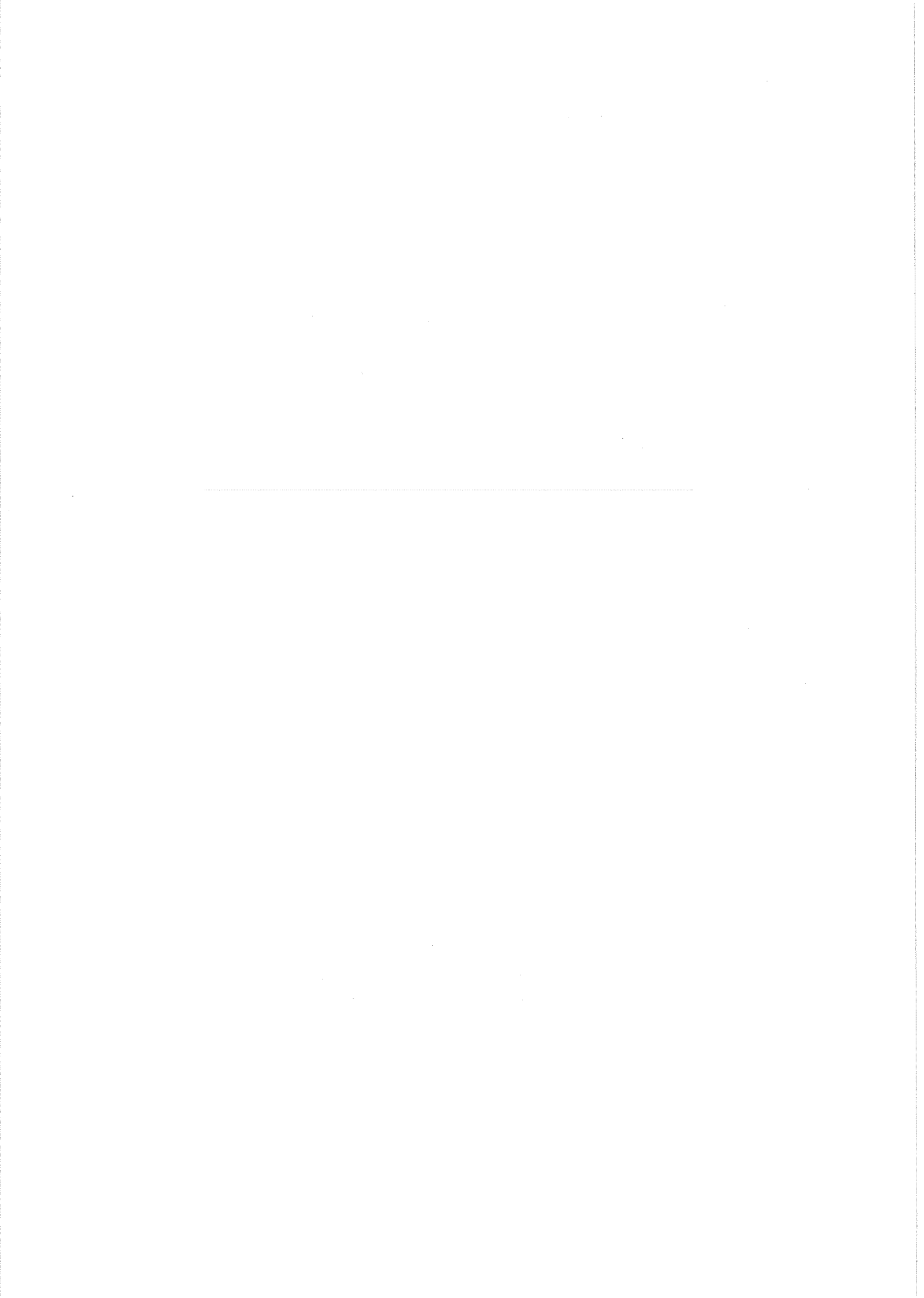


Fisken og Havet, 1991
(Særnummer 2), ISSN 0802-0620

MILJØRAPPORT FOR 1991

HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

APRIL 1991



INNHOLD

FORORD

1. INNLEDNING	7
2. MILJØTILSTANDEN I VÅRE HAVOMRÅDER I 1990	
2.1 Barentshavet	9
2.1.1 Fysisk klima	9
2.1.2 Plankton – næringsgrunnlaget for lodde	11
2.2 Norskehavet	13
2.3 Nordsjøen – Skagerrak	14
2.3.1 Fysisk klima	14
2.3.2 Næringsalter	15
2.3.3 Miljøforholdene i Skagerrak	17
2.3.4 Miljøgifter	18
2.4 Kysten og fjordene	20
2.4.1 Fysisk klima	20
2.4.2 Skadelige alger	23
2.4.3 Miljøgifter	28
3. REKRUTTERING TIL FISKEBESTANDENE	
3.1 Sild	29
3.2 Lodde	30
3.3 Yngelundersøkelser i april-mai	31
3.4 Yngelundersøkelser i juli	32
4. UTVALGTE GLIMT FRA FORSKNINGSAKTIVITETENE I 1990	
4.1 Produksjon av torskelarver – en miljøtilpasset overlevings- mekanisme	36
4.2 Torskens eggproduksjon i et nytt lys	37
4.3 Bestemmelse av alder hos fiskelarver	38
4.4 Klima og rekruttering i Nordsjøen	40
4.5 SKAGEX – en internasjonal samarbeidsundersøkelse	42
4.6 Jyllandstrømmen – en transportåre av forurensning til Skagerrak ...	43
4.7 Oppbygging av nytt økotoksikologisk laboratorium	44
4.8 Noen resultater fra «Nord-Norsk Kystøkologi»-programmet	46
4.9 Vannutskiftning i fjordene fra Sørlandet til Finnmark	49
4.10 Bergen Ekko Integrator – et nytt forskningsverktøy	52
4.11 Måling av salt og temperatur i havet – grunnlaget for havforskning	54

5. NOEN VIKTIGE PROBLEMSTILLINGER I 1990

- 5.1 Klimaendringer og fisk – hva kan skje?
av Victor Øiestad og Johan Blindheim 57
- 5.2 Radioaktivitet. Er dette en trussel for fiskeriene i nordømrådene?
av Lars Føyn 62

FORORD

I arbeidet med denne rapporten har en vesentlig del av Miljøsenderets stab bidratt. For å lette videre forespørsler, er det laget en liste over de forskere som har hatt hovedansvaret for utarbeidelsen av de enkelte deler:

Havklima og fjorder	J. Aure, J. Blindheim, H. Loeng, E. Svendsen
Plankton og alger	J. Aure, E. Dahl, F. Rey, H.R. Skjoldal
Næringssalter	J. Aure, L. Føyn
Miljøgifter, økotoksikologi	J. Klungøy, B. Serigstad
Rekruttering til fiskebestandene	H. Bjørke, P. Fossum, O.S. Kjesbu, P. Solemdal
Instrumentering, metoder	T. Gytre, K. Foote

B. Ellertsen har fungert som redaktør, H. Kismul har hatt ansvaret for utformingen av figurene og K.R. Arnesen /J. Træland for tekstbehandlingen.

1. INNLEDNING

Havforskningsinstituttet har i 1990 vært igjennom en periode med omorganisering. Etter anbefaling av et offentlig nedsatt utvalg ble virksomheten delt på tre sentra:

Senter for marine ressurser
Senter for marint miljø
Senter for havbruk

Senter for marint miljø har som overordnet mål å drive forskning av høy faglig kvalitet på de fysiske, kjemiske og biologiske prosesser i havet som virker inn på menneskets muligheter til å utnytte ressursene i våre kyst- og havområder samt å være rådgiver for fiskeri- og miljøforvaltning. Miljøsenderets aktiviteter er for 1991 organisert i fem programmer:

HAVKLIMA
MARINE ØKOSYSTEMER
REKRUTTERING HOS FISK
HAVFORURENSNING
METODE- OG INSTRUMENTUTVIKLING

Grovt sett kan vi si at Miljøsenderets arbeidsområde omfatter alle de grunnleggende fysiske, kjemiske og biologiske prosesser i havet. Aktivitetene utgjør viktige deler av det faglige grunnlaget for bærekraftig utnyttelse og forvaltning av det marine havmiljø og de levende ressursene.

Denne rapporten tar sikte på å beskrive miljøtilstanden i 1990 for våre kyst- og havområder. Miljø er da definert så vidt at det omfatter fysiske og kjemiske parametere, plankton og de tidligste stadiene i fiskens liv. Den inkluderer også informasjon om spesielle begivenheter i dette året og har med endel utvalgte glimt fra forskningsaktivitetene. I tillegg er det tatt med to artikler om emner som har vakt offentlighetens interesse i foregående år.

Tilstanden i havmiljøet i våre farvann bestemmes i stor grad av forholdene i strømsystemene. Her er Den norske atlantehavstrøm og Den norske kyststrøm av største betydning. Atlanterhavstrømmen kommer inn i Norskehavet hovedsaklig mellom Shetland og Færøyene (Fig. 1). Hovedgrenen følger egga-kanten nordover langs norskekysten mens noe trenger inn i Nordsjøen. Egenskapene i vannmassene til Atlanterhavstrømmen og Kyststrømmen, såvel som de varierende vannvolum disse transporterer, bestemmer i stor grad klimatilstanden i våre nære havområder.

For å overvåke denne, måler Havforskningsinstituttet i en rekke standardsnitt og på faste stasjoner langs kysten. I tillegg taes det en stor mengde observasjoner i de forskjellige havområder for å kartlegge den romlige fordelingen av de aktuelle parametere.

Posisjoner for standardsnitt og faste stasjoner er vist i Fig. 1. De uthevede områdene på snittene ved Svinøy, Fugløya – Bjørnøya og Vardø samt de faste stasjonene ved Utsira, Bud og Skrova er nærmere omtalt i teksten. På de faste stasjonene blir det observert 1–3

ganger i måneden mens standardsnittene blir gjennomført 1–6 ganger i året. Måleseriene for de faste snittene går for noens vedkommende tilbake til midten av 50-årene mens tidsseriene for de faste stasjonene går mer enn 50 år tilbake.

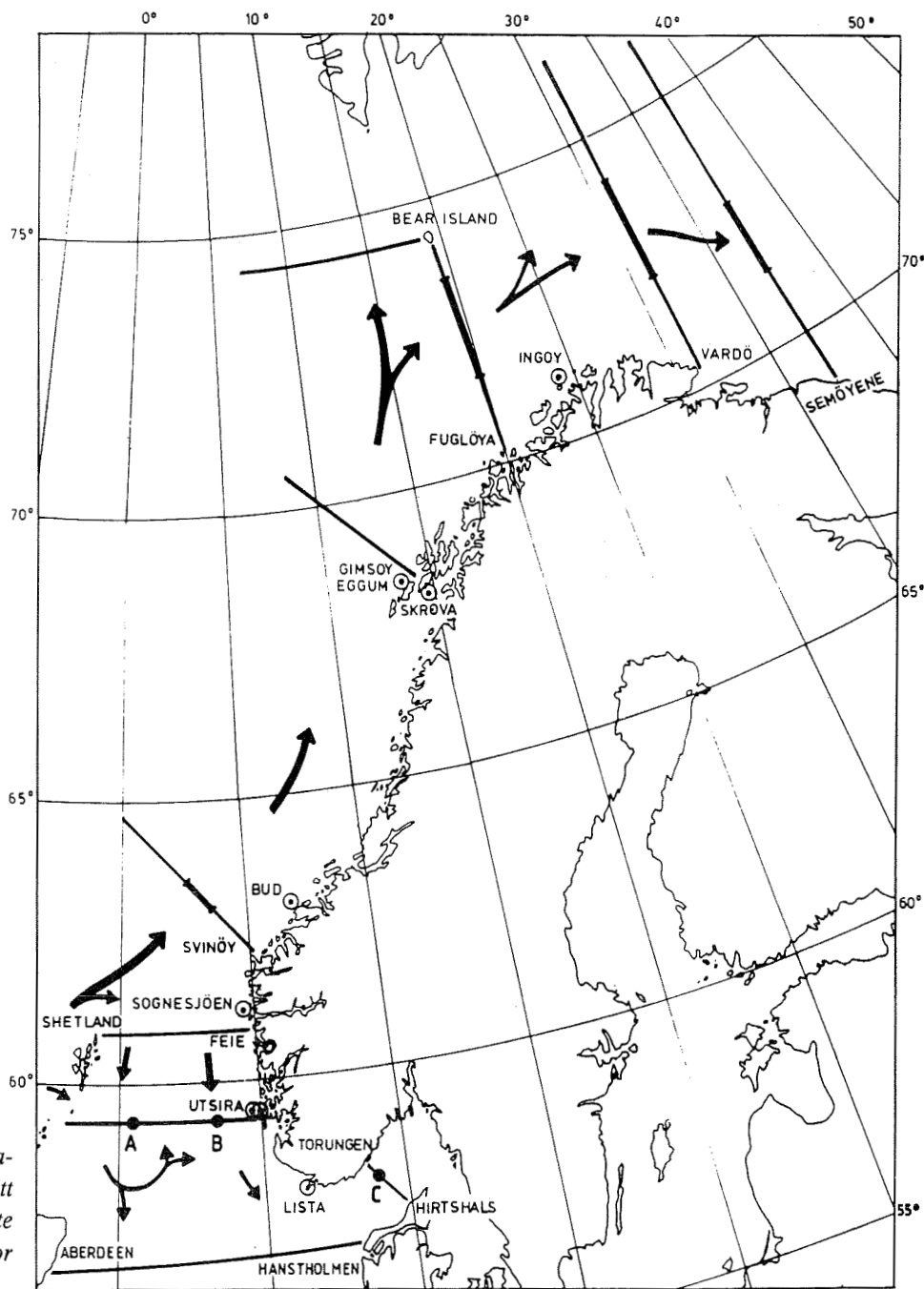


Fig. 1. Faste stasjoner ● og snitt — samt viktigste transportruter for atlantisk vann.

2. MILJØTILSTANDEN I VÅRE HAVOMRÅDER I 1990

2.1 Barentshavet

2.1.1 Fysisk forhold

1990 har vært karakterisert med relativt høye temperaturer over det sørlige Barentshavet. Fig. 2 viser temperatur og saltholdighet i de tre snittene Fugløya-Bjørnøya, Vardø-N og Semøyene-N. De høye temperaturene som ble registrert i de vestlige og sentrale områder i 1989, fortsatte i disse områdene også i 1990. Videre kom den ventede temperaturøkningen i de østlige områder.

I de to vestligste snittene har tempe-

raturen gjennom hele året ligget mellom 0.6–1.2 °C over midlet for perioden etter 1977 (Fig. 3). I snittet Fugløya-Bjørnøya har temperaturen også vært høyere enn det som ble observert året før, og med unntak av januar var det rekordnoteringer for samtlige måneder. Imidlertid var forskjellen fra 1989 liten i tidsrommet mai–august. I de sentrale deler av Barentshavet, Vardø-N snittet (Fig. 1), falt imidlertid temperaturen under det som ble observert i 1989 fra juni og utover høsten. Helt i øst var temperaturen nær midlet i januar, men en sterk innstrømming av Atlanterhavsvann fant sted, trolig i løpet av våren, og i september var temperaturen mer enn 0.6 °C høyere enn middelverdien for de siste 20-årene.

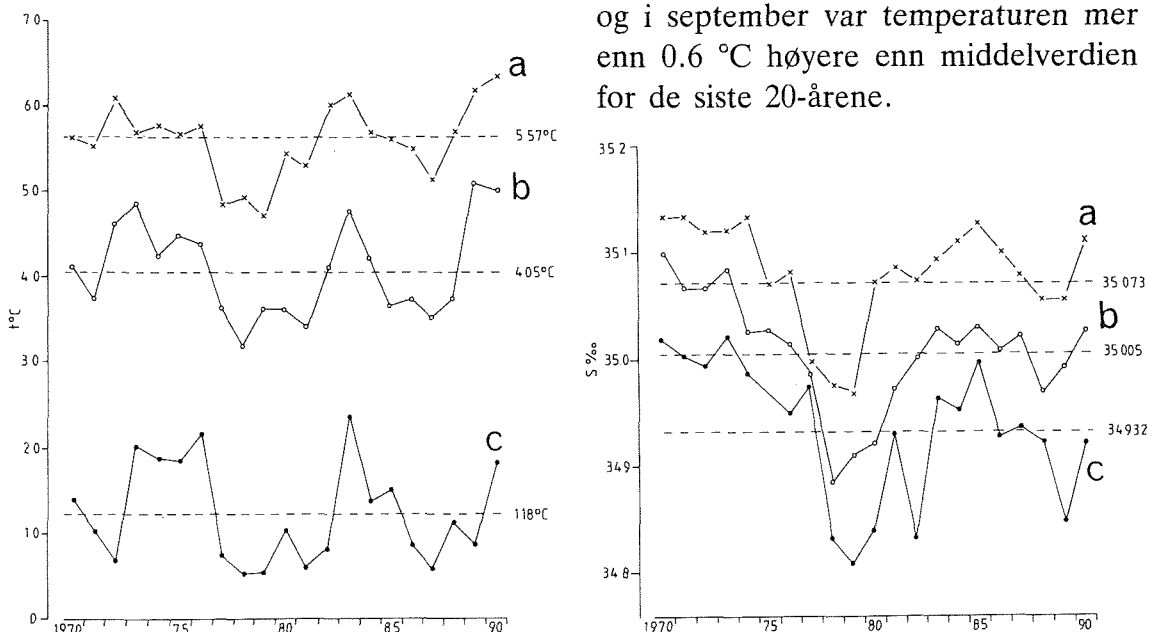


Fig. 2. Temperatur og saltholdighet i snittene Fugløya-Bjørnøya (a), Vardø-N (b) og Semøyene-N (c). Middelerdier for perioden 1970–1989 er stiple inn for hvert snitt.

