellom varme og kalde år i Barentshavet, men de kan også inntreffe på kortere tidskala som uker. I kalde år som 1996 er altså sannsynligheten stor for at øst-vestpulsasjonene til tider forårsaker så lave temperaturer at fisken

forsvinner fra området. Dette skjedde flere ganger i 1996.

Temperaturene i Barentshavet er hovedsaklig bestemt av tilført varmemengde fra Atlanterhavsstrømmen. Temperaturfallet i 1996 skyldes både mindre tilførsel av Atlanterhavsvann og økt avkjøling av vannmassene gjennom vinteren. Den atmosfæriske sirkulasjon i 1996 sørget for langt

større tilførsel av kald luft fra nord enn på mange år. Inntil nå har vinteren 1996/97 vært omtrent like kald som året før, og det kan derfor forventes en fortsatt avkjøling av vannmassene også i løpet av vinteren 1997 med temperaturer under langtidsnormalen. Isforholdene vil trolig også forverres, og isen forventes å strekke seg sør til 73°N i områdene rundt Sentralbanken.

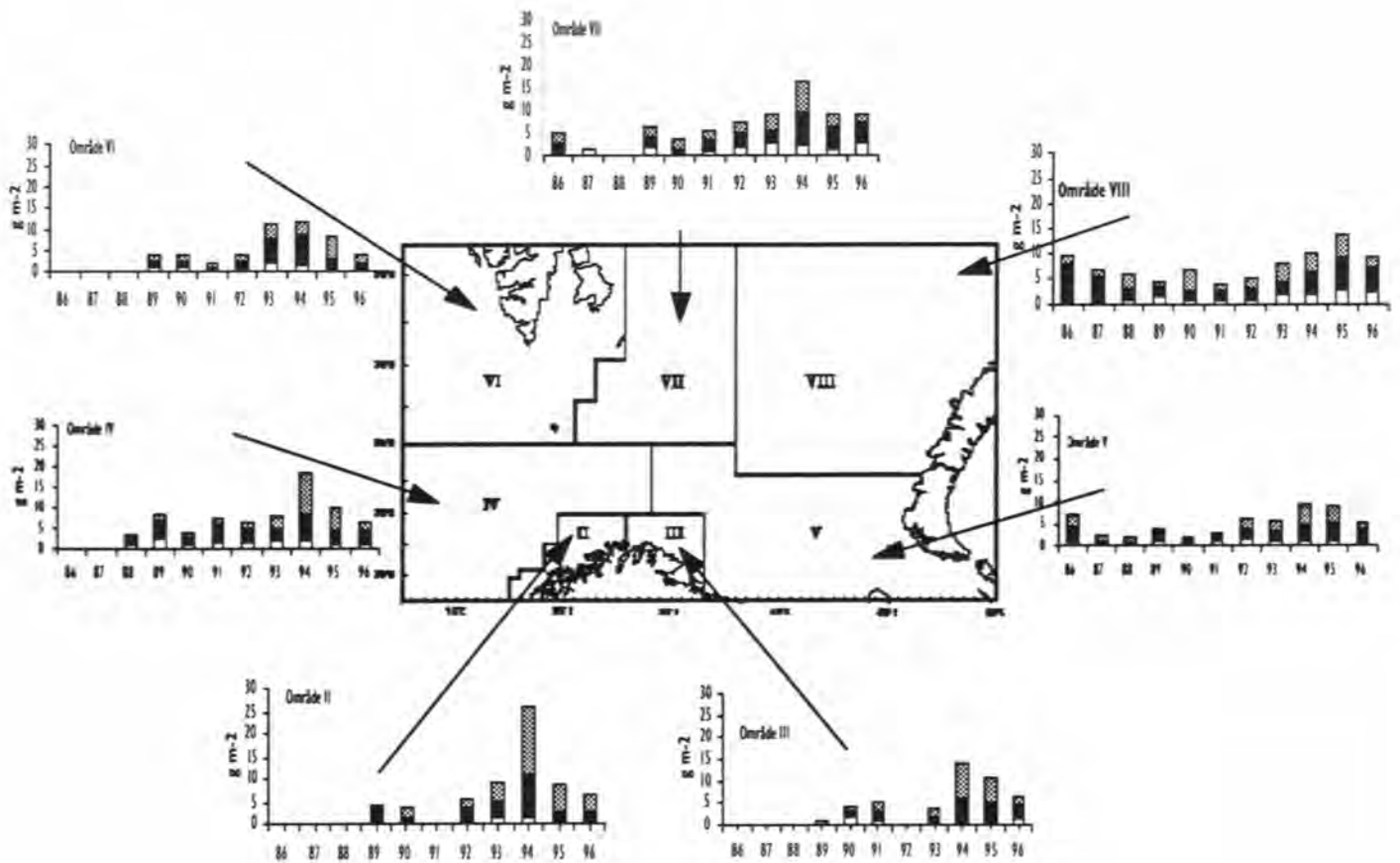
1.2 Plankton og næringsalter

Siden 1986 har Havforskningsinstituttet regelmessig overvåket dyreplankton, næringsalter og klorofyll under loddeundersøkelsene/flerbestandsundersøkelsene i september, senere også under 0-gruppetoktene i slutten av august. I september er vanligvis den isfrie delen av Barentshavet størst i utstrekning, slik at et størst mulig havområde kan kartlegges. Planktonproduksjonen og beitepresset fra planktonspisende fisk har da avtatt, og dyreplanktonets biomasse på denne årstiden er en god indikator på overvintringsbestandens størrelse. Rauåta er den største komponenten i dyreplanktonet og det viktigste byttedyret for pelagiske fisk som sild og lodde. I september har mesteparten av rauåta vandret ned på dypere vann for å overvintre.

Barentshavet som økosystem er i stor grad avhengig av innstrømming av varmt atlantisk vann med plankton fra Norskehavet. Særlig viktig er tilførsler av krill og rauåte. Lenger nord i Barentshavet møter disse artene ugunstige forhold for reproduksjon. Innstrømmingen av atlantisk vann varierer fra år til år, og tidspunktet for innstrømmingen er også viktig for mengden av inntransportert plankton. Om vinteren står rauåta i Norskehavet stort sett under terskeldypet til Barentshavet. Det innstrømmende atlantiske vannet vil vanligvis bringe lite rauåte til Barentshavet på denne årstiden. De senere år er det også gjennomført planktonovervåkning på de faste snittene Fugløya-Bjørnøya og Vardø-Nord (figur 1.1).

Figur 1.5 viser dyreplankton-biomasse fra forskjellige områder av Barentshavet i perioden 1986-1996. Datamaterialet er basert på håvtrekk fra bunn til overflaten, i alt 137 stasjoner i 1996. Planktonet ble størrelsesfraksjonert før prøvene ble tørket og veiet. 1000-2000 µm-fraksjonen inneholder for det meste overvintrende rauåte (*Calanus finmarchicus*) og ishavsåte (*C. glacialis*). Krill, amfipoder og pilormer er vesentlige bestanddeler i fraksjonen >2000µm, mens småkopepoder og yngre stadier av *Calanus* dominerer i 180-1000 µm-fraksjonen.

Tidsserien viser en tydelig tendens til økende biomasse fra 1991 til 1994. Dette kommer tydelig frem i område VIII i nord-øst der dekningen gjennomgående har vært god (31 stasjoner i 1996). I dette området var det også økning fra 1994 til 1995, mens det var reduksjon i de øvrige områdene. Fra 1995 til 1996 var det en markert nedgang i biomassen i samtlige områder. Områdene II-III har den svakeste dekningen og resultatene derfra må tolkes med forsiktighet. 1996 var generelt et kaldere år enn 1995. Nedgangen i biomasse i 1996 kan skyldes den reduserte innstrømmingen av atlantisk vann (se kapittel 1.1). Økt beitepress fra en voksende sildestamme har sannsynligvis også bidratt. Tar en hele Barentshavet under ett, var det i 1994 en gjennomsnittlig biomasse på 12.83 g · m⁻², i 1995 10.03 og i løpet av 1996 var det omtrent en halvering av biomassen i forhold til 1994.



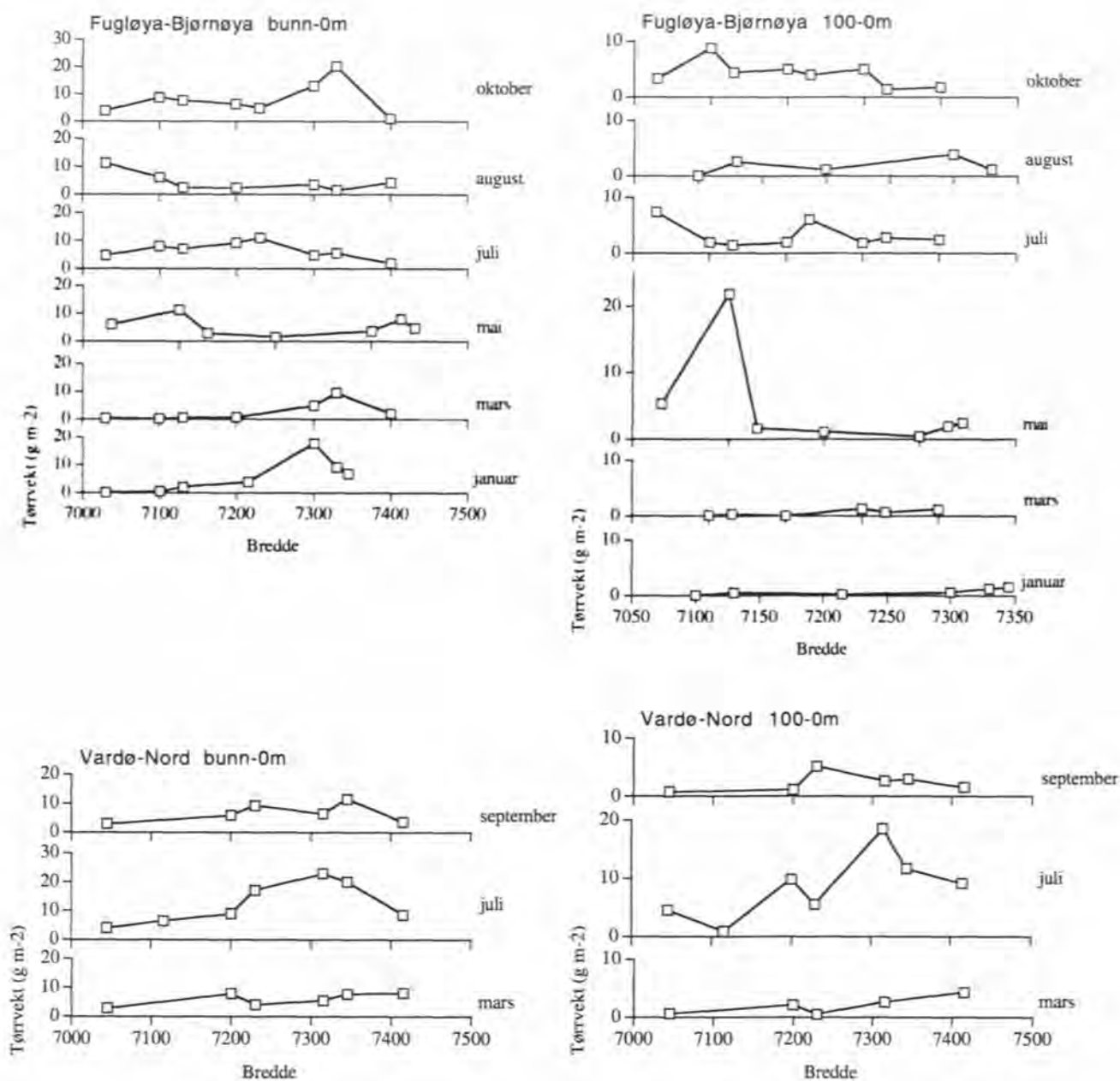
Figur 1.5.

Middelverdier av størrelsesfraksjonert dyreplankton biomasse, g m^{-2} (askefri tørrvekt 1986-90 og tørrvekt 1991-96) fra bunn - 0 m i flerbestandsområdene II-VIII. 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 1991-96), from bottom - 0 m in the «multispecies» regions II-VIII. Ash free dry weight is about 80% of dry weight.

De faste snittene Fugløya-Bjørnøya og Vardø-Nord ble dekket henholdsvis seks og tre ganger (figur 1.6). På Fugløya-Bjørnøya var det forholdsvis mye plankton i januar, men det meste stod dypere enn 100 meter. Både i januar og mars var det lite plankton nærmest kysten, mens det i mai kunne spores økt tilførsel på de sørligste stasjonene. I juli var det generelt mye plankton på hele snittet. Dekningen i august viste en reduksjon, mens det i oktober igjen var en økning. Forholdene var liknende på Vardø-Nordsnittet med et sommermaksimum i juli på 73°N . I de

øverste 100 meter var det tydelige sesongmessige endringer, og i september var planktonet i ferd med å forsvinne fra overflatelaget. I overensstemmelse med langtidsutviklingen i hele Barentshavet, viste også de faste snittene en reduksjon i plankton-biomasse fra 1995 til 1996. Imidlertid er det forholdsvis få stasjoner som tas under hver dekning, og det er et velkjent fenomen at dyreplanktonet står flekkvis fordelt. Høye sommerverdier på enkelte stasjoner kan derfor skyldes tette lokale konsentrasjoner av rauåte.



Figur 1.6. Total dyreplankton biomasse fra bunn - 0 m og 100 - 0 m på snittene Fugløya-Bjørnøya og Vardø-Nord i 1996.
Total zooplankton biomass from bottom - 0 m and 100 - 0 m on the transects Fugløya-Bjørnøya og Vardø-Nord in 1996.

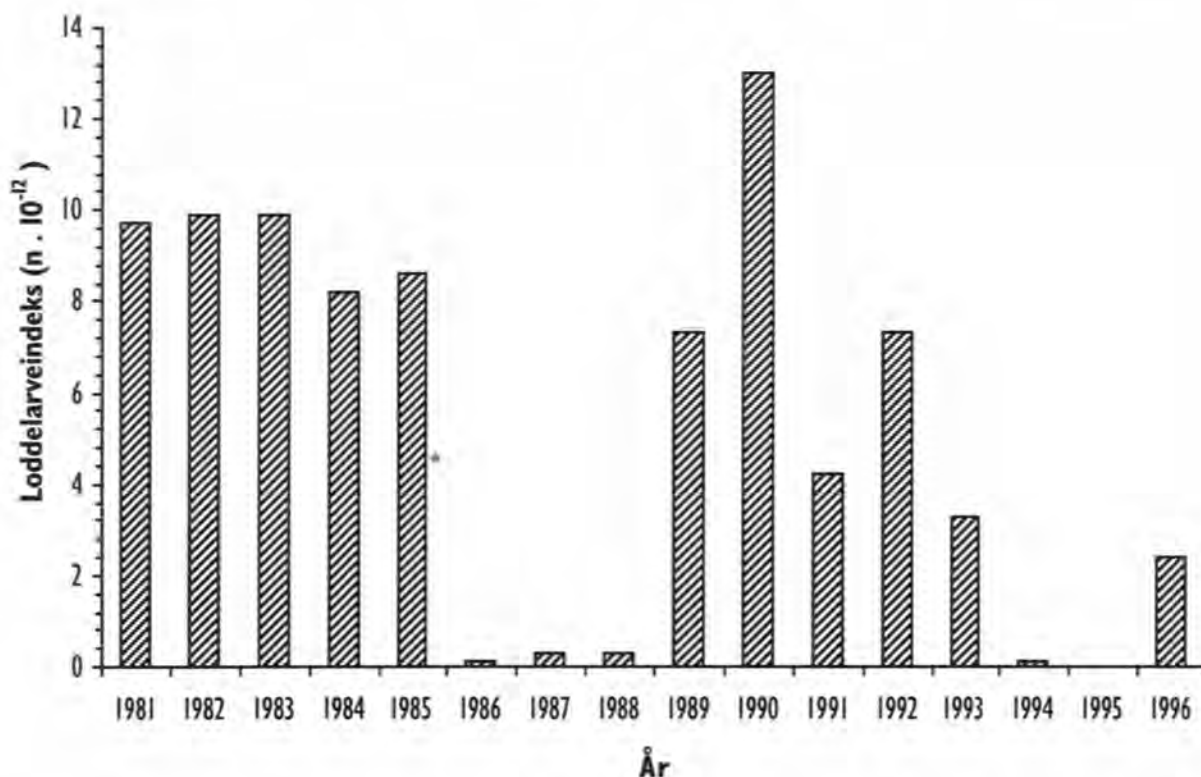
1.3 Yngelproduksjon

Lodde

Det ble samlet inn loddelarver på et tokt med F/ F "Michael Sars" i Barentshavet i perioden fra 7. juni til 7. juli 1996. Målinger av loddebestanden høsten 1995 viste at gytebestanden kom til å bli svært lav våren 1996. Den modnende og gytende lodda må imidlertid ha hatt svært gode forhold, og gyting ble registrert fra Malangsgrunnen til Varanger. Det ble tatt 200 Gulf-III stasjoner og det ble funnet loddelarver på 148 av disse. Totalt ble det fanget 2300 loddelarver på toktet, og de høyeste konsentrasjonene ble funnet rundt Varangerhalvøya. Det ble registrert larver i et stort område. Fordelingen minner om den som ble observert i perioden 1989-1993 hvor loddefordelingen strakk seg fra Malangsgrunnen i vest til Kola (35° Ø) i øst og helt opp til 72° N.

Larveindeksen ble beregnet til 2.4 (figur 1.7).

Under 0-gruppe toktet høsten 1996 ble hovedtyngden av loddeyngel observert i den nordlige delen av det sentrale Barentshav og sørøst i Barentshavet. Det ble også funnet loddeyngel ved Spitsbergen og utenfor Finnmarkskysten. 1996-årgangen av lodde synes å være mye mer tallrik enn de fire forutgående årsklassene, og dette er lovende med tanke på vekst i loddestammen. Dette viser igjen at lodda har en betydelig evne til å komme tilbake når forholdene ligger tilrette for det. Fra en svært liten gytebestand ble det i 1996 produsert en årsklasse som vil kunne gi en mye raskere oppbygging av loddebestanden i Barentshavet enn det en kunne håpe på til inntil for kort tid siden.



Figur 1.7

Loddelarveindeksen for perioden 1981 til 1996.

The index of capelin larvae during the period 1981 to 1996.

2. ØKOSYSTEMENE I NORSKEHAVET OG PÅ KYSTEN

2.1 Havklima

Innstrømmingen av varmt og salt vann fra Atlanterhavet går hovedsaklig gjennom Færøy-Shetlandkanalen der den følger eggakanten nord av Shetland (figur 2.1). En annen strømgren som også fører Atlanterhavsvann, kommer inn nord av Færøyene etter å ha krysset Grønland-Scottlandsryggen 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, transporterer 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 denne atlantiske transporten og de temperatursvingningene som disse fører til, er en viktig økologisk faktor som virker inn på den biologiske tilstanden i havet. Tilstanden i fiskebestandene er som regel best når temperaturen er høy idet store årsklasser som regel 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 Atlanterhavsvannet like utenfor eggakanten, i snittene Svinøy-NV, Gimsøy-NV og Sørkapp-V (figur 0). Disse snittene representerer forholdene i henholdsvis sør-

lige, sentrale og nordlige deler av Norskehavet. Verdiene er basert på målinger som er tatt i perioden fra slutten av juli til begynnelsen av september og viser derfor sommersituasjonen. 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 siden 1989 har det lokalt vært en varm periode i det nordlige Norskehav, men den kraftige avkjølingen i Sørkappsnittet fra 1995 til 1996 viser at denne perioden nå er brutt.

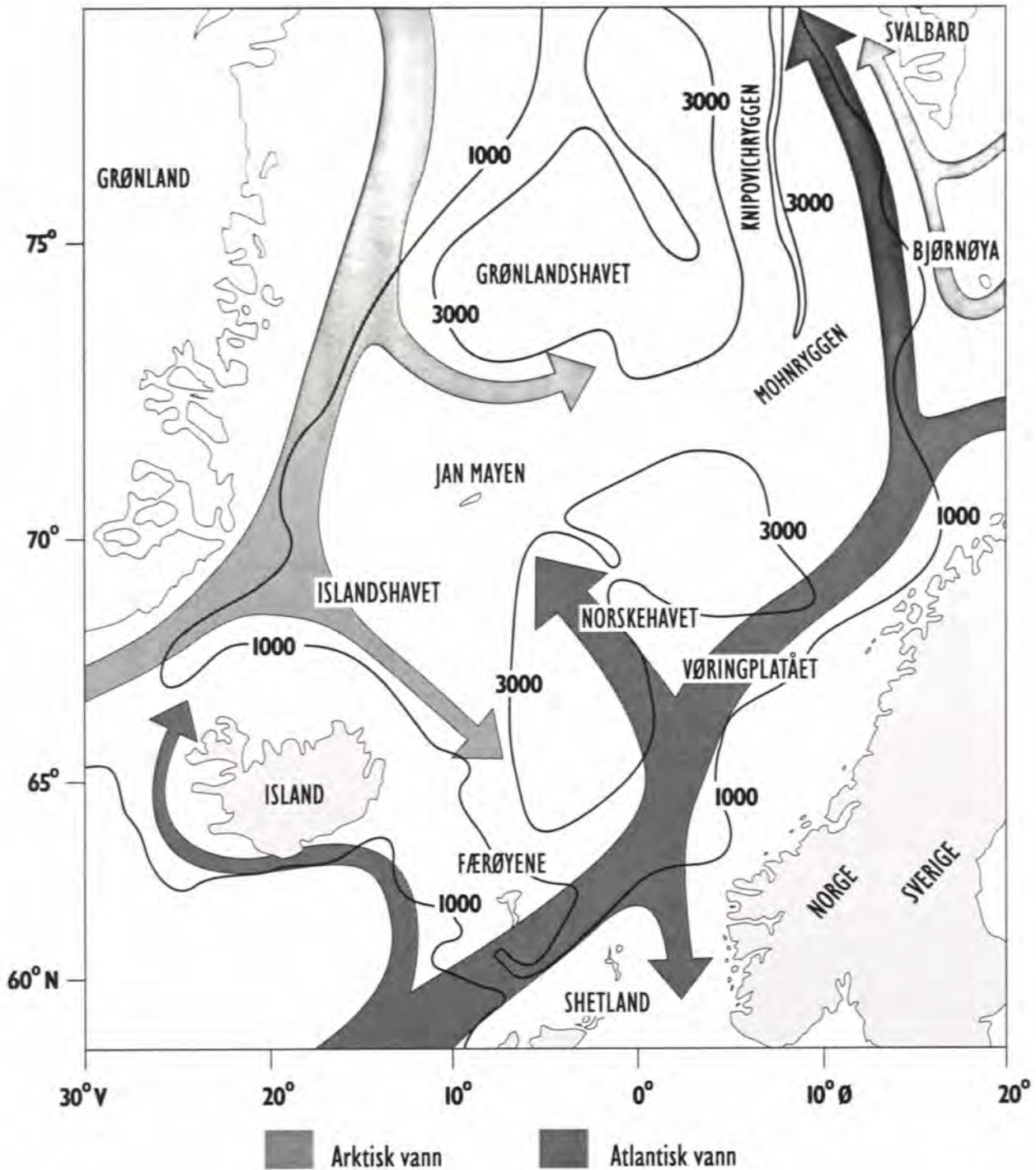
I Svinøysnittet var det fra 1994 til 1995 stigning i temperatur og saltholdighet, slik at verdiene sommeren 1995 lå på gjennomsnittet for perioden siden 1978. Lenger nord, i Gimsøy- og Sørkappsnittene, var saltholdigheten også nær middelverdiene, mens temperaturen i 1995 lå over gjennomsnittet, med økende avvik mot nord. Fra 1995 til 1996 viser alle tre snittene en klar avkjøling med tilsvarende nedgang i saltholdighet.

Saltholdigheten i de tre snittene (figur 2.2) viser også en generell nedgang over det meste av måleperioden. I Svinøysnittet er dette tydelig også i temperaturkurven. Dette er i overensstemmelse med lengre tidsserier i Norskehavet og i Færøy-Shetlandsområdet. Ved Færøyene har saltholdigheten i Atlanterhavsvannet således avtatt gjennom de siste årene (figur 2.3A). I strømgrenen nord av Færøyene kan dette forklares med økt innflytelse av arktisk vann som er transportert inn i området av Øst-Islandstrømmen. Dette forklarer variasjonene på nordsiden av Færøy-Shetlandskanalen, som er karakterisert av vann fra strømgrenen som går nord av Færøyene. Det kan imidlertid ikke uten videre forklare det parallelle forløpet i Atlanterhavsvannet i Færøybankkanalen, sør av Færøyene (figur 2.3

A). En mulig årsak kan være at arktisk vann fra Øst-Islandsstrømmen krysser Skottland-Islandryggen vest av Færøyene og blandes inn i Atlanterhavsvannet. Som vist i figur 2.3. B, har også den skotske tidsserien på sørsiden av Færøy-Shetlandkanalen et lignende forløp, men

med mindre utslag i variasjonene.

En lignende trend er også observert på Værskipsstasjon M i Norskehavet (figur 0), som siden 1991 har vist en markert nedgang i temperatur og saltholdighet i de øvre lag. Dette fremgår i



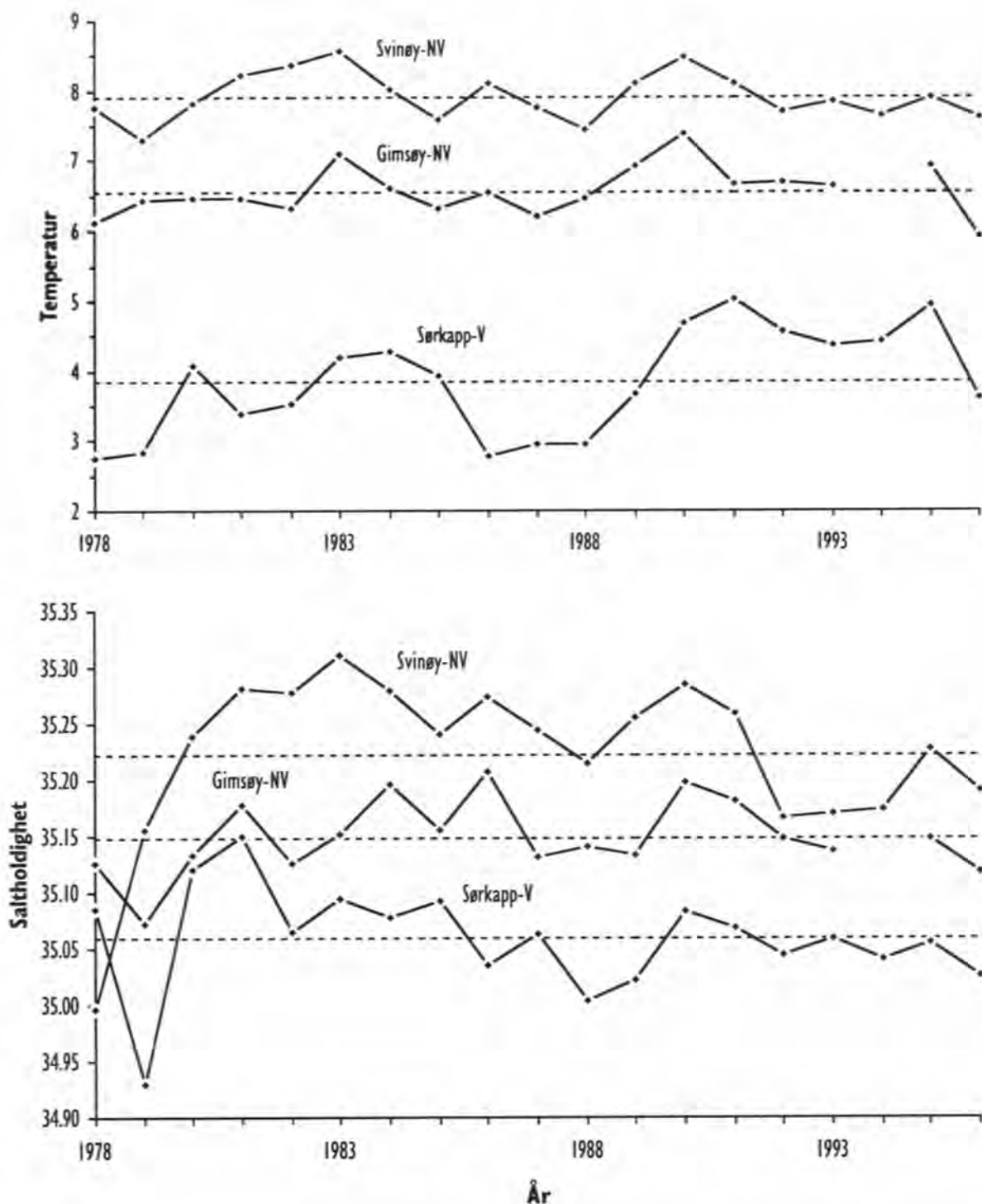
Figur 2.1

Skjematisk fremstilling av sirkulasjonen i de øvre lag i De nordiske hav (Grønlandshavet, Islandshavet og Norskehavet).

Schematic presentation of the upper layer circulation in the Nordic Seas (Greenland, Iceland and Norwegian Seas).

figur 2.4 som viser tidsserien av temperatur og saltholdighet i 50 meters dyp. Det fremgår også av figuren at det har vært en generell nedgang i temperatur og saltholdighet gjennom det meste

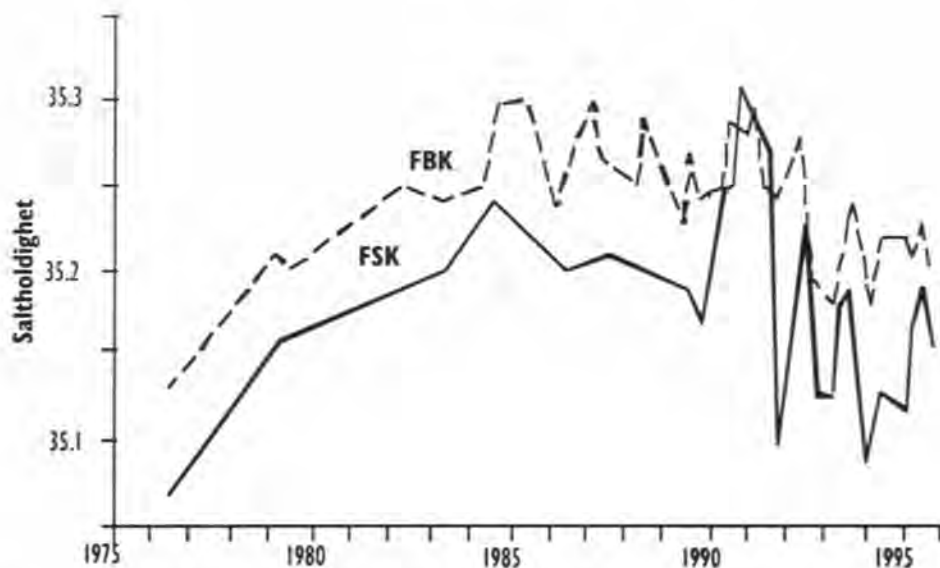
av perioden siden stasjonen ble opprettet i 1948. Russiske tidsserier fra sommertokt i Norskehavet viser en lignende utvikling.



Figur 2.2

Temperatur og saltholdighet, observert i juli/august, i kjernen 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 Fig. 0)

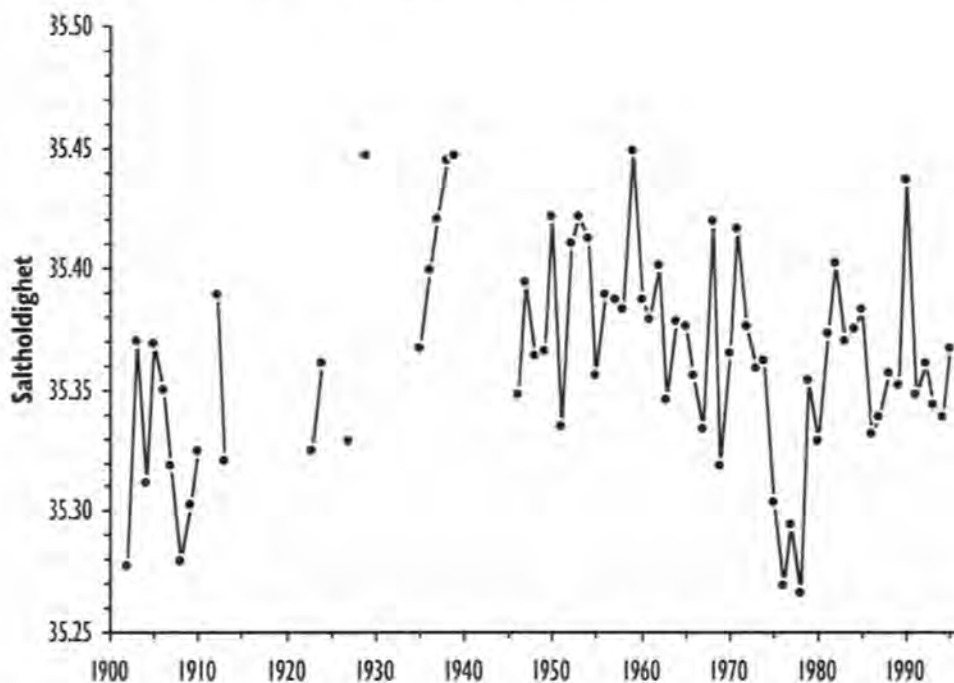
Temperature and salinity, observed in July/August, in the core of Atlantic water in the sections Svinøy-NW, Gimsøy-NW and Sørkapp-W, averaged between 50 and 200 meters depth (Positions of the sections are indicated in Fig. 0).



Figur 2.3 A

Variasjoner i atlantisk vann ved Færøyene. Den heltrukne kurven (FSK) viser middelerverdiar av saltholdighet mellom 25 og 200 meter øst av Færøyene, i Færøygrenen av den atlantiske innstrømningen. Den stiplede kurven (FBK) viser middelerverdiar mellom 100 og 300 meter i Færøybankkanalen, sørvest av Færøyene. Gjengitt med tillatelse fra Fiskirannsóknarstovan, Færøyene.

Variations in Atlantic water around the Faroes. The full line indicates salinity averaged over the 25-200 m layer to the east of the Faroes (FSK), in the Faroe Branch of the Atlantic inflow. The broken line (FBK) shows salinity averaged over the 100-300 m layer in the Faroe Bank Channels to the southwest of the Faroes. Courtesy of the Fisheries Laboratory of the Faroes.



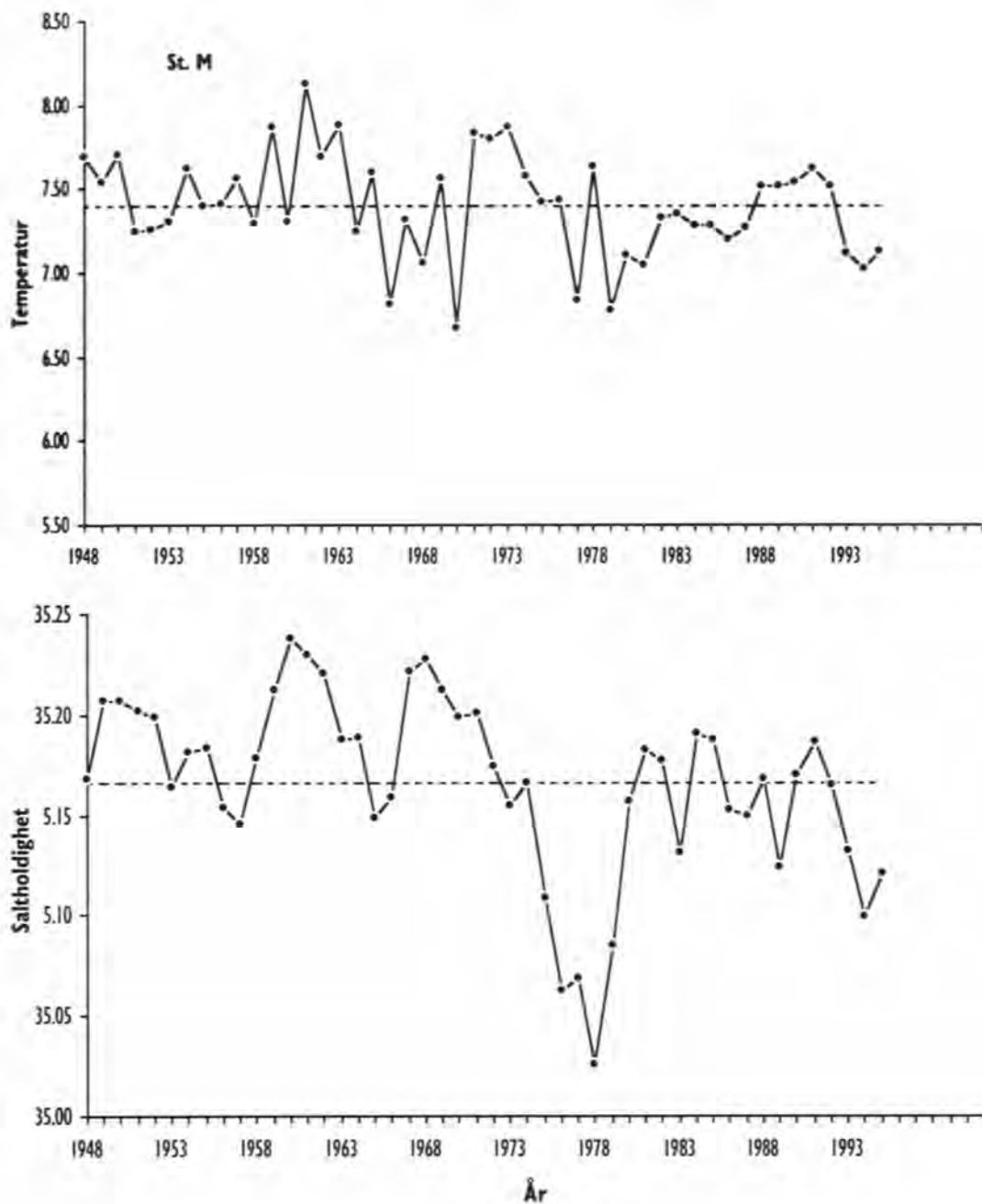
Figur 2.3 B

Variasjoner i saltholdighet i hovedgrenen av atlantisk innstrømning i Færøy-Shetlandskanalen, fremstilt som årsmiddel av maksimal saltholdighet for faste posisjonar i to standardsnitt mellom Færøyene og Shetland. Presentert med tillatelse fra Marine Laboratory, Aberdeen.

Variations in salinity in the main branch of Atlantic inflow in the Faroe-Shetland Channel, given as annual mean of maximal salinity at fixed positions in two standard sections across the F-S Channel. Courtesy of the Marine Laboratory, Aberdeen

Disse tidsseriene står noe i kontrast til observasjoner ved Nord-Island. Som det fremgår av figur 2.5, viste disse en markant forandring mot kaldere forhold med lavere saltholdighet, altså mot mer arktiske forhold, gjennom siste halvdel av

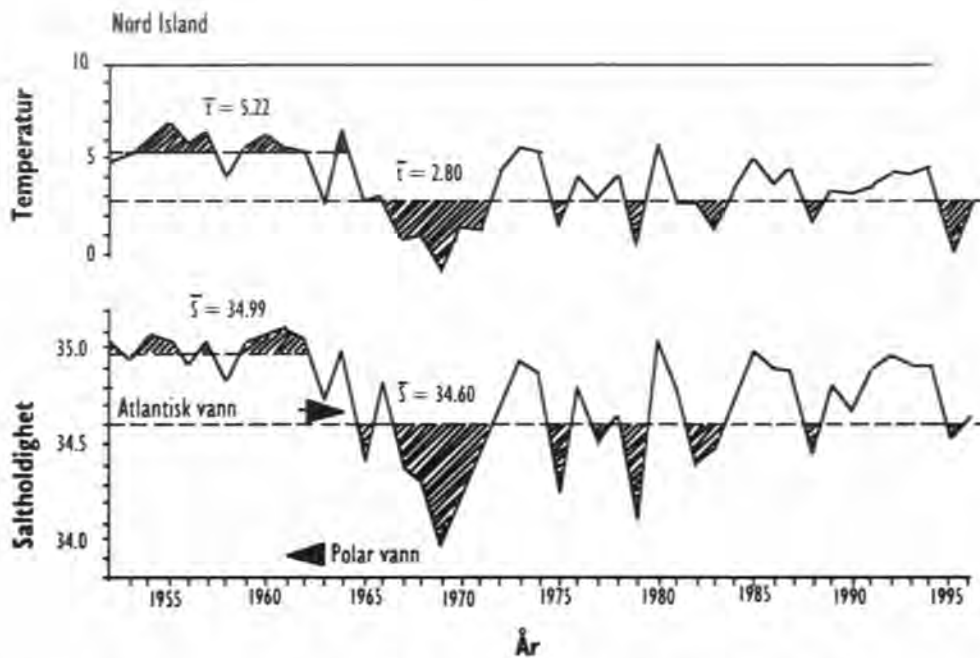
1960-årene. Siden da har gjennomsnittet for både temperatur og saltholdighet ligget lavere enn før 1965, og forholdene har vært mye mer variable. Gjennom en periode i 1994-1995 var «påtrykket» av arktisk vann så stort at det blok-



Figur 2.4

Variasjoner i de årlige middelveiene for temperatur og saltholdighet i 50 meters dyp på Værskipsstasjonen M i Norskehavet, i posisjon 66°N, 02°Ø. Gjengitt med tillatelse fra Geofysisk institutt, Universitetet i Bergen.

Variation in the annual mean temperature and salinity 50 m depth at Ocean Weather Station M in the Norwegian Sea, in position 66°N, 02°E. Courtesy of the Geophysical Institute, University of Bergen.



Figur 2.5 Variasjoner i temperatur og saltholdighet i 50 m dyp nord av Siglunes, Nord-Island i mai/juni 1952-1996. Presentert med tillatelse fra Havforskningsinstituttet i Reykjavik. *Temperature and salinity variations at 50 m depth of Siglunes, northern Iceland, in May/June 1952-1996. Courtesy of the Marine Research Institute, Reykjavik.*

kerte for innstrømmingen av Atlanterhavsvann langs vestkysten av Island til det nord-islandske kystområdet. En oppvarming med større innslag av Atlanterhavsvann gjennom de siste fem årene ble dermed avbrutt (figur 2.5), og området nord av Island fikk den sterkeste dominans av arktisk vann siden regelmessige målinger begynte i 1952. I løpet av 1996 har denne situasjonen igjen forbedret seg noe slik at atlantisk vann har nådd de nord-islandske kystbankene.

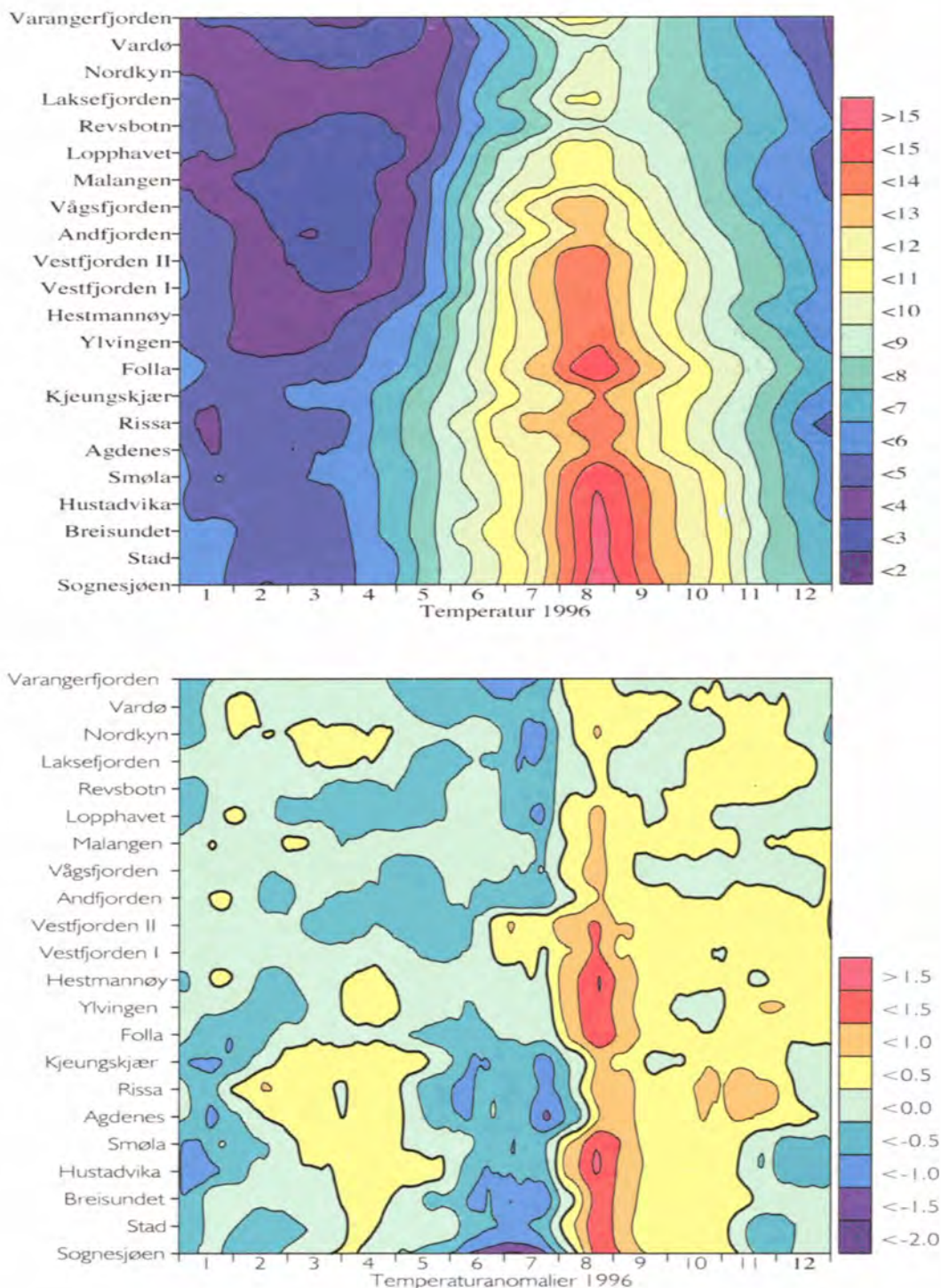
I sum viser dette at saltholdigheten har gått markant ned nord av Island, ved Færøyene og i sentrale deler av Norskehavet. I Atlanterhavsstrømmens hovedgren som kommer inn i sørkanten av Færøy-Shetlandskanalen og videre nordover følger eggakanten utenfor norskekysten, er det også en tilsvarende, men mindre nedgang. En sannsynlig årsak til den generelle nedgangen i temperatur og saltholdighet kan være forholdsvis stor transport av arktisk vann fra Polhavet til Øst-Islandsstrømmen. På grunn av dette har det i en årrekke vært forholdsvis ferskt overflatevann i Grønlandshavet. Et blandingsprodukt av dette etter avkjøling om vinteren, vil også bli en forholdsvis lett arktisk vannmasse som kan gå inn i storskalasirkulasjonen via Øst-Islandsstrømmen. Dette vil gjøre seg mer gjeldende både ved Færøyene og på Stasjon M enn ved egga-

kanten langs norskekysten, og tilblanding av slikt arktisk vann kan være årsak til at Færøygrenen (figur 2.1) av den atlantiske innstrømmingen har fått lavere temperatur og saltholdighet.

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. Gjennom første halvdel av 1990-årene steg den gjennomsnittlige saltholdigheten i de øvre 100 meter i sentrale deler av Grønlandshavet fra 34.6 i 1991 og 1992 til 34.89 i 1995. Dette skapte håp om at perioden med lav saltholdighet i de øvre lagene skulle være over for denne gang, men gjennom første halvår i 1996 fikk vi en ny kraftig forsyning av ferskt overflatevann slik at overflatevannet fikk

saltholdigheter på under 34.4. (Se temaartikkel **Kysten** om dette bak i rapporten).

Klimatilstanden i kystfarvannene knyttet til Nordskehavet observeres regelmessig (to-fire ganger



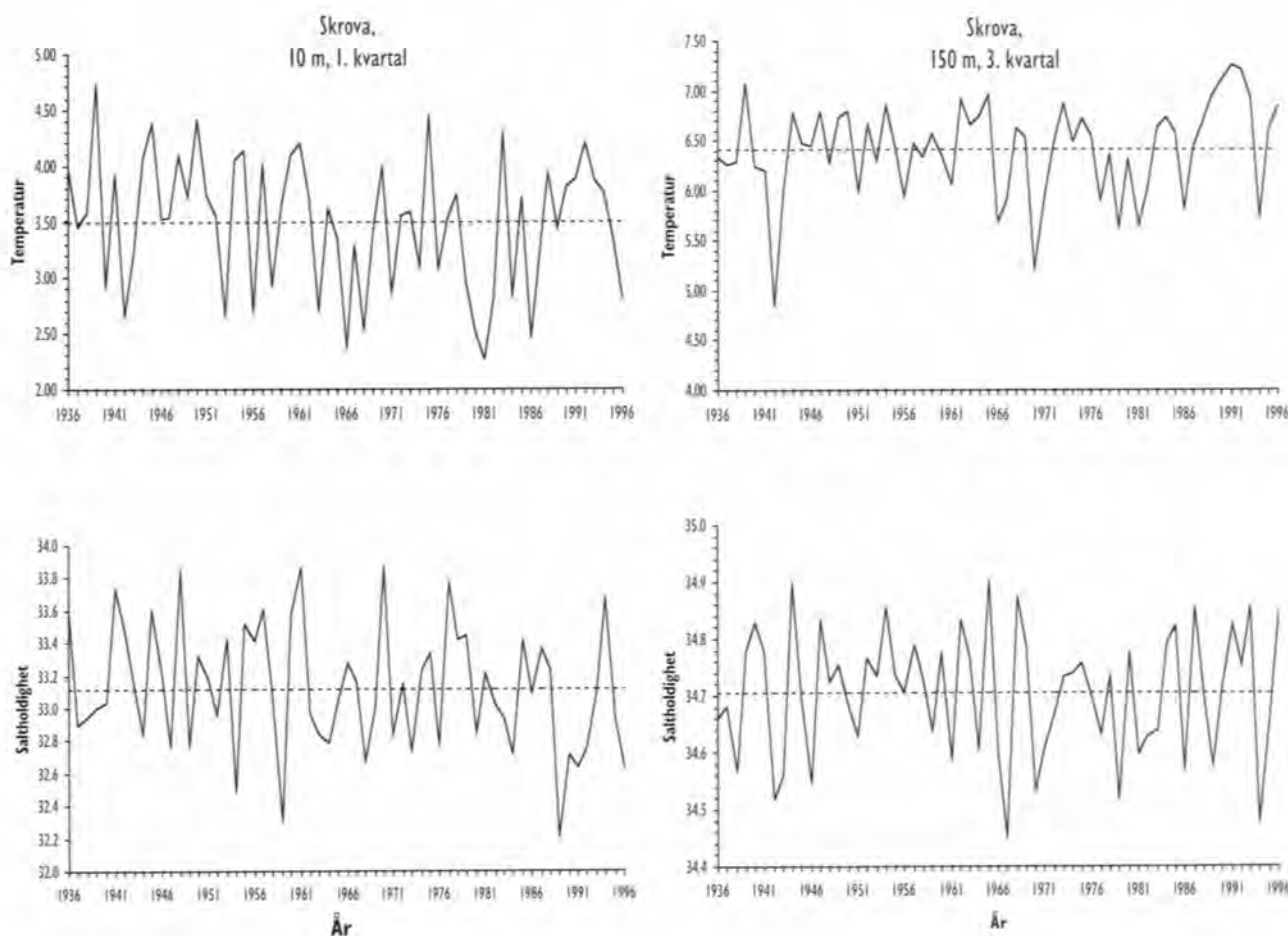
Figur 2.6 Øverst: Temperaturen i overflatelaget langs kysten mellom Sognesjøen og Varangerfjorden i 1996 målt fra Hurtigruta.
 Nederst: Temperaturavviket (anomalien) i 1996 fra et middelår.
Upper: Temperature of the surface layer along the coast between Sognesjøen and Varangerfjord in 1996 based on observations from the coastal express steamer.
Lower: Temperature anomalies 1996 in relation to the mean year.

pr.måned) på faste stasjoner ved Bud, Skrova og Eggum (figur 0). På disse stasjonene blir temperatur 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 (termograftjenesten).

Resultatet fra temperaturmålingene fra Hurtigruta i 1996 sammen med avviket fra et middelår er vist på figur 2.6. Her ser vi hvorledes temperaturen i overflatelaget langs kysten fra Sognefjorden til Varangerfjorden har variert gjennom årets 12 måneder. Temperaturen lå $0,5^{\circ}$ - $1,0^{\circ}\text{C}$ under det normale langs hele kysten frem til månedsskiftet juli/august. I august og september var den omkring 1°C over normalen opp til Vestfjorden og noe mindre nord for denne. Resten av

året lå temperaturen omkring det normale for det meste av kysten.

Figur 2.7 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, varme perioder omkring 1983 og 1990, mens de laveste vintertemperaturene for hele måleperioden ble observert i begynnelsen av 1980-årene. I 1996 lå vintertemperaturen og saltholdigheten i de øvre vannlag i Vestfjorden henholdsvis $0,4^{\circ}\text{C}$ og ca.



Figur 2.7

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

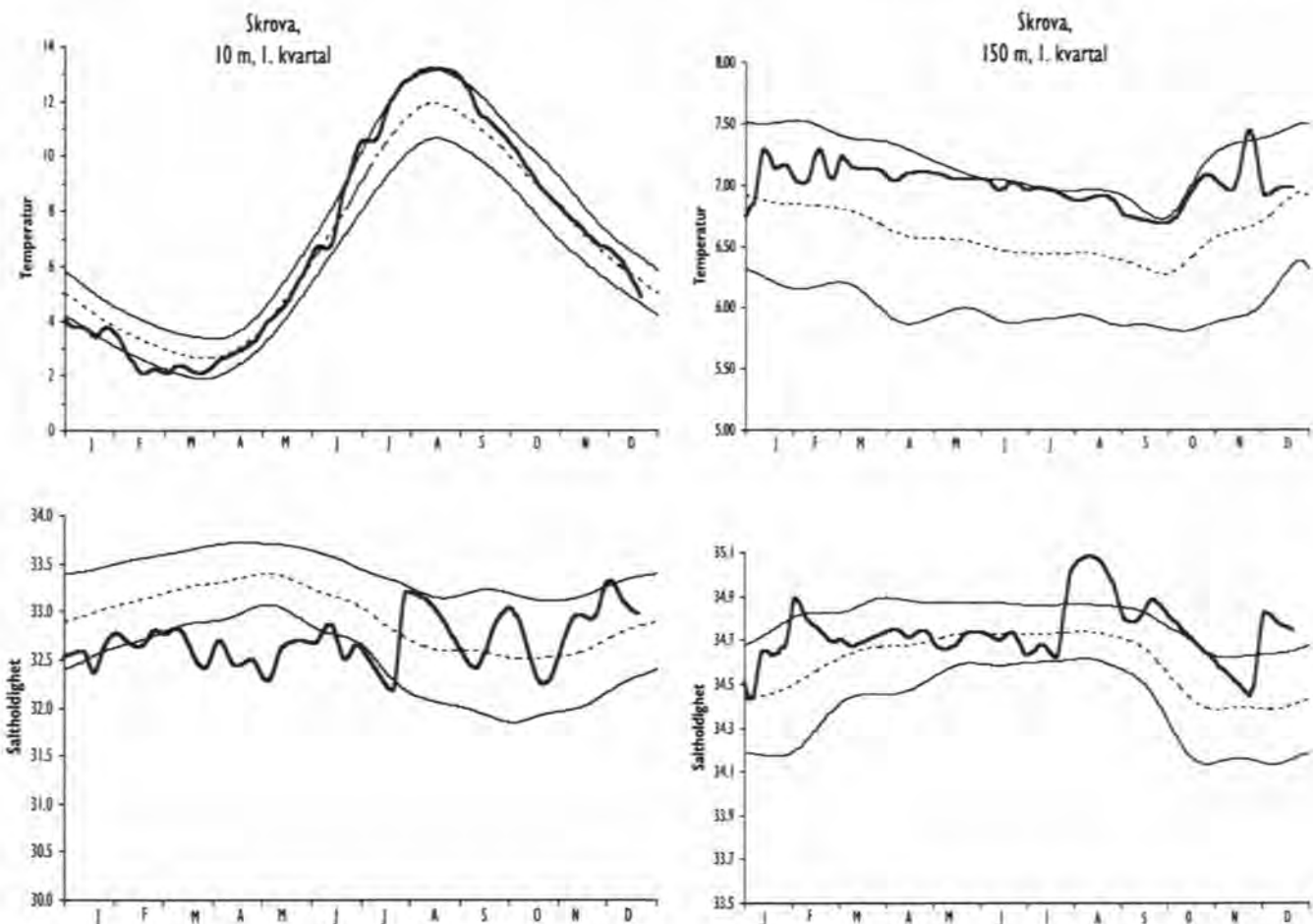
Mean values and yearly variation of temperature and salinity at 10 meter (1. quarter) and 150 meters depth (3. quarter) at Skrova.

0.6 psu (saltenheter) under det normale for årstiden.

Temperatur og saltholdighetsforholdene i 150 meters dyp gjenspeiler de mer storstilte variasjonene i Atlanterhavsvannet 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 under de ekstra høye temperaturene observert i 1991. I 1994 observerte man både lavere temperaturer og reduserte saltholdigheter, noe som er en klar indikasjon på reduserte tilførsler av atlantisk vann. I 1996 var det 0.4°C

varmere enn normalt mens saltholdigheten lå 0.6 psu over det normale.

Figur 2.8 viser variasjonene av temperatur og saltinnhold i overflatelaget (10 meters dyp) og i 150 meters dyp ved Skrova gjennom 1996 sammenlignet med de gjennomsnittlige sesongvariasjoner og standardavvik. Både temperaturen og saltholdigheten i overflatelaget var ganske normale gjennom året. 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 også et meget dypt kaldtvannslag med relativt lav saltholdighet i Vestfjorden, som i perioder hindret innsig av gytetorsk til Lofoten. Ellers i 1994 lå både temperatur og saltholdighet i de dypere lag godt



Figur 2.8

Temperatur og saltholdighet i 10 meter og 150 meters dyp målt ca. hver 10. dag ved Skrova i 1996. Midlere årsvariasjon og standardavvik (prikket) er også vist.
Temperature and salinity at 10 m and 150 m depth measured about every 10th day at Skrova in 1996. Mean seasonal variation and standard deviation (dotted) are also shown.

under normalen for årstiden. Omtrent ved årsskiftet 94/95 steg saltholdigheten til nær det normale og temperaturen til i overkant av normalen, og disse normale forhold fortsatte gjennom hele 1995. I første halvår 1996 var både temperatur og saltholdighet i overflatelaget under det

normale, mens 3. kvartal var noe varmere. Gjennom 4. kvartal var forholdene nær det normale. I 150 meters dyp på Skrova stasjonen lå både temperatur og saltholdighet stort sett litt over gjennomsnittet for perioden.

2.2 Plankton og næringsalter

Havforskningsinstituttet har siden 1993 gjennomført biologisk-oseanografiske undersøkelser i det nordlige Norskehavet og Grønlandshavet som en del av det europeiske forskningsprogram ESOP (European Subpolar Ocean Programme: Sea Ice - Ocean interactions). Fra et biologisk-oseanografisk synspunkt, er den viktigste faktor som karakteriserer Grønlandshavet isens tilstedeværelse om vinteren og smeltingen om våren/sommeren. Dette forårsaker dannelsen av et stabilt overflatelag som gir grunnlag til en kraftig planteplanktonoppblomstring om våren. I perioden 1993-1995 ble det observert usedvanlig lite is i Grønlandshavet om vinteren, noe som førte til forholdvis lite smeltevann og lavere stabilitet i overflatelaget. I samme periode var våroppblomstringen 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 forbrukte resten av nitraten.

I løpet av vinteren 1996 ble det igjen observert store mengder is i Grønlandshavet, i sterk kontrast til perioden 1993-1995. Observasjoner foretatt på et tokt i juli-august 1996 viste at store deler av det sentrale Grønlandshavet var dekket av smeltevann med saltholdighet lavere enn 34.5. Planteplanktonbiomasse var lav (mindre enn 1 mg klorofyll per m⁻³) og dominert av diatomeer. Flagellaten *Phaeocystis pouchetii* ble nå ikke observert i området.

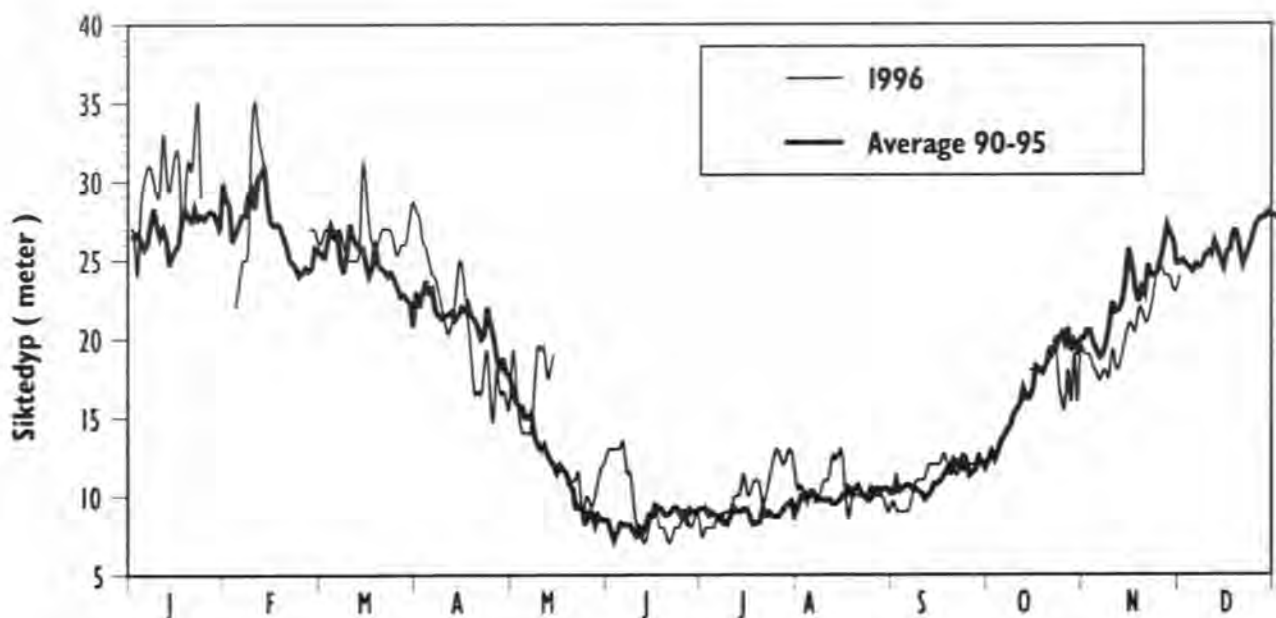
Innholdet av silikat var lavt; for det meste mindre enn 0.5 µM og begrenset tilsynelatende

diatoméveksten, mens det var fortsatt rikelig med nitrat. Høsten 1996 ble det observert fortsatt høy stabilitet i overflatelaget med lav saltholdighet. Både silikat- og nitratinnholdet hadde begynt å øke igjen, men fortsatt høye nitratkonsentrasjoner tyder på at nitraten ikke ble uttømt i vekstsesongen. Observasjonene i 1996 viser at variasjoner i isdekket i Grønlandshavet kan ha store konsekvenser for produksjonsforholdene i området.

Værskipsstasjon M (66°N, 02°Ø)

De fysiske forhold i overflatelaget har stor betydning for utviklingen av primærproduksjonen i Norskehavet. Viktigste i denne sammenheng er faktorer som lysforhold og vertikal lagdeling. Oseanografiske undersøkelser foretatt siden 1948 på Værskipstasjon 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 innsamling av fysiske og biologiske data på stasjon M. Innsamlingshyppigheten er avhengig av type parameter og varierer fra daglige til ukentlige målinger.

En av de mest sentrale målingene er daglige observasjoner av siktedypet som er en indikator på vannets gjennomsjennelighet 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



Figur 2.9 Midlere sesongmessig variasjon av siktedypet (i meter) gjennom året ved værskipstasjon M for perioden 1990-1995 (tykk linje), siktedypet i 1996 (tynn linje).
Mean seasonal variation of the Secchi disc depth (in meters) for the period 1990-1995 at Ocean Weather Station M (solid line), Secchi disc depth values for 1996 (thin line).

biomasse over tid. Lave verdier av siktedyp betyr således lav gjennomsnittshøyde og høyt innhold av planteplankton.

Siktedypverdiene målt i løpet av 1996 vises i figur 2.9 sammen med verdier i et middelår for perioden 1990-1995. Fram til ca 15. mars var siktedypverdiene konstant høye, mellom 25-30 meter. Denne perioden representerer vintersituasjonen karakterisert av lavt innhold av planteplankton. Fra ca 20. april var det en svak nedgang i verdiene til like over 20 meter. Denne perioden representerer de første tegn til planteplanktonvekst som finner sted pga. bedre lysforhold. Fra ca. 30. mai inntreffer den største reduksjon i siktedypet fra ca 20 meter til verdier omkring 8 meter. Denne perioden representerer selve våroppblomstringen. Fra begynnelsen av september er variasjonen i siktedypet lav, men en svak økning til verdier omkring 10 meter ble observert mot slutten av perioden. Denne perioden kalles sommersituasjonen. I siste del av året øker siktedypet gradvis til det igjen når vinterverdier. Økningen er hovedsakelig forårsaket av den større vertikalblanding i den øverste del av vannmassene som finner sted på grunn av vindøkningen om høsten.

Variasjonene fra år til år i planteplanktonets utvikling på stasjon M er som regel små. I 1996 ble det observert forholdsvis høye verdier helt frem til april. Selve våroppblomstringen startet i midten av april med tildels store variasjoner i siktedypet, noe som tyder på stor variabilitet i de fysiske forhold våren 1996. Om sommeren var siktedypverdiene ganske like gjennomsnittet mens overgangen til høst/vintersituasjonen skjedde noe saktere enn i normalåret.

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 gjennoppbygning 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 fortsatt til og med 1995. Den store ansamling av biomasse i et begrenset fjordområde har ført til en betydelig reduksjon av oksygeninnholdet i disse fjordområdene om høsten og vinteren.