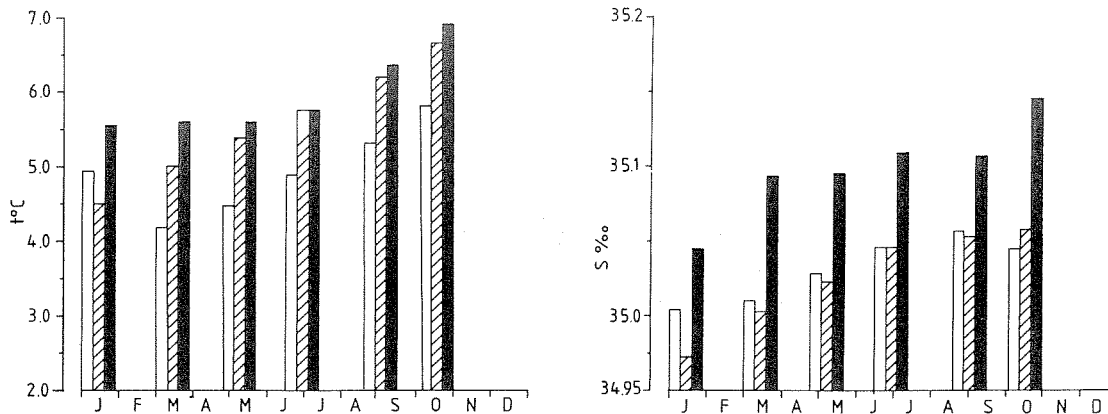


Fig. 3. Utviklingen i temperatur og saltholdighet i snittet Fugløya-Bjørnøya gjennom året. Åpen kolonne er middelverdi for perioden 1977-1990, skravert kolonne er verdiene i 1989 og den svarte søylen verdiene for 1990.

Saltholdigheten viser de samme trekkene som temperaturen. I vest var saltholdigheten godt over det som ble observert i 1989 (Fig. 3). Den samme stigning i saltholdighet ble også observert i de sentrale og østlige deler av Barentshavet. Over hele det sørlige Barentshavet gjelder imidlertid at saltholdigheten de siste årene har ligget til dels betydelig under det som ble observert i slutten av 1960-årene og begynnelsen av 1970-årene.

I tillegg til den høye temperaturen på det innstrømmende Atlanterhavsvannet, var overflatetemperaturen på samme måte som i 1989 usedvanlig høy på grunn av sterk oppvarming fra atmosfæren i løpet av sommeren. I 1990 gjaldt dette hele Barentshavet som i løpet av september også ble isfritt.

Fig. 4 viser variasjoner i isutbredelsen de siste 20 årene. Svingningene i isutbredelsen følger i store trekk variasjonene i den atlantiske innstrømningen, men med små tidsforsinkelser. Ut fra de observasjoner som foreligger og tidligere erfaringer om den atlantiske innstrømningen, kan vi forvente rela-

tivt lite is i hele Barentshavet vinteren 1991. Sommersituasjonen er det imidlertid vanskeligere å si noe om på grunn av at den påvirkes hovedsakelig av meteorologiske forhold, men sjansene for et isfritt Barentshav helt til 80°N er mer enn 50 %.

Temperaturutviklingen i 1991 er spennende. Observasjoner fra senhøsten 1990 helt vest i havet tyder på fortsatt høye temperaturer, og det er ventet at hele sørlige Barentshavet vil ha temperatur over midlet i 1991. Imidlertid er det høyst sannsynlig at temperaturen i løpet av året vil vise en noe fallende tendens. Selv om temperatu-

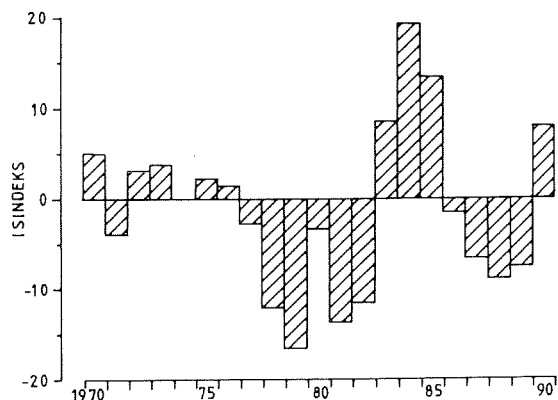


Fig. 4. Isindeks for perioden 1970-1990. Negative verdier betyr mye is, positive verdier lite is.

ren vil holde seg tildels en god del over middelnivået, så forventes et mindre volum Atlanterhavsvann å strømme inn i Barentshavet fra Norskehavet, hvilket betyr mindre transport av dyreplankton (avsnitt 2.1.2). Temperaturforholdene bør ligge godt til rette for sterke årsklasser av fisk, men mattilbudet vil trolig redusere det hele til middels årsklasser.

2.1.2 Plankton – næringsgrunnlaget for lodde

Havforskningsinstituttet har siden 1979 undersøkt planktonets betydning for veksten hos lodde i Barentshavet. Disse undersøkelsene ble intensivert i årene 1984–89 som del av det nasjonale forskningsprogrammet PRO MARE. Dette har resultert i en god generell forståelse av grunntrekkene i økosystemet i Barentshavet. Det er vår målset-

ning å bruke denne kunnskapen til å lage modeller for transport og produksjon av plankton som bidrag til en økologisk flerbestandsmodell for Barentshavet.

Planktonmengden i Barentshavet har vist store variasjoner i 80-årene. I de sentrale og sørvestlige deler av Barentshavet var mengden dyreplankton lav i 1983 og 84. Fra 1986 var det igjen godt med dyreplankton i disse områdene. Disse vekslingene reflekterer dels varierende transport av plankton med strømmene inn i Barentshavet og dels varierende beiting fra lodde og andre planktonspisere.

Målinger av mengde dyreplankton har vært utført på flerbestandstoktene i september–oktober i Barentshavet fra disse startet høsten 1986. På toktene i september–oktober 1990 ble det tatt

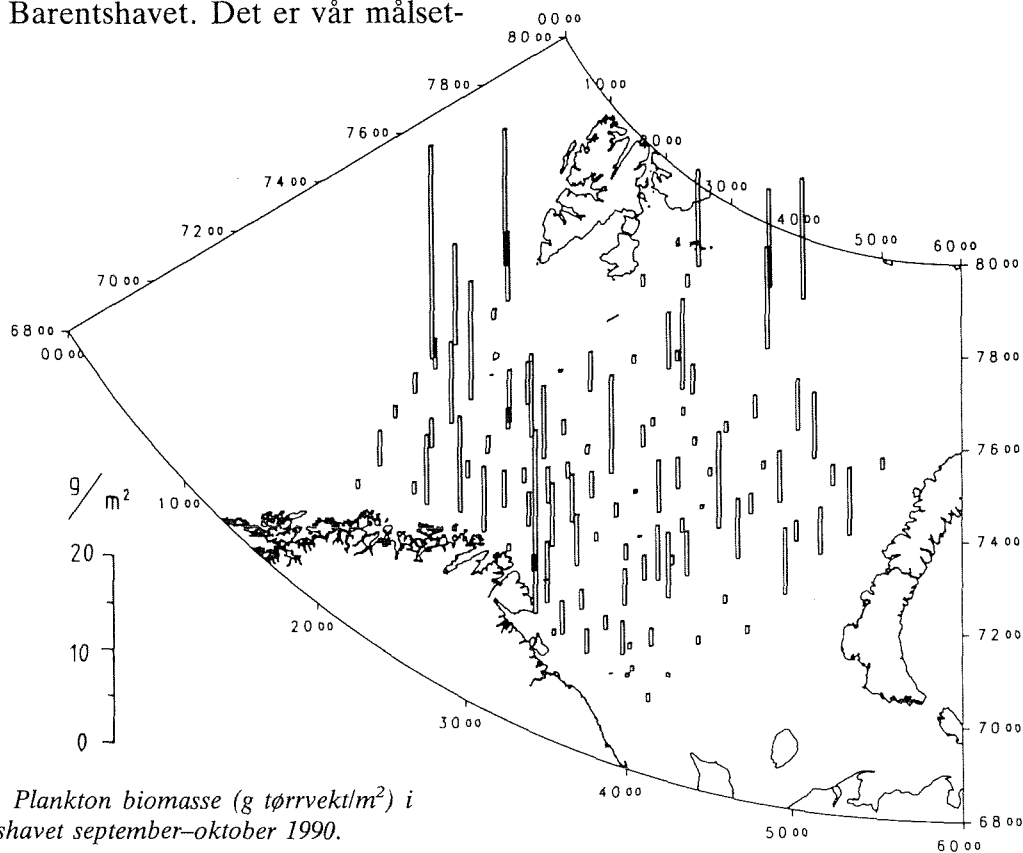


Fig. 5. Plankton biomasse (g tørrvekt/m²) i Barentshavet september–oktober 1990.

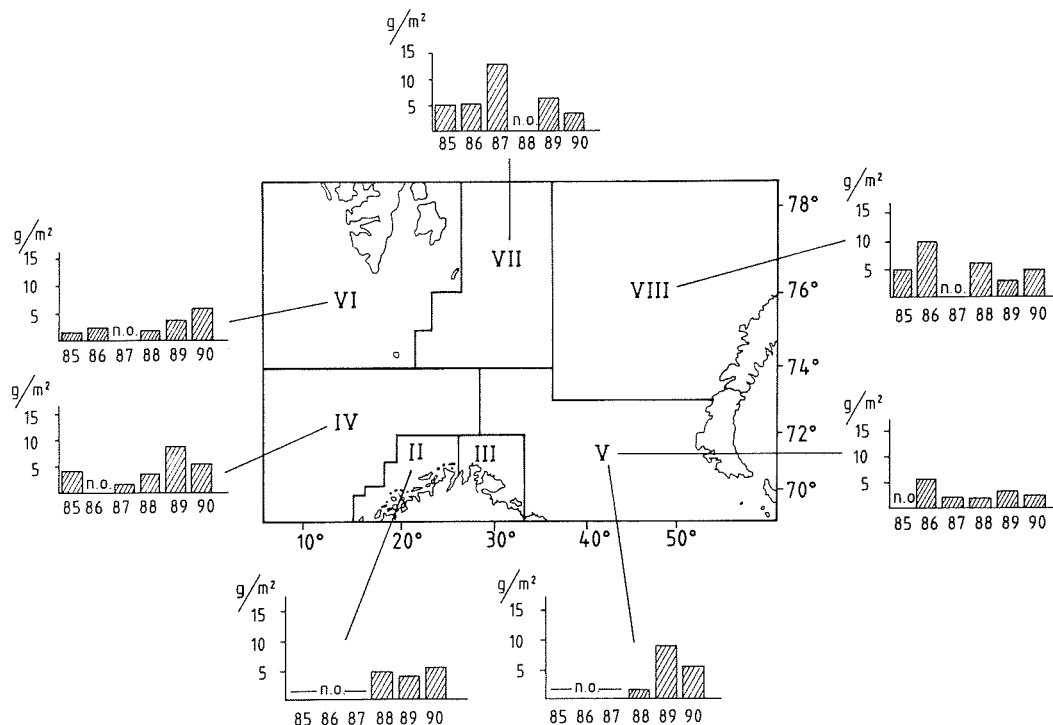


Fig. 6. Gj.snitt biomasse i 7 områder i Barentshavet (g tørrvekt/m²) 1985–1990.

prøver fra det meste av Barentshavet med vertikale trekk med planktonhåv fra bunn til overflate. Fordelingen av dyreplankton biomasse som gram tørrvekt pr. kvadratmeter er vist i Fig. 5. Biomassen var relativt lav i deler av det østlige Barentshavet. De høyeste biomasser ble funnet i de nordligste deler av undersøkelsesområdet. I de sentrale og vestlige deler viste biomassen en god del variasjon, men jevnt over var det rimelig godt med dyreplankton i disse områdene.

Fig. 6 viser gjennomsnittlig biomasse i de 7 hovedområdene av Barentshavet som brukes i flerbestandsmodellen (MULTSPEC) ved Havforskningsinstituttet. Resultatene fra høsten 1990 er her sammenholdt med tilsvarende data fra flerbestandstoktene i 1986–89 og fra august 1985. Figuren må tolkes med

varsomhet da antall prøver og dekningsgrad innen hvert område har variert en del. Sammenholdt med 1989 var biomassen i 1990 noe lavere i hovedområdene 4 og 7 i det vestlige og sentrale Barentshav og område 5 i det sydøstlige Barentshav. I område 8 i det nordøstlige Barentshav var biomassen i 1990 omtrent som i 1989.

I fjorårets miljørapport ble det på bakgrunn av de høye biomasser av dyreplankton og gode temperaturforhold høsten 1989, gitt prognose om at vekstforholdene for lodde ville bli gode i 1990. Dette viste seg å bli tilfelle og lodda hadde en rekordgod vekst i 1990. Det er flere forhold som gjør at en nå må vente noe lavere vekst hos lodde i 1991. Det forventes mindre innstrømming av Atlantisk vann og temperaturen vil sannsynligvis gradvis bli lavere,

særlig i de østlige deler av Barentshavet. Transporten av dyreplankton vestfra til de østlige deler av Barentshavet forventes også å bli begrenset. Det vil fortsatt være rimelig bra med dyreplankton i de sentrale og vestlige deler, men transporten av nytt plankton fra vest inn i Barentshavet vil sannsynligvis være lavere enn den har vært de siste to årene. Loddebestanden er nå stor og beitepresset må forventes å begrense mengden dyreplankton i områder med mye lodde.

Basert på disse vurderingene kan en stille følgende grove prognose for loddas vekst i 1991: Veksten forventes å bli middels god i de sentrale og nordlige deler men lavere i de østlige deler av Barentshavet. Den oppnådde vekst vil blant annet avhenge av hvor loddebestanden oppholder seg i Barentshavet. Med en typisk fordeling som strekker seg fra det vestlige til det østlige Barentshavet vil vi forvente at den gjennomsnittlige vekst hos loddas i 1991 vil bli middels eller noe over middels.

Disse prognosene må brukes med forsiktighet da de er basert på relativt grove analyser. Med et utviklet økologisk modellverktøy vil det være mulig å gjøre mer detaljerte beregninger og analyser. Innsamlingen av plankton om høsten vil bli fortsatt da slike data vil være viktig som inngangsdata til modeller. Isutbredelsen er da på sitt minimale og store deler av det nordlige Barentshavet kan kartlegges. Loddas beiting på dyreplanktonet er i stor grad over og dataene gir grunnlag for å beregne mengden av dyreplankton som overvintrer og gyter påfølgende vår og sommer. Vi vil også samle inn plank-

tondata om forsommeren i de isfrie deler av Barentshavet. Dette vil gi et bilde av hvordan den nye generasjonen av dyreplankton har utviklet seg og representerer en oppdatering i modell-sammenheng av nærings situasjonen tidlig i vekstsesongen for lodde.

2.2 Norskehavet

Forholdene i innstrømningen fra Atlanterhavet til Norskehavet og nordområdene observeres hvert år i standardsnittet Svinøy-NV (Fig. 1). I dette området er Atlanterhavsstrømmen forholdsvis smal og det meste av Atlanterhavsvannet følger kontinentalskråningen utenfor eggene. Dette er havets «hovedledning» for varme inn i våre områder. Det er beregnet at varmemengden i denne strømmen ved innløpet til Norskehavet i gjennomsnitt tilsvarer ca 25×10^{13} watt (250 terrawatt). Denne varmemengden har stor betydning for klimaet både i havet og atmosfæren og gjør at hver kvadratmeter i Norskehavet representerer en varmekilde på mellom 100 og 200 watt om vinteren. I Svalbardsområdet og i det nordlige Barentshav kan varmen som avgis pr. kvadratmeter på det meste overskride 500 watt. Dette er også grunnen til at våre områder er flere grader varmere enn gjennomsnittet for den geografiske bredden og at det nordlige Norskehavet og Barentshavet er de nordligste isfrie områdene i verden.

Fig. 7 viser middelveier av temperatur og saltholdighet mellom 50 og 200 m dyp over en strekning på 35 nautiske mil (65 km) langs standardsnittet Svinøy-Nv. Dette området dekker kjernen

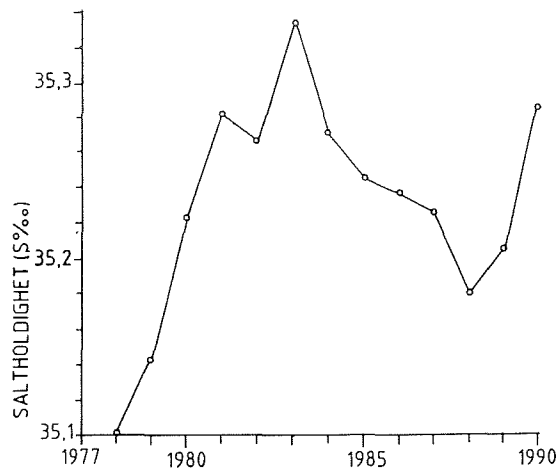
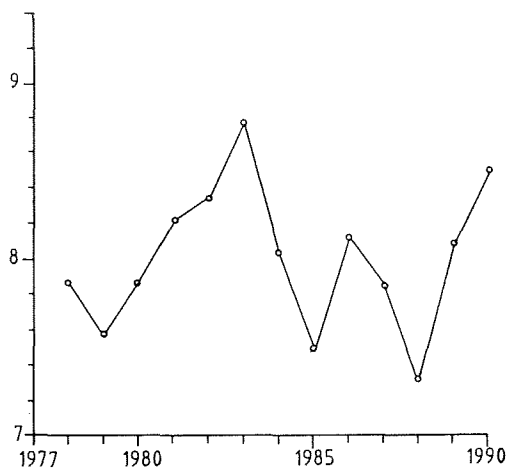


Fig. 7. Middelverdier av temperatur og saltholdighet på Svinøysnippet-NV.

av det innstrømmende Atlantiske vannet og verdiene av temperatur og saltholdighet gir en indikasjon på transporten av varme inn i Norskehavet. Kurven som er basert på observasjoner tatt i august måned, viser at temperaturen kan variere med over 1°C i løpet av et par år. Fra 1983 til 1988 sank temperaturen således nesten 1.5°C , men i løpet av de to siste årene har den igjen steget til over gjennomsnittet for perioden etter 1978.

Som regel forplanter disse temperatursvingningene seg med strømmen og gjør seg gjeldende ved Svalbard og i Barentshavet et par år senere. Selv om variasjoner på ca. en grad kan synes små, er de ikke ubetydelige i havet. De har for eksempel betydning for hvor fort fisken vokser og det er som regel i de varme årene fiskebestandene produserer store årsklasser. Når vi får lengre serier av observasjoner i standardsnittene er det derfor muligheter for at disse tidsseriene kan bli en faktor i et system for varsling av tilstand og produksjon i fiskebestandene for ett til to år fram i tid.

2.3. Nordsjøen – Skagerrak

2.3.1 Fysisk klima

I de grunne områdene i Nordsjøen blir vannmassene fullstendig gjennom blandet om vinteren og har samme temperatur fra overflaten til bunn. Om sommeren oppvarmes de øverste 20–40 meterne. Saltholdigheten i de enkelte lokaliteter er avhengig av strømforholdene som påvirkes hovedsaklig av vind og varierende tilførsler av Atlanterhavsvann, ellevann og brakkvann fra Østersjøen. Varierende tilførsler av og egenskaper i det Atlantiske vannet bestemmer i stor grad klimaforholdene i våre havområder.

Atlantisk vann kommer hovedsaklig inn i Nordsjøen og Skagerrak sørover langs vestskråningen av Norskerenna med kjernen i fra 50–200 meter dyp (Fig. 1). Mindre grener kommer inn både nord og sør av Shetland og strømmer sørover i de vestlige deler av Nordsjøen. En del av denne strømmen blir styrt av bunntopografien østover tvers over Nordsjøen nær 58°N . I tillegg kommer en del Atlantisk vann inn gjennom Den Engelske Kanal.

Nyere studier har vist at variasjonene i utbredelsen av det nærings- og planktonrike Atlanterhavsvannet er av stor betydning for fiskevandring og rekruttering i Nordsjøen. Figur 8 viser variasjonene i denne utbredelsen de siste 22 år definert gjennom området nord for 57°N dekket av vann med høyt saltinnhold (større enn spesifiserte saltholdigheter) midlet over dybdeområdet 50–200 meter (eller bunn). Dette er basert på målinger tatt i juni/juli under de årlige makrell- og sildeundersøkelsene, og representerer et indirekte mål for den forutgående (ca. et halvt år) innstrømningen av Atlantisk vann. Tilsvarende estimat basert på temperaturmålinger (Fig. 8), gir et indirekte mål for variasjoner i varmeinnholdet.

I figuren er sannsynligvis linjen for $S > 35.1$ mest representativ for variabiliteten av den Atlantiske innstrømningen, som nådde sitt minimum i 1978. Deretter har innstrømningen vært relativt lav, unntatt i 1990 som kan sammenlignes med innstrømningen tidlig på 70-tallet. Variasjonene av «varmeinn-

holdet» er delvis knyttet til variasjonene av saltutbredelse, men det er også klare avvik, noe som i hovedsak skyldes varierende vinteravkjøling. Bortsett fra overflatelaget er havklimaet i 1990 i store deler av Nordsjøen og Skagerrak det absolutt varmeste man har hatt i hele denne perioden og sannsynligvis de siste 50 år.

Fig. 9 viser tidsserier av temperatur og saltholdighet i dypbassenget i Skagerrak. Sammenfallende maksima og minima indikerer utskiftning av dypvannmassene. De senere års variasjoner viser en viss aktivitet i bunnvannet, med siste drastiske utskiftning i 1984. Målingene i slutten av 1990 antyder at en ny kraftig utskiftning er på gang, og at temperaturen er den høyeste som er observert i denne nær 30-års perioden.

2.3.2 Næringssalter

De største tilførselene av næringssalter som skyldes menneskelig aktivitet, tilføres gjennom de store elvene som munner ut i sydlige del av Nordsjøen.

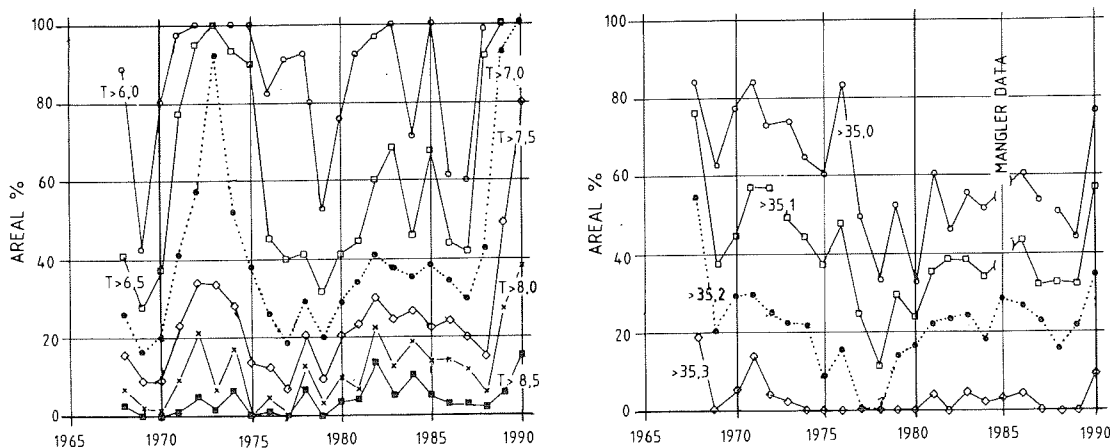


Fig. 8. Årlige variasjoner i Nordsjøen av den prosentvise utbredelse av vann med saltinnhold (venstre) og temperatur (høyre) større enn spesifikke verdier (se tekst).

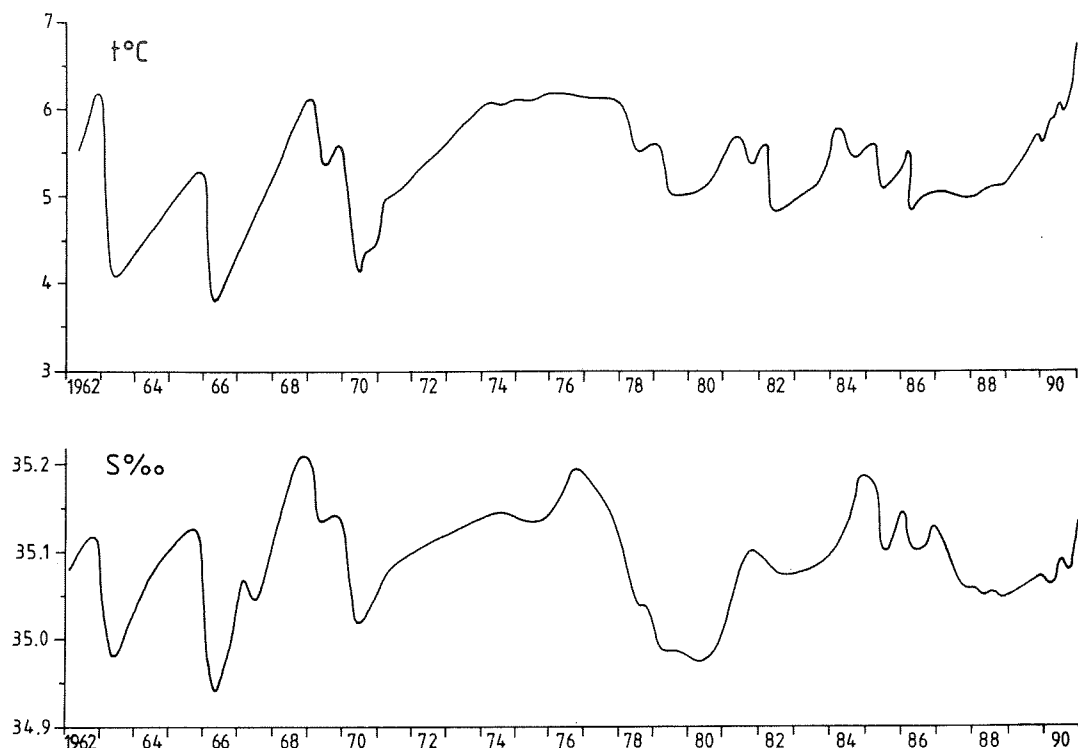


Fig. 9. Variasjoner i temperatur og saltholdighet i bunnvannet i Skagerrak, posisjon 58°08'N, 09°11'Ø, for årene 1962–1990.

I gitte situasjoner transporteres store mengder av disse i såkalte «lommer» av vann med strømsystemene langs Jyllands vestkyst og inn i Skagerrak. Her kan de bidra til uønskede algeblomstringer, både fordi det skjer en generell økning i gjødslingen, men også fordi ubalanse i forholdet mellom de enkelte næringssaltene skaper preferanse for bestemte typer alger hvorav noen har vist seg å være giftige.

Fig. 10 viser fordelingen av nitrat i 10 m fra toktet med F/F «G.O.Sars» i november–desember 1990. Det er endel helt klare generelle trekk som går igjen i fordelingen fra år til år: Høye verdier observeres langs Jyllands vestkyst spesielt i den sydlige delen. Lengst inn mot munningen av Elben fant vi

lave nitrat konsentrasjoner i forhold til andre år. Noe lengre nord er imidlertid konsentrasjonen mer enn tredoblet. Dette kan tyde på at tilførslene gjennom Elben og de andre elvene gjør seg gjeldene kloss i land hvor prøvetaking ikke er mulig fordi det er for grunt for våre fartøyer. Vannet strømmer ikke helt parallelt med kysten, men svinger ut i bølger og fanges opp av våre registreringer slik som Fig. 10 antyder. Et karakteristisk trekk på denne tiden av året synes å være at lite av det næringsrike vannet sydfra trenger inn i Skagerrak.

Tilførselen fra Rhinen registrerer vi så vidt på stasjonen nærmest land på det sydligste snittet. Et karakteristisk trekk hvert eneste år er området med

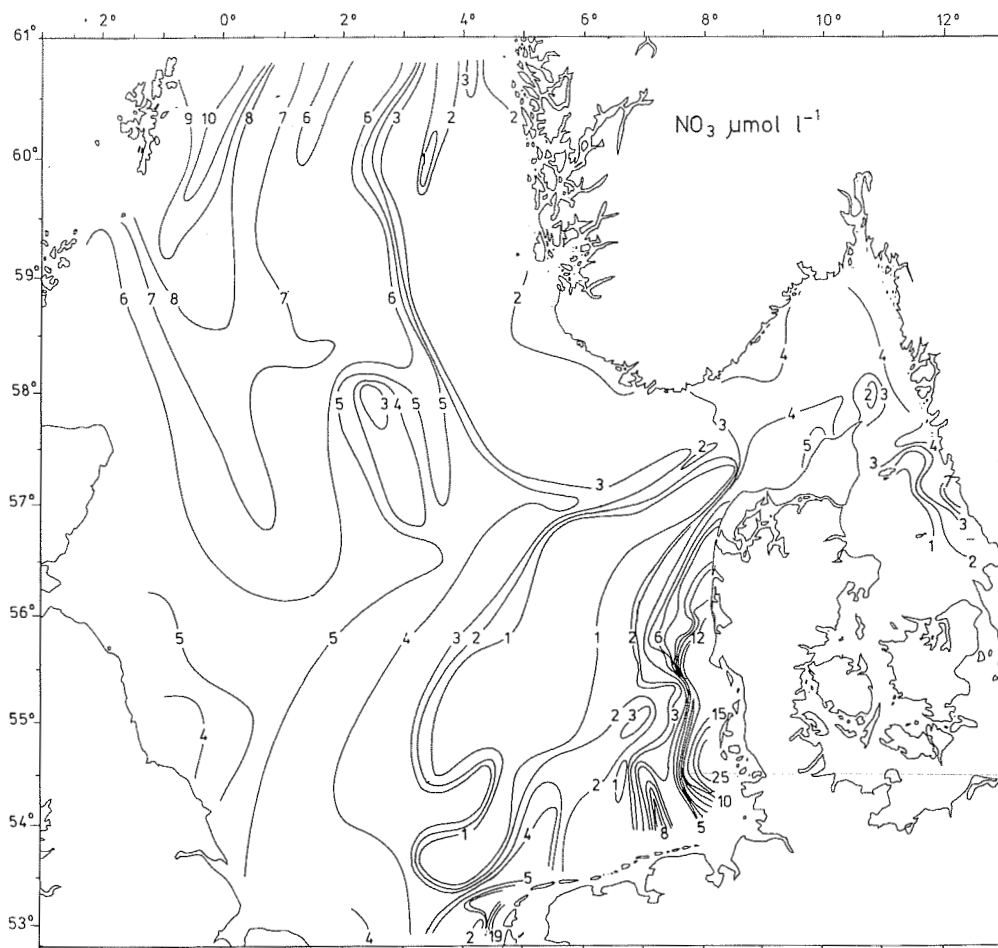


Fig. 10. Fordeling av nitrat i 10 m dyp i november–desember 1990.

lite eller ingen nitrat i den sydlige sentrale delen av Nordsjøen. Dette indikerer at det foregår en betydelig biologisk næringssaltomsetning i denne delen av Nordsjøen.

Karakteristisk er også de lave verdier i Kattegat, hvor tilførselene fra Østersjøen sammen med de store lokale tilførselene kanskje skulle forventes å gi et sterkere utslag. Også i dette området foregår det en betydelig biologisk omsetning som forbruker næringssalter. Den sydlige del av Kattegat kan sannsynligvis betegnes som et gigantisk naturlig renseanlegg.

2.3.3 Miljøforholdene i Skagerrak

Året 1990 var, som de tre foregående, preget av en meget mild vinter med temperaturer i overflaten av Kyststrømmen på 2–5 °C over det normale for perioden 1961–90 (Fig. 11). Sent på våren ble temperaturen i sjøen mer normal, for så igjen å bli forholdsvis høy mot slutten av året.

Nivåene av næringssalter i Skagerrak, og forholdet mellom dem, har stort sett vært normale, men som tidligere er det observert forhøyde konsentrasjoner av nitrat, > 12 µM, ved enkelte anledninger gjennom vinteren

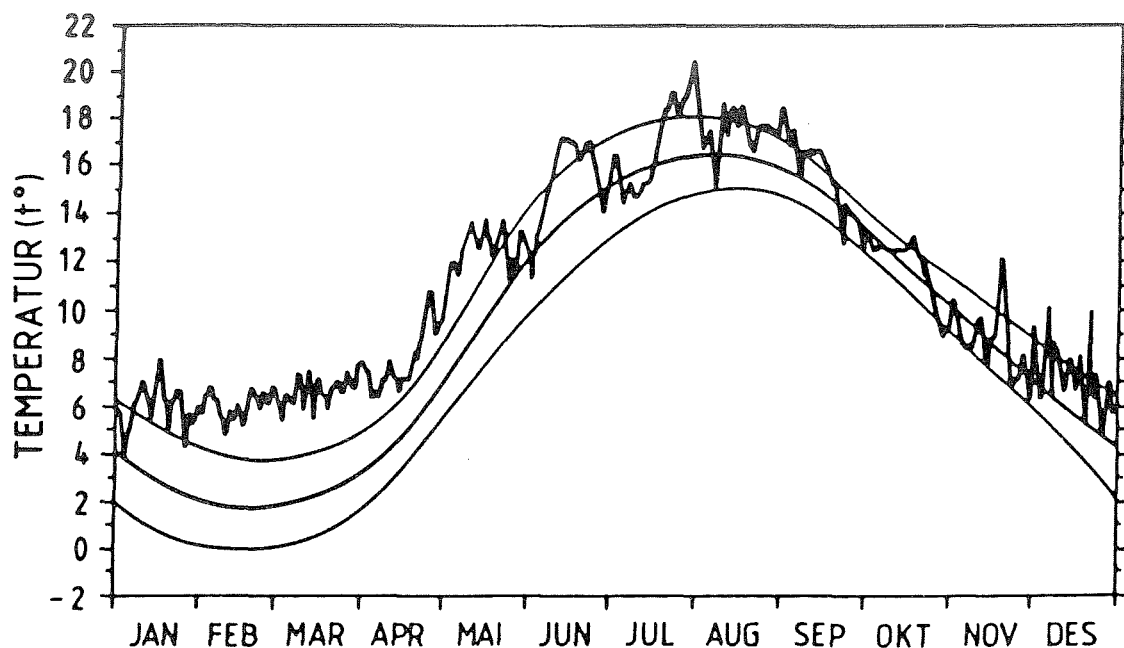


Fig. 11. Glattet middeltemperatur i 1 m dyp i Flødevigen for 30-årsperioden, 1961-90 er vist med tykk strek. De tynnere linjene på siden viser standardavviket. Hakket kurve viser daglige temperaturer i 1 m dyp i Flødevigen gjennom 1990.

og våren. Hyppigst sees vannmasser med slike nitratmengder utenfor kysten av Danmark og disse vannmassene har sitt opphav i de sydlige deler av Nord-sjøen.

På kysten av Skagerrak dominerte vestlige vinder gjennom vinteren, og det gav seg utslag i varme, forholdsvis salte og ustabile vannmasser i de øvre 30 m (Fig. 12). De ustabile vannmassene var hovedårsaken til en sterkt forsinket og meget liten våroppblomstring av diatoméer i april (Fig. 13). Også resten av året var det lite alger i sjøen målt som klorofyll, bortsett fra en kort periode i august da *Gyrodinium aureolum* var tilstede i store mengder (Fig. 13.) Lenger vest, i Flekkefjord-området, gikk nesten 100 tonn oppdrettsfisk tapt på grunn av denne algen.