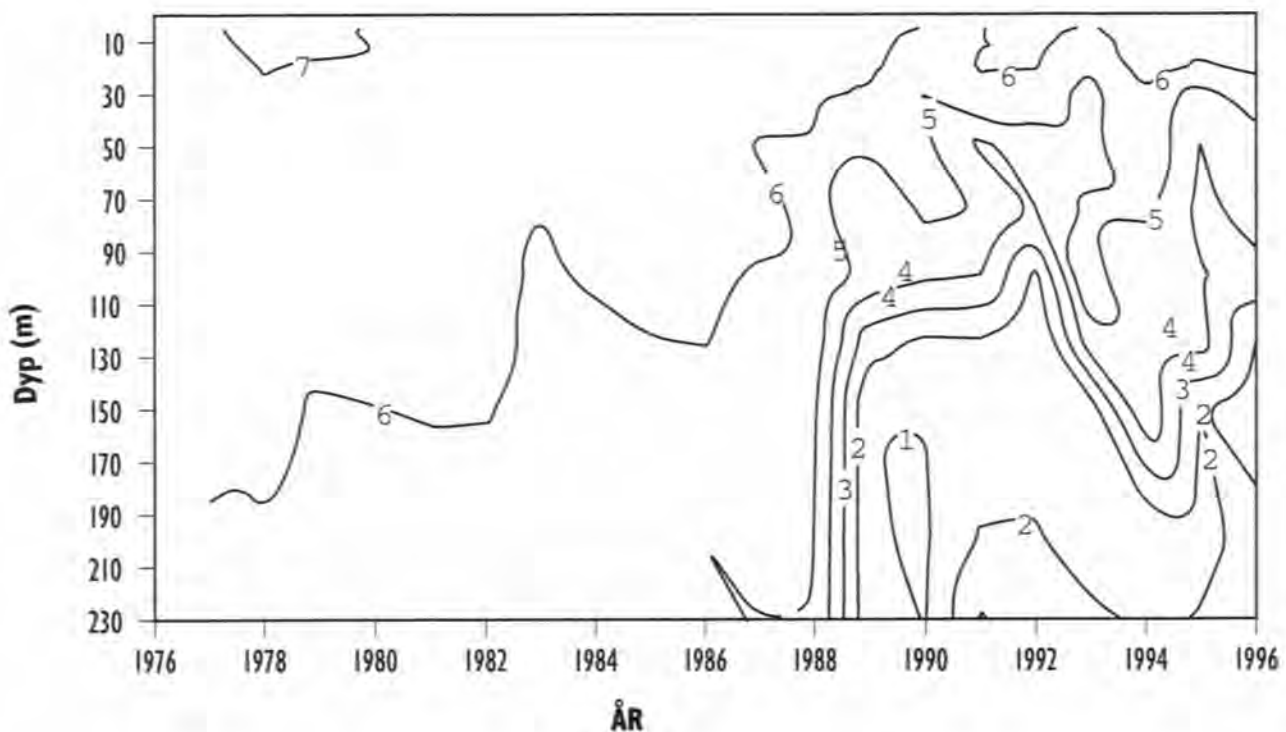
Havforskningsinstituttet har fulgt utviklingen med en serie undersøkelser hvert år i november måned. Figur 2.10 viser oksygenforholdene på en stasjon utenfor Narvik. Figuren viser en kraftig nedgang i oksygenkonsentrasjonen siden 1988 (året etter at silda begynte å vandre inn) under ca. 100 meters dyp til verdier helt ned til under 1 ml/l i 1990. Disse lave oksygenkonsentrasjonene har holdt seg ganske uforandret de siste årene i de dypeste deler av fjorden. De laveste oksygenverdiene inntreffer i januar måned når silda vandrer ut av fjordene. De siste to-tre år har en større andel av silda overvintret i Tysfjorden og en lignende reduksjon av oksygen-

innholdet er observert også der.

Dyreplankton

Innsamling av dyreplankton i Norskehavet ble som tidligere år foretatt med en planktontrål (MOCNESS) utstyrt med åtte nett som kan åpnes og lukkes i ønsket dyp på kommando fra forskningsfartøyet, eventuelt med en ordinær loddrett trukket planktontrål. Større planktonorganismer som krill, amfipoder m.m. fanges dårlig i slike relativt små fangstredskaper, og på en rekke stasjoner ble det også tatt prøver med en tradisjonell trål for å fange større planktonorganismer. I tillegg til innsamlingen i Norskehavet ble det samlet inn planktonprøver flere ganger i året på to snitt fra norskekysten i nordvestlig retning ut i havet, det ene ved Svinøy (Møre og Romsdal), det andre ved Gimsøy (Nordland) (figur 0).

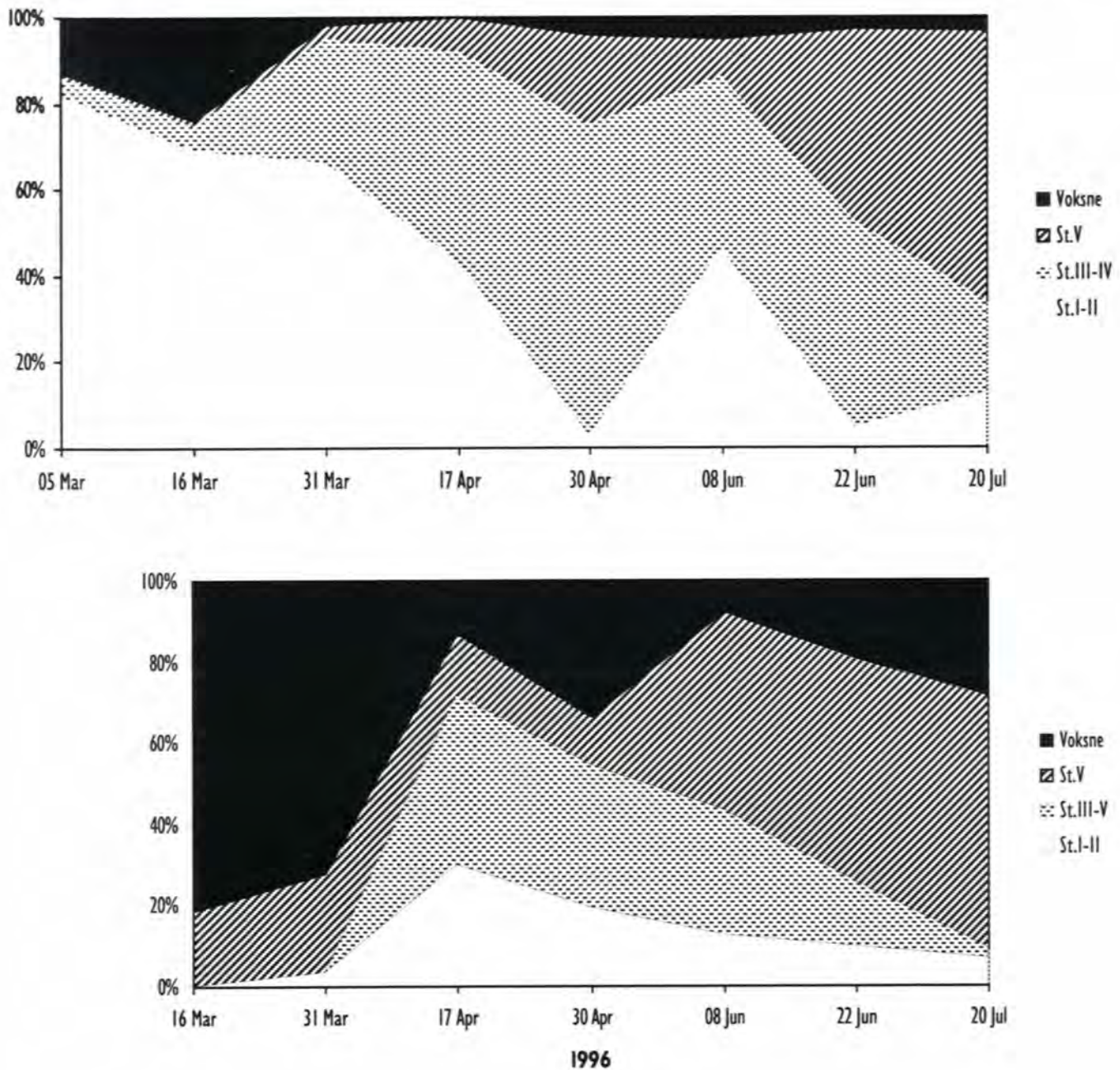
Figur 2.11 viser fordelingen av de ulike utviklingsstadiene av hoppekrepsen *Calanus finmarchicus* (rauåte) på to stasjoner på Svinøy-snittet,



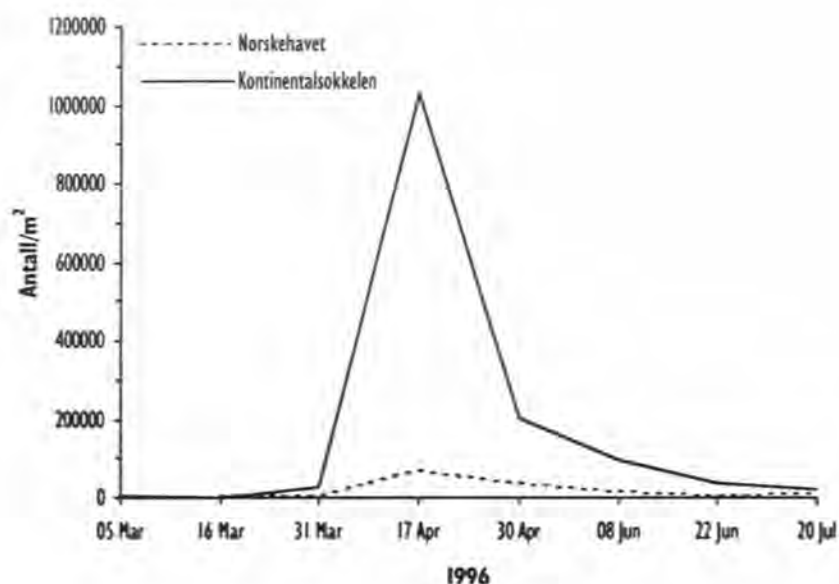
Figur 2.10. Vertikalfordelingen av oksygen (ml/l) i Ofotfjorden utenfor Narvik i perioden 1977-1996.
Vertical distribution of oxygen (ml/l) at a stasjon off Narvik (Ofotfjorden) during the period 1977-1996.

henholdsvis inne på kontinentalsokkelen (figur 2.11A) og langt til havs (figur 2.11B). Dette materialet er innsamlet med en vertikal trukket h v fra 200 m dyp til overflaten. Rau ta gjennomgår tolv utviklingsstadier eller skallskifter (NI-NVI og CI-CVI, hvorav CVI betegner voksne individer). På sokkelen utgjorde yngel (kopepodittstadium I) mellom 40 og 60 % av raud tefangsten i mars 1996. Dette bekrefter hva en tidligere har observert; at produksjonen av

en ny generasjon rauåte om våren starter tidlig på sokkelen i et område som er influert av kystvannmasser. Straks en kom utenfor sokkelen i østlige deler av Norskehavet er situasjonen en annen. Her var det relativt store mengder av overvintringsstadierene (CIV-CVI), i alle fall frem til mars måned. Rau tebestanden i de atlantiske vannmassene var på dette tidspunkt i en overgangsfase fra overvintringsområdet i dypet til en v rlig overflatefordeling. Produksjonen kom i



Figur 2.11 Fordeling av ulike utviklingsstadier av rauåte på Svinøysnittet. a) over kontinentalsokkelen, og b) ute i Norskehavet
Distribution of Calanus finmarchicus developmental stages at the Svinøy transect. a) over the continental shelf, and b) in the Norwegian Sea

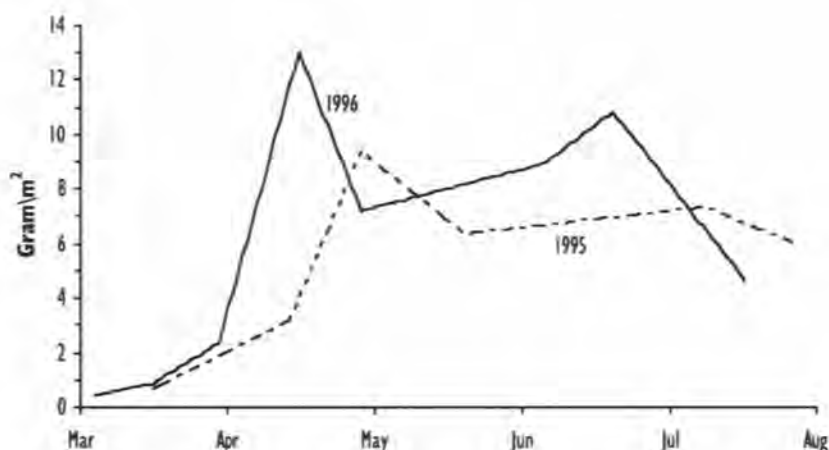


Figur 2.12. Rauåtemengdene (antall individer pr. m² overflate) på to stasjoner på Svinøy-snittet i 1996, én på kontinentalsokkelen, én ute i Norskehavet. *Numbers of Calanus finmarchicus per m² surface at two stations along the Svinøy transect; over the continental shelf, and in the Norwegian Sea.*

gang i april, og allerede 17. april var det relativt store mengder av det yngste kopepodittstadiet.

Figur 2.12 viser rauåtemengdene på disse to stasjonene, gitt i antall individer pr. m² overflate i de øverste 200 meter. Rauåtemengdene er langt høyere på sokkelen, hvor det i midten av april ble observert vel 1 million individer pr. m² mot et maksimum på ca. 70 000 ute i Norskehavet på samme tid. I mars-april 1995 fant vi et relativt lite antall av yngste stadiene av rauåte. At de var langt mer tallrike i 1996 tyder på at produksjonen startet tidligere dette året.

Figur 2.13 viser en sammenlikning mellom planktonmengdene på Svinøysnittet mellom årene 1995 og 1996 som et gjennomsnitt for samtlige stasjoner. Biomassene var lave og ganske like i mars begge disse årene. De største forskjellene mellom årene var i april, hvor biomassene var langt høyere i 1996. Dette har sammenheng med den tidlige rauåteproduksjonen siste år. Tidligere undersøkelser har vist en ganske nær sammenheng mellom total biomasse av plankton og rauåtemengden, siden rauåta dominerer i planktonet. Også ut over våren synes totalbiomassen i 1996 på Svinøysnittet å være noe høyere enn året før.



Figur 2.13 Planktonmengder (g/m², gjennomsnitt for alle stasjoner) på Svinøy-snittet i 1995 og 1996. *Plankton biomass (g/m², average for all stations) at the Svinøy transect in 1995 and 1996.*

2.3 Yngelproduksjon

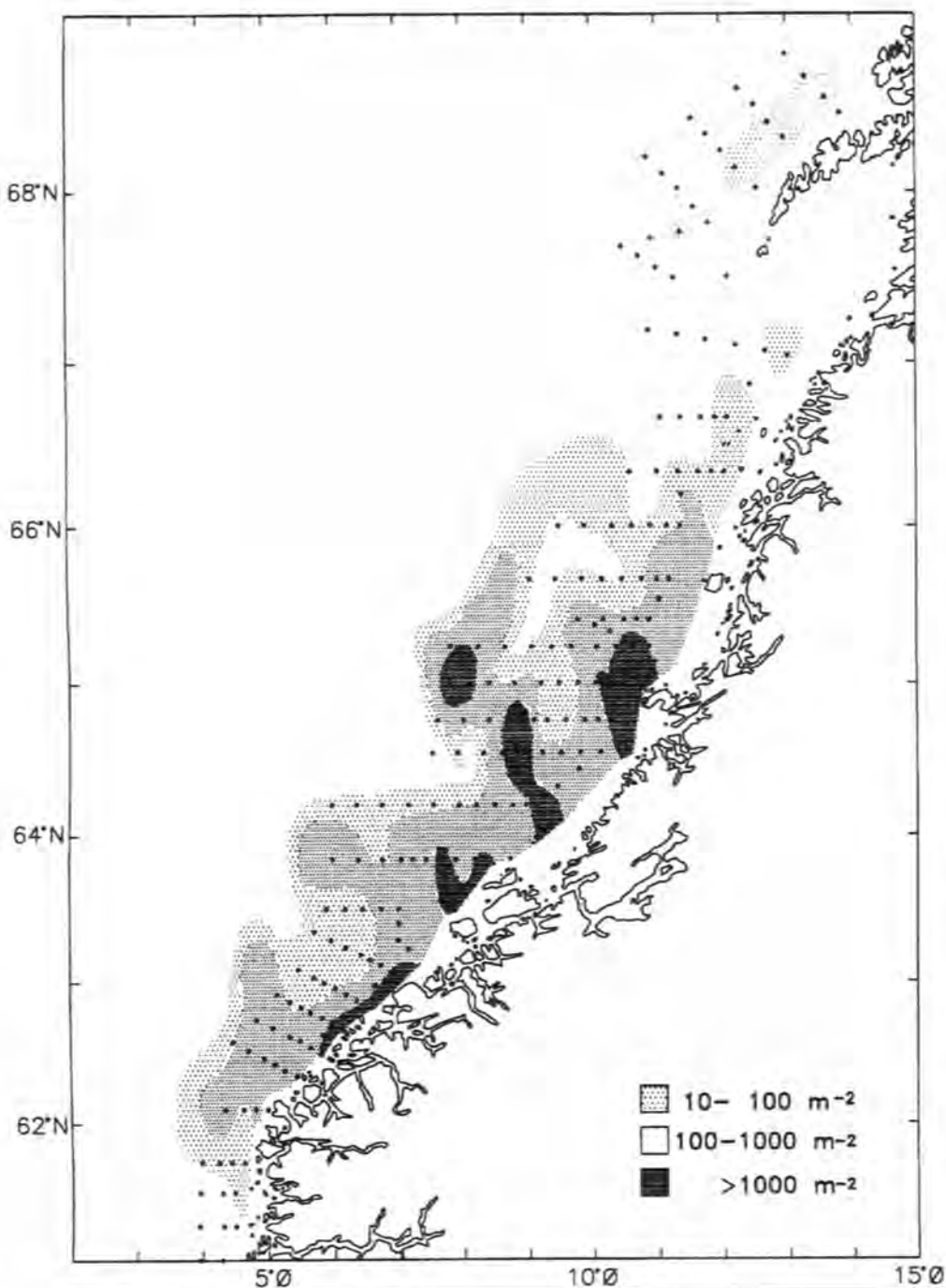
Sild

Utbredelsesområdet for sildelarver ble dekket under et tokt med F/F "Michael Sars" i perioden 9.-25. april 1996 (figur 2.14). Det ble funnet svært høye sildelarvekonsentrasjoner (>1000 larver/m²) over og i nordkanten av Haltenban-

ken, ved Sklinnabanken, i østkanten av Frøya-banken og ut for Møre. Det ble funnet høye konsentrasjoner (100-1000 larver/m²) i store deler av det undersøkte området mellom Stad og Træna. Det var en klar økning i larvemengdene i forhold til de forutgående år, og årets indeks ble beregnet til 28.0 (figur 2.15), den høyeste siden 1985. Pålite-

ligheten til denne indeksen er avhengig av hvor godt dekket larvenes utbredelsesområde er. Indeksen er også avhengig av tidspunktet for innsamlingen i forhold til tiden for sildelarvenes klekking. Med så stor usikkerhet innebygd gir indeksen bare et relativt grovt estimat på larvemengdene i sjøen, og derav en indikasjon på gytebestandens størrelse.

Antallet sildelarver sier lite om den kommende årsklassens styrke. Den er avhengig av en rekke faktorer av varierende betydning for silda gjennom hele



Figur 2.14

Utbredelse av sildelarver 9. - 25. april 1996

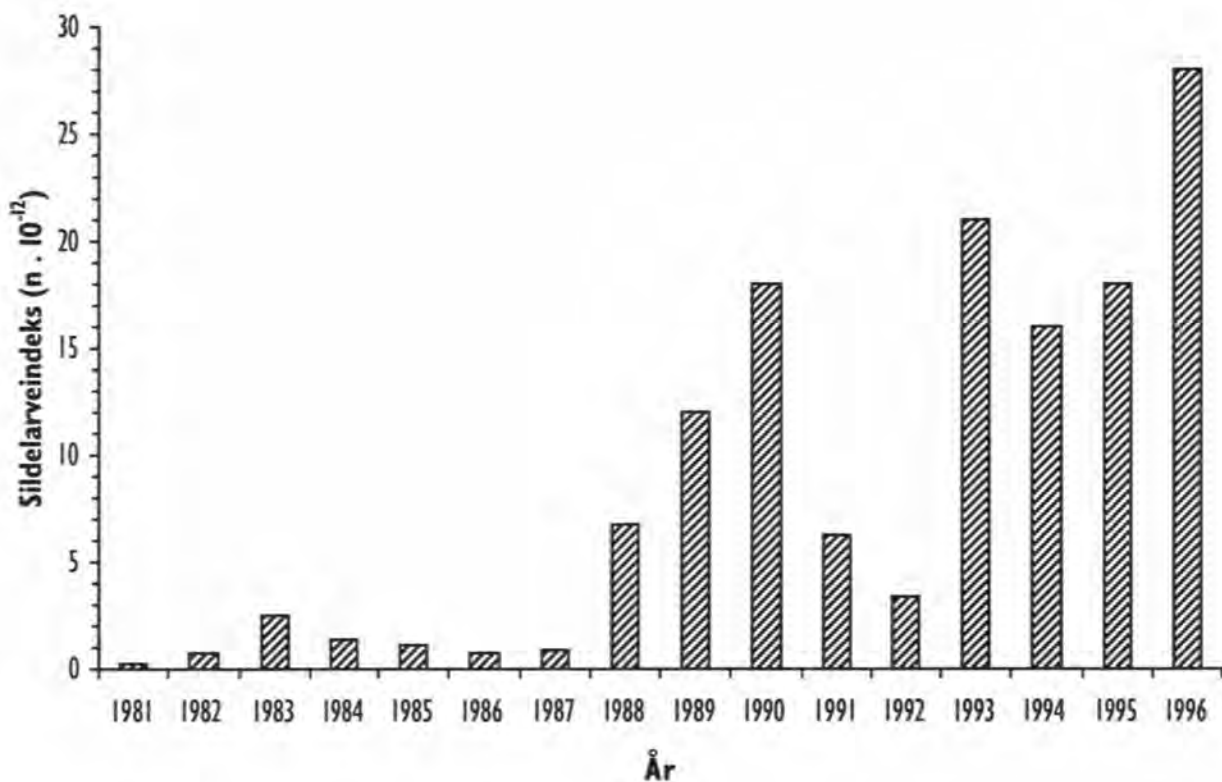
Distribution of herring larvae 9 - 25 April 1996.

det første leveåret. I årets dekning så det imidlertid ut til at en stor del av sildelarvene hadde hatt et vellykket første næringsopptak og hadde begynt å vokse. Veien frem til en sterk årsklasse er imidlertid lang og farefull. Fysiske forhold og næringstilbud i Kyststrømmen hvor larvene og yngelen transporteres samt beitepresset på larvene, er avgjørende for hvor mange som skal vokse opp. Selv en sterk årsklasse har en enorm dødelighet slik at det bare er noen få hundre-deler av en promille som vokser opp og rekrutterer til gytebestanden.

I begynnelsen av juni ble det tatt noen få tråltrekk etter sildelarver på et tokt med F/F "Michael Sars". Stasjonene ble tatt over norsk sokkel fra Frøyabanken til Røst, og det ble tatt prøver av sildelarvene for å studere mikrostrukturen i otolittene, og derav alderen og vekstmønsteret. Det ble funnet høye konsentrasjoner av silde-

larver (over 20000 pr. hal) på flere av de sydligste stasjonene, mens det ble funnet få sildelarver i den nordlige delen. En forklaring på den sydlige fordelingen kan være det kraftige innslaget av nordavind utover våren og forsommeren. Under et tokt med F/F "Michael Sars" ut for Røst i midten av juli ble det imidlertid funnet gode forekomster av sildeyngel.

Det ble registrert endel 0-gruppesild under høstens tokt, og årsklassens styrke kan karakteriseres som middels. Dette er lite tatt i betraktning de store larvemengdene som ble produsert våren 1996, men dødeligheten på postlarve- og yngelstadiet må ha vært høy. I tillegg er det usikkert hvor mye som vil vokse opp med det beitepresset fra torsk, som det er på ungsild i Barentshavet nå. Sannsynligheten er stor for at mesteparten av 1996-årsklassen vil bli beitet ned i løpet av høsten 1996 og vinteren 1997.



Figur 2.15 Sildelarveindeksen for perioden 1981 - 1996
The index of herring larvae for the period 1981 to 1996

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 dybden går ned til over 700 meter i Skagerrak. Dybdeforholdene er viktige for sirkulasjonen i Nord-

sjøen 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. Oppvarmingen 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-



Figur 3.1

Skisse av den generelle sirkulasjonen i Nordsjøen, sammen med de viktigste dybdeforholdene.

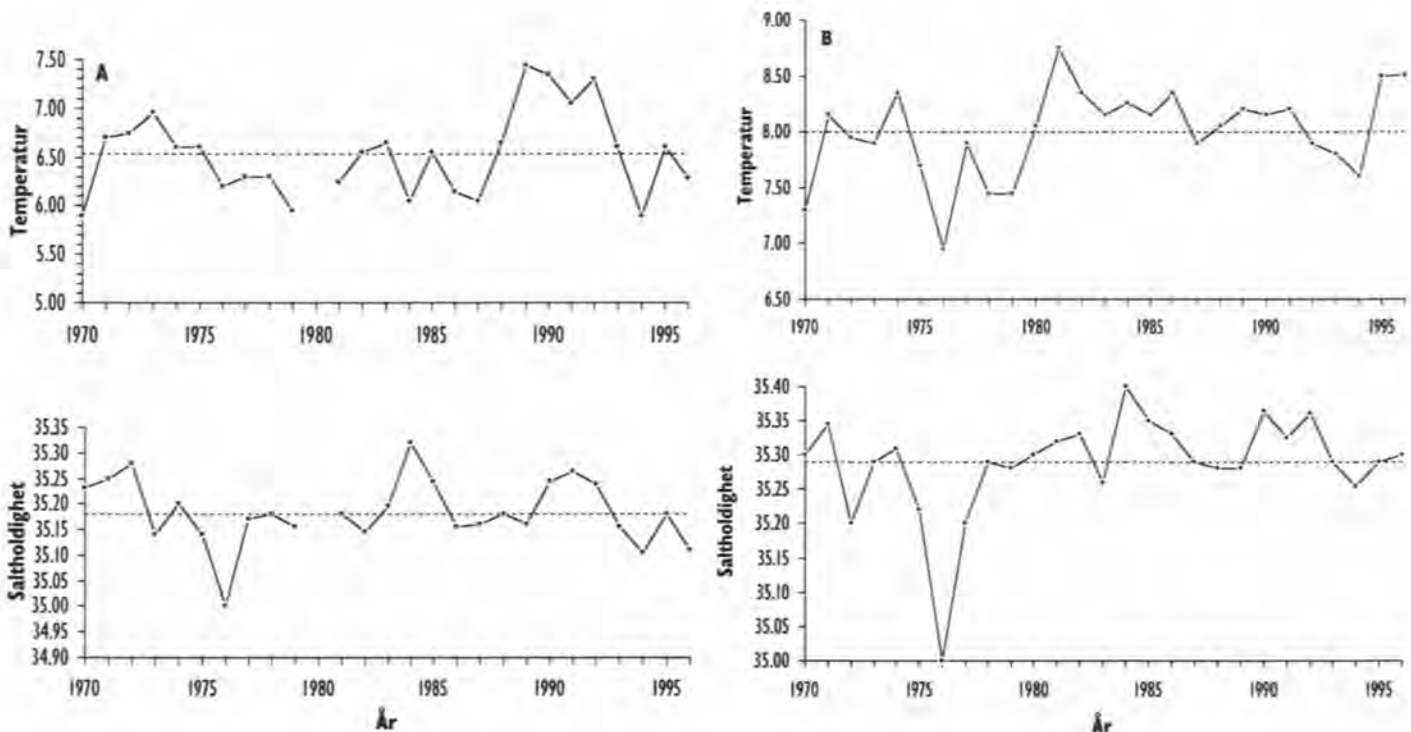
Sketch of the general circulation of the North Sea together with the most conspicuous bathymetric features.

variasjonene er endringer i innstrømmingen av atlantisk vann, vindforhold, varmeutveksling med atmosfæren og ferskvanntilførselen.

Vinteren 1995/96 var karakterisert av en uvanlig lang kuldeperiode med meget lite nedbør over Europa. Dette førte til at overflatetemperaturene i den sørlige Nordsjøen om vinteren og våren kom godt under langtidsnormalen. I de sørøstre deler av Nordsjøen og i Tyskebukta var temperaturene i mars mer enn 3°C lavere enn normalt for årstiden. Også i mai-juni var det relativt kaldt i overflaten, hovedsakelig i de sørøstlige områder av Nordsjøen. Pent og varmt vær på ettersommeren førte til overflatetemperaturer nær eller litt over normalen ut over høsten i de fleste områder. I den sørlige og sentrale Nordsjøen lå det kalde vintervannet igjen nær bunnen utover våren og sommeren, og i juli måned var bunn-temperaturene ennå ca 1.5°C under det normale for årstiden.

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 over Nordsjøplataet. Figur 3.2.B viser tilsvarende målinger fra en stasjon på vestskråningen av Norskerenna, i kjernen av innstrømmende atlantisk vann fra Norskehavet (posisjon B - se figur 3.1 for lokalisering). Temperatur og saltholdighet er i middel henholdsvis 1-2°C og ca 0.1 psu lavere over Nordsjøplataet i forhold til i det innstrømmende atlantiske vannet i Norskerenna.

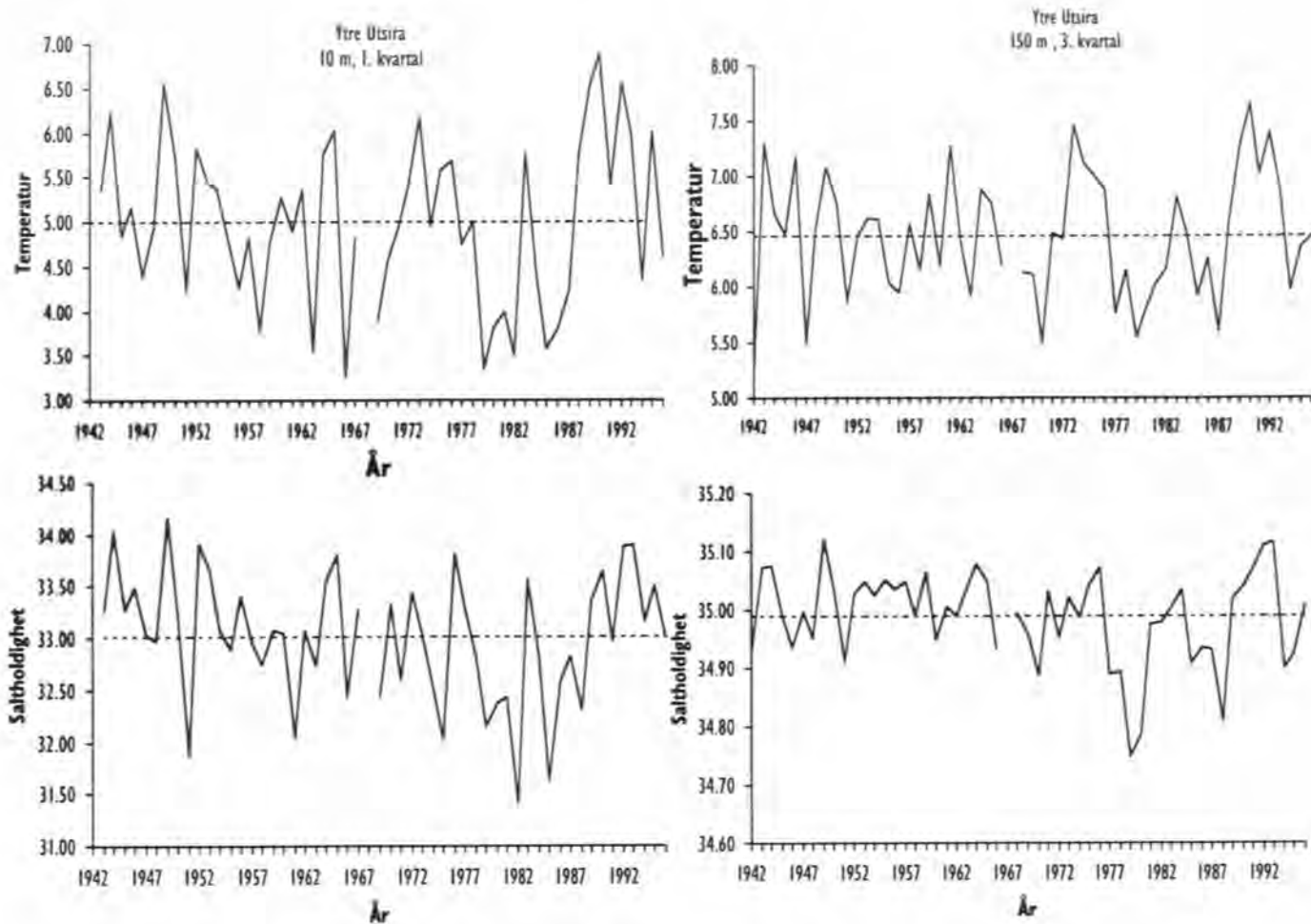
I perioden 1988 til 1992 hadde Nordsjøen et uvanlig mildt klima, og vintrene 1989 og 1990 var sannsynligvis de varmeste i de siste 130 år, mens 1942 og 1977-79 var de kaldeste. Etter



Figur 3.2.

Temperatur og saltholdighet nær bunnen 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 1970-1996. 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 1970-1996. Location of A and B in figure 3.1.



Figur 3.3 Middelerverdi og årlige variasjoner i temperatur og saltholdighet i 10 m (1. kvartal) og 150 m dyp (3. kvartal) ved Utsira.
Mean values and yearly variation of temperatures and salinity at 10 m (1. quarter) and 150 m depths (3. quarter) at Utsira.

1992/93 sank temperaturen, og i 1994 lå både saltholdighet og temperatur under det normale i nordlige Nordsjøen. Dette var et resultat av en gradvis redusert innstrømming av atlantisk vann og økt lokal avkjøling. I 1995 snudde den synkende tendensen i temperatur og saltinnhold 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 mindre nedgang i saltholdighet og temperatur over Nordsjøplatået, knyttet til redusert innstrømming av atlantisk vann i begynnelsen av året (figur 3.2.A).

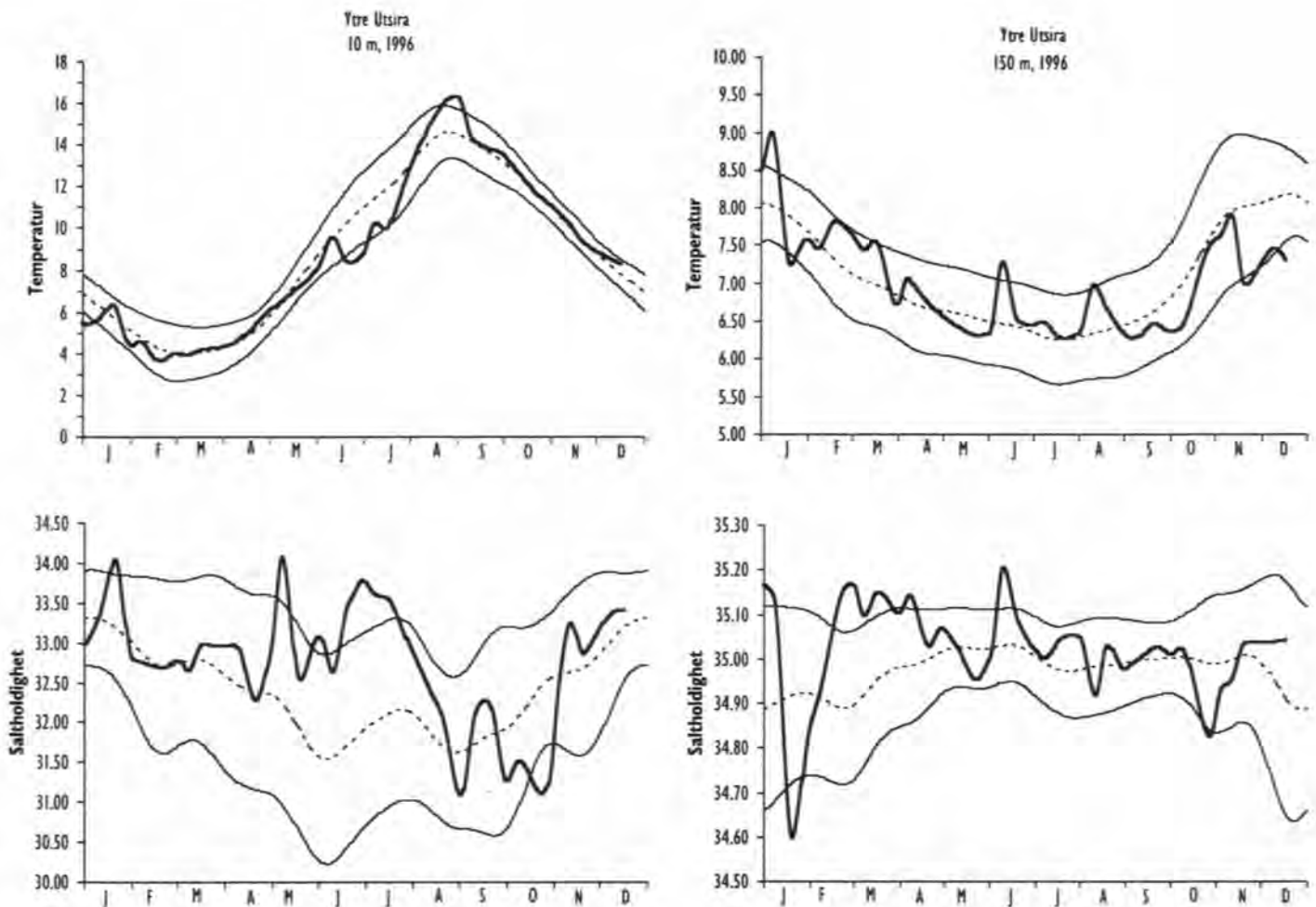
Klimaforholdene i de norske kystfarvannene knyttet til Nordsjøen-Skagerrak observeres regelmessig på de faste hydrografiske stasjoner ved Torungen, Lista, Utsira og Sognesjøen hvor temperatur og saltholdighet blir observert i standard-

dyp fra overflaten til bunn (for lokalisering se figur 0). Figur 3.3 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 1942-1996 ved Utsira. Tidsseriene fra 10 meters dyp, som representerer variasjonene i overflatelaget, er sterkt avhengige av lokale og regionale vær- og strømforhold som kan medføre store svingninger fra år til år. Spesielt interessante 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. I 1996 lå temperatur og saltholdighet i 1. kvartal igjen nær det normale 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 innstrømmingen av atlantisk vann til Nordsjøen. I dette dypet varierer temperaturen (som i 3. kvartal er nær årets minimum) vanligvis i samsvar med saltholdigheten, idet Atlanterhavsvann er varmere og salttere 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 dette tyder på relativt stor innstrømming av Atlanterhavsvann til Norskerenna og Skagerrak mellom 1990 og 1993. I 1994 falt både temperatur og saltholdighet til under det normale, et klart tegn på reduserte tilførsler av atlantisk vann til Nordsjøen. I løpet av 1995 og 1996 normaliserte temperatur og saltinnhold seg til omkring det normale for årstiden. Variasjonene i temperatur og



Figur 3.4

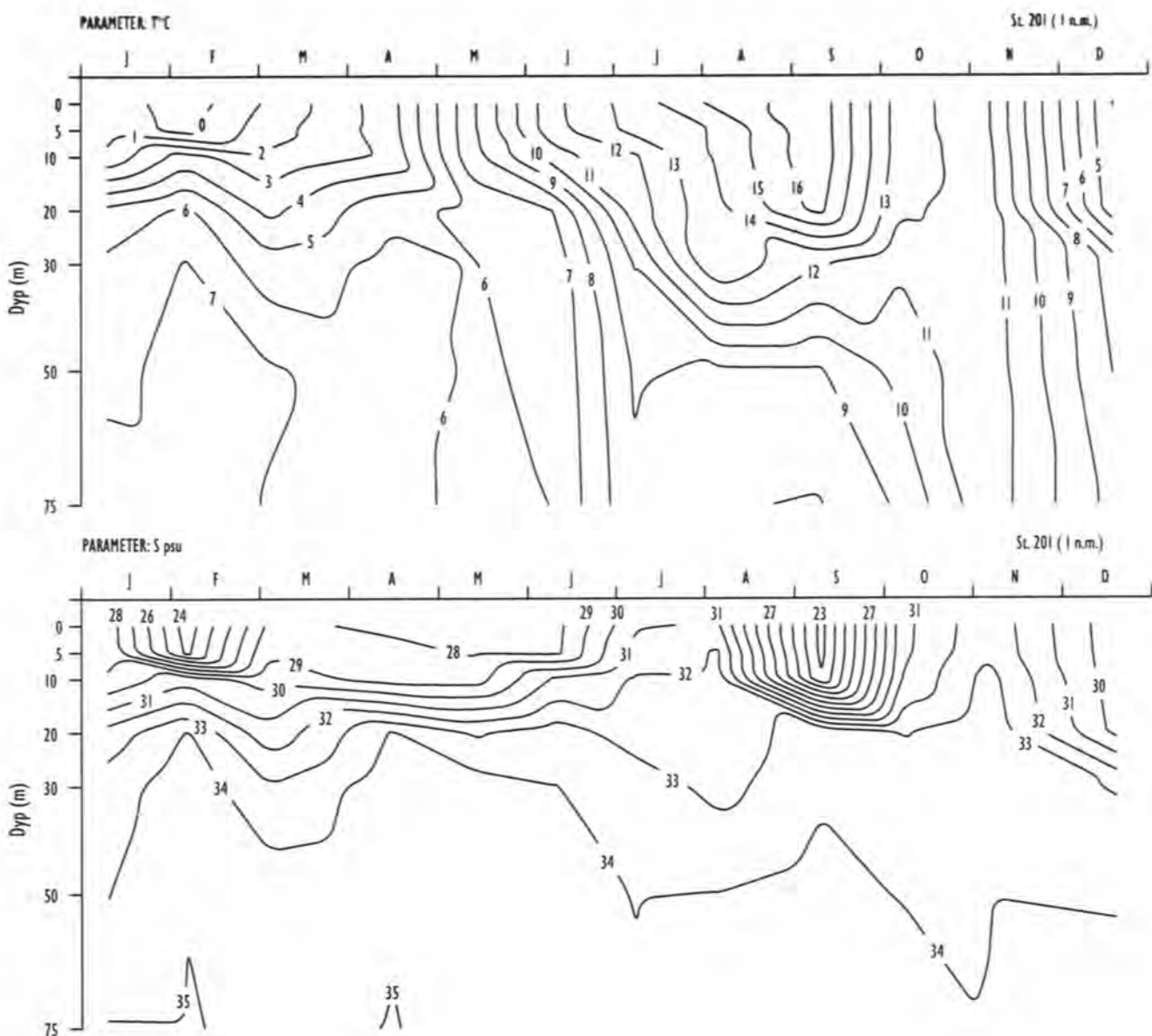
Temperatur og saltholdighet i 10 m og 150 m dyp målt ca. hver 10. dag ved Utsira i 1996. Midlere årsvariasjon og standardavvik (prikket) er også vist.
Temperature and salinity at 10 m and 150 m depth measured about every 10th day at Utsira in 1996. Mean yearly variations and standard deviations (dotted) are also shown.

saltholdighet de siste åra i Norskerenna samsvarer i stor grad med modellert atlantisk innstrømming til Nordsjøen.

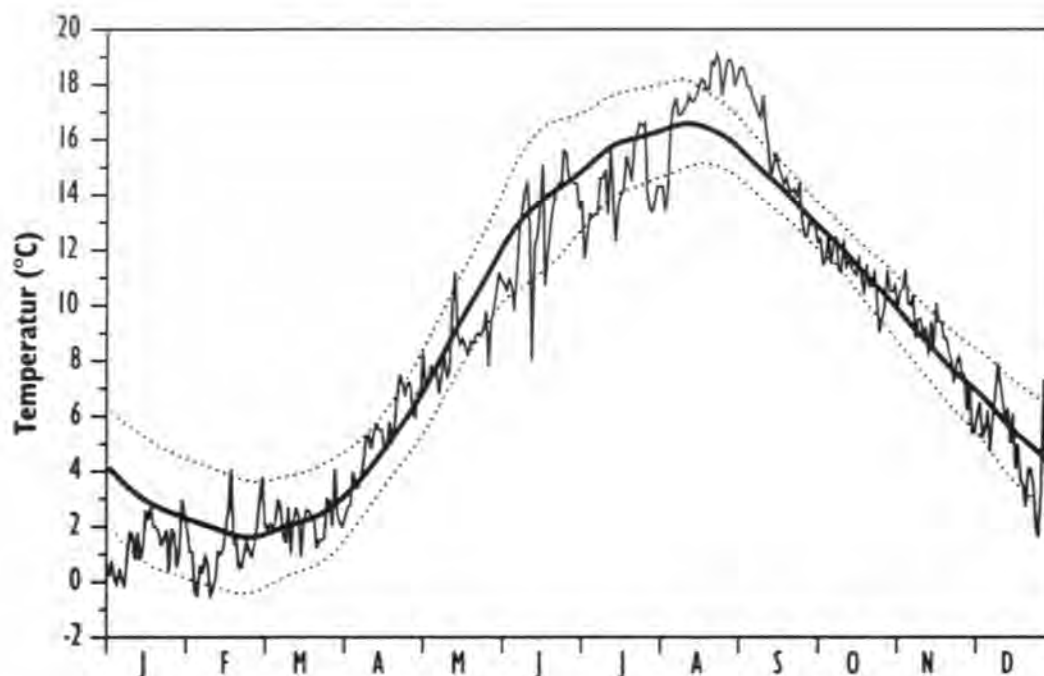
Figur 3.4 viser temperatur og saltinnhold i 10 og 150 meters dyp ved Utsira i løpet av 1996 sammenlignet med langtidsnormalen. Saltholdigheten i overflatelaget varierte som ventet mye gjennom året. Variasjonene skyldes i stor grad lokale vindforhold og utstrømming av vann med lavere saltholdighet fra Skagerrak. De høye saltholdighetene i overflatelaget fra mai

til august gjenspeiler de sterkt reduserte ferskvanntilførsleene til kystvannet pga uvanlig lite nedbør både i Norge og Nord-Europa i 1996. Temperaturforholdene var tilnærmet normale gjennom året; bortsett fra juni og juli med relativt lave og august og september med relativt høye overflatetemperaturer.

I 150 meters dyp varierte temperaturen i løpet av 1996 omkring det normale, mens saltholdighetene økte markert i perioden fra februar til april som følge av en forbigående økt innstrømming



Figur 3.5 Temperatur og saltholdighet i 1996 i de øverste 75 meter, ca 1 n.m. utenfor Torungen fyr ved Arendal.
Temperature and salinity in 1996 at station 1 n.m. outside Torungen lighthouse near Arendal.



Figur 3.6 Daglige temperaturobservasjoner på 1 meter dyp i 1996 ved Forskningsstasjonen Flødevigen. Den tykke linjen viser glattet middeltemperatur sammen med standardavviket (tynne linjer) for 30-årsperioden 1961-1990 samme sted. *Daily temperature observations at 1 m depth in 1996 at the Flødevigen Marine Research Station. The bold curve shows the smoothed mean temperature together with the st. dev. for the 30-years period 1961-1990.*

av atlantisk vann. Deretter varierte saltholdighetene omkring det normale for årstiden.

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 brakkvann 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 sentrale 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 3.5), stort sett mellom 10 og 20 meter. Skagerrakvannet var stort sett dypere enn 75 meter med unntak av i februar og april med oppstrømming av atlantisk vann til ca 70 meters dyp. Brakkvann ble observert i januar-februar i forbindelse med drivis i indre Skagerrak og i den varme perioden i august-september med økt ferskvannsavrenning fra land.

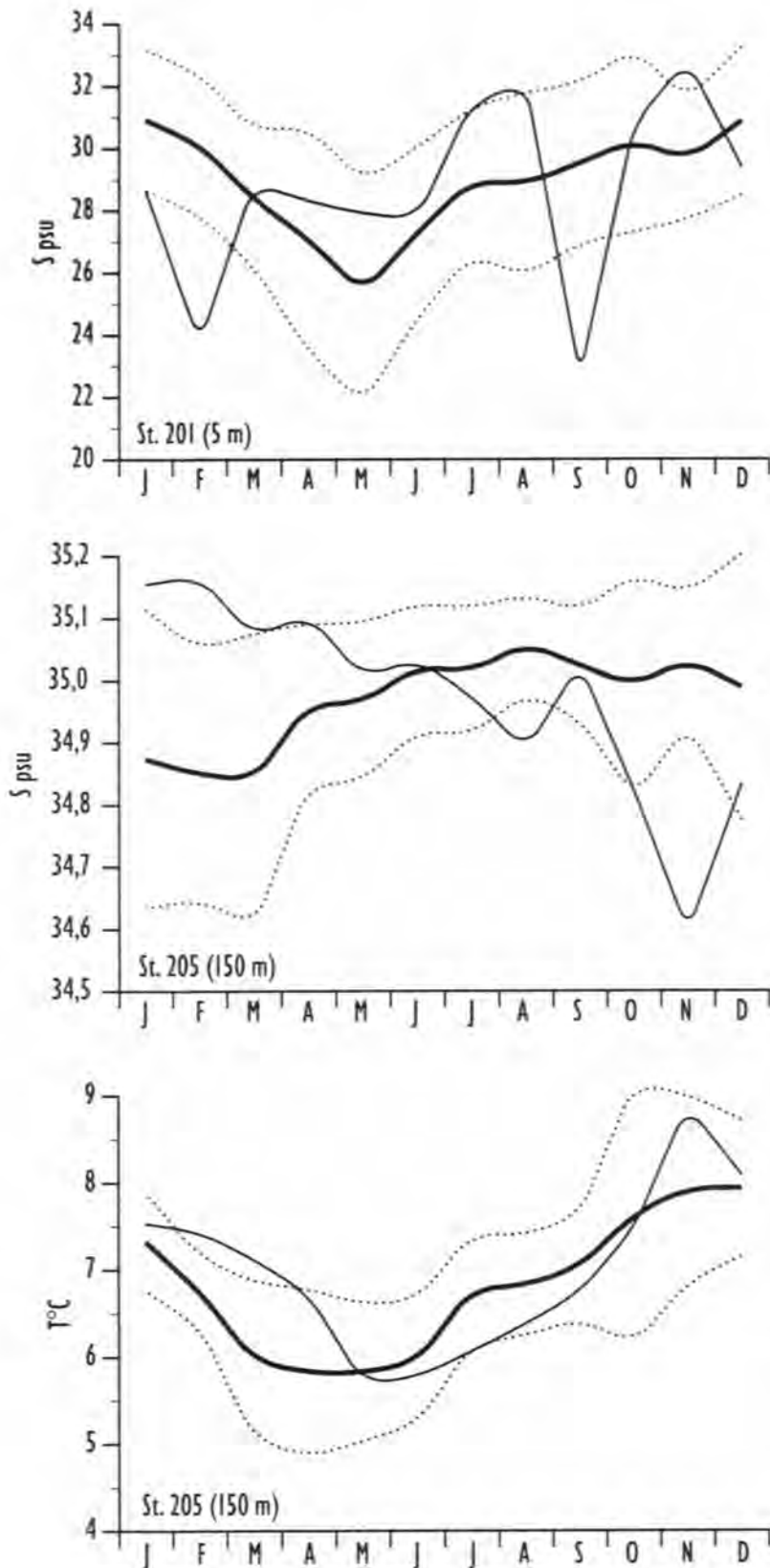
Temperaturutviklingen i øvre vannlag ved Flødevigen (figur 3.6) viste, i motsetning til i 1995, vintertemperaturer tildels betydelig under langtidsnormalen i januar og første halvdel av februar. Ikke siden 1987 har det vært observert så mye is langs Skagerrakkysten. Fra mars til begynnelsen av mai varierte temperaturen omkring normalen, mens den deretter og frem til

begynnelsen av august lå tildels betydelig under det normale for årstiden. Det varme sommerværet i august og første halvdel av september resulterte i en markert temperaturøkning i overflatelaget, mens det kalde vinterværet i første del av desember medførte en markert avkjø-

ling av overflatelaget ved Flødevigen og langs Sørlandskysten.

I 150 m dyp (figur 3.7) var det i begynnelsen av året betydelig større innslag av atlantisk vann langs Skagerrakkysten enn normalt for årstiden.

Det tunge, salte vannet resulterte i vannutskifting og tilførsler av oksygenrikt vann til en rekke fjordbasseng langs Skagerrakkysten. Fra juli-august var det en markert saltholdighetsreduksjon, og vannmassene i 150 meters dyp ble erstattet med vann hovedsakelig fra den sentrale og sørlige Nordsjøen. Temperaturen i 150 meters dyp fulgte stort sett langtidnormalen, men innstrømmingen av de atlantiske vannmassene i begynnelsen av året medførte temperaturer tildels betydelig over normalen for årstiden. Figur 3.8 viser at oksygenforbruket i 100 meters dyp i Risørbassenget, etter innstrømmingen av salt og oksygenrikt vann vinteren 1996, fortsatt var omlag 50% høyere enn oksygenforbruket før omlag 1980. Økningen i oksygenforbruket i dette terskelbassenget og i andre terskelbasseng i indre Skagerrak er i hovedsak et resultat av bety-



Figur 3.7 Saltholdighet på 5 m og 150 m dyp henholdsvis 1 n.m. og 5 n.m. og temperatur på 150 m dyp 5 n.m. utenfor Torungen fyr ved Arendal i 1996, basert på målinger ca. en gang pr. mnd. (tynn heltrukken linje). Langtidsmiddel (tykk heltrukken linje) og standardavvik (stiplet linje) i 5 m 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 1996 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.

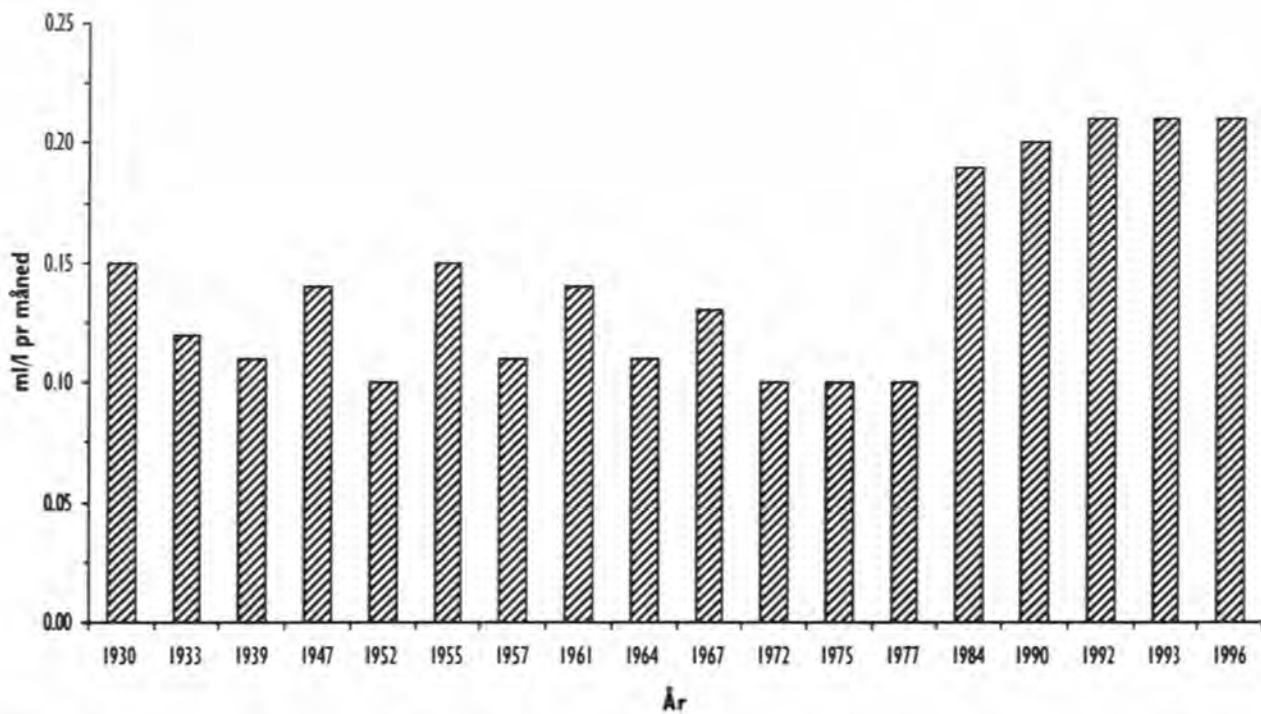
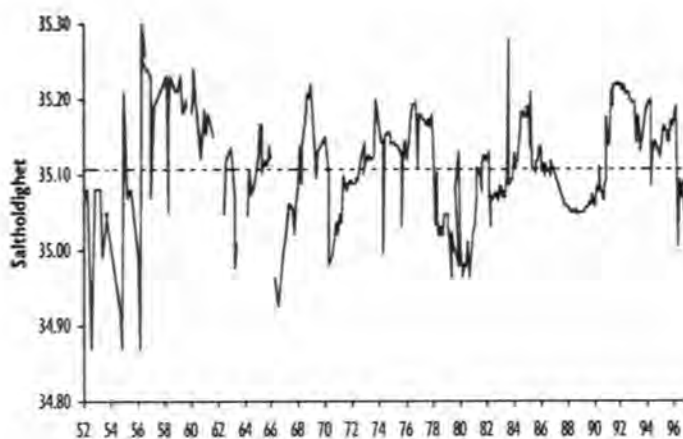
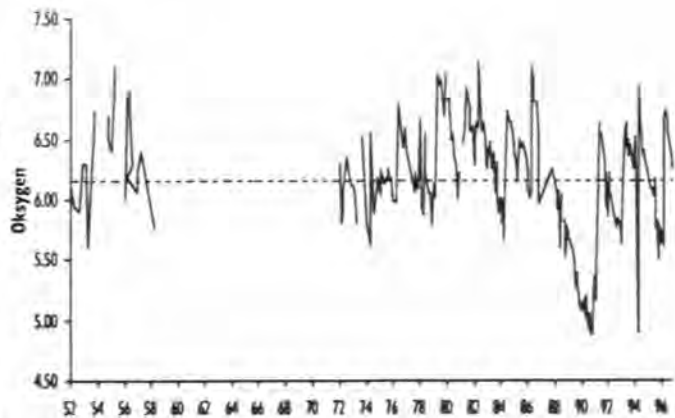
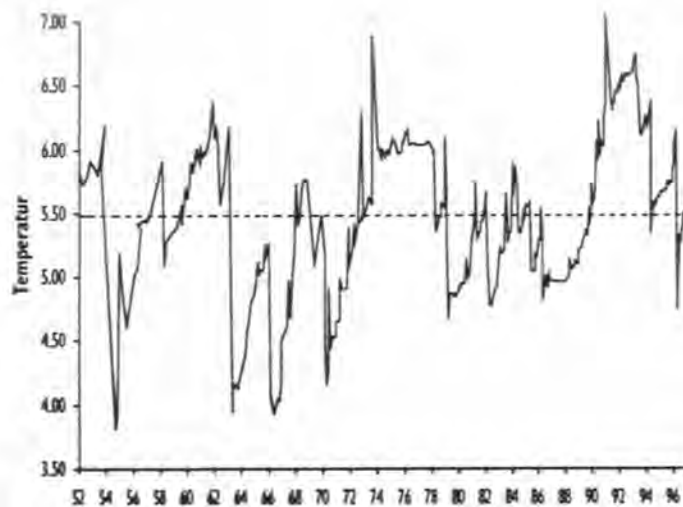


Fig. 3.8 Oksygenforbruk i 100 meters dyp i Risørbassenget i utvalgte år fra 1930 til 1996.
Oxygen consumption at 100 meter depth in the Risør basin in chosen years from 1930 to 1996.

delig økte tilførsler av menneskeskapt nærings-salter og organisk materiale fra den sørlige Nordsjøen og Kattegat/Østersjøen etter 1970-80 .

Figur 3.9 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-konsentrasjonene i Skagerrakbassenget som

noen gang er observert (ca 4.8 ml l⁻¹). Temperaturene i 1990/91, like før innstrømmingen, var de høyeste siden målingene startet i 1947. De 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 relativt kaldt og oksygenrikt vann fra Nordsjøplatået vinteren 1996, økte temperaturen igjen i siste halvdel av 1996 og både temperatur og oksygen lå ved årsskiftet nær det normale for årstiden.



Figur 3.9 Variasjoner i temperatur, saltholdighet og oksygen i 600 m dyp i Skagerrakbassenget, posisjon 58°8' N, 09°Ø, for årene 1952-1996.

Variations in the temperature, salinity and oxygen of the bottom water (600 m depth) in Skagerrak for the years 1952-1996.

3.2 Plankton og næringsalter

Skagerrak og vestkysten av Danmark

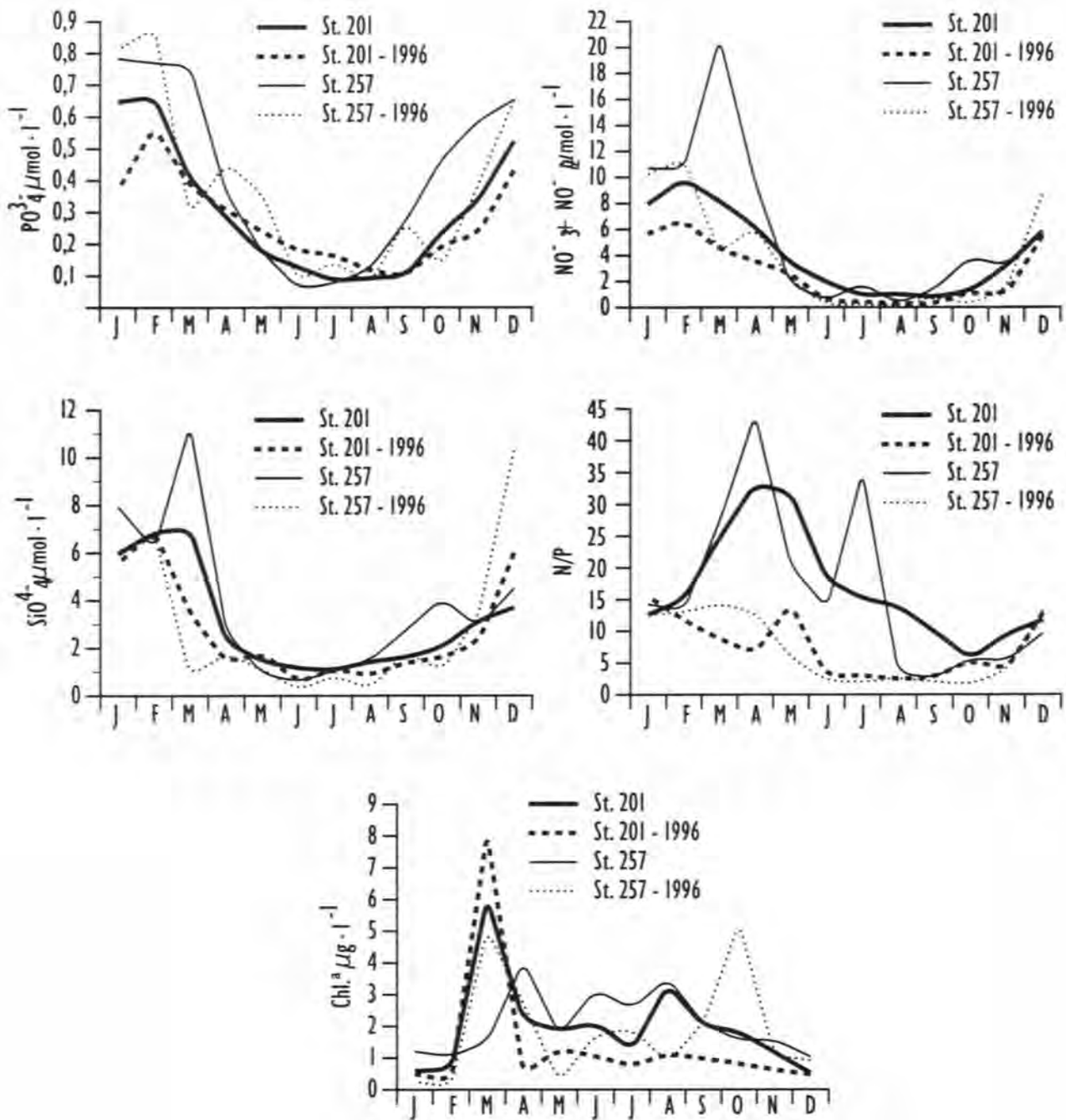
Etter 1970-80 har det vært en betydelig økning i tilførslene av menneskeskapt næringsalter fra sørlige Nordsjøen og Kattegat. I motsetning til de siste to årene var det svært lite nedbør over kontinentet i løpet av vinteren-våren 1996 med betydelig reduserte tilførsler av menneskeskapt næringsalter til den sørlige Nordsjøen og Kattegat. Dette ga seg særlig utslag i sterkt reduserte nitratkonsentrasjoner, nitrat/fosfat-forholdet (N:P) og silikatkonsentrasjoner både i innstrømmende Nordsjøvann ved Hirtshals og i de øvre 30 meter av vannsøylen langs Sørlandskysten (figur 3.10). I løpet av 1996 ble det heller ikke observert høye konsentrasjoner av *Chrysochromulina spp.* eller andre skadelige

alger i Skagerrak i 1996 (se under).

Den kalde og stabile vinteren 1995/96 gav en uvanlig kraftig våroppblomstring av kiselalger (diatoméer) langs kysten av Skagerrak i februar-mars (figur 3.10 og 3.11). Tidlige og kraftige våroppblomstringer er typisk for kalde vintre som preges av østlige vinder. Også på dansk side var våroppblomstringen uvanlig kraftig og tidlig. Den nådde toppen i mars, mot normalt i april (figur 3.10). Våroppblomstringen av kiselalger både utenfor danskekysten og på norskekysten var preget av arter fra slektene *Chaetoceros* og *Detonula*. I tillegg bidro algeslekten *Thalassiosira* betydelig ved norskekysten. Fra april og ut året var det stort sett normalt eller litt mindre enn normalt med algebiomasse i form

av klorofyll *a*, enn det som er vanlig i Skagerak. I juni og juli ble kalkflagellaten, *Emiliana*

huxleyi, registrert i millionvis pr. liter i Skagerak, og gav sjøen en turkis farve, men fordi det



Figur 3.10

Månedsmidler for de øvre 30 m dyp på henholdsvis 1 n.m. (st. 201) og 25 m dyp på 57 n.m. (st. 257) utenfor Tørungen fyr ved Arendal i 1996 for fosfat, nitrat+nitritt, silikat, forholdet mellom nitrat+nitritt og fosfat og klorofyll-a (stiplete 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 mean in the upper 30 m depth at 1 n.m. (st. 201) and 25 m depth at 57 n.m. (st. 257) outside Tørungen lighthouse near Arendal in 1996 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 parameters.

er en liten alge gav det seg ikke utslag i særlig høye klorofyllverdier. De episodiske klorofylltoppene, som ble registrert i Flødevigen i juni og juli (figur 3.11), skyldtes i større grad ulike kiselalger og andre alger. Gjennom høsten var

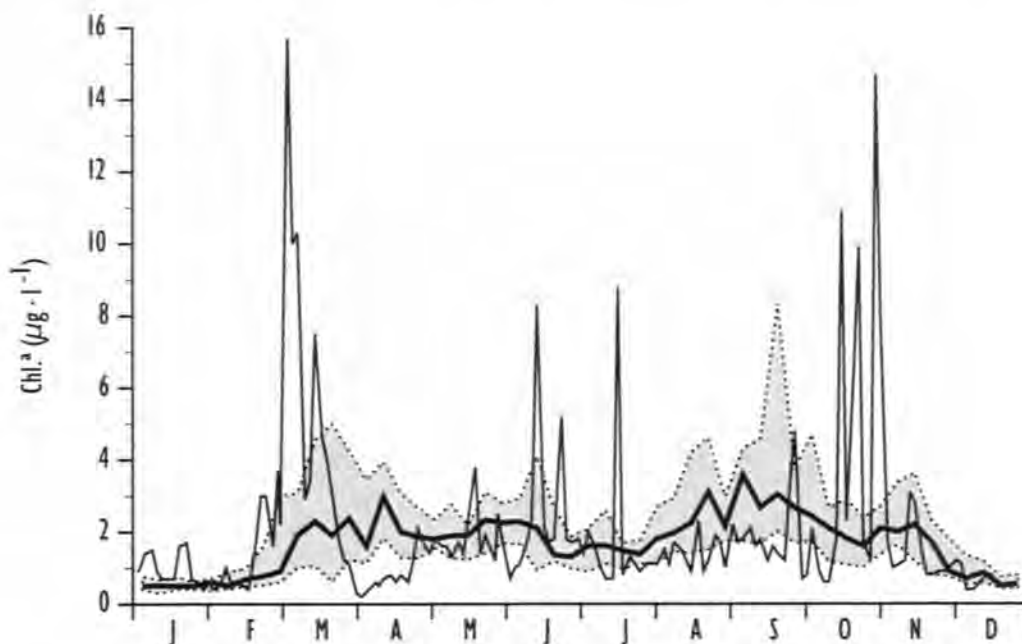
det et rikt mangfold av kiselalger og dinoflagellater. Til klorofylltoppene i oktober (figur 3.10 og 3.11) bidro særlig dinoflagellatslekten *Ceratium*, spesielt arten *Ceratium furca*.