Masseforekomst av dinoflagellaten *Noctiluca miliaris* gav iøynefallende

striper av rød sjø i store deler av Skagerrak i juli måned. Denne algen inneholder ikke klorofyll, men ernærer seg ved å spise partikler. Den gir kraftig morild.

Ellers har blåskjellene ifølge muse-test vært diaréfremkallende i lange perioder av året. Dette finnes i noen grad å være knyttet til forekomsten av *Dinophysis* arter, særlig *Dinophysis acuta*, som hadde sin hovedsesong som vanlig på sensommeren og høsten.

2.3.4 Miljøgifter

Havforskningsinstituttet har i 1990 utført arbeide i forbindelse med «North Sea Task Force (NSTF)». NSTF ble etablert etter ministerdeklarasjonen som fulgte «Second International Conference on the Protection of the North Sea» avholdt i London 24.-25. november 1987. Målsetningen til NSTF er å

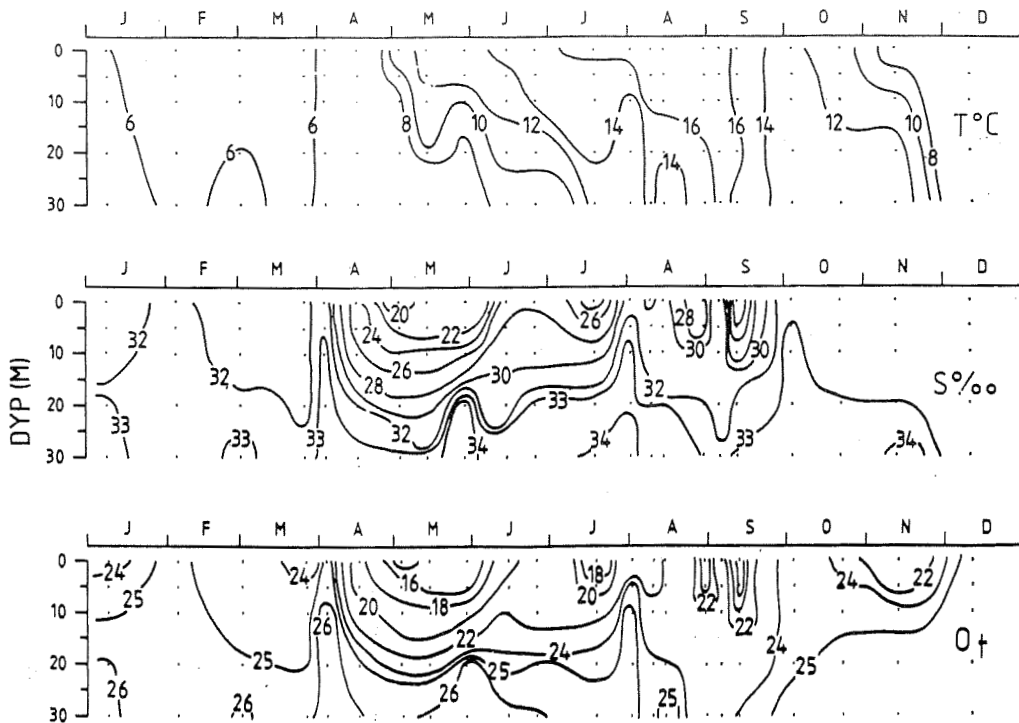


Fig. 12. Isopletter for temperatur, saltholdighet og tetthet for de øvre 30 m på stasjon 1 nautisk mil utenfor Torungen i 1990.

bringe fremover den vitenskapelige kunnskap og forståelse om miljøet og forurensningssituasjonen i Nordsjøen, basert på konsistente og nøyaktige data slik at pålitelige sammenhenger mellom tilførsler av forurensning, konsentrasjoner i miljøet og effekter av forurensningen kan bli etablert. Havforskningsinstituttet er med i NSTF og arbeidet krever ressurser frem til ferdigstillelse

av en ny tilstandsrapport over Nordsjøen i 1993.

I 1990 er det i forbindelse med arbeidet i NSTF gjennomført en omfattende innsamling av sedimenter og fisk for miljøgiftanalyser. Innsamlingen med egne fartøyer ble foretatt på tre tokt (F/F «Eldjarn» 11–29 april, F/F «G.O. Sars» 18 mai – 4 juni og 7 nov. – 12 des.). I tillegg har Netherlands

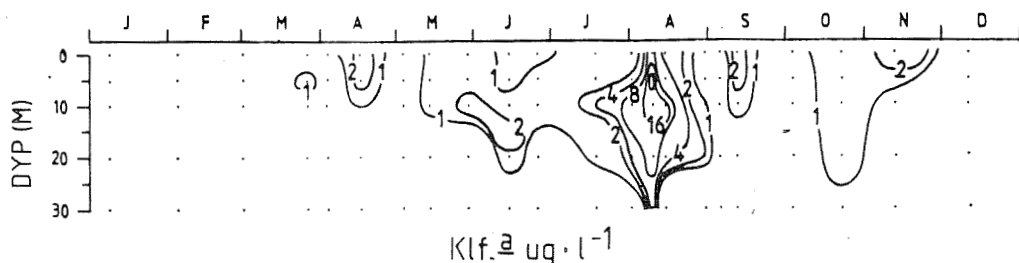


Fig. 13. Isopletter for klorofyll a i de øvre 30 m på stasjon 1 nautisk mil utenfor Torungen i 1990.

Institute for Sea Research (NIOZ) samlet inn sedimentprøver fra den sydlige del av Nordsjøen som Havforskningsinstituttet skal analysere. Analysearbeidet på det innsamlede materiale er startet opp og innbefatter analyse av organiske miljøgifter (PCB, PAH, DDT/DDE etc.) og tungmetaller. Resultatene av de kjemiske analysene vil bli rapportert i 1991.

Studiene av miljøgiftbelastning inkluderer også biologiske effektundersøkelser. På utvalgte NSTF-stasjoner ble det i 1990 tatt prøver av bunnorganismer for å beskrive i hvilken grad bunn-samfunnet i Nordsjøen er påvirket av forurensning. Opparbeidingen av dette materialet vil bli foretatt i 1991 av Universitetet i Bergen. Sammenhengen mellom miljøforurensninger og effekter av disse på fisk studeres ved biokjemiske analyser. Biokjemiske analyser av viktige responsparametre (cytokrom P450, stressproteiner etc.) sammenholdes med kjemiske analyser av oljeforbindelser og klorerte miljøgifter som PCB og pesticider. Prosjektet bygger på nyvunnet ekspertise og metodeutvikling innenfor biokjemiske effektstudier og søker å videreføre en kompetanseoppbygging innenfor marin økotoxikologi i et samarbeid mellom Universitetet i Bergen og Havforskningsinstituttet.

2.4 Kysten og fjordene

2.4.1 Fysisk klima

Miljøtilstanden i kystfarvannene observeres regelmessig på 8 faste stasjoner fra Lista i sør til Ingøy ved Nordkapp

(Fig. 1). På disse stasjonene blir temperatur og saltholdighet observert i standarddyp fra overflaten til bunnen. Observasjoner i overflaten blir også observert langs kysten av rutegående skip. Fig.14 viser tidsserier av midlere temperatur og saltholdighet i 10 og 150 meters dyp for 3.kvartal (juli, august, september) i periodene 1942–1990 og 1936–1990 for henholdsvis de to faste stasjonene Utsira og Skrova.

Tidsseriene for 10m dyp som representerer variasjonene i overflatelaget, er sterkt avhengig av lokale og regionale vær- og strømforhold. Dette medfører at store svigninger fra år til år er det normale og kan forårsake store variasjoner i biologiske prosesser som er knyttet til overflatelaget.

Ved Utsira har temperaturen i overflatelaget sunket med 2–3 °C fra midten av 40-tallet og fram mot begynnelsen av 80-tallet. Dette gjenspeiler en lignende trend i lufttemperaturen, koblet med en økende tendens i vindstyrke og dermed økt innblanding av kaldere vann fra dypet. Ved Skrova ser man ikke en tilsvarende trend. Sommeren 1990 var overflatelaget ca. 1°C varmere enn gjennomsnittet både ved Utsira og Skrova, mens saltholdighetene var nær det normale.

I 150 meters dyp hvor vannmassene er sterkt oppblandet med Atlanterhavsvann, gjenspeiler målingene de mer storstilte variasjoner som har sin opprinnelse i den Atlantiske innstrømmingen. Her varierer temperaturen (som i 3. kvartal er nær årets minimum) som regel i samsvar med saltholdigheten, idet det Atlantiske vannet er varmere og salttere enn det lokale «dyp-

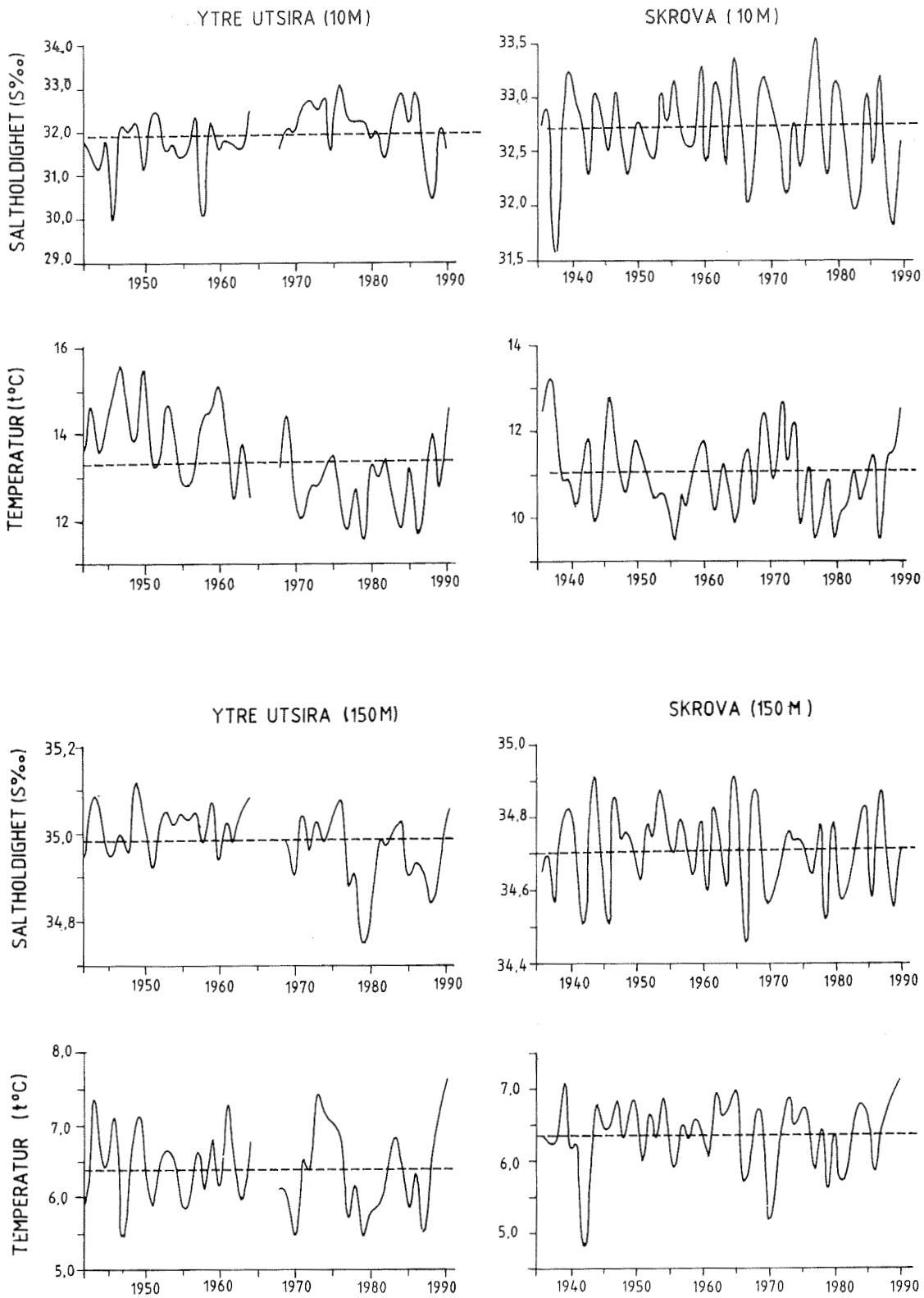


Fig. 14. Middelverdier (for 3.kvartal) av temperatur og saltholdighet i 10m (øverst) og 150 m (nederst) ved Utsira (venstre) og Skrova (høyre).

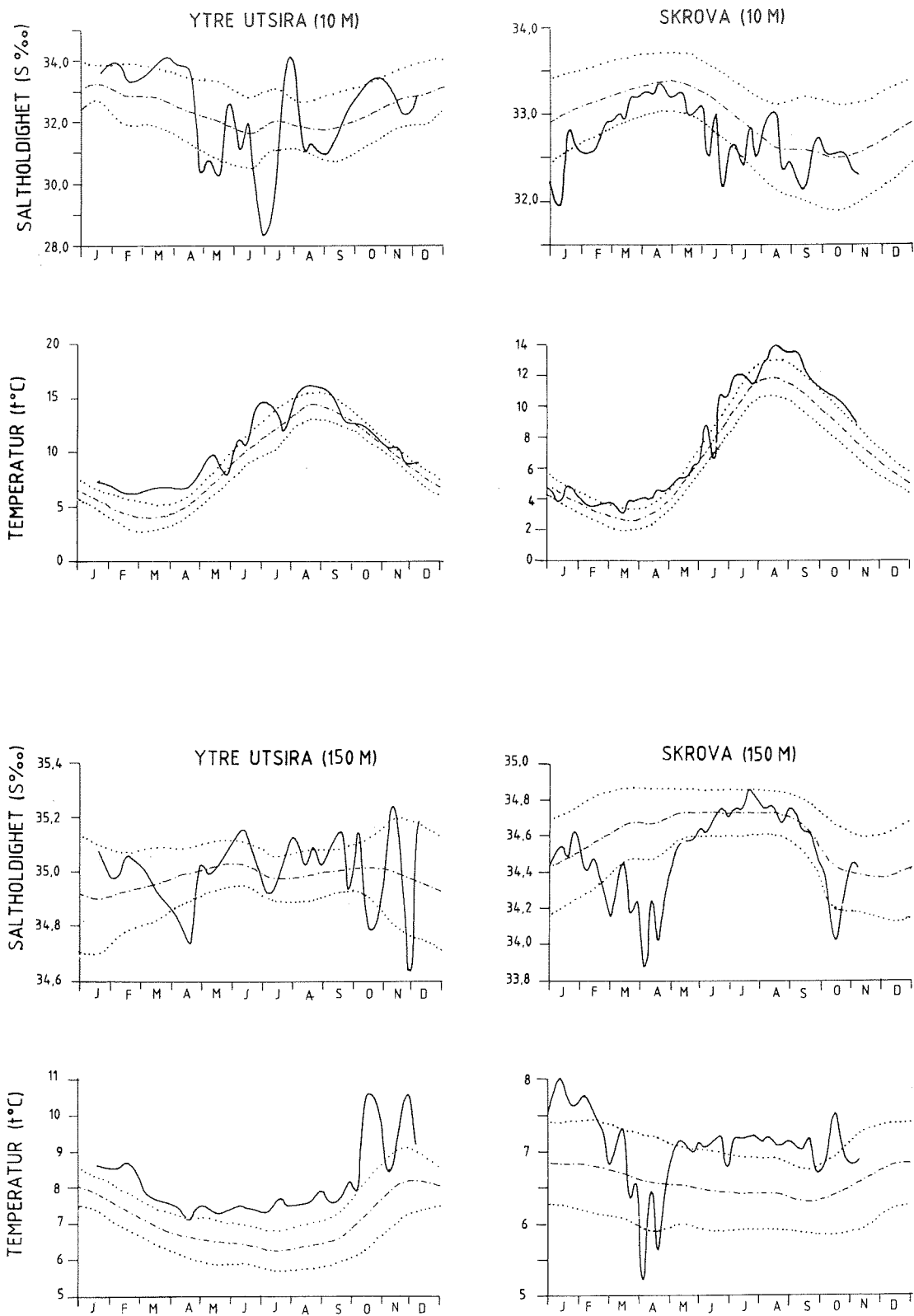


Fig. 15. Temperatur og saltholdighet i 10m dyp (øverst) og 150m (nederst) målt ca. hver 10. dag ved Utsira (venstre) og Skrova (høyre) i 1990. Midlere årsvariasjon og standardavvik (prikket) er også vist.

vannet» som dannes om vinteren. Etter et ganske kaldt år i 1987 har temperaturen steget til et ekstremt maksimum i 1990 både ved Utsira og Skrova. Dette gjenspeiler de siste års milde vintre, samt en økt Atlantisk innflytelse i 1990 i forhold til 1989.

Fig. 15 viser variasjonene (i 10 og 150m) ved Utsira og Skrova gjennom hele 1990 sammenlignet med de klimatologiske årsvariasjoner og standardavvik. Saltholdigheten i øvre lag ved Utsira var karakterisert ved svært store svigninger gjennom året, spesielt midt på sommeren. Temperaturen var gjennom året stort sett klart over normalen både ved Utsira og Skrova. I 150m dyp ser man tydelig at de tidligere nevnte ekstremt varme forholdene gjør seg gjeldene det meste av året, dog med en meget kraftig veksling på våren ved Skrova. Dette må skyldes en uvanlig dyp og kraftig nedblanding av kaldt og ferskt vann ovenfra.