3.3 Skadelige alger

For å kunne varsle fiskeoppdrettere og skjelldyrkere om risiko for skadelige planteplanktonforekomster 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 diaréfremkallende gift i skjell. Etter en stor og dramatisk oppblomstring av *Chrysochromulina polylepis* i mai 1988, kom også *Chrysochromulina*-slekten med i overvåkningsprogrammet. De siste årene er også forekomsten av

algenslekten *Alexandrium* i håvtrekk vært registrert. Forekomst i håvtrekk kan ikke omregnes til konsentrasjoner i sjøvann, men gir en pekepinn om algen er vanlig eller ikke. *Alexandrium*-celler kan inneholde farlige, lammende gifter og deres relative forekomst i håvtrekk brukes til å vurdere risiko for giftopphopning i skjell.

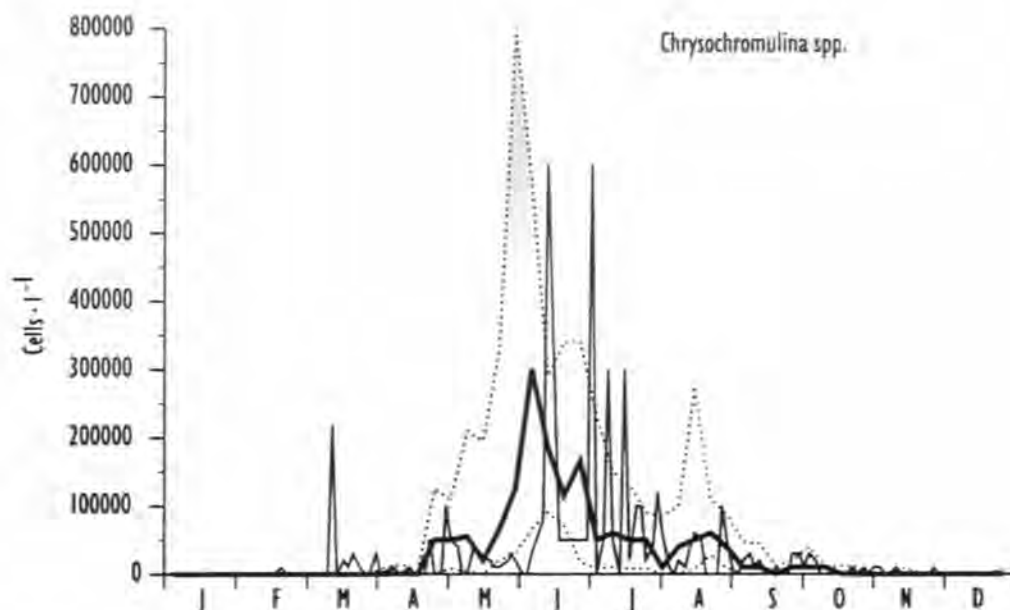
Resultatene av overvåkingen har etter hvert fått interesse ut over den kortsiktige varsling, både innen forvaltning og forskning. Man spør seg om oppblomstringer av skadelige alger skjer hyppi-



Figur 3.11

Klorofyll *a* i Flødevigen, 0-3 m dyp. Tynn heltrukken linje er målinger i 1996. Tykk heltrukken linje er medianer for hver uke basert på alle data i perioden 1989-95, stiplede linjer er første og tredje kvartaler.

Chlorophyll a in the Flødevigen Bay, 0-3 m depth. The thin curve is data from 1996. The bold curve is medians for every week based on all data for the period 1989-95, dotted lines are first and third quarters.



Figur 3.12 *Chrysochromulina* spp. i Flødevigen, 0-3 m dyp. Tynn heltrukken linje er målinger i 1996. Tykk heltrukken linje er medianer for hver uke basert på alle data i perioden 1989-95, stiplede linjer er første og tredje kvartaler. *Chrysochromulina* spp. in the Flødevigen Bay, 0-3 m depth. The thin curve is data from 1996. The bold curve is medians for every week based on all data for the period 1989-95, dotted lines are first and third quarters.

gere enn tidligere, og om slike oppblomstringer i noen grad kan skyldes påvirkninger av menneskets aktiviteter. En systematisk overvåkning, 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 kyststrømmen. En overvåkning i Skagerrak, hvor kyststrømmen starter, har derfor gitt et grunnlag for også å si noe om mulig oppreden av disse algene på Sørvest- og 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 m) annen hver dag fra Flødevigen og 3) eventuelt ekstraprøver i perioder med økt risiko for oppblomstring av skadelige alger.

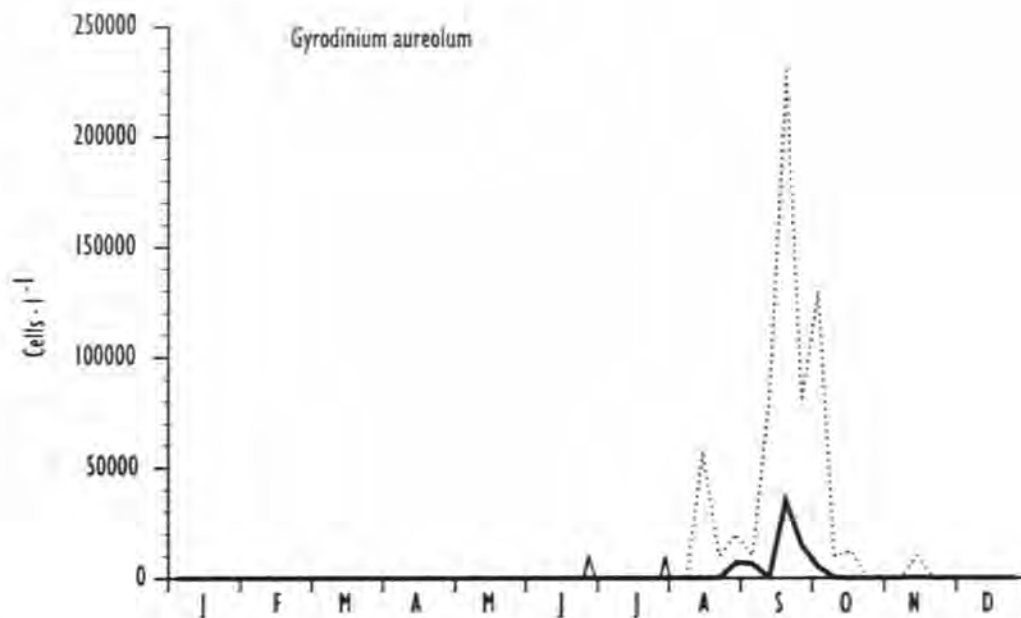
Etter oppblomstringen av *Chrysochromulina polylepis* i 1988 økte etter hvert den nasjonale innsatsen på algeovervåkning. I 1996 var foruten Havforskningsinstituttet også Fiskeridirektoratet/Fiskerisjefen for Skagerrak, OCEANOR, NIVA, Veterinærhøgskolen, Næringsmiddel-

kontrollen i Dalane og Statens næringsmiddeltilsyn (SNT) involvert i algeovervåkning. Fra mai 1996 ble de ukentlige algeobservasjoner og annen relevant informasjon fra disse institusjonene brukt til å lage en ukentlig "Algeinfo", som i regi av Havforskningsinstituttet ble lagt ut på Internet.

Skagerrak

I store trekk var det lite problem med skadelige alger. Algeslekten *Chrysochromulina* forekom i litt mindre mengder enn vanlig (figur 3.12). De høyeste konsentrasjonene som ble registrert i Flødevigen, var ca 600 000 celler/l. Hovedsesongen var noe forskjøvet fra mai-juni til juni-juli, muligens på grunn av den kjølige våren og forsommeren. *Gyrodinium aureolum* ble bare såvidt registrert i Flødevigen i 1996 (figur 3.13). Den største, registrerte konsentrasjonen av denne algen i Skagerrak i 1996, 80 000 celler/l, ble gjort i 0-30 m-prøven på stasjon 12 (57 nautiske mil syd av Torungen) på snittet Torungen-Hirtshals den 7. oktober.

Arter fra *Dinophysis*-slekten ble som vanlig re-



Figur 3.13

Gyrodinium aureolum i Flødevigen, 0-3 m dyp. Tynn heltrukken linje er målinger på mandager, onsdager og fredager i 1996 (*G. aureolum* var knapt tilstede i 1996). Tykk heltrukken linje er medianer for hver uke basert på alle data i perioden 1989-95, stiplede linjer er første og tredje kvartaler.

Gyrodinium aureolum in the Flødevigen Bay, 0-3 m depth. The thin curve is data from Mondays, Wednesdays and Fridays in 1996. The bold curve is medians for every week based on all data for the period 1989-95, dotted lines are first and third quarters.

gistrert gjennom det meste av året (figur 3.14). *D. acuminata* var på årsbasis noe mindre vanlig enn normalt, mens *D. acuta* forekom som normalt i siste halvår. Den var likevel noe forsinket idet den knapt ble registrert før i september. *D. norvegica*, som er vanligst av de tre *Dinophysis*-artene, var i 1996 uvanlig tallrik fra januar til midt i april, mens forekomsten resten av året var ganske normal. I 1996 ble det ikke registrert alggifter over faregrensen for konsum i skjell fra Skagerrakkysten, men lammende gift ble påvist i skjell fra Oslofjorden i juni måned. Dette og lokalt relativt store forekomster av potensielt giftige alger, førte til at man likevel advarte mot konsum av skjell i perioder for deler av kysten, ut fra føre-var-hensyn.

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 1996 relativt beskjeden. I Ryfylkefjordene var det som

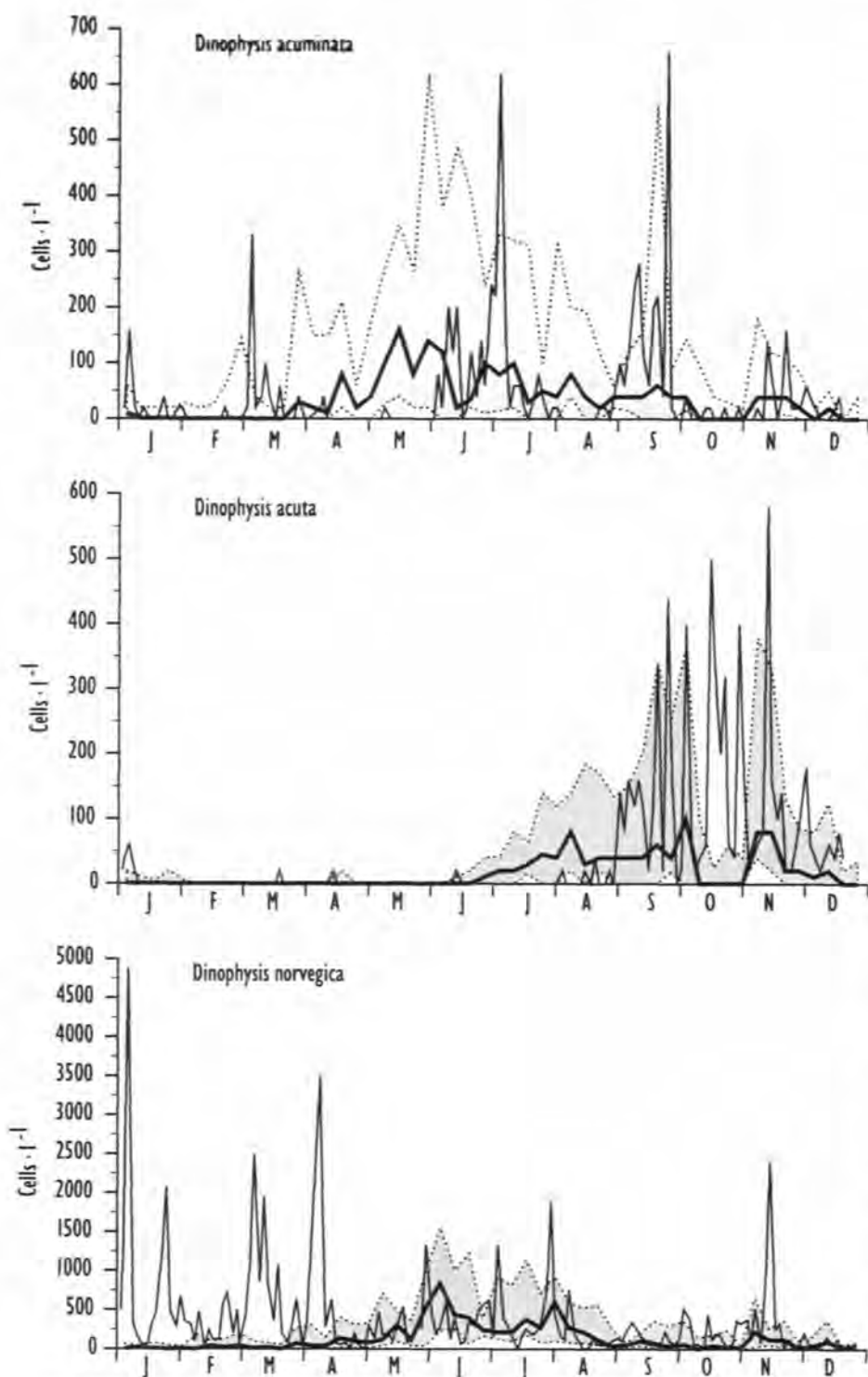
vanlig noe *Prymnesium* i juli-august, og i den forbindelse noe fiskedød, men ingen alvorlige episoder. Det var heller ingen andre tilfeller av fiskedød langs kysten i 1996 som kunne knyttes til skadelige alger. Imidlertid ble som vanlig potensielt giftige alger, som kan føre til algegiftopphopning i skjell, registrert i konsentrasjoner over antatt faregrense noen ganger i løpet av året.

I algeprøver fra strekningen Rogaland- til og med Trøndelag, ble det i perioden mai-august ved flere anledninger registrert *Alexandrium*-celler i håvtrekk og *Dinophysis*-celler i vannprøver i større mengder enn det som regnes som faregrensen for opphopning av alggifter i skjell. I slike situasjoner ble det gitt advarsler mot bruk av skjell fra de aktuelle områdene. Mange av musetestene på giftighet av skjell fra denne strekningen i samme periode viste likevel negative resultater. Det vil si at i mange skjellprøver ble det ikke påvist alggifter selv om det hadde vært potensielt giftige alger tilstede. Det ble også registrert lave konsentrasjoner av alggifter i skjellene på flere lokaliteter i samme periode. I Møre

og Romsdal og i Rogaland ble det påvist lammende gift i skjell over faregrensen for forgiftning ved konsum av skjell. Særlig var det mye gift i skjell samlet ved Hjertøya i Romsdal den 20. mai. Nord for Trøndelag, på Vega ved Brønnøysund, ble det påvist lammende gift i skjell over faregrensen i juli og august. Gjennom september, de siste fire ukene av skjellovervåkingsperioden finansiert av SNT i 1996, ble det praktisk talt ikke påvist gift i skjell fra noen av de 24

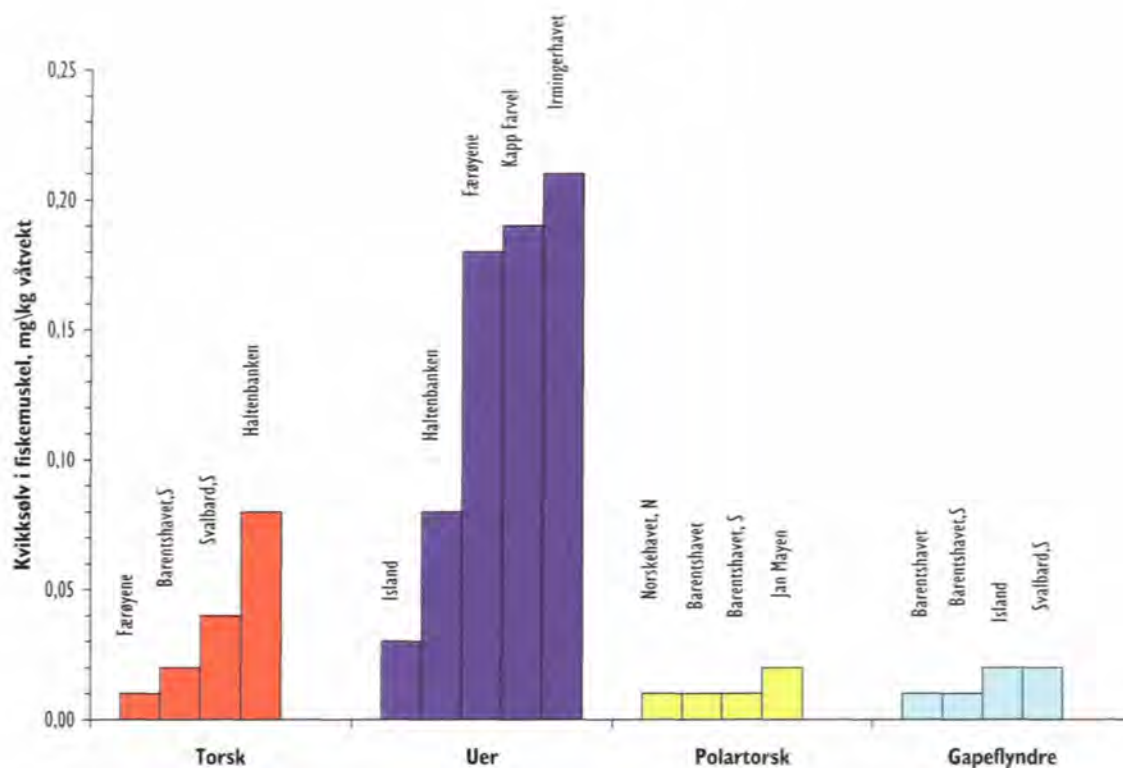
prøvestasjonene fra svenskegrensen til og med Troms.

Forekomsten av algegifter i skjell i 1996 bekreftet de siste års erfaringer, at lammende (paralytisk) skjellgift synes vanligst på Vestlandet, særlig på Nordvestlandet, men kan forekomme langs Skagerrakkysten, i fjordene og nord for Trøndelag. Antall registreringer av diarégivende algegifter i skjell i 1996 var så få, at tidligere erfaringer med hyppigst forekomst langs kysten av Skagerrak og inne i noen større fjorder fra Rogaland til Trøndelag, hverken kunne bekreftes eller avkreftes.



Figur 3.14 *Dinophysis acuminata*, *D. acuta* og *D. norvegica* i Flødevigen, 0-3 m dyp. Tynn heltrukken linje er målinger i 1996. Tykk heltrukken linje er medianer for hver uke basert på alle data i perioden 1989-95, stiplede linjer er første og tredje kvartaler.

Dinophysis acuminata, *D. acuta* and *D. norvegica* in the Flødevigen Bay, 0-3 m depth. The thin curve is data from 1996. The bold curve is medians for every week based on all data for the period 1989-95, dotted lines are first and third quarters.



Figur 4.2 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.

kartlegging i slike store havområder. Innsatsen har vært konsentrert til kystnære områder, rundt industriutslipp og på lokaliteter hvor en ville vente å finne forurensningsproblemer. Miljøgifter transporteres imidlertid langt fra kildene med hav- og luftstrømmer. Syntetiske stoffer som PCB og DDT finnes i små konsentrasjoner i miljøet over hele kloden, inkludert i pingviner i Antarktis og i morsmelken til eskimoer på Grønland. 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 jordskorpen, 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 tung-

metaller, mens andre og mer følsomme arter vil bukke under.

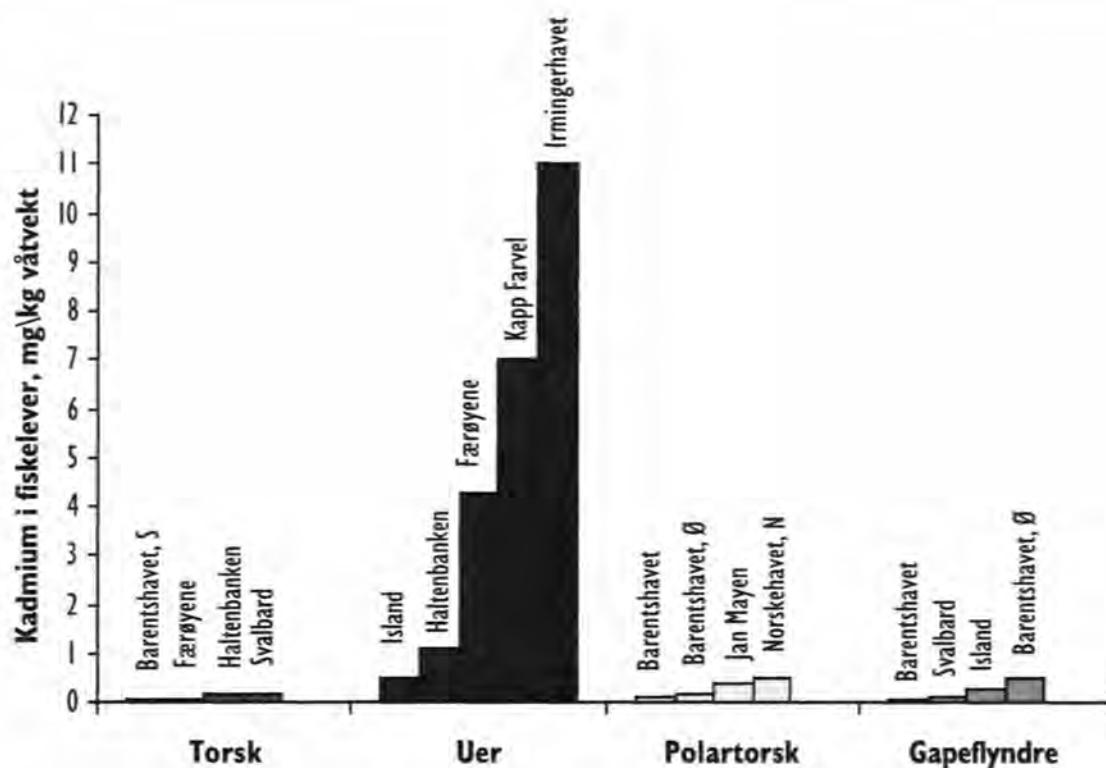
I Miljørapportene 1994, 1995 og 1996 presenterte vi noen resultater fra undersøkelsene i Barentshavet, inkludert fordelingsmønster av utvalgte PAH (polyaromatiske hydrokarboner) og metaller i bunnsedimenter, og nivåer av klorerte organiske miljøgifter og tungmetaller i fisk. Resultater foreligger nå også for Norskehavet og tilgrensende havområder, og vi kan sammenstille data fra et stort geografisk område. Mens Barentshavet er et grunt sokkelhav med gjennomsnittsdyp på 230 meter, omfatter Norskehavet både grunne sokler og bassenger med dyp ned mot 4000 meter. Vi har tatt prøver av sedimenter og fisk fra 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 konklusjoner om hele havområder basert på data fra et fåtall prø-

ver. Noen generelle betraktninger kan vi likevel tillate oss.

Figur 4.1 viser innholdet av DDT (sum av p,p'-DDT, -DDE og -DDD) i lever av fisk fra hele undersøkelsesområdet. Som andre klorerte organiske miljøgifter som akkumuleres i næringskjedene, tas DDT først og fremst opp i fett og vil anrikes i leveren på grunn av det høye fettinnholdet i dette vevet. Resultatene i figur 4.1 er normalisert slik at det er tatt hensyn til forskjeller i fettinnhold i leveren til de ulike fiskeartene. 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 øresteiner 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.

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 regel-



Figur 4.3 Innhold av kadmium (mg/kg våtvekt) i lever av torsk, uer, polartorsk og gapeflyndre fra nordlige havområder.
Levels of cadmium (mg/kg wet weight) in livers of cod, redfish, polar cod and long rough dab from northern seas.

verk 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 reprodusere 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, som vist i figur 4.1, 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 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. Figurene 4.2 og 4.3 viser konsentrasjoner av kvikksølv i fiskemuskel og av kadmium i fiskelever i prøver fra nordlige havområder. 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 inn-

hold 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.

Siden innholdet av miljøgifter i organismer vil variere med biologiske faktorer som størrelse og alder, kjønn og reproduksjonsstatus, er det avgjørende at prøver for sammenlikning av miljøgiftsbelastning mellom ulike områder er mest mulig ensartet. For at de ulike landene som gjennomfører miljøundersøkelser i sine hav- og kystområder skal produsere data som er sammenliknbare, og dermed nyttige i internasjonal sammenheng, er det utarbeidet retningslinjer. Disse inkluderer anbefalinger for art og størrelse ved fiskeundersøkelser. Ved undersøkelser av store geografiske områder, som for eksempel Arktis eller Nordøst-Atlanteren, er det utfordrende å finne arter som finnes i hele området og som samtidig har egenskaper som gjør dem egnet til miljøovervåkning.

Analyser av bunnsedimenter fra Haltenbanken, og fra soklene rundt Færøyene, Island og Jan Mayen, inngikk også i Havforskningsinstituttets miljøkartlegging av nordlige havområder. Disse analysene supplerer den omfattende kartleggingen som ble gjennomført i Barentshavet i foregående år. Nivåene av PAH (polyaromatiske hydrokarboner) og PCB (polyklorerte bifenyl) i overflatesedimenter på de undersøkte lokalitetene i Norskehavet var svært lave, og i mange tilfeller under målegrensen for enkeltkomponenter innen disse stoffgruppene. Sedimentkonsentrasjoner av tungmetallene bly, kvikksølv og kadmium var også lave. Prøvene ble tatt på kontinentalsoklene og skråningene på dyp ned til 1500 meter. Analyser av lagvise prøver av sedimentkjerner hentet fra dypområder, hvor det sedimenteres mye materiale og foregår lite erosjon, vil kunne gi svar på om nivåene er forhøyet som følge av menneskelig påvirkning.

4.2 Olje i fisk

Havforskningsinstituttet har i samarbeid med Statoils forskningssenter i Trondheim undersøkt om fisk på norsk sokkel er forurenset av oljekomponenter. Resultatene viser at lever av torsk og hyse inneholder noe dekaliner, mens nivåene av PAH er svært lave og under målegrensene for metodene som er anvendt.

Målinger av oljekomponenter i fisk har tidligere inngått som en del av den regelmessige overvåkingen av utslipp fra petroleumsvirksomheten på norsk sokkel. Av ulike årsaker ble disse målingene for en del år siden tatt ut av overvåkningsprogrammet som Statens forurensnings-tilsyn (SFT) påla operatørselskapene. Noe av bakgrunnen for dette var at fisk har enzym-systemer som gjør at oljekomponenter som tas opp, relativt hurtig skilles ut igjen. Konsekvensen er at selv om fisken skulle være utsatt for en økt belastning, så medfører ikke dette nødvendigvis en vesentlig akkumulering og høye nivåer av olje i fisken. Fisk kan også vandre over betydelige avstander, og fisk som fanges fra en lokalitet gjenspeiler derfor ikke nødvendigvis belastningen i det samme området. En av de viktigste årsakene til at fisk ble tatt ut av det rutinemessige langsiktige overvåknings-programmet for petroleumsvirksomheten var imidlertid at det viste seg vanskelig å få pålitelige og sammenliknbare data på oljenivåer i fisk fra ulike undersøkelser. Ulike laboratorier var involvert i analysene, og resultatene var av variabel kvalitet.

Selv om det er en del problemer knyttet til analyser av oljerester i fisk, er det opplagt behov for å kunne dokumentere at fiskens kvalitet ikke forringes som følge av innhold av oljekomponenter. Gjennom årene er det utført flere slike

undersøkelser. Det siste arbeidet som Havforskningsinstituttet gjennomførte 1994-95, besto i å samle inn prøver av torsk og hyse fra følgende fem områder på norsk sokkel: Barentshavet, Haltenbanken, Egersundbanken samt fra den nordlige og sentrale delen av Nordsjøen. Leveren av 25+25 enkeltfisk fra hvert område ble analysert for totalt hydrokarboninnhold, dekaliner og 2-6 rings aromatiske hydrokarboner (PAH). Statoils forskningssenter i Trondheim deltok i analysearbeidet. Resultatene viste at det var små forskjeller i nivåer i fisken fra ulike områder. Mengden kreftfremkallende PAH-komponenter var helt ubetydelig, med nivåer under målegrensen på 1 ng/g (1 ng=10⁻⁹ g). Nivåene av dekaliner, en annen gruppe stoff i olje og olje-produkter, var høyere enn for PAH. Det er imidlertid vanskelig å angi absoluttverdier for dekaliner på grunn av at analysemetodene for slike substanser ikke er fullt ut utviklet. Nivåforskjeller i dekalinninnhold ble funnet mellom enkeltfisk, men det var ikke noe systematisk tegn som viste at fisk fra ett område var vesentlig mer belastet enn fisken fra de andre områdene. Dekalinnmønstrene kunne imidlertid tyde på at kildene var forskjellige i enkeltområdene.

Resultatene fra undersøkelsen følges opp ved å måle på biomarkører og metabolitter av PAH i galle i nye prøver av fisk fra Nordsjøen. Målsetingen er å studere i hvilken grad slike målinger kan si noe om biologiske effekter på fisk som mottar utslipp fra oljeplattformer i området. En annen viktig målsetning er å undersøke i hvilken grad slike målinger i kombinasjon med målinger av oljekomponenter, egner seg for fremtidig overvåking av utslippene fra petroleumsindustrien.

5. AKTUELLE TEMA

Hvorfor er det hvalsafari ved Andøya?

Herman Bjørke og
Karsten Hansen

Blekkspruten *Gonatus fabricii* synes å være en viktig del av dietten til spermhval. Ansamlingen av slik hval utenfor Andenes skyldes sannsynligvis forekomstene av denne blekkspruten i dette området.

Fra mai til september kan en delta i hvalsafari med Andøya som utgangspunkt. Turen går utover mot Bleikdypet, og etter en times gange er dypet mellom 800 og 1500 meter. Her har en store sjanser for å se den karakteristiske blåsten til spermhvalen som sendes fremover i 45 graders vinkel. Etter å ha blåst fra to til fem minut-

ter løftes den store halefinnen over vannet. Deretter tar hvalen sats for dykke ned til dyp rundt 1000 meter, der kan den holde seg i opptil to timer. Den kan dykke med en hastighet på 170 meter i minuttet, og funn av hermetikkbokser og stein i magen kan tyde på at den dykker ned på bunnen og skufler i seg bunnslam. Og hva spiser den så i Bleikdypet?

Frem til 1971 ble det drevet fangst på spermhval i Norge. En tidligere kollega ved Havforskningsinstituttet samlet som student inn data om hvalene som ble fanget utenfor Andenes, deri

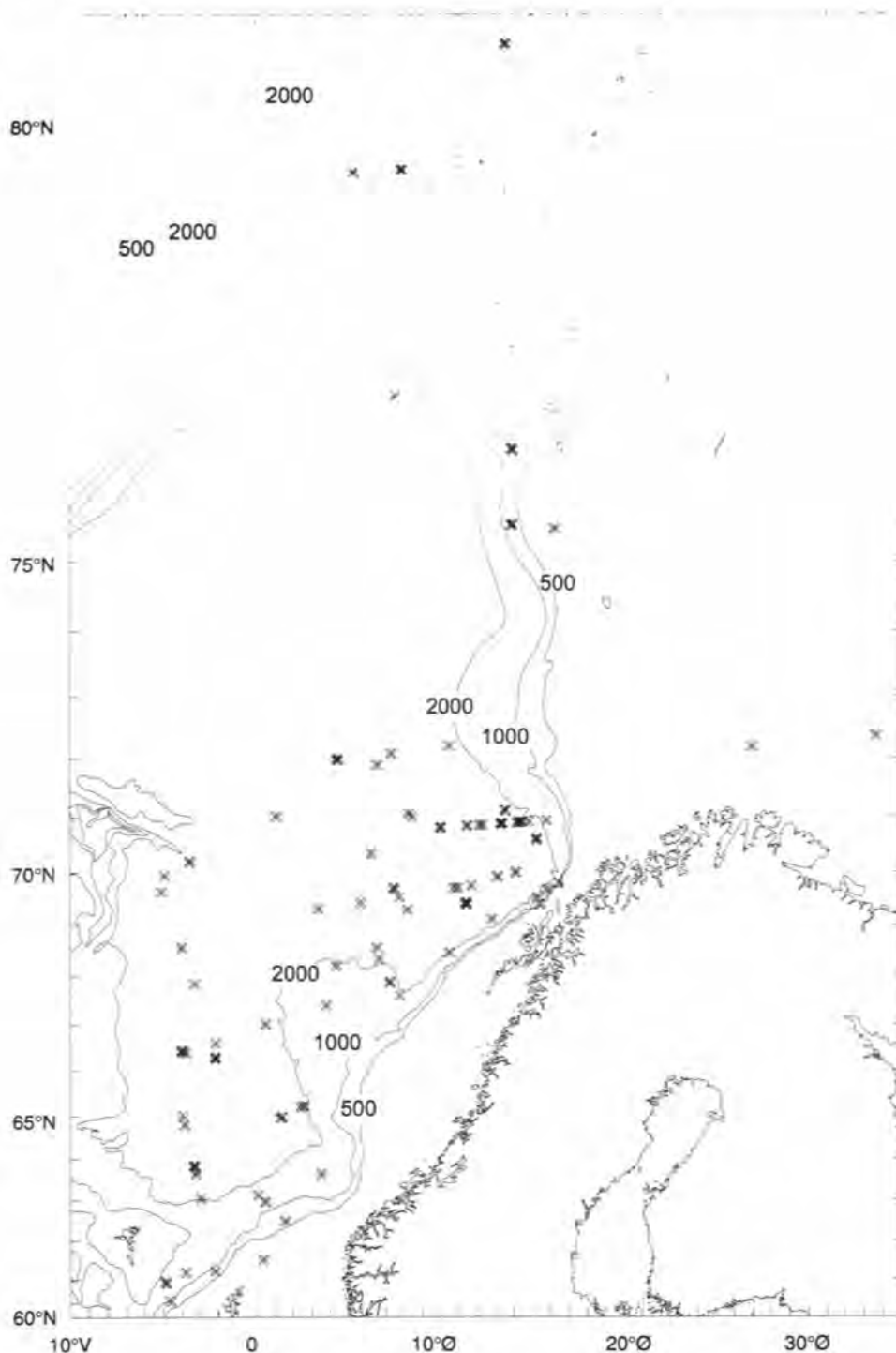


Figur 5.1 *Gonatus fabricii* og eggkapsler.
Gonatus fabricii and egg masses.

blant prøver fra mageinnholdet. De fleste av magene som ble undersøkt hadde blekksprutnebb eller blekksprutrestes. Åtti prosent av spermhvalens næring er tiarmet blekksprut.