Som en del av undersøkelsene på brisling og sild i fjordene fra Rogaland til Finnmark er det de siste 15 år gjennomført hydrografiske målinger (salt og temperatur), oksygen- og næringsaltmålinger på faste fjord-stasjoner i november–desember. Fig. 16 viser et eksempel fra den dypeste stasjonen i Lysefjorden i Rogaland. Ved å måle sent om høsten regner vi med å kunne fange opp de næringsaltene som er remineralisert inne i fjorden i løpet av sommeren og høsten. Økte tilførsler av næringsalter til fjorden gjennom vekstsesongen vil fanges opp av dypvannet. Sammen med målinger av oksygen får vi en mulighet til å vurdere hvorvidt det er skjedd forandringer over tid, og

om det er skjedd utskiftninger av vannet i dypet av fjorden. Slike utskiftninger er spesielt betydningsfulle for fjorder som er avstengt fra områdene utenfor med grunne terskler.

Fig. 16 viser at det i 1983–1984 skjedde en betydelig innstrømming av oksygenrikt vann som samtidig inneholdt mindre nitrat. Oksygenivået sank så jevnt fra 1986 fram til 1989, mens det fra 1989 til 1990 er tendens til en viss økning.

2.4.2 Skadelige alger

Forekomster av skadelige alger har i de senere år ført til betydelige problemer for oppdrettsnæringen i Sør-Norge. Havforskningsinstituttet har derfor regelmessig overvåket forekomster av skadelige alger siden 1981, da Havforskningsinstituttets forskningsstasjon i Flødevigen begynte med overvåkingen av algen *Gyrodinium aureolum*. Etter 1981 har overvåkingen blitt utvidet til å inkludere andre arter og flere målepunkt. Programmet omfatter også månedlige tokt tvers over Skagerrak ved Arendal og et større overvåkings-tokt i slutten av april som dekker vestkysten av Danmark og Skagerrak/Kattegat. Det er også etablert regelmessig kontakt med andre institusjoner både i Norge og i utlandet for å utveksling av informasjon. Dersom en unormalt situasjon oppstår etableres det et overvåkingssenter ved Fiskeridirektoratet som har til oppgave å overvåke, varsle og informere om algesituasjonen. Havforskningsinstituttet har også i de siste årene drevet forskning på skadelige alger og deres miljø gjennom Algeprogrammet (NFFR).

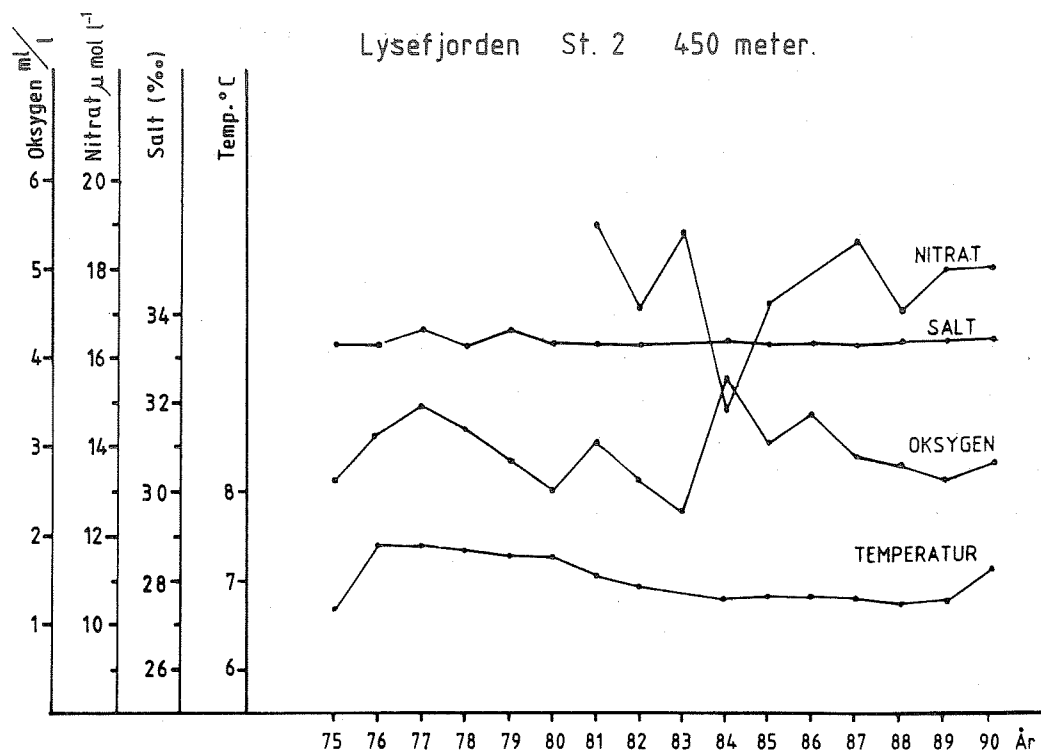


Fig. 16. Temperatur, saltholdighet, oksygen og nitrat i Lysefjorden i perioden 1975–1990.

Skagerrak, april 1990

To forskningsfartøyer undersøkte området mellom sydlige Nordsjøen og Skagerrak i siste del av april 1990. Fordeling av næringsalter i 1990 ble funnet å være ganske lik fordelingen før oppblomstringen av *Chrysochromulina polylepis* i mai 1988. Langs hele vestkysten av Danmark var det et område karakterisert av lave saltholdigheter, høye verdier av nitrat og nesten ikke fosfat (Fig.17). Dette er en situasjon som man antar kan favorisere blomstringer av skadelige alger. Det ble også observert betydelige mengder *Chrysochromulina* alger i et begrenset område under toktet (Fig.18). Selv om det var vanskelig å si om dette var *C. polylepis*, var situasjonen ganske alarmerende i månedsskiftet april/mai. Nye ob-

servasjoner som ble foretatt noen uker senere i forbindelse med SKAGEX (se kap.4), viste at en annen alge, som er i nær slekt med *Chrysochromulina*, nemlig *Emiliana huxleyii*, blomstret over store områder i Skagerrak. Denne arten er en vanlig komponent av planktonet om sommeren langs norskekysten, og er ikke beskrevet som skadelig for fisk eller andre organismer i havet. Årsaken til at denne arten dominerte så fullstendig i området er ennå ikke kjent. Når *Emiliana huxleyii* opptrer i store mengder gir den vannet en turkis eller melkehvit farge som ofte kan sees i norske fjorder og kystområder om sommeren. I 1990 var det også en unormalt tidlig oppblomstring av denne arten i fjordene på Vestlandet.

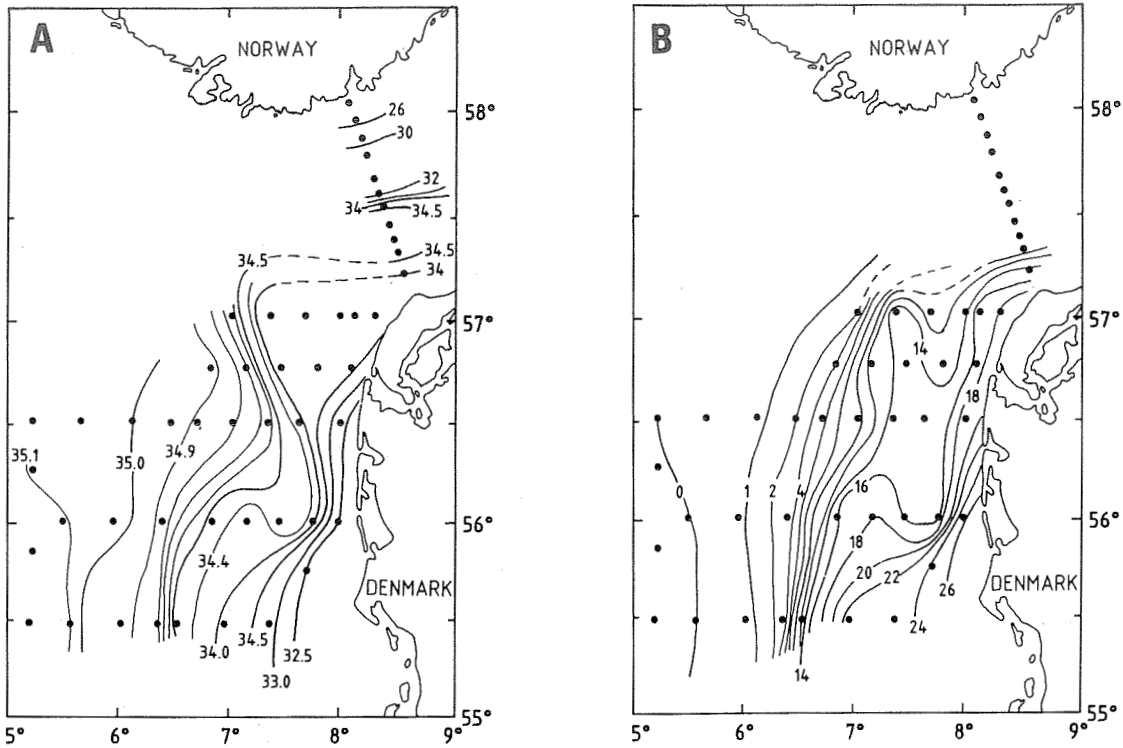
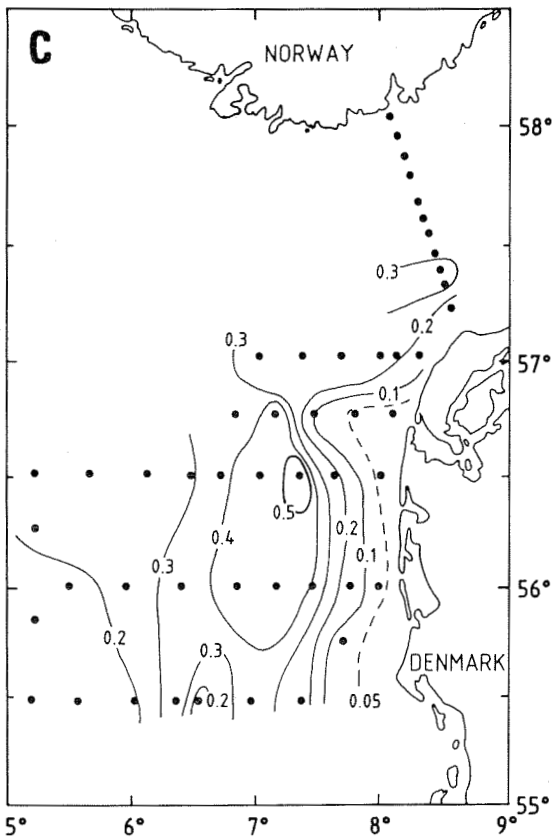


Fig. 17. Saltholdighet (a), nitrat (b) og fosfat (c) i sydlige Nordsjøen og Skagerrak april 1990.



Prymnesium parvum

I juli og første del av august 1990 var det igjen en blomstring av den skadelige algen *Prymnesium parvum* i Hylsfjorden og Sandsfjorden i Rogaland (Fig. 19). Denne algen skapte store problemer for oppdrettsnæringen i det samme området i 1989 med et totalt tap av oppdrettslaks på ca 750 tonn. På bakgrunn av erfaringene fra 1989 ble algesituasjonen i Hylsfjorden og Sandsfjorden overvåket for at en på et tidlig tidspunkt skulle kunne varsle eventuelle nye blomstringer i 1990. I begynnelsen av juli dukket algen opp igjen i fjordsystemet og da først som en økning av algekonsentrasjonene på fastsittende alger i strandregionen. Utover i juli ble det klart at en lignende utvikling som i 1989 var på gang. Oppdret-

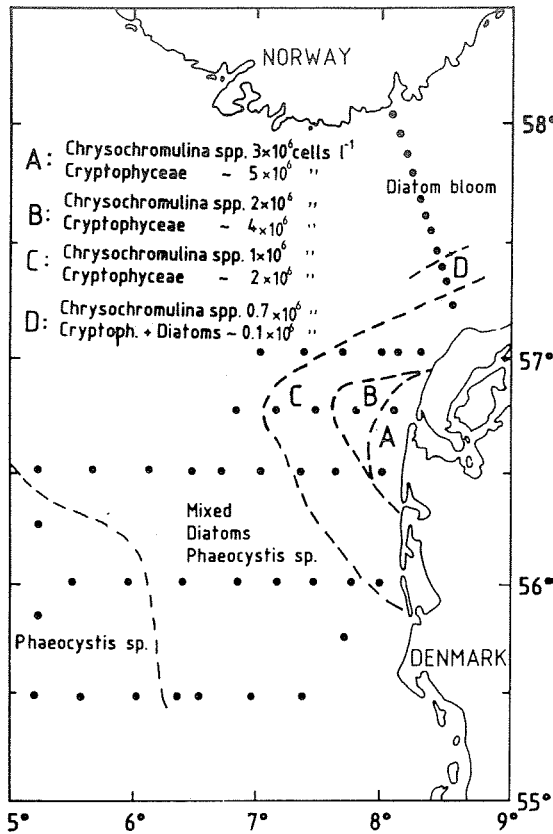


Fig. 18. Utbredelse av *Chrysochromulina* spp. april 1990.

terne ble varslet på et tidlig tidspunkt og flyttet anleggene ut av fjordsystemet før blomstringen nådde sitt maksimumsnivå. Blomstringen kulminerte i første del av august med algekonsentrasjoner på omlag 3 mill. alger pr. liter. Selv om miljøforholdene for algene i 1990 var tilnærmet de samme som i 1989 var blomstringsperioden kortere og i tillegg var det tilsynelatende en vesentlig mindre spredning av alger/toksiner til fjordområdene utenfor Sandsfjordsystemet. Den reduserte spredningen kan ha sammenheng både med mindre utstrømning av brakkvann og større dødelighet av algene utenfor Sandsfjordsystemet enn i 1989. På grunn av den tidlige varslingen og den

reduserte spredningen av skadelige alger utenfor Sandsfjordsystemet var det et ubetydelig tap av oppdrettsfisk i 1990.

På samme måten som i 1989 ble det utført vitenskapelige undersøkelser i Sandsfjordsystemet i forbindelse med oppblomstringen med deltakelse fra Havforskningsinstituttet og Universitetene i Bergen og Oslo.

Gyrodinium aureolum

Omkring 12 august ble det meldt om en oppblomstring av den skadelige dinoflagellaten *Gyrodinium aureolum* langs den vestlige delen av Skagerrakkysten. Dette førte til fiskedød i en rekke oppdrettsanlegg mellom Kristiansand og Flekkfjordområdet. Tidligere på sommeren var algen blitt observert i ikke-skadelige konsentrasjoner i Skagerrak av Havforskningsinstituttets forskningsstasjon i Flødevigen.

Denne algen ble for første gang observert i norske kystfarvann høsten 1966 og forårsaket da endel dødelighet på laksefisk i merder og på torsk, ål og krabber i steng. Tilsvarende større oppblomstringer av *G. aureolum* med registreringer av fiskedød, har vi senere hatt i 1976, 1981, 1988, og nå sist i 1990. Utgangsbestander av algen ser ut til å tilføres Skagerrak med strømsystemene fra sørlige del av Nordsjøen og har siden 1981 blitt overvåket av stasjonen i Flødevigen.

Undersøkelser tyder på at *G. aureolum* produserer et svakt giftstoff som i første rekke skader gjellene på fisken ved høye algekonsentrasjoner. Skadene på gjellene fører til at fisken får problemer med å ta opp oksygen fra sjøen

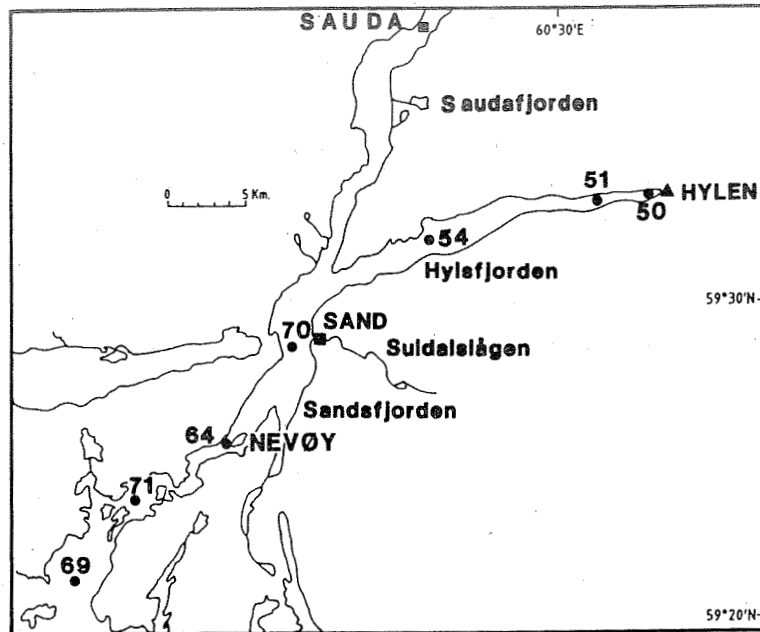


Fig. 19. Stasjonskart Hylsfjorden og Sandsfjorden juli-august 1990

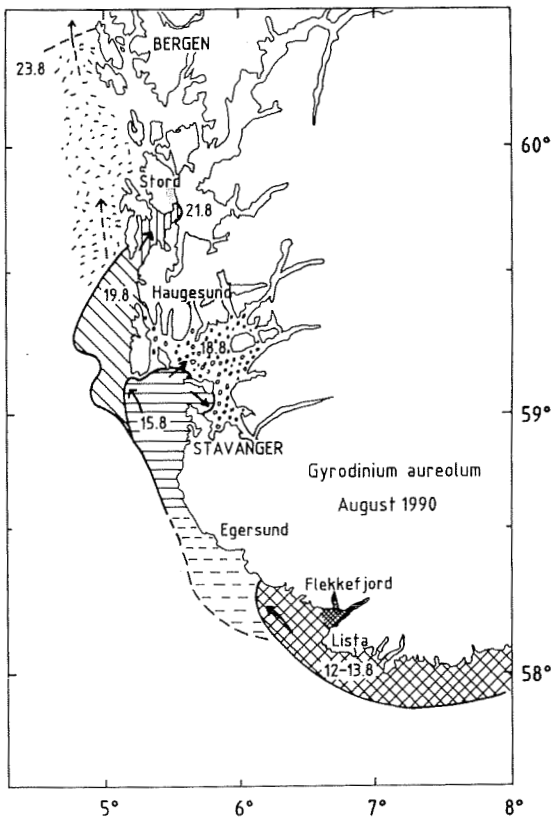


Fig. 20. Utbredelse av *Gyrodinium aureolum* august 1990.

og i tillegg får også fisken problemer med å regulere saltbalansen. Ved konsentrasjoner over ca. 10 mill. alger pr. liter i sjøvannet blir skadene såpass store at fisken dør. Slike høye konsentrasjoner av alger opptrer både pga at det er mye alger tilstede i vannmassene og pga vindoppstuvning og strømsetning både langs kysten og i fjordene.

Som i tidligere år ble algene høsten 1990 transportert til Sørvestlandet i forbindelse med en kraftig utstrømning av kystvann fra Skagerrak (Fig. 20). Omlag 3 døgn etter at algene passerte Lista ble de observert utenfor sørspissen av Karmøy. Deretter ble de transportert inn i Boknafjorden og nordover til ytre del av Hardangerfjorden (18–20 august). Mindre konsentrasjoner av *G. aureolum* ble observert videre oppover langs kysten til Bergensområdet.

Konsentrasjoner av *G. aureolum* over ca 10 mill. pr.liter ble bare obser-

vert sør for Egersund og spesielt oppdrettsanleggene i Flekkefjordområdet mistet mye fisk. Det totale tapet av oppdrettsfisk var omlag 100 tonn pluss endel smolt. Bakgrunnen for at Flekkefjordområdet kom spesielt dårlig ut mhp dødlighet var at det trolig danner seg en lokal stasjonær hvirvel i kyststrømmen like nord for Lista som førte til oppkonsentrering av algene.

Årsakene til at *G.aureolum* ikke kom opp i dødelige konsentrasjoner nord for Egersund i 1990 var flere. Oppblomstringen skjedde forholdsvis tidlig på høsten med relativt lite næringssalter i de øverste lag av kystvannet. Fortsatt var det bestander av algebeitende dyreplankton tilstede i vannmassene. Dette sammen med den økte fortynningen av kystvannet nord for Lista og relativt stor vertikalutbredelse av algene, resulterte i at konsentrasjonene bare i få tilfeller oversteg 2-3 mill. alger pr. liter.

I forbindelse med *G. aureolum* - oppblomstringen ble det gjennomført et kombinert overvåkings- og forskningstokt av Havforskningsinstituttet med kystvaktskipet «Nordsjøbas». Forskningsfartøyet «Håkon Mosby» gikk ut etter «Nordsjøbas» og var bemannet med deltakere fra Universitetene i Bergen, Oslo og Havforskningsinstituttet.

2.4.3 Miljøgifter

Havforskningsinstituttet gjennomfører analyser av organiske miljøgifter i fisk og skalldyr fra kysten og fjordene. Programmet tar sikte på å kartlegge de generelle nivåene av forurensning i dis-

se viktige ressursene. Områder med varierende forurensningsbelastning blir undersøkt og programmet kommer i tillegg til eksisterende program i regi av Statens Forurensningstilsyn (SFT) som først og fremst dekker våre hardeste belastede områder. Programmet er en oppfølging av arbeidet innen Det internasjonale råd for havforskning (ICES) med kartlegging av forurensning i det marine miljø.

Programmet på miljøgifter i fisk og skalldyr langs kysten har vært forholdsvis lavt prioritert i 1990 på grunn av omfattende arbeid med innsamling og analyse av miljøgifter i sedimenter og fisk fra Nordsjøen (NSTF program se kap. 2, 3, 4). Nivået av PCB, PAH og tungmetaller i sjøørret fra Ranafjorden er imidlertid undersøkt. Sjøørreten var ikke forurenset av disse miljøgiftene utover det som kan regnes som vanlig forekommende bakgrunnsnivå.

I 1990 ble det startet analyser av PCB og PAH i torsk som hadde vært satt ut fire uker på fire lokaliteter i Sørfjorden. Målinger av biokjemiske effektparametre (cytokrom P450-systemet) er en viktig del av programmet. Prosjektet utføres i samarbeide mellom Biokjemisk institutt, Universitetet i Bergen og kjemi-laboratoriet ved Havforskningsinstituttet. Resultatene på materiale som er analysert til nå viser på at det er en sammenheng mellom belastningen av miljøgifter og effektene på fiskens enzymsystemer. Fisken som hadde stått nær utslippene fra industrien i området hadde høyere innhold av miljøgifter enn fisken lenger ute i fjorden. Endelig rapportering av resultatene skjer i 1991.

3. REKRUTTERING TIL FISKEBESTANDENE

3.1 Sild

Gytefeltene og larveutbredelsesområdet for sild nord for Sognefjorden ble dekket med et tokt i perioden 30 mars – 10 april. Toktet strakte seg nord til Sklinnabanken (Fig. 21). Gytefelt lenger sør ble dekket 26–27 mars under en undersøkelse i forbindelse med

«Azaela»s forlis utenfor Karmøy. I 1989 fikk vi for første gang på tretti år gyting av sild ved Karmøy. Også i år har vært gyting på dette feltet, men andelen av gytebestanden som har gytt her er nok meget liten. Ellers viser fordelingen av nytte larver at det har

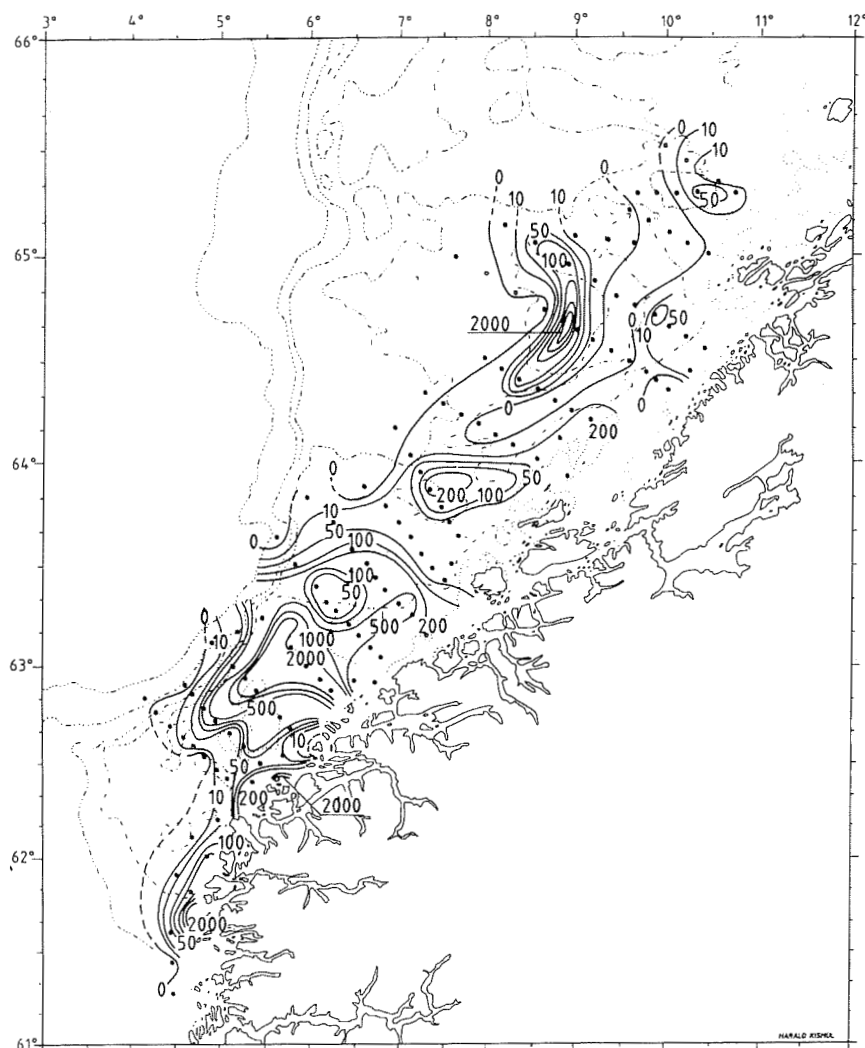


Fig. 21. Fordeling av sildelarver i mars-april 1990 (antall/m²)

Sildelarveindeks, alle lengdegrupper

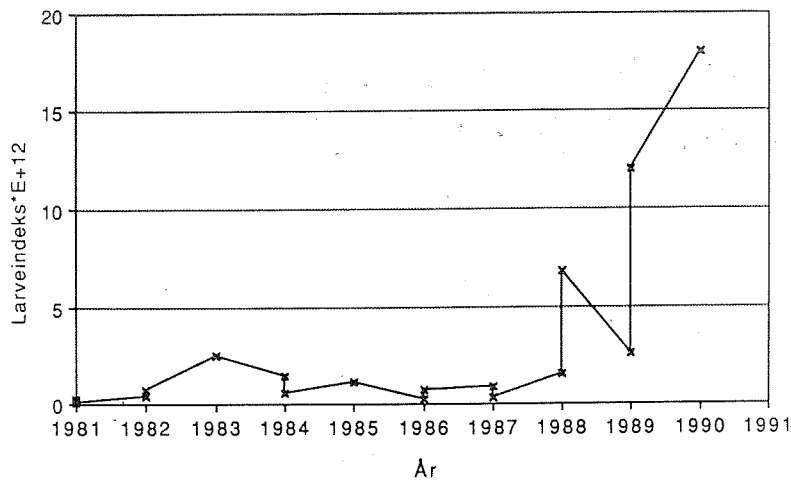


Fig. 22. Mengdeindeks sildelarver for perioden 1981–1990.

vært gyting på de vanlige gytefeltene. Som i fjor ble det registrert gyting på Haltenbanken, og dette er andre gang siden 1969. Av sildelarvene var 43 % mindre enn tre dager gamle og dette tyder på at den viktigste klekkeperioden ble dekket. De eldste larvene (12–23 dager gamle) utgjorde vel en prosent av larvemengden og ble funnet utenfor Bremanger og nord for Bua-grunnen. Dette indikerer at klekking kan ha tatt til allerede i begynnelsen av mars. Det var uvanlig lite dyreplankton på gytefeltene, noe som kan tyde på sen våroppblomstring.

Fig. 22 viser beregnet indeks for larvemengden under de forskjellige deknningene i perioden 1981–90. Vanligvis blir det foretatt to deknninger hvert år, men i 1983, 1985 og 1990 var det bare en deknning. Indeksen avhenger blant annet av gytebestandens størrelse, innsamlingsperiode i forhold til klekkeperiode og dødelighet av larver. Indeksen gjenspeiler økningen i gytebestanden som skjedde i 1988 da den rike 1983-årsklassen tok til å gyte. Indeksen for 1983 gir ikke uttrykk for en god larve-

produksjon dette året. Dette kan skyldes at den ene innsamlingsperioden ikke godt nok dekket klekkeperioden. En høy larveindeks er heller ikke å vente siden gytebestanden ikke var så stor det året, hvilket indikerer at overlevelsen av larver må ha vært spesielt god i 1983. Den ene deknningen i 1990 ga den høyeste indeksen for hele undersøkelsesperioden.

3.2 Lodde

Det ble samlet inn loddelarver i perioden 15–28 juni og vi fikk en god deknning av hele utbredelsesområdet. Loddelarvene var i år spredd utover mesteparten av den sørøstre del av Barentshavet (Fig. 23), med maksimumstetthet på over 2000 larver pr. m² overflate. Larveindeksen er beregnet til 13×10^{12} larver. Dette er en økning på 85% i forhold til 1989, og høyere enn de verdiene som ble målt tidlig på 80-tallet, før loddebestanden brøt sammen. Ellers var fordelingen noe mer østlig i 1990 enn i 1989, og få larver ble funnet vest for Nordkapp. Gjenn-

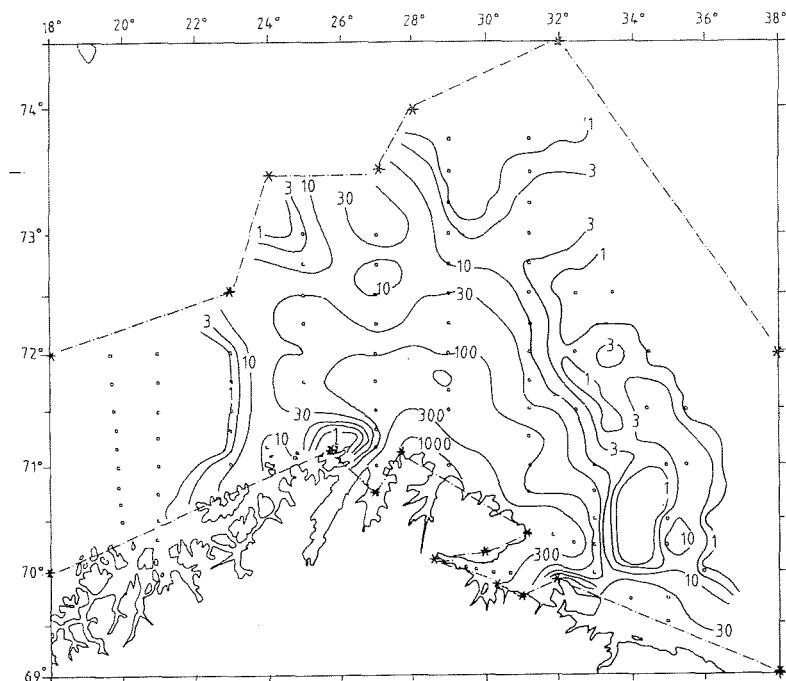


Fig. 23. Fordeling av lodde- larver i juni 1990 (antall/m²)

omsnittslengden på loddelarvene var i år 10,3 mm. Dette er 1,8 mm kortere enn i 1989, men samme som i 1988. Årets undersøkelse var igjen svært oppmuntrende med hensyn til gjenoppbyggingen av loddebestanden.

3.3 Yngelundersøkelser i april-mai

Disse undersøkelsene har pågått siden 1985, og ble i år gjennomført i periodene 2–16 mai og 30 april –22 mai. Fig. 24 viser fordelingen av sei yngel. Det ble i 1990 gjort gode registreringer av sei yngel sør for 62°N, mens det lengre nord ble funnet svært lite.

Fordelingen av sildeyngel er vist på Fig. 25. Disse undersøkelsene registrerer både høstgytt yngel fra Nordsjøen og yngel fra den norske vårgytende silde. Bare to av åtte yngel som ble fanget sør for Stad var mindre enn 30 mm

og disse *kan* stamme fra en eventuell vårgyting herfra. Det er umulig å få et riktig kvantitativt mål på fangsten av sildeyngel. Yngelen ned mot 2 cm kler ofte maskene langt fremover i trålen og dette gjør det umulig å kvantifisere alt trålen har fanget. Likevel, siden redskap og prosedyre har vært lik hvert år kan en mengdeindeks for sild gi gode indikasjoner på variasjon i yngelmengden (Fig. 26). Det framgår av figuren at indeksen for 1990 var på størrelse med den for 1985, men betydelig mindre enn den for 1989. Høstgytt yngel kan en også finne nord for Stad, men bidraget til den totale indeksen er mindre enn 0,5 %.

Vanligvis fanger en lite yngel av annen torskefisk enn sei på disse toktene. Dette skyldes sannsynligvis at artene er for små til å fanges av trålen som blir brukt. I år ble det særlig funnet torskeyngel på de kystnære stasjonene

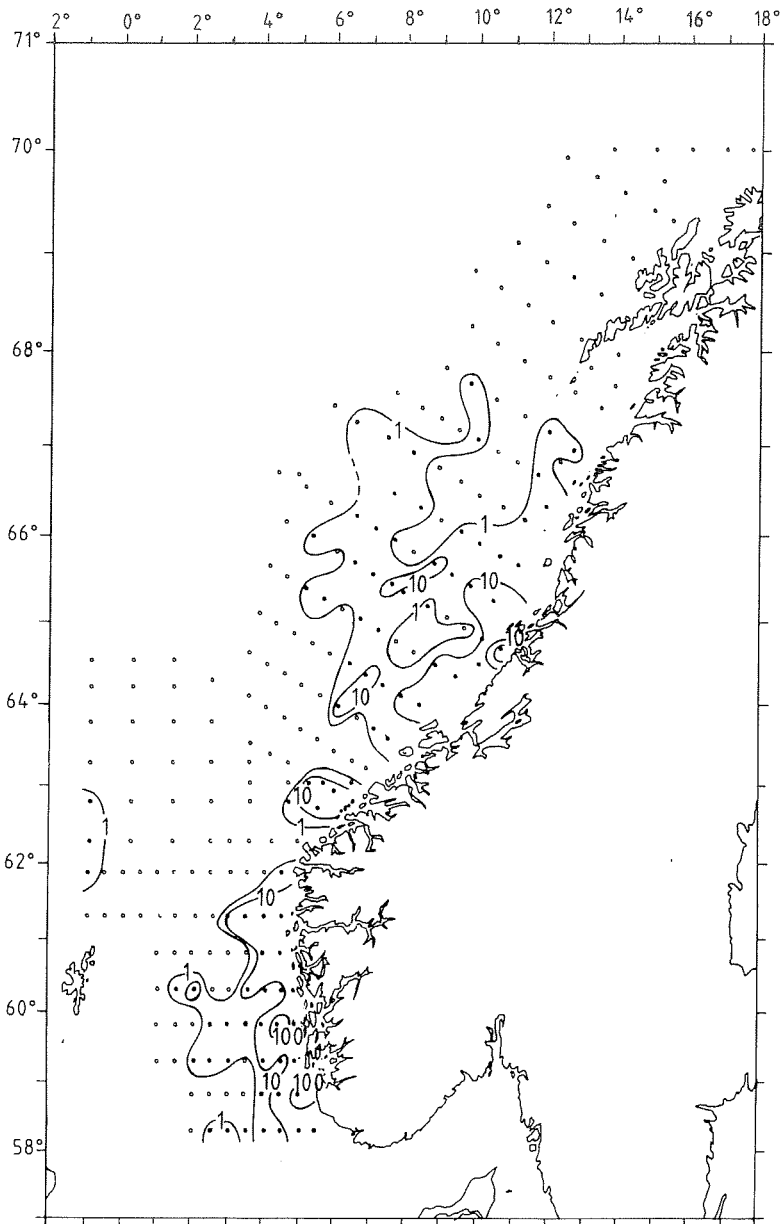


Fig. 24. Fordeling av sei yngel i mai 1990 (antall/tråltime).

sør for Stad, og det ble registrert mer yngel enn tidligere år. Hyseyngel ble vesentlig funnet i Nordsjøen sør for Øygarden og fangstene var de største siden undersøkelsene tok til.