I 1995 ble det ved to anledninger trålt dypere enn 700 meter i dette området, og en fant tre

hanner og to hunner av blekkspruten *Gonatus fabricii* som var kjønnsmodne. Tidligere er det blitt funnet i alt åtte kjønnsmodne individer med lengder opp til 39 cm. Til tross for at *Gonatus fabricii* er den vanligste blekkspruten i det arktiske og subarktiske området av Nordatlanten, vet en meget lite om gyteområdene og gyte-



Figur 5.2

Registrering av spermhval under hvaltellingen i 1995. X viser registreringer; tettere kryss - flere registreringer. Kartet er basert på data fra Sjøpattedyrseksjonen.
Recordings of sperm whale during the whale counting surveys in 1995. X = recording. The map is based on data from the Division of Marine Mammals, IMR.

periodene til arten. Den observeres i overflate- laget som småindivid i april/mai, og de minste har da en kappelengde mindre enn 1 cm. De forsvinner fra overflatelaget ved en kappelengde på ca fem cm, men mindre individ kan finnes i overflatelaget helt frem til november.

Funn av de kjønnsmodne individene av *Gonatus fabricii* utenfor Andenes indikerte at dette var ett av gytefeltene for arten. I juli 1996, fikk vi igjen anledning til å tråle i dette området. Vi måtte tråle pelagisk på dyp rundt 1100 meter for å fange de kjønnsmodne individene. Med i alt 11 pelagiske trålhal på dyp større enn 1000 meter fanget vi 29 eksemplarer, som etter lengden å dømme var kjønnsmodne, samt endel umodne individ. Vi fant også egg av gonatus i trålen. En hadde tidligere antatt at eggene ble gytt på bunnen på stort dyp. Eggene vi fant lå tett pakket i ett lag mellom to brunsvarte hinner (figur 5.1). Disse flakene var av forskjellig størrelse og antagelig deler av en større flate som var blitt ødelagt under trålingen. Eggene ble funnet på flere stasjoner. Grunnen til at vi med stor sikkerhet kan si det var egg fra gonatus, var at vi fant lignende ovale egg i de kjønnsmodne hunnene som ble fanget i 1995. Slike eggflak er ikke funnet tidligere. Vi som deltok på toktet har gjennomgått fangsten i flere tusen overflatetrek med trål langs kysten av Norge, og ingen av oss kan huske å ha sett noe lignende.

For å undersøke om kjønnsmodne gonatus fan-

tes lenger til havs, ble det i 1996 trålt 180 km ut fra Andenes. Her ble det fangsten fem kjønnsmodne eksemplarer. På grunn av knapp tid gikk vi ikke lenger ut. «G. O. Sars» som var i Norskehavet tok et trålhal dypere enn 1000 m i posisjon 65° 29' N, 02° 37' E. Her ble det funnet et eksemplar av en lengde som tyder på at det var kjønnsmodent. Så kan en spørre: Finnes det kjønnsmodne eksemplar over hele Norskehavet? Fordelingen av småindivid om sommeren kan tyde på det. På den annen side; hvorfor samler spermhvalen seg akkurat utenfor Andenes? Hvaltellingen i 1995 viste at spermhvalen finnes vesentlig i den østlige delen av Norskehavet, men det er en tendens til ansamling i sydkant av kontinentsokkelen mot Barentshavet og inn mot Bleikdypet utenfor Andenes (figur 5.2) Utenfor Andenes er sokkelen smal med kort vei til dydene der spermhvalen dykker etter blekksprut, som er hovednæringen. Så det er grunn til å tro at ansamlingen av spermhval i den østlige delen av Norskehavet for en stor del skyldes forekomsten av kjønnsmodne *Gonatus fabricii*. Det finnes riktignok noen andre blekksprutarter på stort dyp i området, men disse er sjelden registrert. Om gonatus er konsentrert i dette området er en annen sak, men hvorfor skulle spermhvalen samles her om ikke det var for maten? Kjønnsdrift er det iallfall ikke, for det er bare hannhval som samles her. Hunnene blir om sommeren igjen på mer sydlige breddegrader.

Konsekvenser for fisk og fiskerier av seismiske undersøkelser til havs

John Dalen

Seismiske undersøkelser med luftkanoner til havs kan skremme fisken vekk fra fangstfeltene og drepe fiskeegg og fiskeyngel. Slike skader på individnivå har neppe noen effekt på bestandsnivå. Det bør fortsatt være restriksjoner på seismiske undersøkelser i forbindelse med gyting.

Seismiske undersøkelser kan virke inn på enkeltfisk, bestander og fiskerier enten gjennom direkte fysiologiske skader eller gjennom atferdspåvirkninger. De fysiologiske effektene gjør seg først og fremst gjeldende på de unge stadiene i fiskens liv som egg, larver og yngel. For fisk på senere stadier og for voksen fisk regner en effekter på adferd som mest betydningsfulle. Under naturlige forhold hører fisk lyden fra luftkanoner på lang avstand. Voksen fisk vil unnvike lydkilden. Fisken oppfatter både styrke og retning av den lyden som produseres av luftkanoner og kan oppfatte lyden fra et fullskala luftkanonfelt på over 100 km avstand.

Forskningsresultater

Norske og amerikanske forsøk har vist at skremming av fisk med luftkanonskyting kan medføre betydelige fangstreduksjoner i omkringliggende områder. Trålfangster av torsk og hyse ble påvist redusert ut til minst 18 nautiske mil fra det seismiske skyteområdet. I et undersøkelsesområde på 40 x 40 nautiske mil ble fangstraten i gjennomsnitt halvert kort tid etter at skytingen hadde startet. Fangstreduksjonen for trål var størst sentralt i skyteområdet, der mengden av begge arter ble redusert med omlag 70 % under skyting. Reduksjonen i fangstratene for line var i middel noe mindre; 44-50 % inne i det seismiske skyteområdet, med en gradvis redusert påvirkning ut mot ytterkanten av undersøkelsesområdet.

Forsøk utenfor kysten av California har vist at fangsten av uer på line ble redusert til det halve under påvirkning av en enkel, stor luftkanon.

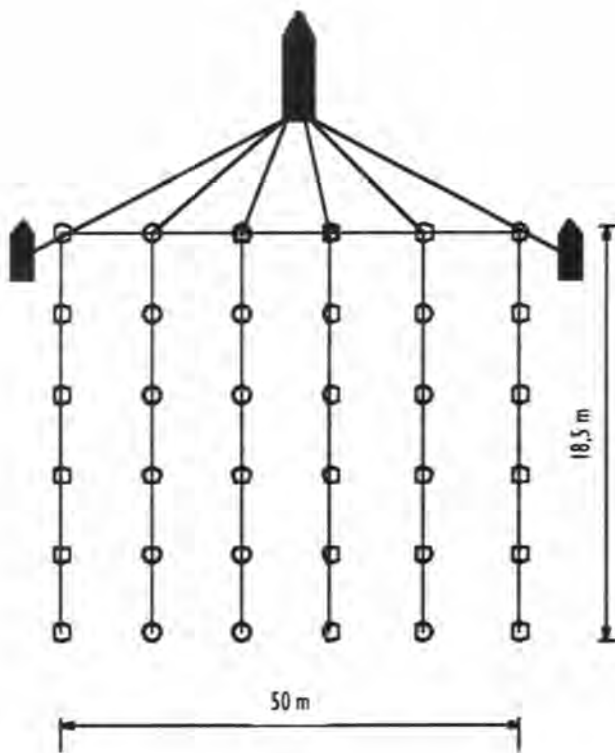
Fangstreduksjoner under vanlig trål- og linefiske i områder med seismiske undersøkelser med luftkanoner er også påvist.

Norske undersøkelser har vist at sild reagerer retningsbestemt og svømmer bort fra luftkanoner. Pelagiske arter som sild og brisling har bedre hørsel enn torsk og hyse, og regnes for å ha mer markant fluktprespons enn torskefisk.

Fisk på gytefelt eller under vandring til gytefelt vil sannsynligvis unnvike seismisk lyd i tilnærmet samme grad som annen voksen fisk. Derksom vi i aktuelle områder krever at lydnivået fra seismisk skyting skal være lik eller lavere enn det støynivået en har i området fra fartøy i aktivt fiske, må avstanden mellom et seismisk skyteområde og et gytefelt eller viktige gytevandingsveier være 50 km eller mer.

Inntil 1990 var det bare utført forskning i et begrenset omfang i Sovjet, Norge og USA for å belyse og kartlegge skadeomfang og skadetype fra luftkanoneksponering av fisk. Havforskningsinstituttet gjennomførte i perioden 1991-92 og i 1995 studier av effekter av luftkanonskyting på de unge stadiene hos fisk.

Resultatene av undersøkelsene våre bekreftet og utdypet tidligere undersøkelser angående dødelighet. Det hersker enighet om at for fiskeegg øker dødeligheten ut til omlag 5 meter avstand fra luftkanonene. For plommesecklarver, er det særlig for piggvar funnet høy dødelighet, 40-50 %, ut til avstander på 2-3 meter. Lavere dødelighet er påvist for ansjos ved samme avstand. For senere stadier som larver, postlarver og yngel er det funnet størst dødelighet, 10-20 %, for rødspettelarver innen 2 meter avstand. Økt dødelighet ble også påvist for torskelarver ut til 5 meter. På postlarvestadiet er det påvist dødelighet i 1-2 meters avstand for flere arter, og det samme gjelder for torskeyngel. Andre påviste effekter er endringer i flyteevne, oppdrift, kon-



Figur 5.3 Seismisk fartøy og luftkanonfelt; Fylte symboler: fartøy og paravaner. o: luftkanon, dobbelring: luftkanonklynge.

Seismic vessel and air gun array; Filled in symbols - vessel and paravans, o: air gun, double ring: air gun cluster.

disjon og evne til å unngå predatorer. Forsøkene viser altså at dødelighet og skader fra luftkanoner er begrenset til avstander mindre enn 5 meter fra luftkanonene, med størst skadeomfang ved avstander mindre enn 1,5 meter.

Konsekvensvurderinger

Det er utført beregninger av hvor stor dødelighet en typisk seismisk undersøkelse kan påføre en larvebestand. I figur 5.3 er vist et mye brukt luftkanonfelt bestående av 40 luftkanoner der seks av disse er montert i to luftkanonklynger.

Vurderingen tok utgangspunkt i en valgt verste-tilfelle-vurdering, som så ble modifisert ut fra sannsynlighets- og forventningsverdi betraktninger. Verste-tilfelle-verdi ble angitt som høyeste verdi for hver parameter. Ved å bruke disse verdiene ble andelen larver av en larvebestand som kan bli drept i løpet av en typisk seismisk undersøkelse, beregnet til 0,45 %. Ved å beregne en «realistisk forventningsverdi» til hver av parametrene, antok en at dette representerte det som i gjennomsnitt kunne bli drept under en typisk tredimensjonal undersøkelse. Resultatet av denne beregningen var at 0,3 % av larvebestanden kunne bli drept under én undersøkelse. Når samme larvebestand blir utsatt for flere under-

søkelser i løpet av året, vil denne effekten summere seg opp for hver undersøkelse. Dødeligheten kan likevel regnes som ubetydelige i rekrutteringssammenheng for en fiskebestand.

Forvaltning

Dagens forvaltningspraksis i forhold til seismiske undersøkelser og fiskeriene bygger på relevante lover og forskrifter og de tilgjengelige kunnskaper. Man har i forvaltningen også brukt føre-var-prinsippet. Videre gjelder at «undersøkelsene må ikke i unødvendig eller urimelig grad vanskeliggjøre eller hindre fiske» og «alle rimelige foranstaltninger skal tas for å unngå skade på dyre- og plantelivet i havet».

Tillatelse til å utføre seismiske undersøkelser i norsk økonomisk sone gis av Oljedirektoratet. Havforskningsinstituttet fungerer i denne sammenheng som rådgivende instans for Fiskeridirektoratet, men også mer uformelt overfor oljeselskaper og seismikkoperatører. Hovedprinsippene for vår rådgivning i tilknytning til seismiske undersøkelser er: Skyting med luftkanoner må frarådes i områder der det foregår fiskerier for å unngå eventuelle økonomiske tap for fiskere. Ordinære to- og tredimensjonale undersøkelser bør unngås i avstander nærmere enn 50 km fra

yttergrensene av de kjente fiskefeltene. Restriksjonene bør gjelde minst en uke før fisket forventes å starte.

For å sikre gytingen og ut fra føre-var-prinsippet bør en skjerme gytefelt i gyteperioder og spesielle gytevandringsområder for seismisk skyting for arter med konsentrerte gytefelt og vandringsruter. Ved ordinære to- og tredimensjonale undersøkelser, bør skyting frarådes i av-

stander nærmere enn 50 km fra yttergrensene av slike områder. Ved borestedsundersøkelser o.l. der en bruker små luftkanonoppsett, kan det tiltales å gå nærmere, men ikke inn i selve gytefeltet.

En trenger ikke legge restriksjoner på seismiske undersøkelser utfra skadeomfanget på fiskeegg, larver og yngel.

Reduksjon av temperatur og saltholdighet i de øvre vannlag i Norskehavet

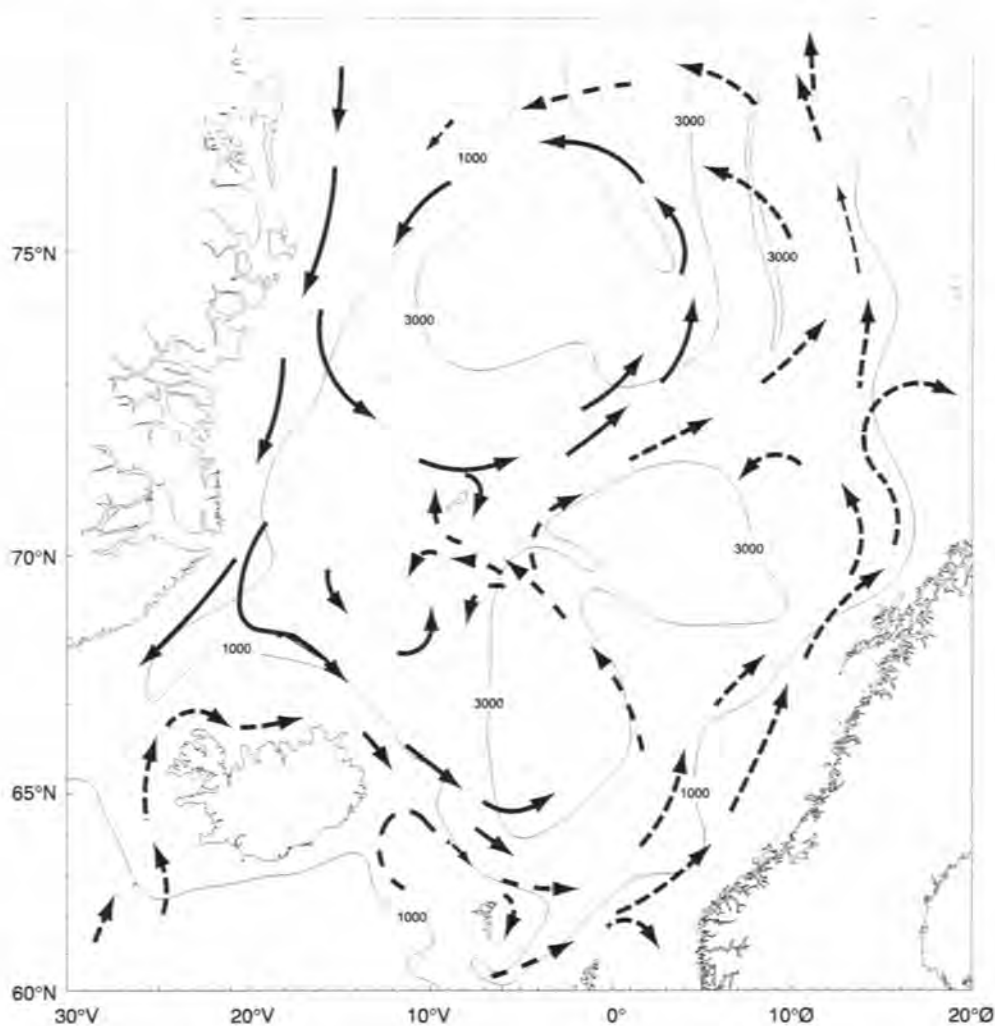
Johan Blindheim

I de siste 30 - 40 år har det funnet sted en reduksjon av temperatur og saltholdighet i de øvre vannlag i Norskehavet. I Grønlandsbassenget har dette medført reduserte muligheter for dannelse av dyp- og bunnvann.

Dybdeforhold

Havområdet mellom Grønland og Norge - Svalbard blir regionalt delt inn i Grønlandshavet, Islandshavet og Norskehavet, mens området som helhet ofte benevnes med fellesnavnet «De nor-

diske hav» (figur 5.4). Avgrensingen av hele området såvel som de regionale inndelingene, bestemmes i stor grad av dybdeforholdene. Sørgransen følger Grønland-Skottlandsryggen, som strekker seg fra Grønland, over Island og Færøyene til Skottland. Nord av Grønland-Skottlandsryggen har både Norskehavet og Grønlandshavet dype basseng, mens Islandshavet dekker et grunnere område som har navnet Islandsplatået. På dette platået er det vide områder med dybder rundt 1500 meter, men spesielt i nord og nordvest er topografien mer va-



Figur 5.4

Hovedtrekk av bunntopografi og strøm i de øvre lagene av Grønlandshavet, Islandshavet og Norskehavet.

Main features of bathymetry and upper layer currents in the Nordic Seas.

riabel med mange grunnere formasjoner av vulkansk opprinnelse. Til denne gruppen hører også Jan Mayen som befinner seg i det nordøstre hjørnet av plataet. Grensen mellom Islandshavet og Grønlandshavet er bestemt av skråningen mellom Islandsplataet og det dype Grønlands-

bassenget. På lignende vis følger grensen mellom Islandshavet og Norskehavet omtrentlig den bratte skråningen mellom Norskebassenget og Islandsplataet.

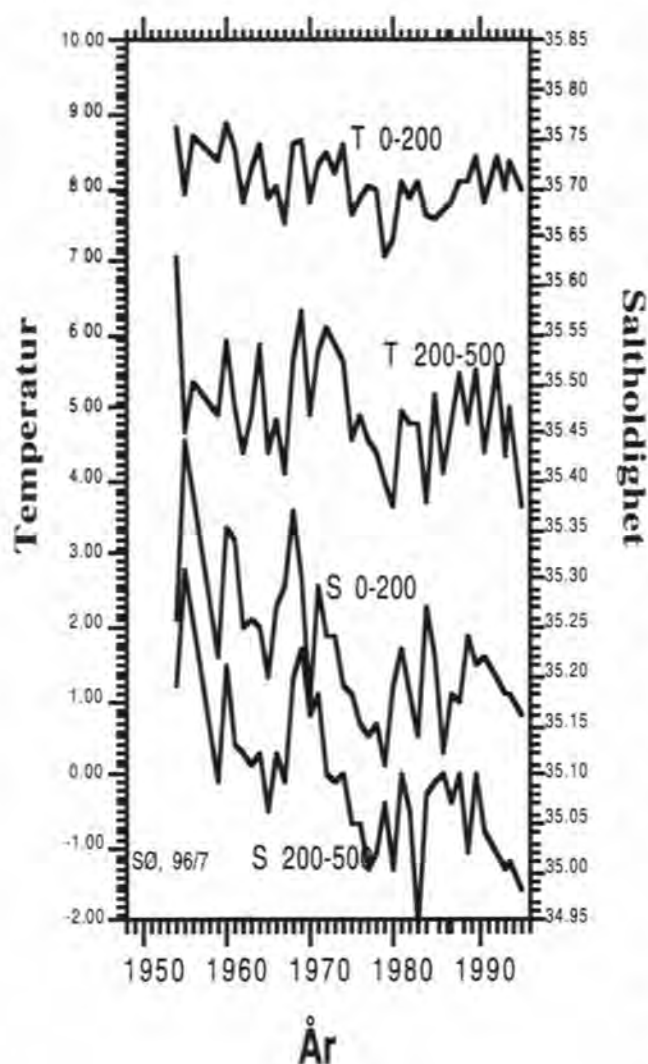
Mohns rygg (figur 5.4) som strekker seg mot nordøst fra Jan Mayen, danner stort sett grensen mellom Grønlandshavet og Norskehavet. Den er for det meste grunnere enn 2000 meter, men også her er batymetrien ujevn og noen topper er grunnere enn 600 m. Navnet bærer den etter Henrik Mohn, som sammen med G.O. Sars ledet Den norske nordhavsekspedisjonen i 1876-1878 da ryggen ble påvist.

Lofotenbassenget, øst av Mohns rygg, er ca 3200 meter dypt og har forholdsvis flat bassengbunn, mens Grønlandsbassenget, nordvest av ryggen, er dypere enn 3500 meter. Norskebassenget, sør av Lofotenbassenget og Vøringplataet, er også dypere enn 3500 meter.

Havstrømmene

Hovedtrekkene i den storstilte vannsirkulasjonen i De nordiske hav er også vist i figur 5.4. Den er dominert av en varm nordgående strøm på østsiden, mens de vestlige områdene har kalde vannmasser fra en strøm som går sørover fra Polhavet. I grenseområdet mellom varme og kalde vannmasser er den horisontale temperaturforandringen relativt stor (stor horisontal temperaturgradient). Denne overgangssonen danner «Den arktiske fronten», eller «Polarfronten» som den også blir kalt. Bredden av frontsonen kan variere både i tid og rom.

De varme vannmassene på østsiden av Den arktiske fronten føres av Den norske Atlanterhavsstrømmen. Med sine forgreninger danner denne strømmen de nordligste utløperne av det nordatlantiske strømsystemet og har forbindelse tilbake til Golfstrømmen i Floridastredet. Derfor er det ikke uvanlig at den går under navnet «Golfstrømmen» også i våre områder. Ved siden av sin avgjørende betydning for klimaet i Nordvest-Europa, holder Den norske atlantehavsstrømmen hele Norskehavet, og vanligvis også deler av Islandshavet, isfritt og gir dermed muligheter for stor biologisk produksjon i disse områdene.

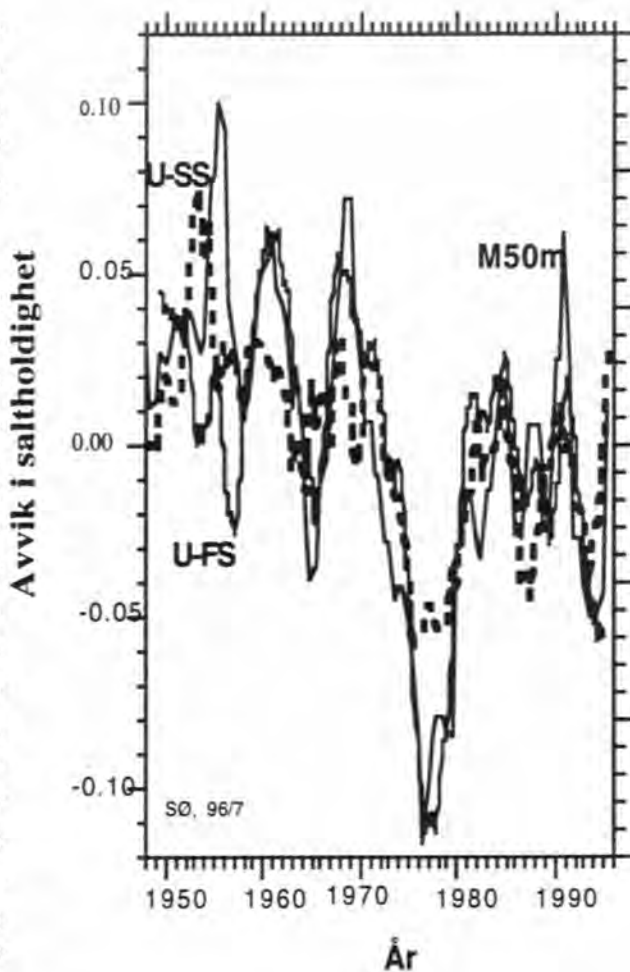


Figur 5.5 Middelverdier av temperatur og saltholdighet i et russisk snitt langs 63°N i Norskehavet, tatt i mai-juni siden 1950-årene. Verdiene er midlet vertikalt mellom 0 og 200 m dyp og mellom 200 og 500 m dyp, horisontalt mellom 0° og 3,5°E. Data fra PINRO, Murmansk.
Mean values of temperature and salinity in a Russian section along 63°N in the Norwegian Sea, observed in May-June since the 1950s. The values are averaged vertically between 0 and 200 m depth and between 200 and 500 m depth, horizontally between 0° and 3,5°E. Data from PINRO, Murmansk.

Variasjoner i volum- og varmetransport i dette strømsystemet har stor betydning for produksjonen. Tilstanden i de verdifulle fiskebestandene i området er vanligvis best når temperaturen er forholdsvis høy. Først og fremst gir dette seg utslag i større vekst og bedre rekruttering.

Den kalde, sørgående strømmen i den vestlige delen av De nordiske hav har navnet Øst-Grønlandsstrømmen. I de øvre lagene fører den kaldt og ferskt overflatevann fra Polhavet, inkludert is. En sørgående transport i dypere lag, rundt 2000 meter, kommer også fra Polhavet, mens et mellomliggende lag har stor innblanding av varmere vann som kommer fra Den norske atlantehavsstrømmen og er styrt inn i den sykloniske sirkulasjonen (mot urviseren) i Grønlandsbassenget. Øst-Grønlandsstrømmen sender to grener inn i De nordiske hav. Først, når den møter Islandsplatået i sørkant av det dype Grønlandsbassenget, dannes en gren som går østover mot nordsiden av Jan Mayen og videre mot nordøst langs Mohns Rygg. Her er frontsonen mot atlantisk vann på østsiden av ryggen temmelig smal, slik at Den arktiske fronten er klart definert. Lokaliteten til fronten varierer lite fordi den er knyttet opp til bunntopografien.

Lengre sør danner Øst-Islandsstrømmen en gren som fører arktisk vann østover langs skråningen mot kysten av Nord-Island og videre inn i det sørvestlige Norskehav, helt ned mot Færøyene. Resten av de arktiske og polare vannmassene i Øst-Grønlandsstrømmen strømmer ut gjennom Danmarksstredet og går inn i sirkulasjonen i det nordvestlige Atlanterhavet. Frontsonen mellom arktisk vann fra Øst-Islandsstrømmen og atlantisk vann fra Atlanterhavsstrømmen danner Den arktiske fronten i Norskebassenget. Mellom Island og Færøyene er fronten topografisk styrt mot Grønland-Skottlandsryggen, men mot øst og nord ligger den over det dype Norskebassenget slik at bunntopografien ikke har nevneverdig betydning. Her varierer den geografiske posisjonen av fronten avhengig av variasjoner i strømsystemene som møtes. I Norskebassenget er fronten heller ikke alltid like skarp, fordi blandingsmekanismer mellom de ulike vannmassene kan ha varierende virkning. Generelt er de arktiske vannmassene på den kalde siden av fronten tyn-



Figur 5.6 Tidsserier av anomalier av saltholdighet på sørsiden (U-SS) og nordsiden (U-FS) av Færøy-Shetlandskanalen, og på Værskipsstasjon M (M50 m) fra 1948 til 1995 (2-års glidende midler).

Time series of temperature and salinity on the upper Scottish slope (U-SS) and on the upper Faroe slope (U-FS) in the Faroe-Shetland Channel and at Ocean Weather Station M (M50m) from 1948 to 1995 (2-year running means).

gre enn det atlantiske vannet, slik at fronten skrånner inn under det atlantiske vannet. Vann fra de øvre lag i Islands- og Grønlandshavet kiler seg her inn mellom det atlantiske vannet i de øvre lagene og dypvannet under. I hele Norskehavet øst av fronten kan dette observeres som et minimum i saltholdighet mellom de to vannmassene. Virvler som oppstår i frontsonen danner en effektiv blandingsmekanisme på tvers av fronten.

Tendens mot kaldere og ferskere vann gjennom flere tiår

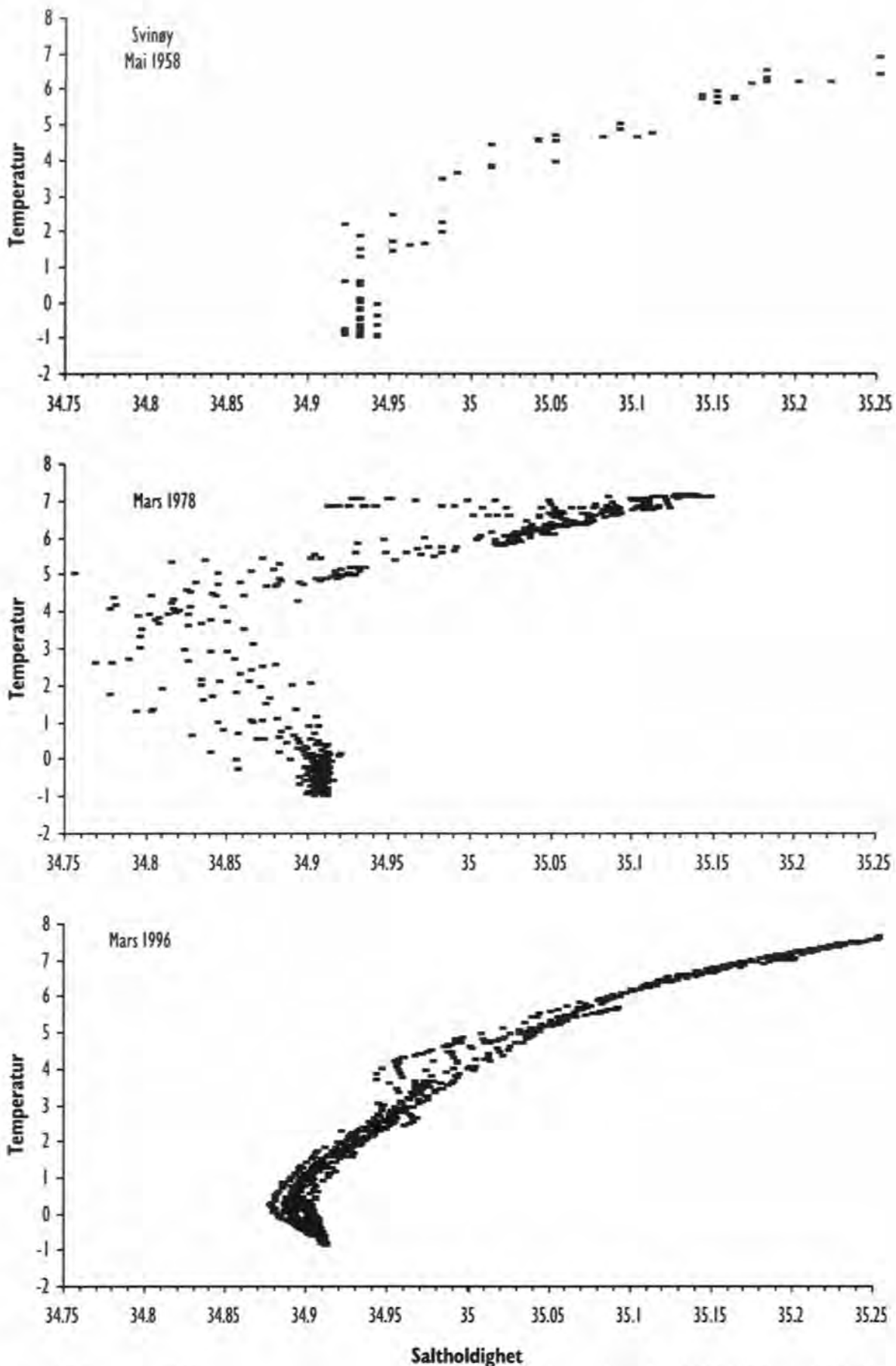
Regelmessige skotske observasjoner i Færøy-Shetlandskanalen, og russiske observasjoner i Barentshavet som danner tidsserier tilbake til hundreårsskiftet, viser begge variasjoner i temperatur og saltholdighet med flere likhetstrekk. Således viser begge tidsseriene en stigende tendens fra ca. 1910 til ca. 1950-årene. Siden da har målingene vist en generell tendens mot avtagende temperatur og saltholdighet, selv om variasjoner av mye kortere varighet kompliserer det generelle bildet. Videre har overflateobservasjoner i det nordvestlige Atlanterhav vist variasjoner med et lignende langtidsforløp og med størst utslag i variasjonene lengst i nord. Flere kortere tidsserier viser en tilsvarende tendens mot kaldere og ferskere forhold siden ca 1960, for eksempel tidsserier på Værstasjon M på 66°N, 2°E i Norskehavet (også kjent som «Polarfront»), i russiske og norske snitt i Norskehavet og færøyske observasjoner rundt Færøyene. Som et eksempel viser figur 5.5 middelverdier fra et russisk snitt langs 63°N som er observert systematisk i mai/juni siden midten av 1950-årene. Dette er gjennomsnittsverdier av temperatur og saltholdighet, midlet mellom 0 og 200 meter og 200-500meter dyp og mellom 0° og 3.5° Ø. I likhet med de andre tidsseriene i området, viser figuren et spekter av tidsskalaer i variasjonene. Men den generelle nedgangen i temperatur og spesielt saltholdighet gjennom hele perioden, er likevel klar. Utslaget i denne nedgangen er nå omlag like stort som utslaget i de største variasjonene av kortere varighet. Observasjonene fra Værstasjon M viser lignende forhold, med en generell nedgang siden ca 1960, og i 400 meters dyp er både temperatur og saltholdighet nå på det laveste siden stasjonen ble opprettet i 1948.