3.4 Yngelundersøkelsene i juli

Disse yngelundersøkelsene tok til i 1977 og har mellom annet tatt sikte på å etablere en mengdeindeks for årets

produksjon av torsk. I perioden 1987–89 dekket undersøkelsen området fra Varangerfjorden til Stad, og en kunne også kartlegge fordelingen av andre arter sør for Vestfjorden. Årets tokt ble gjennomført med to båter i periodene 17–26 og 24–30 juli. Kun området nord for Vestfjorden ble undersøkt og hele utbredelsesområdet for f.eks. sild og hyse ble ikke dekket.

Torskeyngel ble stort sett funnet

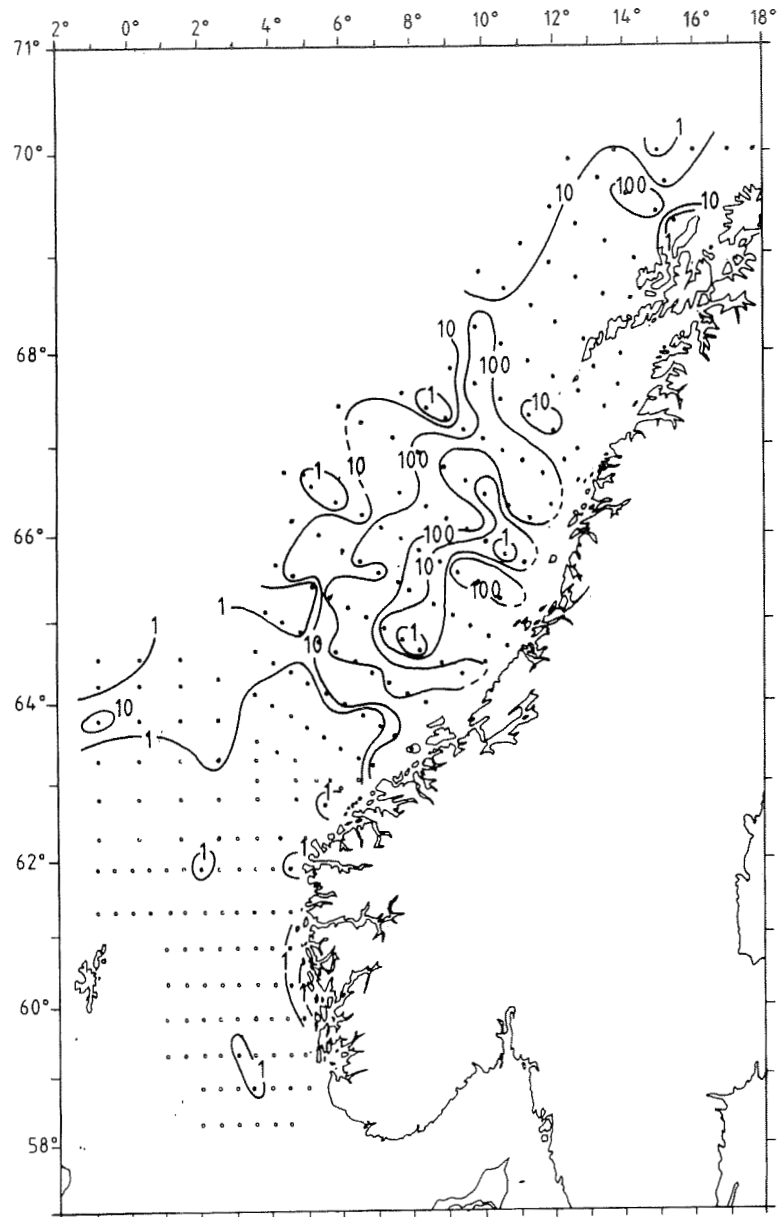


Fig. 25. Fordeling av sildeyngel i mai 1990 (antall/trålti-me)

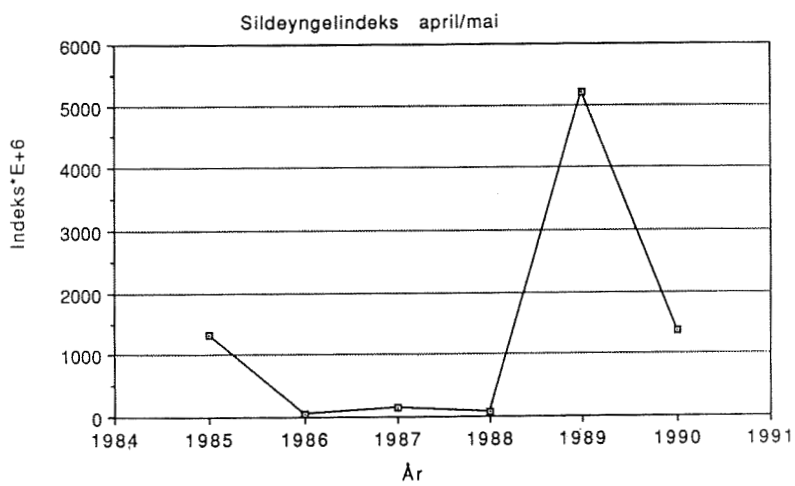


Fig. 26. Mengdeindeks sildeyngel i april/mai 1985-1990.

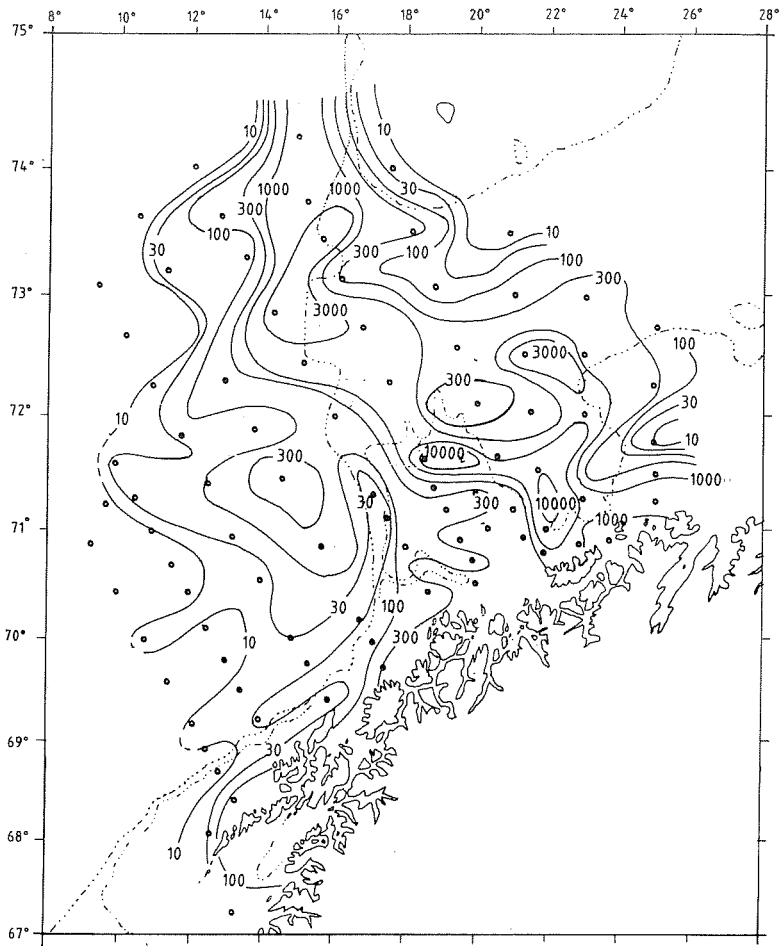


Fig. 27. Fordeling av torsk-
keyngel i juli 1990 (antall/
tråltime)

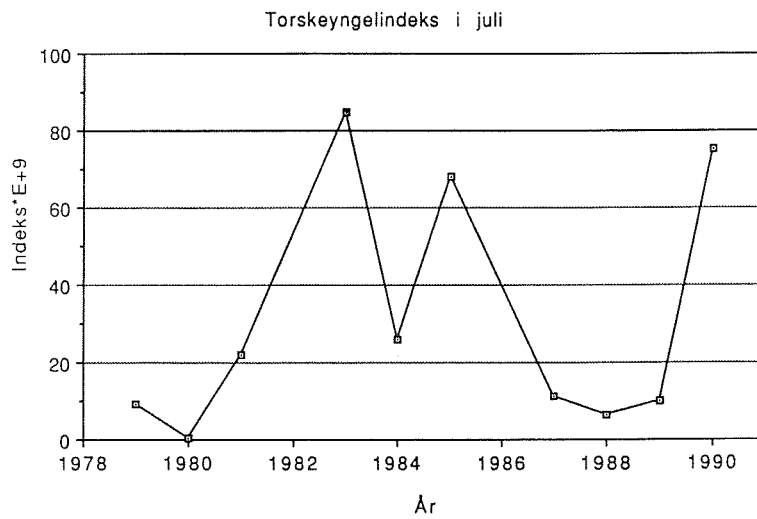


Fig. 28. Mengdeindeks av
torskkeyngel for perioden
1979-1990.

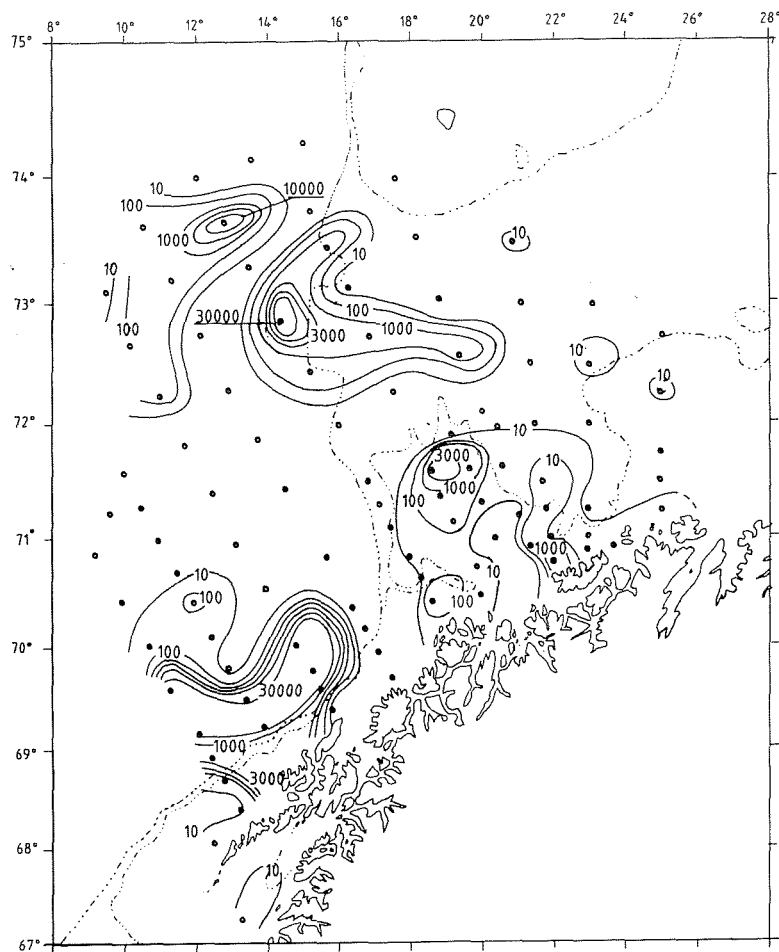


Fig. 29. Fordeling av sildeyngel i juli 1990 (antall/trålti-me).

over hele undersøkelsesområdet, De høyeste konsentrasjonene ble funnet på Tromsøflaket, Fugløybanken, vest av Nordkapp-banken og i Vestspitsbergen-strømmen (Fig. 27). Hverken mot nord eller øst ble 0-linjen lokalisert. Fig. 28 viser mengdeindeksen for torsk forskjellige år. Indeksen for i år var den nest høyeste siden 1977 til tross for dårlig dekning, og dette indikerer en god årsklasse av torsk.

Mesteparten av sildeyngelen var metamorfosert og gikk tydeligvis i stim. Dette reflekteres i den varierende fangsten fra stasjon til stasjon. Lignende observasjoner ble gjort i 1989, og det indikerer at veksten av larvene har vært god. Dette gjør en mengdeindeks

for sildeyngel i år på dette tidspunkt verdiløs. Likevel gikk endel stimer inn i trålen og dette skjedde hyppigst på de 4-5 innerste stasjonene på strekningen Andenes-Moskenesøy (Fig 29). I dette området gikk det også stimer av sei (30-35 cm) og endel hyse og beitet på sildeyngelen. Hyseyngel ble også registrert i dette området og en hyseyngel inneholdt to sildeyngel. En torskeyngel på 70 mm inneholdt en sildeyngel på 38 mm! Dette indikerer at årets yngel av torsk og hyse er i stand til å beite på årets sildeyngel. Andre områder med funn av stimer var over Tromsøflaket og i Vestspitsbergen-strømmen. Hyppigheten av stimer synes være større i 1990 enn året før.

4. UTVALGTE GLIMT FRA FORSKNINGSAKTIVITETENE I 1990

4.1 Produksjon av torskelarver – en miljøtilpasset overlevingsmekanisme.

Det påvises stadig nye mekanismer som påvirker overleving hos fiskeegg og de tidlige stadier av fiskens liv. Vanligvis blir effekten av en slik rekrutteringsmekanisme demonstrert uten at den sees i sammenheng med andre mekanismer, eksperimentelt eller i feltundersøkelser. Å vurdere den relative betydning av en enkelt rekrutteringsmekanisme i forhold til andre er vanskelig, og slike undersøkelser forekommer knapt i litteraturen.

På forskningsfronten er man i dag opptatt av å undersøke mekanismer som virker sammen. Eksempler på slike mekanismepar er følgende:

1. Gytebestandens størrelse og alderssammensetning, som påvirker populasjonsfekunditet og eggkvalitet.
2. Gyteperiode og egg/larvekvalitet som påvirkes av gytebestandens alderssammensetning, og perioden for produksjon av fiskelarvens byttedyr, som er meget temperaturavhengig.
3. Tettheten av fiskelarvens byttedyr og mikroturbulens.
4. Næringsforhold (vekst) og predasjon.

De fleste relasjoner er temperaturpåvirket. Havklima ser derfor ut til å være en nøkkelfaktor når det gjelder påvirkningen av de enkelte rekrutteringsmekanismer. Den relative effekten av variasjoner i havklima (temperatur) på de ulike rekrutteringsmekanismer er ikke kjent.

Et eksempel.

Med utgangspunkt i eksempel 2 skal vi prøve å sannsynliggjøre hvordan larveproduksjonen kan tilpasses forholdene i oppvekstmiljøet, selv om dette ligger langt unna gyteområdet, som hos norsk – arktisk torsk. Følgende elementer inngår i denne prosessen:

- a. Temperaturen varierer i takt på gytefeltet (Lofoten) og i oppvekstområdet (Barentshavet), og svinger mellom «varme» og «kalde» perioder.
- b. Statistisk materiale indikerer at små fisk gyter senere enn store. Fra 1930 til i dag er gytemaksimum forsinket med ca. 10 dager p.g.a. beskatningsmønster og intensitet. Temperaturforholdene under gytingen i blandingslaget mellom Atlantisk vann og Kystvann er de samme hvert år og påvirker ikke gyteperioden.

- c. Eggstørrelse, og dermed larvestørrelse ved klekking, er en funksjon av fiskens størrelse, kondisjon og graden av utgytthet. Eggstørrelsen blir mindre i løpet av gytetiden.
- d. Rauåta, hvis larver (nauplier) er torskelarvens viktigste næringsorganisme, gyter i det temperaturvariable kystvannet, og gyteperioden er meget temperatur-påvirket, gyttingen skjer tidligere i varme år.
- e. På grunnlag av prøvetaking i Lofoten (eggåving) og fiskeristatistikk (mottatt rognkvantum) konstrueres gytekurver for skrei tilbake til 30-årene. Basert på prøvetaking og temperaturforhold kan tilsvarende kurver for rauåtenauplier konstrueres.

Det viser seg at i varme år, som ofte gir store årsklasser av norsk – arktisk torsk, ligger maksimum for nauplieproduksjonen *foran* toppunktet for kurven som viser torskelarver i første næringsopptak. I slike varme år vil det derfor være de tidligst klekte larvene, og dermed de største og sannsynligvis de mest levedyktige, som også vil få de beste næringsforholdene i startfasen. Dette samspillet mellom temperatur, rauåtegyting og tidspunkt for forekomst av store torskelarver kan bidra til å sikre en «ekstra» levedyktig larve/ yngel-populasjon i perioder med gode og store oppvekstområder i Barentshavet.

Til en viss grad har vi mulighet til å påvirke dette samspillet, siden vår regulering av fisket vil kunne påvirke aldersfordelingen av gytepopulasjonen og dermed gyteperioden og egg/larve-kvaliteten.