Figur 5.6 viser et eksempel på hvordan dette kan gi seg utslag i området. Figuren viser anomalier av saltholdighet slik de er observert i den skotske tidsserien, henholdsvis på sør- og nordsiden av Færøy-Shetlandskanalen samt serien i 50 meters dyp på Stasjon M. For det meste er variasjonene godt sammenfallende i tid på alle tre lokalitetene, men anomaliene har mye større ut-

slag på Stasjon M og ved Færøyene enn på sørsiden av Færøy-Shetlandskanalen. Dette viser at mekanismen som skaper variasjonene har større effekt i Norskehavet enn i det innstrømmende atlantiske vannet, og en viktig kilde synes å ligge i Øst-Grønlandsstrømmen.

Variasjoner i volumtransporten og egenskapene til vannmassene som Øst-Grønlandsstrømmen fører, virker inn på vannmasser i De nordiske hav og til en viss grad også i de nordligste områdene i Atlanterhavet. I det nordvestlige Atlanterhavet vil vannet fra Øst-Grønlandsstrømmen etter hvert blande seg med vann i Den nordatlantiske strømmen og kan på den måten skape variasjoner i egenskapene til det atlantiske vannet som strømmer inn i De nordiske hav. Før vannet fra Øst-Grønlandsstrømmen strømmer ut i det åpne Atlanterhavet, vil det følge kystene av Grønland og Labrador til Newfoundland. Det skal derfor strømme langt før det når Færøy-Shetlandsområdet. Langs denne strekningen vil temperaturen i de øvre lag gjennomgå flere sesongsvingninger, og vinterblandingen når til dels dypt. Sannsynligvis er det derfor helst langvarige og betydelige variasjoner som vil gi seg utslag i den atlantiske innstrømmingen. Dette er heller ikke den eneste mekanismen som vil kunne danne variasjoner. For eksempel vil volumtransporten kunne variere med rådende vindforhold.

Vannet som transporteres direkte inn i Norskehavet av Øst-Grønlandsstrømmens forgreninger har kanskje større betydning for variasjonene i området, både med hensyn til egenskaper og utbredelse av de ulike vannmassene. Her synes Øst-Islandsstrømmen å være den viktigste transportveien, men Jan Mayenstrømmen er heller ikke uten betydning. Som blandingsområde synes frontområdet langs Grønland-Skottlandsryggen mellom Island og Færøyene å være viktig. Vann fra Øst-Islandsstrømmen blandes der med atlantisk vann som strømmer inn i Norskehavet på nordsiden av Færøyene. Variasjoner i egenskaper og mengde av arktisk vann som transporteres med Øst-Islandsstrømmen synes derfor å være en viktig mekanisme i denne prosessen. Dette reflekteres også av stasjonene utenfor egga i Svinøysnittet. Selv om vi har få ob-



Figur 5.7. Plott av temperatur mot saltholdighet i Svinøysnittet fra 1958, 1978 og 1996. Bare data fra observasjoner utenfor egga er tatt med.
Plots of temperature/salinity relationships in Svinøys Section from 1958, 1978 and 1996. Only observations off the shelf are included.

servasjoner fra 1960- og 1970-årene, fremgår det likevel av figur 5.7 at effekten av arktisk vann har økt siden slutten av 1950-årene. I figuren, som er basert på data fra 1958, 1978 og 1996, er temperatur og saltholdighet plottet mot hverandre, slik at vannmassene kan defineres i et to-dimensjonalt plott. Atlantisk vann som er varmt og salt, kommer øverst til høyre i plottene mens dypvannet, som er kaldest og temmelig konstant i temperatur og saltholdighet, dekker så å si bare et punkt aller nederst i plottene, med temperatur under -0.5°C og saltholdighet litt over 34.9. Det arktiske vannet, som ligger mellom det atlantiske vannet og dypvannet, kommer fram som et minimum i saltholdighet omkring 0°C på temperaturaksen. Mengden av dette har øket gjennom 1980- og 1990-årene. I figuren fremgår dette av at minimumet kommer klart fram i 1996, mens det ikke var observert i 1958 og var vanskelig å skille ut i 1978. Snittet fra 1978 viser derimot stor dominans av vann som hadde temperatur fra 2° til 4°C og saltholdighet for det meste under 34.85. Dette vannet, som også kommer fra Øst-Islandsstrømmen, har for en stor del samme tetthet som det atlantiske vannet og blander seg derfor lett med denne vannmassen. Det er sannsynlig at dette var årsak til at perioden i slutten av 1970-årene med store anomalier i både saltholdighet og temperatur, fikk så store utslag i De nordiske hav (figur 5.7).

Drivmekanismen for variasjonene synes å ligge i samspillet mellom hav og atmosfære, med resulterende variasjoner i rådende vindforhold. Dette er vist i sammenhengen mellom vindforholdene over Grønlandshavet og saltholdigheten i overflatelaget i Grønlandsbassenget. De samme vindforholdene viser også sammenheng med variasjonene i den russiske tidsserien som er vist i figur 5.5.

Mye av overflatevannet i Øst-Grønlandsstrømmen har lav tetthet fordi det har svært lav saltholdighet. Vanligvis ligger dette vannet nærmest inn til kysten av Grønland, men i år med store mengder og med beleilige vindforhold kan dette vannet spres inn i De nordiske hav. Slike forhold har vært dominerende i Grønlandsbassenget siden begynnelsen av 1970-årene. Et resultat av dette er at vinteravkjølingen begrenses til de øvre lagene fordi overflatevannet ikke blir så tungt at det kan synke til store dyp, selv om det avkjøles til frysepunktet. Avkjølingen om vinteren fører dermed ikke til dannelse av bunnvann slik den periodevis har gjort i dette området. Her vet vi imidlertid ikke hva som er den mest vanlige situasjonen.

Dersom Øst-Islandsstrømmen transporterer større mengder kaldt og meget ferskt vann, som er lettere enn det atlantiske vannet i Norskehavet, ville det arktiske vannet kunne danne et kaldt overflatelag. Dette ville redusere eller forhindre varmeutvekslingen mellom det varme atlantiske vannet og atmosfæren. Et resultat av dette kunne bli en drastiske forandring mot kaldere klima i Nordvest-Europa. Slike tilstander er imidlertid meget forskjellige fra situasjonen vi har nå.

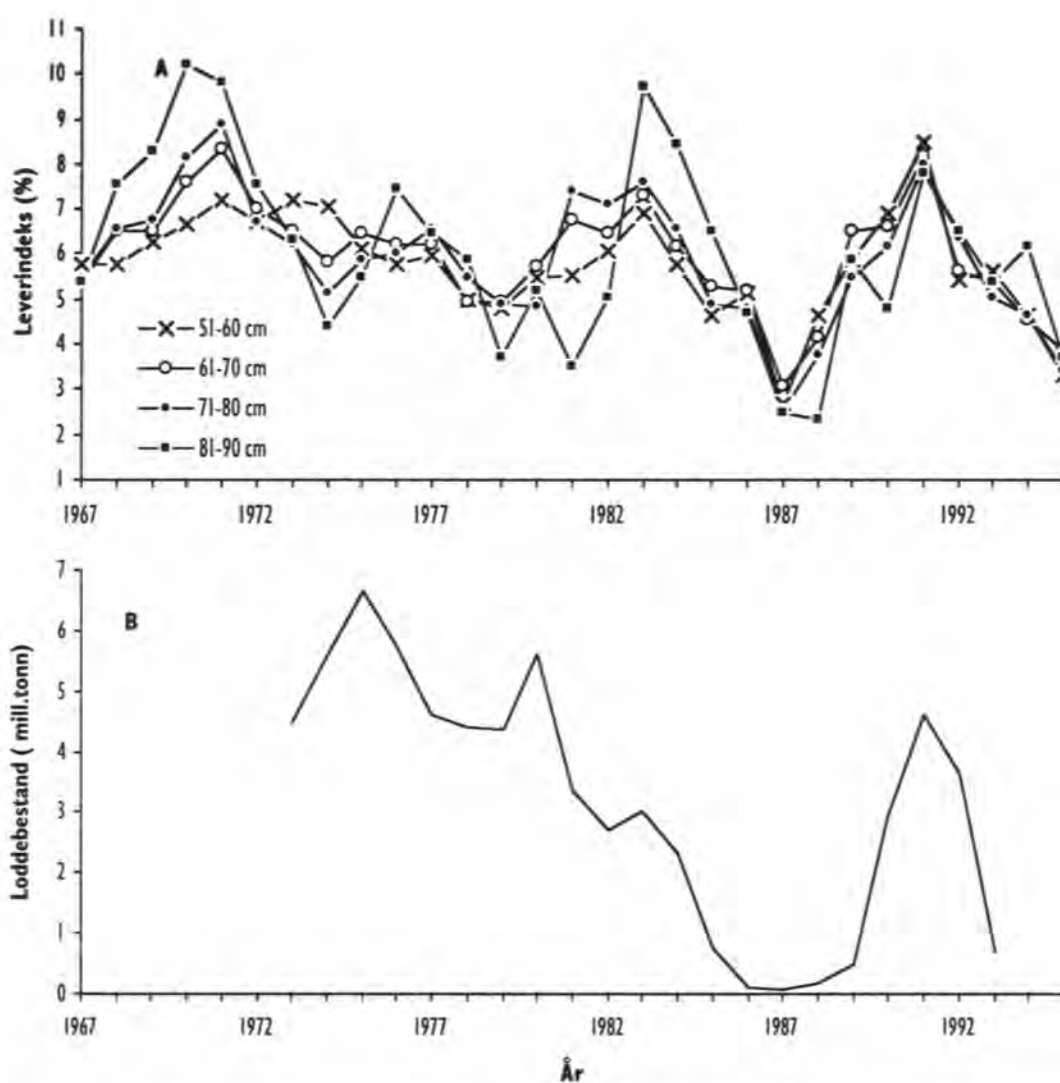
Selv om vi har observert at klimavariasjoner som strekker seg over noen få år har klare biologiske effekter, er det ikke påvist slike virkninger av det langsomme temperaturfallet i Norskehavet som er beskrevet her. Vi ser for eksempel at bestanden av norsk vårgytende sild nå vender tilbake til Norskehavet, selv om det er nesten 1°C kaldere enn i slutten av 1960-årene da den forsvant fra området. Sannsynligvis har dette mer sammenheng med økningen av bestanden enn med klimaforholdene. Generelt synes eventuelle biologiske virkninger av klimasvingninger med varighet over flere tiår ennå å være nærmest ukjente.

Betydningen av eggproduksjon for årsklassevariasjon hos norsk-arktisk torsk

C. Tara Marshall, Olav Sigurd Kjesbu, Per Solemdal, Øyvind Ulltang og Nathalia A. Yaragina (PINRO)

Undersøkelser på norsk-arktisk torsk viser nå klart betydningen av bestandens totale eggproduksjon for den etterfølgende rekrutteringen.

Eggproduksjonen er avhengig av alderssammensetningen i bestanden og fiskens kondisjon. Arbeidet kan få stor betydning for den videre forvaltningen av denne viktige ressursen.



Figur 5.8

(A) Leverindeks (levervekten dividert med totalvekten) hos torsk fra det sydlige Barentshav. Materialet er en del av et langtids overvåkingsprogram utført av det tidligere Sovjetunionen/Russland. Tallene gir middel for månedene januar, februar og mars i fire lengdegrupper av torsk. (B) Loddebestandens størrelse.

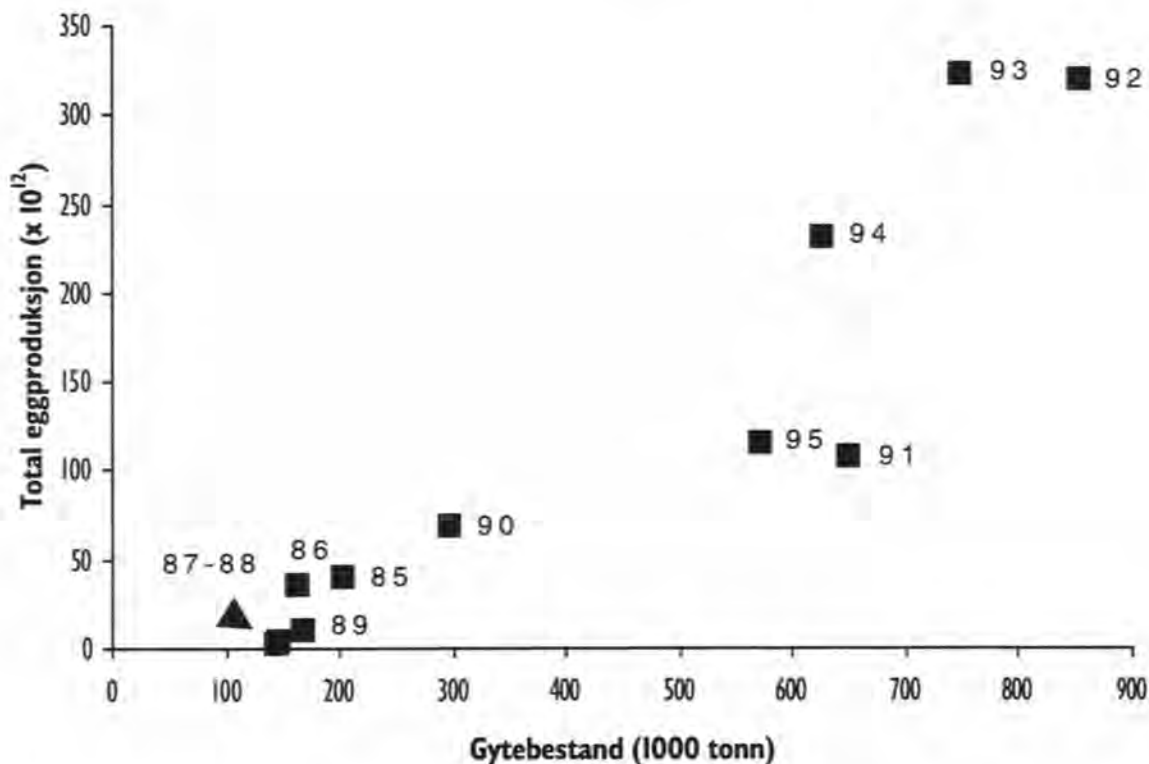
(A) Liver index (liver weight divided by total body weight) measured for cod in the southern Barents Sea as part of a longterm monitoring programme by Russia. Values represent the average of monthly values recorded for January, February and March for four length classes. (B) Capelin biomass.

Et stort uløst problem i fiskeribiologien gjelder forholdet mellom gytebestandens størrelse og variasjonen i årsklassestyrken (rekrutteringen). Det foreligger flere teoretiske fremstillinger av dette forholdet. Fra et forvaltningssynspunkt er disse sammenhengene for svake til å kunne brukes direkte i utviklingen av modeller for optimal beskatning. En av årsakene til den dårlige sammenhengen mellom gytebestandens størrelse og rekrutteringen er den upresise definisjonen av en gytebestand. I tidligere beskrivelser ble årsklassen definert ut fra eggproduksjonen til gytebestanden, og denne varierer på en annen måte enn gytebestanden selv. Informasjonen som skal til for å beregne den totale eggproduksjonen mangler vanligvis, og de fleste studier antar derfor at den totale eggproduksjonen er proporsjonal med gytebestandens størrelse. Denne artikkelen skal se litt nærmere på denne antagelsen.

For å beregne den totale eggproduksjonen trengs to typer av informasjon: det totale antallet kjønnsmodne hunnfisk og antall egg (fekunditet)

hos forskjellig fisk av ulik størrelse/alder. Årlige tokt i Barentshavet og på gytefeltene i Lofoten gir akustiske overslag av hele bestanden. Disse toktene skaffer også opplysninger om fiskestørrelse, kjønn og modenhet i bestanden. Opplysningene brukes til å beregne lengdefordeling og antall av modne hunner i bestanden. Tidsperioden som dekkes av vår undersøkelse, 1985 - 1996, viser en kraftig reduksjon i gytefiskens kondisjon i 1987 beregnet som leverindeks (levervekten hos torsk dividert med totalvekten). Denne reduksjonen faller sammen med en tilsvarende nedgang i loddebestanden (figur 5.8), et viktig fødetilbud.

Forholdet mellom fiskelengde og fekunditet (antall egg i rogn som kan gytes i løpet av sesongen) er undersøkt over en årrekke som et ledd i en større studie av reproduksjonsbiologien hos norsk-arktisk torsk. Gytefiskens fysiologiske kondisjon påvirker forholdet mellom lengde og fekunditet på en slik måte at torsk i dårlig kondisjon med samme lengde bare produserer halv-



Figur 5.9 Forholdet mellom vekten av gytebestanden og total eggproduksjon hos norsk-arktisk torsk. Punktene i figuren er nummerert med de respektive år.
The relationship between spawner biomass and total egg production for Northeast Arctic cod. Data points are labelled to indicate the corresponding year.

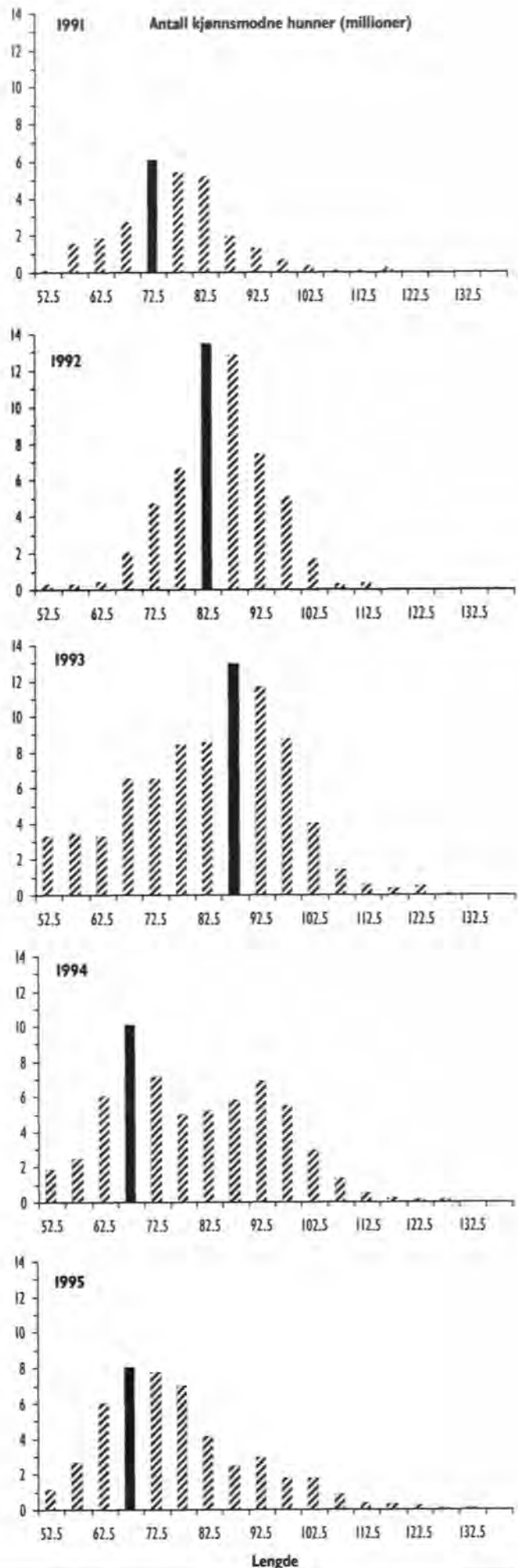
parten så mange egg som torsk i god kondisjon. Følgelig vil årlige variasjoner i kondisjon (figur 5.8) bli tatt hensyn til slik at forholdet fekunditet/lengde varierer med kondisjonen.

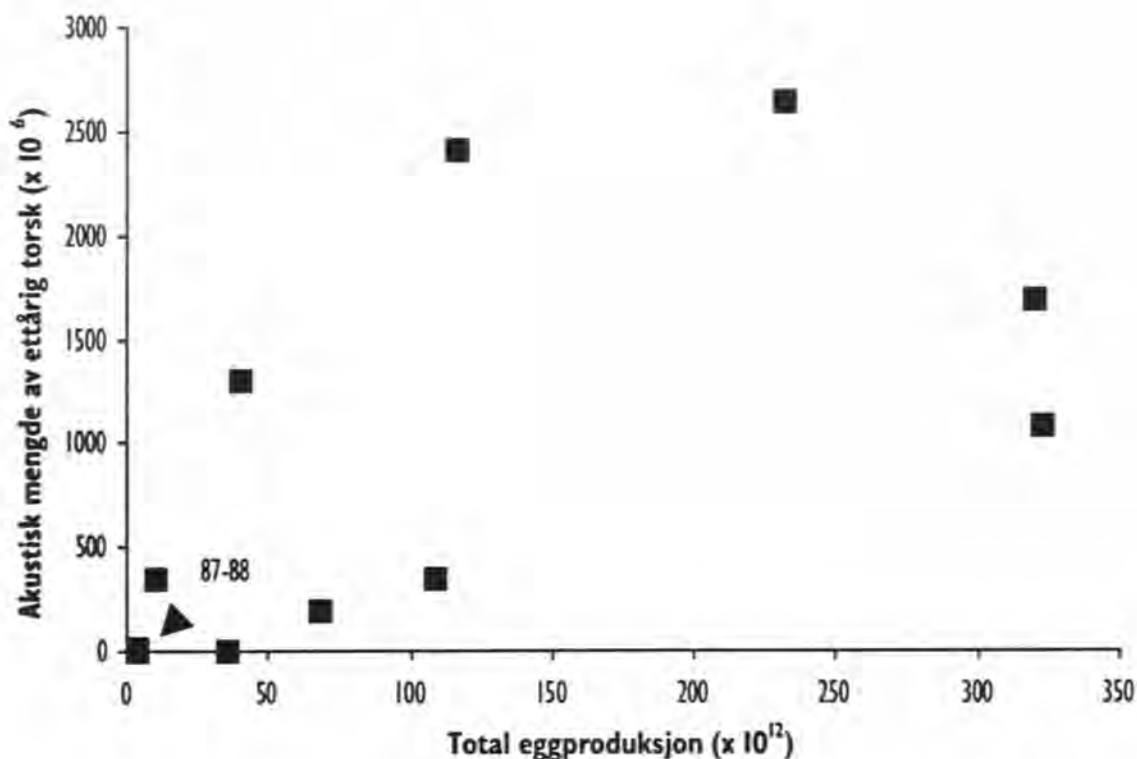
Den totale eggproduksjonen i bestanden ble bestemt ved å multiplisere antall kjønnsmodne hunner i 5-centimeter-grupper med fekunditeten i samme lengdegruppe, og tilslutt summere antall egg i samtlige lengdegrupper. Til sammenlikning med våre resultater, ble det benyttet data fra Lofoten i 1985, der total eggproduksjon var basert på innsamling av egg med håv fra en serie tokt. Eggene i denne undersøkelsen ble stadiestemt, talt og tilslutt summert til et tall som representerer den totale eggproduksjonen i området. I 1985 ble den totale eggproduksjonen etter «fekunditetsmetoden» beregnet til 40×10^{12} egg, mens det totale antallet egg fra den feltbaserte metoden var 21×10^{12} egg. Denne overensstemmelsen mellom total eggproduksjon og eggforekomsten i sjøen er meget god, særlig når vi vet ut fra eksperimenter at 40-50 % av eggene dør i løpet av de første dagene av utviklingen.

Forholdet mellom gytebestand og total eggproduksjon er ikke et enkelt proporsjonalt forhold som man skulle tro (figur 5.9). Istedet øker variasjonen i den totale eggproduksjonen med større gytebestander. En del av denne variasjonen skyldes variasjon i størrelsessammensetningen hos gytefisker (figur 5.10). År med et høyere antall store torsk (for eksempel 1992 og 1993) hadde høyere total eggproduksjon. Størrelsessammensetningen, og

Figur 5.10. Lengdefordelingen av kjønnsmodne hunntorsk fra perioden 1991 til 1995, basert på kombinerte data fra undersøkelser i Barentshavet og Lofoten.

The length distribution of mature females from 1991 to 1995. Data from the combined Barents Sea and Lofoten surveys.





Figur 5.11. Forholdet mellom total eggproduksjon og akustiske beregninger av ettårig torsk fra tokt i Barentshavet.
The relationship between total egg production and acoustic estimates of the abundance of age 1 cod in the Barents Sea survey.

dermed alderssammensetningen, i gytebestanden er derfor en viktig faktor i bestandsforvaltning.

I 1987 og 1988 var den totale eggproduksjonen nesten null (figur 5.9). Ut fra tanken om proporsjonalitet burde gytebestanden også vært null, mens den i realiteten var på omkring 200 000 tonn. Fra et forvaltningssynspunkt er dette en viktig forskjell. Ubetydelig eggproduksjon kan forekomme ved lave gytebestander når næringsforholdene er dårlige. Hvis en antar at forholdet mellom gytebestand og total eggproduksjon går gjennom aksenes skjæringspunkt, blir det reproduktive potensialet overestimert ved lave gytebestander når forholdene er som i 1987-1988.

En annen viktig karakter ved forholdet mellom gytebestand og total eggproduksjon er den store variasjonsbredde på eggproduksjonen, hele 100 ganger. Dette er vesentlig større enn det som er observert når det gjelder variasjon i gytebestandens størrelse, nemlig 5 ganger. Variasjonen i den totale eggproduksjon ligger i samme

størrelsesorden som årsklassevariasjonen. Dette er et viktig faktum av stor betydning når det gjelder forståelsen av disse variasjonene. Konklusjonen blir altså at den totale eggproduksjonen bare til en viss grad avspeiles av gytebestandens størrelse.

La oss nå se på forholdet mellom total eggproduksjon og årsklassestyrke. Akustiske målinger av mengden ettårig torsk fra Barentshavet ble brukt som en rekrutteringsindeks. Opplysningene viser en positiv samvariasjon, og med meget lave verdier av ettåringer da den totale eggproduksjonen er nærmest null (figur 5.11). Som det framgår, var det størst årsklasser ved middels eggproduksjon. Den totale eggproduksjonen vil også påvirkes av faktorer i forbindelse med eggkvalitet. Eksperimentelle langtidsundersøkelser med de samme individene har vist at eggkvaliteten bedrer seg fra første- til flergangsgyting, både når det gjelder eggstørrelse og eggdødelighet.

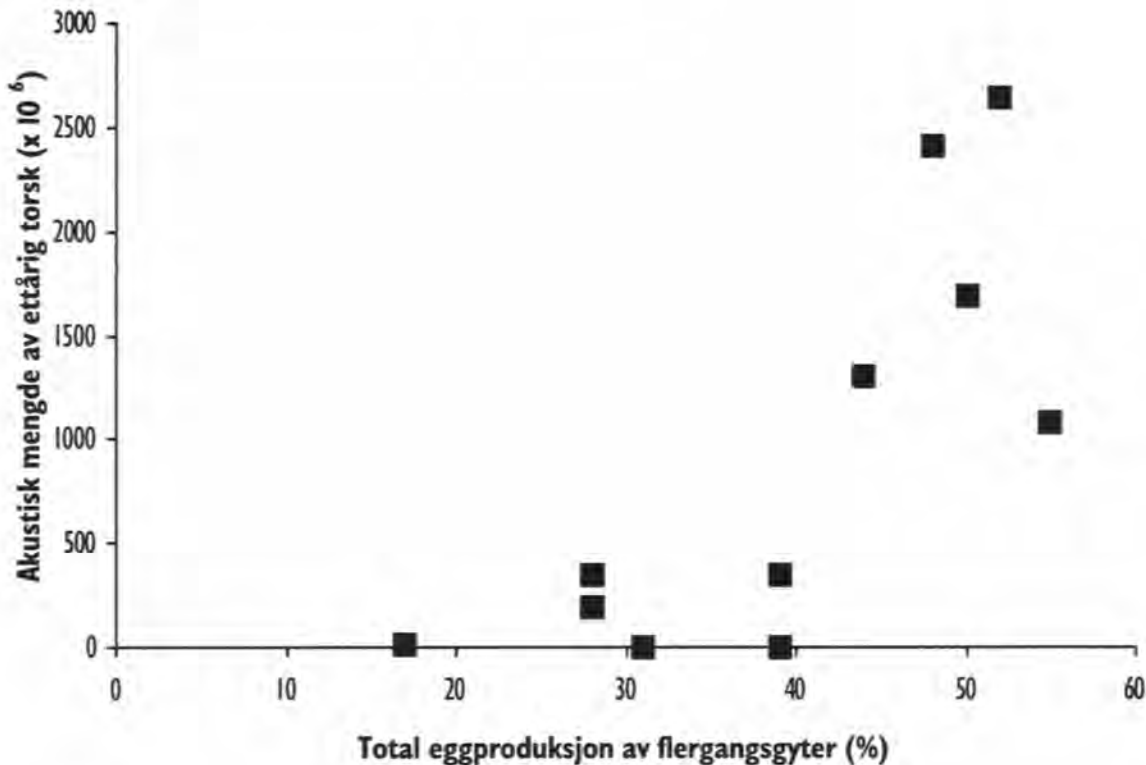
For å undersøke betydningen av disse effektene

nærmere, ble totalt antall modne hunner i hver lengdegruppe fordelt i antall første, andre og flergangsgytere. Det viste seg at når mengden egg gytt av flergangsgytere var lavt, var også årklassen liten (figur 5.12). I år med stort innslag av egg fra flergangsgytere var årsklassene som ble produsert større. Dette antyder at eggkvalitet, og sikkert også larvekvalitet, kan være viktige faktorer når det gjelder årsklassevariasjoner.

Måling av gytebestanden er en fundamental oppgave i fiskeriforvaltning. De fremlagte resultatene antyder imidlertid at konvensjonelle målin-

ger av gytebestandens størrelse er et upresist mål for bestandens totale eggproduksjon. Slike avvik vil forplante seg videre til forholdet gytebestand/årsklassevariasjon. Det anbefales derfor at det utvikles mer presise mål for det reproduktive potensialet hos norsk-arktisk torsk for direkte bruk i forvaltningen.

Fremtidig forskning er planlagt for å undersøke holdbarheten av denne konklusjonen. Dette arbeidet vil gå nærmere inn på kvantifisering av det reproduktive potensialet hos norsk-arktisk torsk ved å bruke historisk materiale.



Figur 5.12.

Forholdet mellom eggproduksjonen hos flergangsgytere, uttrykt som prosent av den totale eggproduksjonen, og mengden ettårig torsk beregnet akustisk fra tokt i Barentshavet.

The relationship between the total egg production by repeat spawners, expressed as a percentage of the total egg production, and acoustic estimates of the abundance of age 1 cod in the Barents Sea survey.

Torskerekruttering på Skagerrakkysten

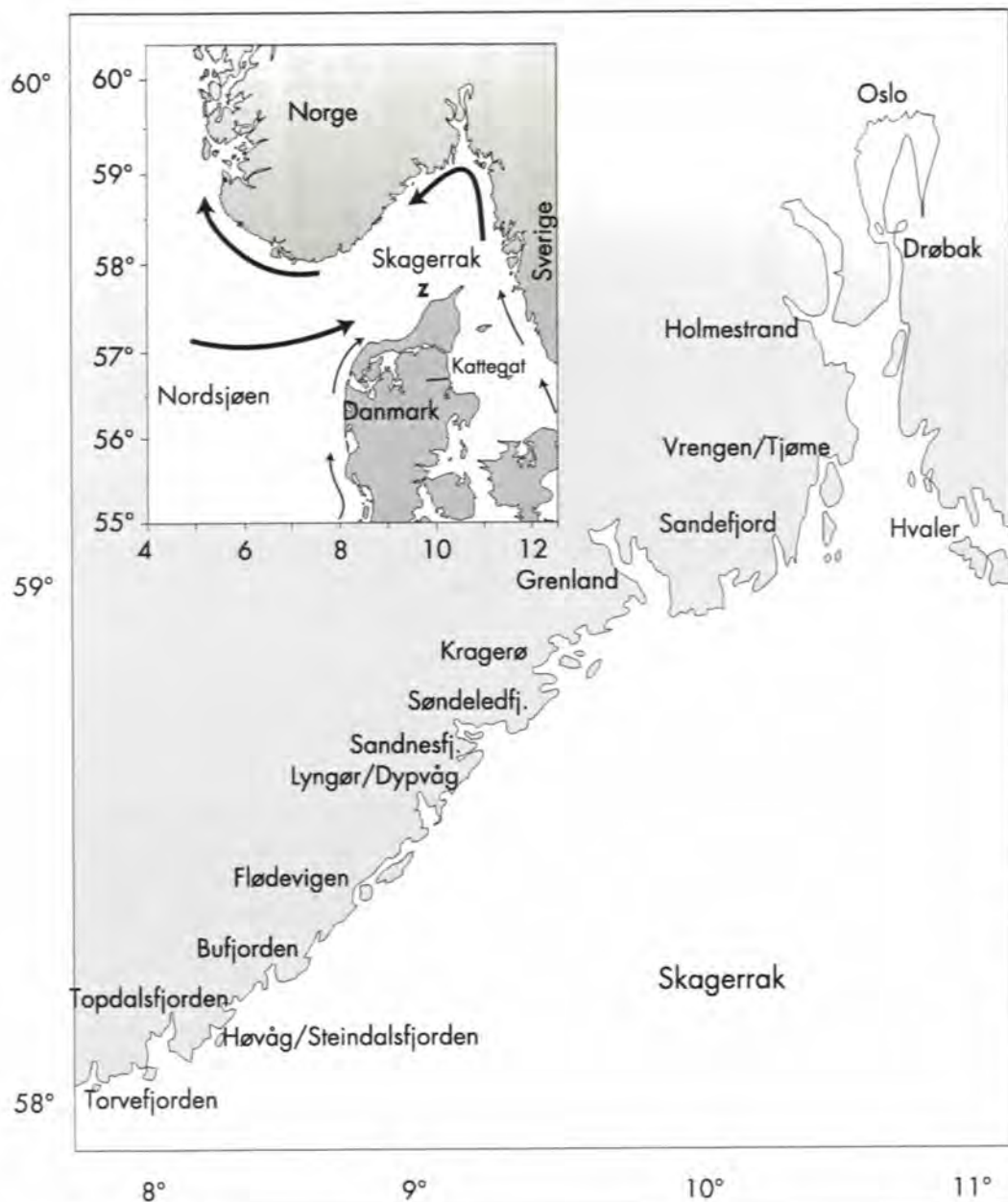
Jakob Gjørseter, Tore Johannessen
og Aadne Sollie

Rekrutteringen av torsk på Skagerrakkysten har variert mye, og har nå i en del år vært inne i en forholdsvis svak periode. 1995-årsklassen, og i særdeleshet 1996-årsklassen, er imidlertid gode. Dette kan tyde på at de som fisker kysttorsk på Skagerrakkysten kan se fram til noen gode år.

Hvert år siden 1919 har Havforskningsinstituttet Forskningsstasjonen Flødevigen trukket strandnot på faste stasjoner på Skagerrakkysten; fra Hvaler i ytre Oslofjord til Torvefjorden vest for

Kristiansand (figur 5.13). I dag tas det ca 120 stasjoner. Av disse er 37 besøkt årlig siden 1919, bortsett fra under andre verdenskrig. Undersøkelsene blir hvert år gjennomført i siste halvdel av september og i de første dagene av oktober. Nota som benyttes er 38 m lang, 3,7 m høy og har en maskevidde på 15 mm (strekt maske). I hver ende av nota er det 30 m lange tau. Vanligvis benyttes 20 m lange tau, og da dekker nota et areal opp mot ca. 700 m². Prøvetakingen har vært spesielt rettet mot å måle forekomstene av O-

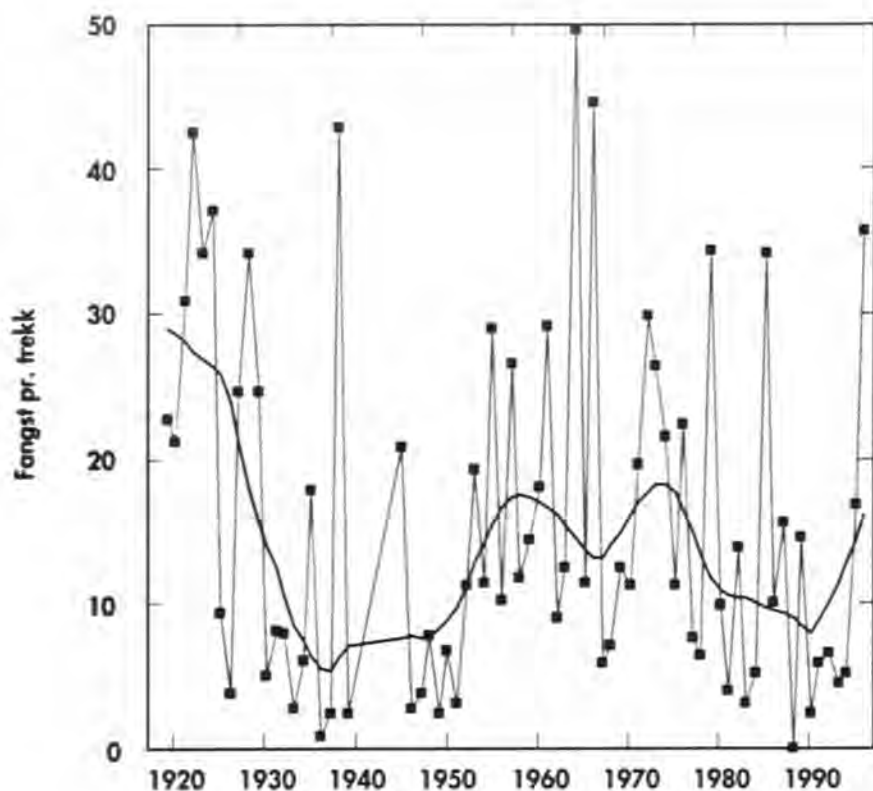
gruppe (ca. et halvt år gammel) torsk, men også fangstene av eldre hovedsakelig ett år gammel torsk, har vært gode.



Figur 5.13.

Området som blir dekket av de årlige strandnotundersøkelsene av fiskerekruttering på Skagerrakkysten.

Area covered by the annual beach seine investigations for O-group fish along the Skagerrak coast.



Figur 5.14 Årlige
middelverdier for fangst av 0-
gruppe torsk under strandnot-
undersøkelsene på Skagerrak-
kysten.

*Annual mean
catches of 0-group cod.*

Denne rapporten beskriver rekrutteringen av torsk på Skagerrakkysten i 1996, og sammenligner denne med utviklingen i perioden 1919-1995.

Den historiske utviklingen i forekomstene av 0-gruppe torsk på Sørlandskysten er vist i figur 5.14. Forekomstene av 0-gruppe torsk har variert mye fra år til år, men det har vært perioder med flere påfølgende sterke og svake årsklasser som har gitt opphav til svingningene. Det var gode forekomster av torskeyngel på 20-tallet. Mengden avtok betydelig på 30-tallet, økte igjen fram til 60-tallet og har siden avtatt igjen fra midten av 70-tallet. På første del av 90-tallet har det gjennomgående vært lave fangster av 0-gruppe torsk på Sørlandskysten. Etter en rekke mer og mindre svake år var fangsten i 1995 omtrent gjennomsnittlig, mens resultatene for 1996 ga fangster på 36 torsk pr. trekk. Dette tilsvarer en meget sterk årsklasse, og er blant de 10 sterkeste en har målt i de år undersøkelsene har vart. Styrken på årsklassen varierte noe langs kysten, men overalt, selv i Grenlandsfjordene der det har vært mange svært svake årsklasser, var det i år mye 0-gruppe torsk.

Tallene for eldre torsk, hovedsakelig ett-åringer, i fangstene gir et mer usikkert mål for den vir-

kelige mengden av denne fisken. Likevel er det en meget god korrelasjon mellom mengden av årets yngel og av ett år gammel fisk året etter. Derfor finner vi i store trekk igjen de samme svingningene i mengden av ett år gammel fisk som for yngel (figur 5.15). Fangstene i 1996 var gjennomgående under langtidsmiddelet og klart svakere enn i 1995, men bedre enn de siste årene ellers.

Både sammenhengen mellom 0-gruppe i ett år og ettåringer i påfølgende år, og sammenhengen mellom mengden av 0-gruppe og mengden av de samme årsklasser i ruser og garn i påfølgende år, viser at mengden av 0-gruppe torsk i strandnota gir et godt mål for rekrutteringen av kysttorsk på Skagerrakkysten.

Fra internasjonale undersøkelser foreligger det data for perioden 1979-1993, og det er skilt mellom det åpne Skagerrak og Kattegat. I Skagerrak var det sterke årsklasser i 1979, 1985, 1987, 1988, 1991, 1992 og 1993, men med de tre sterkeste årsklassene i 1991-1993. I Kattegat var det en meget sterk årsklasse i 1979, 1985- og 1989-årsklassene var sterke, årsklassene i 1990-1993 var svake, mens 1988-årsklassen var meget svak. For torsk er det således i de seinere år likhetstrekk mellom utviklingen på

Sørlandskysten og i Kattegat, mens utviklingen i det åpne Skagerrak er markert forskjellig.

Utviklingen i forekomstene av 0-gruppe torsk på Skagerrakkysten synes ikke å følge helt samme mønster som i de åpne deler av Skagerrak og i Nordsjøen. Det kan skyldes at mer storstilte klimatiske eller biologiske fenomener har en annen styrke eller tidsfase på kysten. Det kan også være snakk om lokale årsaks-sammenhenger.

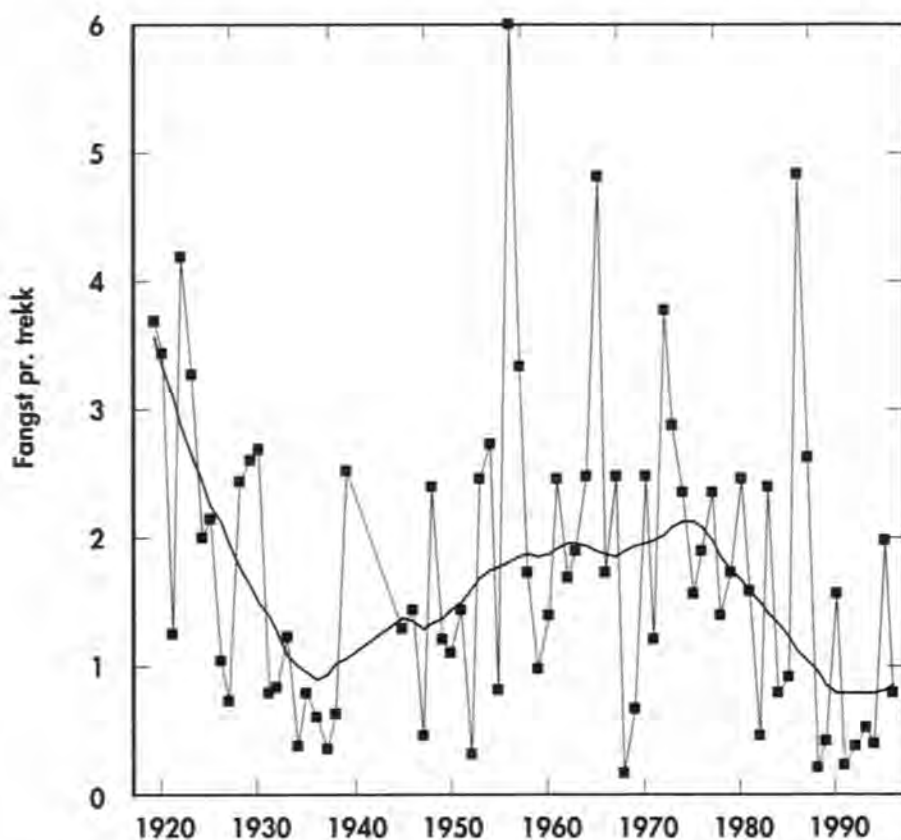
Selv om det ikke ble foretatt observasjoner av bunnvegetasjonen på 20-tallet, var det etter alt å dømme en betydelig nedgang i bunnvegetasjonens dekningsgrad på 30-tallet som følge av sykdommen som rammet ålegraset. Erfaringen viser at mengden bunnvegetasjon, og spesielt mengden av ålegras, har stor innvirkning på mengden av 0-gruppe torskefisk (og mange andre fiskeslag). Parallelt med økningen i bunnvegetasjonens dekningsgrad etter krigen økte mengden av 0-gruppe torsk på Sørlandet betydelig. Forekomstene fortsatte å øke etter at dekningsgraden av bunnvegetasjon hadde flatet ut på 60-tallet. Nedgangen på midten av 70-tallet inntraff uten at det var påvist en tilsvarende

nedgang i bunnvegetasjonen, selv om det er indikasjoner på at det igjen var mindre ålegras på 80-tallet. Det er framsatt flere mulige forklaringer til denne nedgangen.

Nedgangen i forekomstene av 0-gruppe torskefisk som er observert flere steder på Skagerrakkysten, for eksempel i Grenland, kan ha sammenheng med mindre tilgjengelig mat til yngel av torskefiskene. Både eutrofiering og miljøgifter kan være mulige årsaker til dette.

Klimatiske endringer kan være mulig årsak til svingningene i rekrutteringen til torskefiskene, men man kan ikke utelukke overfiske som en mulig årsak til nedgangen i 0-gruppe torskefisk på Sørlandskysten.

I denne sammenhengen er det viktig å legge merke til at samtidig som torskefiskene lå på et lavt nivå på 80-tallet og først på 90-tallet, hadde andre arter et tydelig oppsving i denne perioden. Det gjelder for eksempel sjøørret, taggmakrell, skrubbe, svartkutling og flere av leppefiskene som berggyllt, grønngyllt og bergnebb. Disse artene har også tidligere svingt i utakt med torskefiskene.



Figur 5.15 Årlige middelværdier for fangst av eldre torsk, hovedsakelig I-gruppe, under strandnotundersøkelsene på Skagerrakkysten.

Annual mean catches of older cod, mainly 1 year old.

Variasjoner i havklimaet inntreffer på tidskala fra dager til år. Slike kan ha stor betydning for menneskets bruk av det marine miljøet og fiskeressursene. Havforskningsinstituttet ser nå på mulighetene for å varsle havmiljøendringer.

Meteorologene har i over hundre år varslet været med stadig økende treffsikkerhet. I dag er det vanskelig å tenke seg et samfunn hvor slike varsler ikke finnes. Når det gjelder havet er man såvidt kommet i gang med å se på mulighetene for å varsle fremtidige tilstander.

En stor del av samfunnets næringsvirksomhet er knyttet til havet. Disse aktivitetene har behov både for nøyaktige beskrivelser av nå-tilstanden i havet såvel som varsler for hvordan denne vil utvikle seg i fremtiden. Slike varsler kan strekke seg fra noen dager opp til år.

Et eksempel på slike klimavarsler er det arbeidet som nå pågår for å varsle fenomenet som kalles «El Niño» i Stillehavsregionen. Dette begrepet, som betyr Jesusbarnet på spansk, ble opprinnelig brukt av fiskere langs kysten av Peru og Ecuador på en varm havstrøm som dukket opp omkring juletider og som førte til at fisken forsvant for en kortere periode.

I enkelte år kunne denne havstrømmen være spesielt varm og da kunne fisket stoppe i opp til et halvt år.

Senere er man blitt oppmerksom på at slike kraftige «El Niño»-begivenheter som for eksempel den man hadde i 1982-83, ikke bare virket inn på det lokale klimaet og livet i havet, men hadde en effekt også på det globale klimaet. I tillegg til en rekke negative effekter på fiskeriene og marine organismer i Stillehavsregionen, medførte 1982-83 «El Niño» også endringer i monsunedbøren med tørke og skogbrann i Indonesia og Australia og ekstreme værforhold i den vestlige delen av USA. Det er beregnet at

tapet i verdensøkonomien av denne begivenheten utgjorde over 8 milliarder dollar.

«El Niño»-fenomenet i Stillehavsregionen henger sammen med storstilte trykkvariasjoner i atmosfæren. Via slike er det også en kobling til havklimavekslingene i våre farvann. Forskjellen i lufttrykket mellom Island og Azorene har vist seg å være en god indikator på klimavariasjonene i Nordøst-Atlanteren.

Endringer i volum og varmeinnhold til det atlantiske vannet som Golfstømmen transporterer inn i våre havområder er den viktigste årsak til havklimavariasjoner. Drivkreftene for slike fluktuasjoner i den atlantiske innstrømmingen er variasjoner i den atmosfæriske sirkulasjonen. De temperaturendringene slike variasjoner medfører kan ha store effekter på fiskebestandene ved at de påvirker rekruttering, individuell vekst og geografisk fordeling av bestandene. Dersom vi kan varsle slike klimaendringer, vil dette kunne ha en vesentlig betydning for forvaltningen av fiskebestandene.

Tilstandsrapporter og kortsiktig varsling, dvs fra dager til uker, har stor interesse f.eks. for skipsfart, oljevirkosomhet og fiskeoppdrett. Som et eksempel på dette vil vi nevne varslingstjenesten for skadelige alger langs norskekysten. Denne tjenesten er et samarbeid mellom Havforskningsinstituttet, Fiskeridirektoratet og Oceanor. I den tiden av året hvor mulighetene for skadelige alger er til stede sendes det ut ukentlige meldinger om algesituasjonen. Figur 5.16 viser et eksempel på en slik melding. Denne legges også ut på Internett.

I 1989 tok en del FN organisasjoner som Den mellomstatlige oseanografiske kommisjonen og Verdens meteorologiske organisasjon initiativet til å starte opp et Global Ocean Observing System (GOOS). GOOS tar sikte på å etablere et globalt nettverk for innsamling, kvalitetskontroll

og distribusjon av data og dataprodukter fra havet til et bredt spekter av brukergrupper. GOOS skal hovedsaklig bygge på allerede igangsatte aktiviteter og observasjonssystemer og har fem innsatsmoduler:

- Overvåking, vurdering og varsling av klimaendringer
- Overvåking og vurdering av levende marine ressurser

- Forvaltning og utvikling av kystsonen
- Vurdering og varsling av havets helse-tilstand (Forurensning)
- Marinmeteorologisk og oseanografisk varslingstjeneste

Et globalt GOOS må bygge på nasjonale eller regionale systemer. Det er etablert en europeisk komponent, EuroGOOS, som skal ivareta den europeiske dimensjon i GOOS. Her er

ALGEINFO

Dato: 31. juli 1996

HAVFORSKNINGSINSTITUTTET • FISKERIDIREKTORATET • OCEANOR

Generell tekst:

Det er lite alger i Skagerrak, mens lokale oppblomstringer av kiselalger og/eller *Emiliana huxleyi* forekommer fra Rogaland til Finnmark. Oppblomstringen av kalkflagellaten *Emiliana huxleyi* er stort sett på tilbakegang langs hele kysten med unntak for Vesterålen. *Prymnesium parvum* påvises i lave konsentrasjoner i Ryfylke. Alger som kan bære i seg gifter og gjøre skjell uegnet til konsum, ser nå ut til å være på tilbakegang flere steder langs kysten.

Området Finnmark-Vikna (1-2)

E. huxleyi har gått tilbake på Helgelandskysten og oppblomstringen er nå mest intens i Vesterålen. Kiselalger (*Chaetoceros* og *Skeletonema*) har fortsatt lokale oppblomstringer flere steder i Nordland og Troms.

Området Vikna-Stad (2-3)

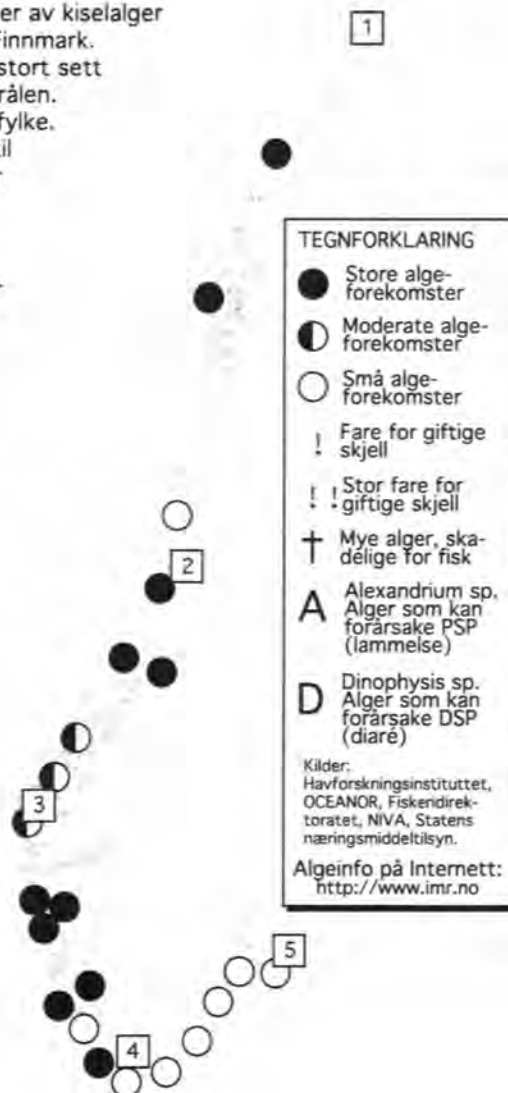
Forekomstene av *Emiliana huxleyi* har ikke forandret seg vesentlig siden forrige uke. Mengden av kiselalger (*Chaetoceros*) har derimot økt i Trondheimsfjorden og spesielt utenfor Frøya hvor det lokalt kan være tette bestander.

Området Stad-Flekkefjord (3-4)

Både kiselalger og *E. huxleyi* blomstrer fortsatt i området. *Prymnesium* påvises fortsatt i lave konsentrasjoner i Hyls/Sandsfjordsystemet. Det har vært observert død villfisk og registrert indikasjoner på gift i vannet flere steder i Hyls-/Sandsfjordsystemet.

Området Flekkefjord-Hvaler (4-5)

Det er små algemengder i Ytre Oslofjord og på Skagerrak-kysten med tallmessig dominans av små flagellater og monader. I hele området, bortsett fra Indre Oslofjord, har det vært små forekomster av alger som kan bære i seg gifter og gjøre skjell uegnet til konsum.



Figur 5.16. Eksempel på ukentlig algemelding
Example of a weekly algal information sheet.

Havforskningsinstituttet, Det norske meteorologiske institutt og Nansensenteret medlemmer. I Norge foregår det allerede en rekke GOOS tilknyttede aktiviteter fra flere institusjoner. For å sikre en nasjonal koordinering av disse, ble det i januar 1997 dannet en nasjonal komité; *norGOOS*. Her vil etterhvert alle relevante norske institusjoner delta. For tiden har Havforskningsinstituttet formannsvervet og sekretariatet for *norGOOS*

Begrepet «operasjonell oseanografi» dukker nå

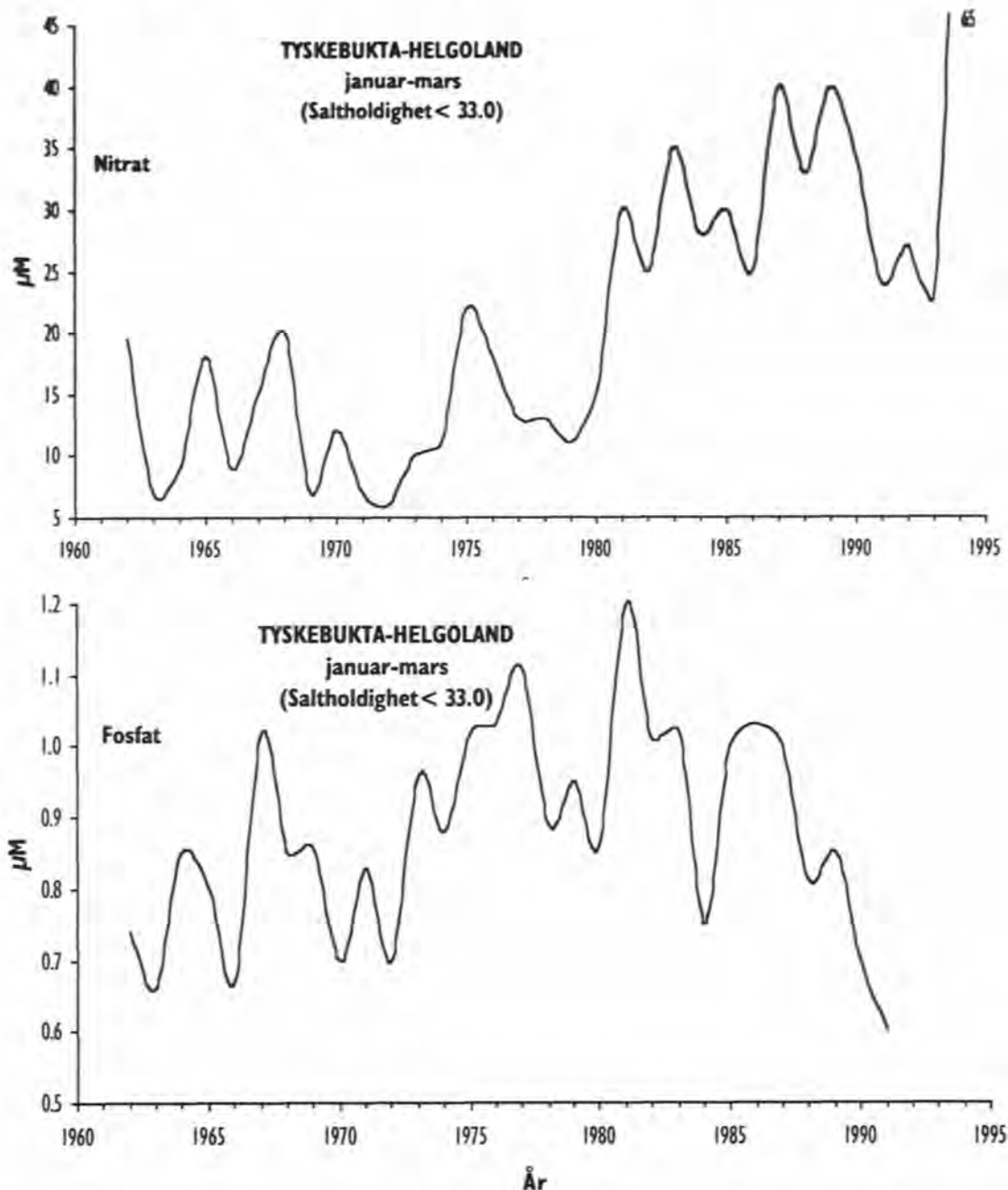
ofte opp i GOOS sammenheng. Med dette mener vi enhver fast, kontinuerlig og rutinemessig datainnsamling fra havet som resulterer i utgivelsen av et regelmessig produkt som varsler, tilstandsrapporter eller langtidstrender. I årene som kommer vil vi sannsynligvis se en rivende utvikling innen dette feltet hvor vi vil være kontinuerlig oppdatert om situasjonen i havet. Samtidig vil vi få frem en rekke nye tilstands- og varslingsprodukter som vil bidra til en bedret forvaltning både av havmiljøet og fiskeressursene.

Hva har skjedd med næringssaltene i Skagerrak?

Jan Aure

Økt innstrømming av menneskeskapt næringsalter fra Tyskebukta og Kattegat har de siste 20-30 åra påvirket næringsaltforholdene langs den norske Skagerrakkysten. Tidligere upubliserte målinger, utført ved Havforsknings-

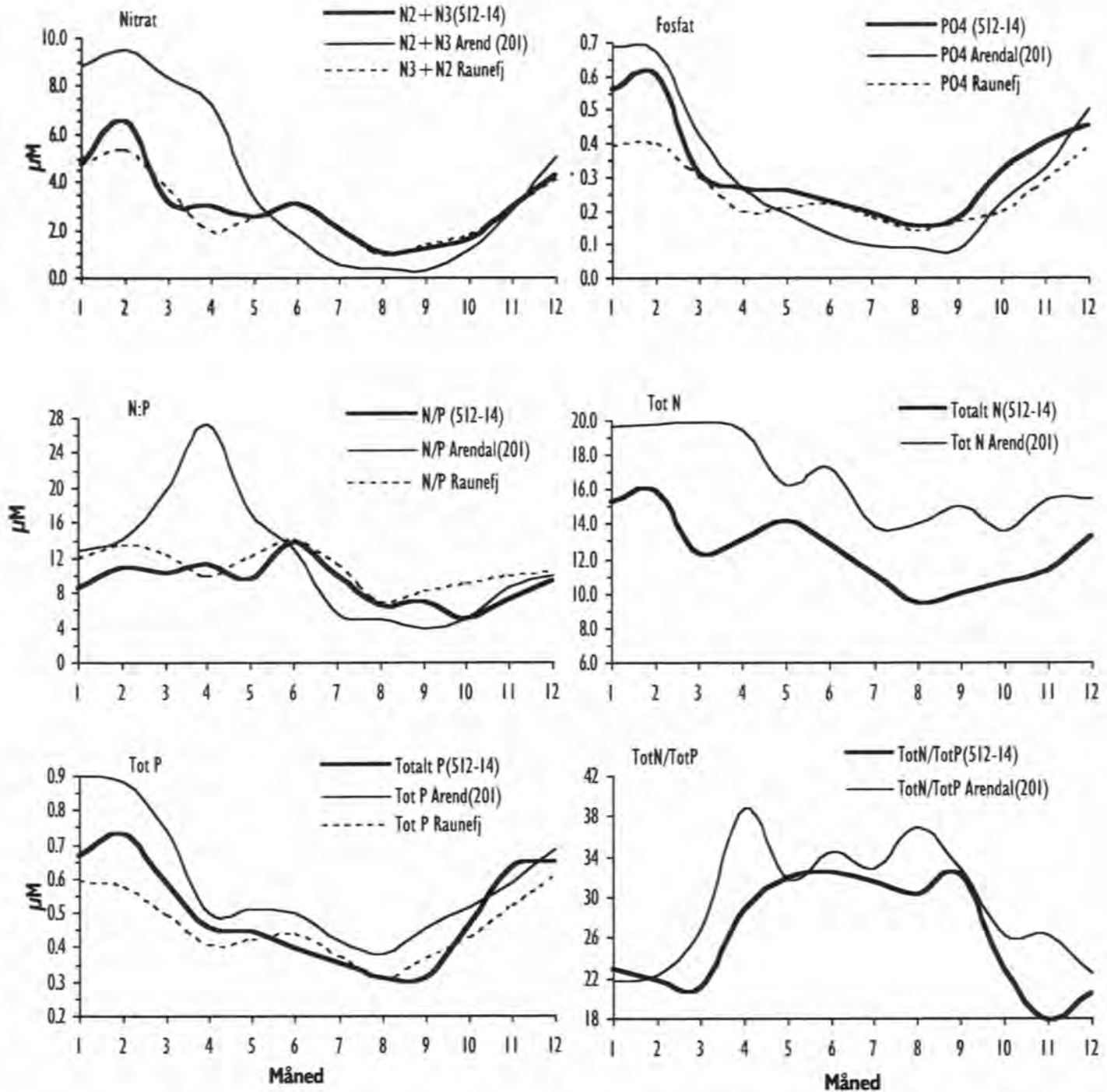
instituttets stasjon i Flødevigen (1975-80), viser at endringene i næringssaltkonsentrasjoner og næringsaltsammensetning har vært betydelige i kystvannet ved Arendal.



Figur 5.17 Midlere konsentrasjoner av nitrat og fosfat i perioden januar-mars i Tyskebukta-Helgoland etter 1962 (Etter Hickel, Mangledorf, & Berg, 1993).
Mean nitrate and phosphate concentrations in January-March after 1962 in the German Bight-Helgoland.

Nitratkonsentrasjonene i Tyskebukta om vinteren (januar-mars) har økt 2 - 3 ganger siden 1990-årene og er nå 35 - 40 μM . Fosfatkonsentrasjonen har derimot bare økt med omkring 50 % i samme periode (figur 5.17). I motsetning til nitrat var

det imidlertid en nedadgående tendens etter ca 1982. Den ulike utviklingen av nitrat og fosfat og tilnærmet konstante silikatkonsentrasjoner medførte betydelig forhøyete N:P og N:Si forhold i Tyskebukta. Næringssaltkonsentrasjonene



Figur 5.18

Månedsmidler for nitrat, fosfat, N:P forhold, Tot N, Tot P og TotN/TotP 0-30m i kystvannet ved Arendal (st 512-514) 1975-80, Arendal (st 201) 1990-95 og Raunefjorden 1990-95.

Monthly means of nitrate, phosphate, N:P ratio, Tot N, Tot P and TotN/TotP at Arendal (Stn 512-514) 1975-80, Arendal (Stn 201) 1990-95 and Raunefjord 1990-95.

i Tyskebukta har en årlig syklus med maksimale fosfat og silikatkonsentrasjoner rundt årsskiftet og maksimale nitratkonsentrasjoner i vinter/vårperioden. Dette medfører at N:P og N:Si forholdet varierer mye gjennom året, med tilnærmet normale forhold rundt årsskiftet og markert økning i N:P og N:Si utover vinteren og våren. Den sesongmessige variasjon i vindmønsteret i Nordsjøen medfører at det er i vinter-/vårperioden det er størst tilførsler av Tyskebuktvann via Jyllandstrømmen til Skagerrak. Dette er samtidig perioden med de høyeste nærings saltkonsentrasjoner og størst ubalanse i nærings saltene i Tyskebukta.

Overflatelaget i Kattegat er betydelig påvirket av utstrømning fra Østersjøen, og det har her i perioden 1970-90 vært en økning i alle nærings salter om vinteren, unntatt silikat. I sommerhalvåret har det i middel vært en økning for totalnitrogen (Tot N) og totalfosfor (Tot P), mens silikat har vist en nedadgående tendens. Hovedårsaken til de økende nærings saltkonsentrasjonene er utviklingen i Østersjøen hvor nærings saltinnholdet ble nesten doblet mellom 1950 og 1982. Økning i lokale utslipp til Kattegat og periodevis innstrømning av næringsrikt vann fra sørlige Nordsjøen, har også bidratt til å endre nærings saltforholdene i Kattegat.

En sammenligning mellom perioden 1975-80 og 1990-95 i kystvannet ved Arendal, viser at den økte innstrømning av menneskeskapt nærings salter fra Tyskebukta og Kattegat har forårsaket til dels betydelige endringer i nærings saltforholdene langs den norske Skagerakkysten (figur 5.18). I middel for vinter-/vår perioden har nitratkonsentrasjonene etter 1990 økt til omlag det doble (ca 100%) sammenlignet med perioden 1975-80, mens økningen i fosfat var betydelig mindre (ca 10%). Observasjoner og beregnin-

ger viser imidlertid at fosfatkonsentrasjonene i vinter-/vårperioden trolig har økt med totalt ca 30% etter 1970. Den økte ubalanse i tilførte nærings salter førte også til en markert økning i N:P forholdet i vinter-/vår perioden.

Etter 1990 var det også i årsmiddel ca 35% høyere konsentrasjoner av totalnitrogen (Tot N) sammenlignet med perioden 1975-80, mens økningen av totalfosfor (Tot P) var mindre og mest utpreget i vinter-/vår perioden. Nærings saltforholdene i Skagerrak kystvann før 1970 var trolig sammenlignbare med dagens forhold på Vestlandskysten (Raunefjorden). Overkonsentrasjonene i nitrogen, og derved ubalansen mellom de uorganiske nærings saltene varierer betydelig fra år til år, blant annet som en følge av varierende ferskvannstilførsler til Tyskebukta og Kattegat. Den midlere regionale påvirkning av menneskeskapt nærings salttilførsler fra sørlige Nordsjøen og Kattegat ser ut til å ha sin vestgrense ved Lindesnes, men for nitrat og N:P-forholdet kan påvirkningen i år med store tilførsler strekke seg opp til kystområdet mellom Jæren og Karmøy.

De økte tilførselene av menneskeskapt nærings salter til Skagerrak har ført til ca 50% økning i tilførselene av organisk materiale til fjordbassengene i indre Skagerrak og til en tilsvarende økning i oksygenforbruket. Da fjordbassengene langs Skagerakkysten fra naturens side er følsomme for økt organisk belastning, har dette medført at oksygeninnholdet i en rekke fjordbasseng trolig har kommet under en kritisk grense for fisk og bunndyr. Den endrete sammensetning av tilførte nærings salter med et betydelig overskudd av nitrogen og høyt N:P forhold har trolig også endret artsammensetningen av planktonalger i Skagerrak med blant annet økt risiko for fremvekst av skadelige alger.