4.2 Torskens eggproduksjon i et nytt lys

Vellykket rekruttering er avhengig blant annet av en stor produksjon av egg med god kvalitet. Torskens fekunditet, definert som antall modne rognkorn tilstede før gyttestart, har vært undersøkt flere ganger og så langt tilbake som til 1880-årene. Det har vært antatt at dette antallet (bedre uttrykt som potensiell fekunditet) viser hvor mange egg fisken faktisk gyter i løpet av sesongen (aktuell fekunditet). Utenlandske undersøkelser på bl.a. makrell og ansjos har imidlertid vist at ikke alle rognkorn gytes, men kan også resorberes. Torskens egg-produksjon er mulig å fastslå med stor nøyaktighet ettersom torsk vil gyte naturlig i fangenskap. Våre studier i laboratoriet har vist at hver kysttorsk-hunn typisk gyter 15 porsjoner med egg over en periode på ca. 50 dager. Det viste seg at kun 20 til 80 % av de produserte eggene faktisk ble gytt (Fig. 30): fisk i dårlig kondisjon resorberte de fleste eggene mens fisk i god kondisjon resorberte en relativt liten del. Fisk med en kondisjonsfaktor ($((\text{vekt}/\text{lengde}^3) \times 100)$) på 0.7 før gyttestart produserte ikke egg i det hele tatt. Fiskens ernæringsstatus på gytefeltet er altså høyst sannsynlig viktig for hvor stor den faktiske eggproduksjonen blir. Det vil derfor i 1991 bli innsamlet rogn fra gytende skrei av forskjellig alder for å fastslå graden av resorbsjon. Ernæringsstatus beregnes på levende laboratoriefisk som et forhold mellom egg- og kroppsvekt, siden fiskens tilstand er avgjørende for den energi den kan overføre til gyteproduk-

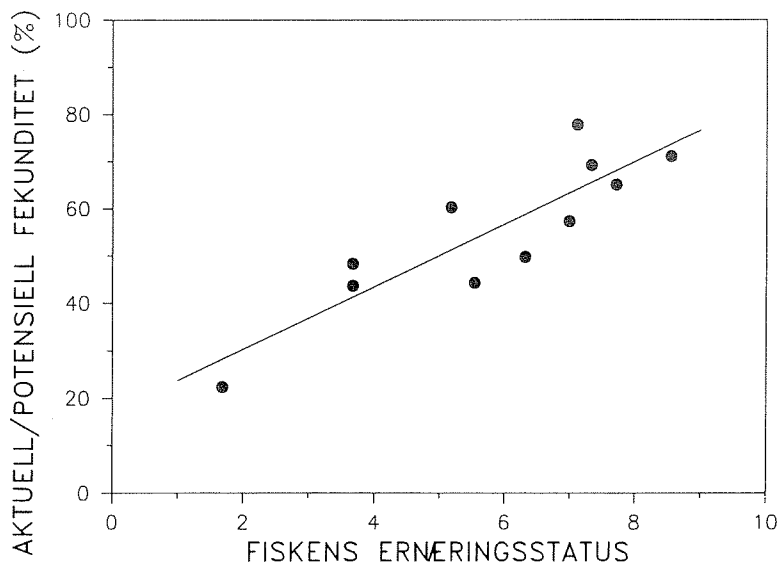


Fig. 30. Relasjonen mellom aktuell og potensiell fekunditet og torskens ernæringsstatus (se tekst).

tene. I felten vil ernæringsstilstand bli korrelert til og basert på kjemiske analyser av lever og muskelvev.

4.3 Bestemmelse av alder hos fiskelarver.

Et viktig arbeidsfelt ved Miljøsentret er studiene av de mekanismene som bestemmer rekrutteringen til våre fiskebestander. I dette arbeidet er det helt nødvendig å kunne bestemme al-

deren på de fiskelarvene /yngel man fanger. Havforskningsinstituttet har derfor lagt ned et stort arbeid i å videreutvikle metoden med å lese dagsoner i otolitter (ørestein).

Fiskelarver legger ned en dagsone i otolitten hver dag. Størrelsen på denne sonen er avhengig av hvor mye larven vokser den samme dagen. I løpet av våren 1989 ble det installert et dagsone-telle-/måleutstyr ved instituttet. Det består av en Macintosh datamaskin, et

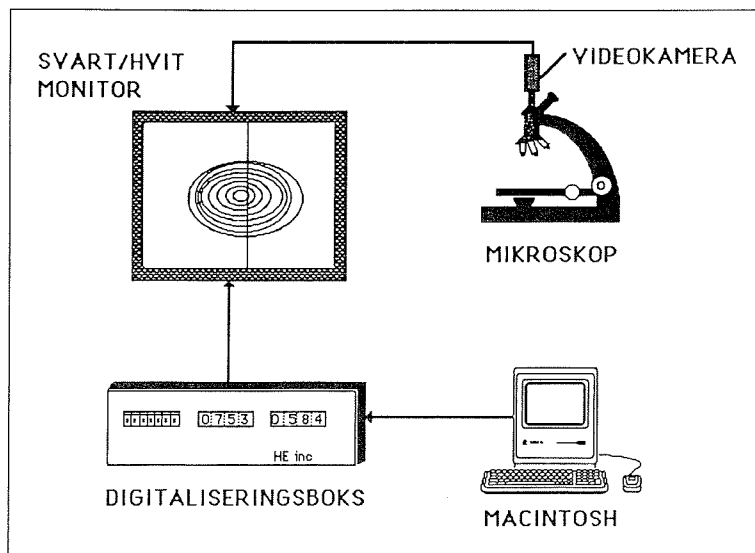


Fig. 31. Utstyr for dagsonetelling

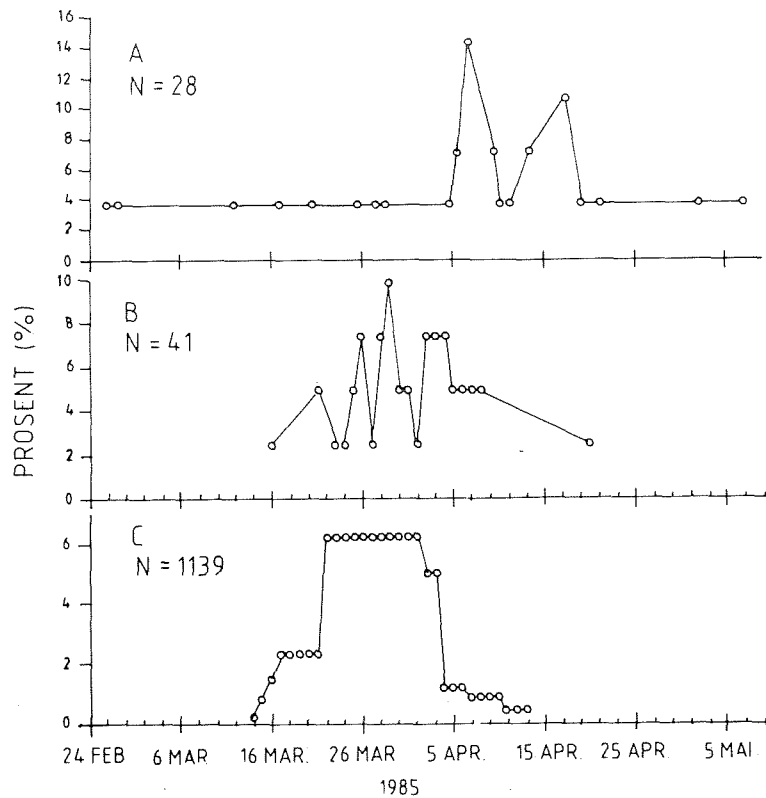


Fig. 32. Sammenligning av klekkedatoer beregnet på grunnlag av (a) dagsonelesning av sildeyngel i juli, (b) dagsonelesning av larver i mai og (c) aktuell klekkedato i 1985.

mikroskop påmontert et videokamera, en monitor og en digitaliseringsboks (Fig.31).

Ved å telle dagsoner i fiskelarver med kjent fangstdato kan en tilbakeberegne datoen larven ble klekket. I samarbeid med Havforskningsinstituttets forskningsstasjon i Flødevigen, hvor analyseutstyret har vært i bruk i noen år, er dette blitt gjort med sildelarver/yngel samlet inn i hhv. mai og juli 1985 og mai 1989. Et larvetokt på gytefeltet i april 1985 ga «aktuell» klekkedato siden en på dette tidspunkt ganske nøyaktig kan beregne alderen på larven ut fra dens utviklingsgrad. Fig. 32 viser en sammenligning av klekkedatoer beregnet på grunnlag av dagsonelesning og aktuell klekkedato. Figuren viser en god overensstemmelse mellom aktuell

klekkedato og tilbakeberegnet dato fra mai-larvene, derimot er det en fjorten dagers forsinkning i middel klekkedato når en sammenligner med yngelen i juli.

Fig. 33 viser en sammenligning mellom en klekkeforløpsundersøkelse på Møre i 1989, og tilbakeberegnet dato for larver samlet inn i mai samme år. Det er også relativt god overensstemmelse mellom disse datasettene.

En kan konkludere med at de larvene en samlet inn på kontinentalsokkelen i mai 1985 og 1989 stammet fra hovedklekkingen på Møre i mars/april. Yngelen samlet inn i juli måned derimot stammer fra et annet gytefelt, eller en annen klekkeperiode. Det er derimot usikkert om de larvene en samlet i mai har dødd ned eller drevet inn i

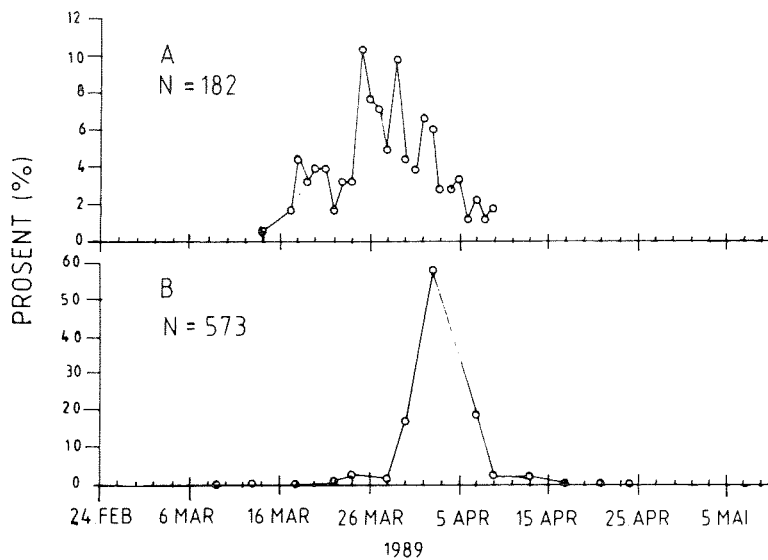


Fig. 33. Sammenligning av klekkedatoer beregnet på grunnlag av (a) dagsonelesning av sildelarver i mai og (b) klekkeforløpsundersøkelse i 1989.

fjordsystemene i Midt- og Nord-Norge.

Metoden med dagsonelesning på sild har vist seg å være en relativt sikker måte å aldersbestemme larver og yngel på. Den vil uten tvil få stor betydning i fremtidige rekrutteringsundersøkelser.

4.4 Klima og rekruttering i Nordsjøen

De siste 22 år med hydrografiske data tatt om sommeren i størstedelen av den sentrale og nordlige del av Nordsjøen er analysert. Dataene viser store år til år variasjoner i arealutbredelsen av salt atlantisk vann og varmeinnhold (Fig. 8) og et stabilt overflatelag. Tidsseriene av disse parametrene sammen med variasjoner i vindstyrke, som en turbulensgenererende faktor, er brukt for å forklare signifikante deler av variasjonene i rekrutteringen i noen av fiskebestandene, samt variasjonene i fraksjonen av vestlig makrell som vandrer inn i Nordsjøen.

0-gruppe (VPA)-data er hentet fra de ulike ICES arbeidsgrupperapporter for 1990. Multippel lineær regresjonsanalyse er benyttet for å finne «vekten» av de enkelte fysiske parametrene for å forklare variasjonene i rekrutteringstallene. Dette settes så sammen til en empirisk modell for hver bestand. Fig. 34 demonstrerer sammenligninger mellom «målinger» og modell for hvitting og Nordsjøisild.

Resultatene er forbausende bra, og viser at miljøforholdene direkte eller indirekte er meget betydningsfulle for god/dårlig rekruttering. Resultatene viser at en god/dårlig årsklasse hvitting produseres når man har hatt en stor/liten innstrømning av Atlantisk vann koblet med en mild/kald forutgående vinter, samt rolige/sterke vindforhold om våren (under/etter gyting).

Tolkningen av resultatene for sild er noe mer komplisert. Her finner vi at en god rekruttering er avhengig av en stor innstrømning av Atlantisk vann og relativt sterk vind om våren etter høst-

gytingen. I tillegg ser det ut for at frontsystemet (og dermed sirkulasjonsmønsteret) i nordlige Nordsjøen er av betydning. Spesielt for silderekrutteringen måtte gytebestandens størrelse tas med for å kunne forklare de observerte svingningene.

Variasjonene i rekrutteringen av huse kunne ikke forklares ved hjelp av disse miljøfaktorene, og vi er foreløpig usikre på miljøets betydning for sei og

torsk. Den vestlige makrellens innvandring til Nordsjøen er klart avhengig av miljøet, sannsynligvis i stor grad indirekte gjennom miljøets betydning for mattilbudet. Stor Atlantisk innstrømning, mild forutgående vinter og relativt sterk vind om våren medfører stor innvandring av makrell til Nordsjøen (så lenge bestanden er noenlunde konstant).

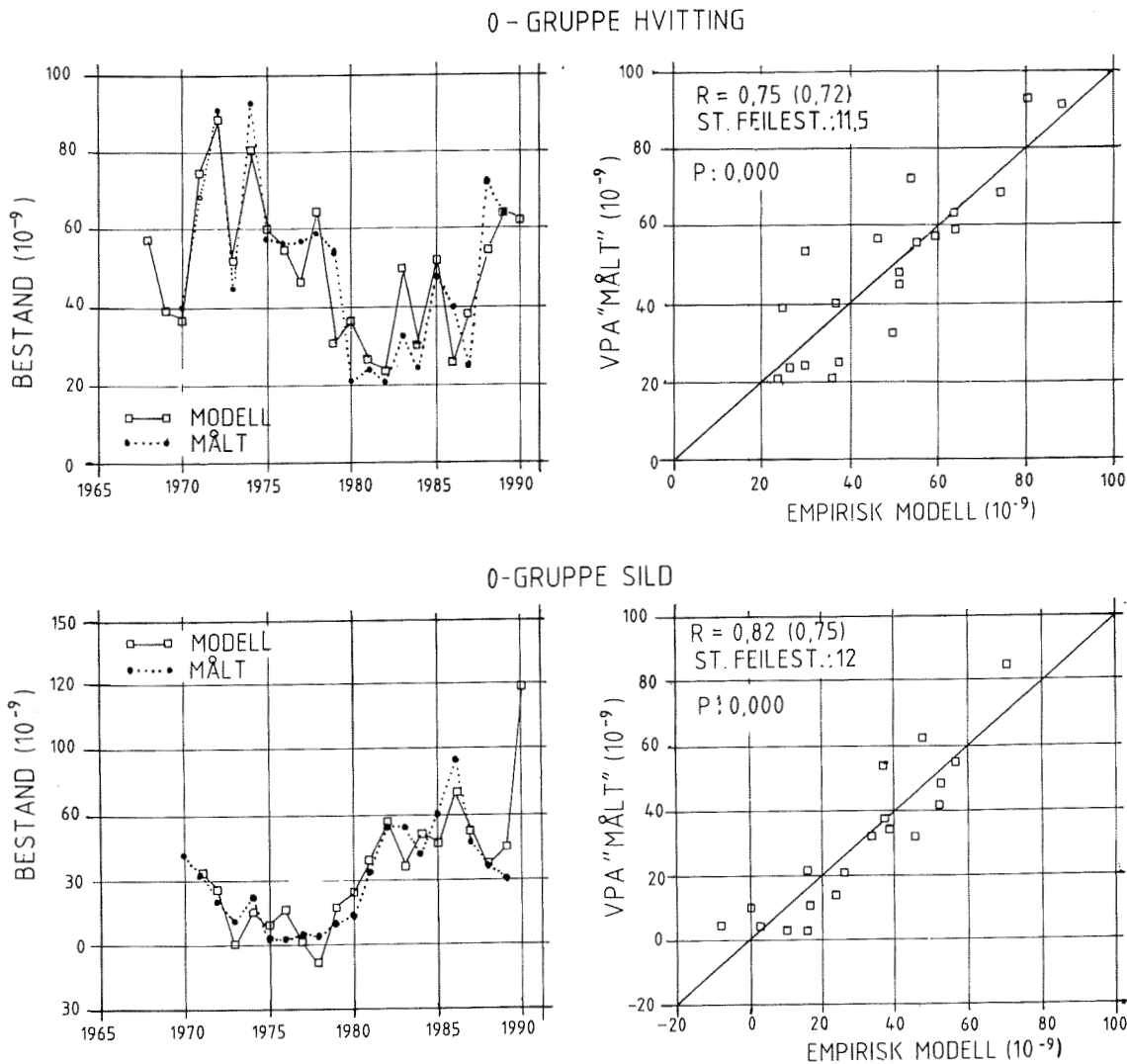


Fig. 34. Sammenligning mellom «målinger» (VPA) og empirisk modell for rekruttering av 0-gruppe hvitting og Nordsjøsild.

4.5 SKAGEX - En internasjonal samarbeidsundersøkelse

I perioden 20. mai til 20. juni 1990 gjennomførte havforskningsfartøy fra Danmark, Sverige, Norge, Polen, Øst-Tyskland, Vest-Tyskland og Sovjetsamveldet en synoptisk (samtidig) undersøkelse i Skagerrak/Kattegat.

17 havforskningsfartøy, 30 havforskningsinstitusjoner og over 200 forskere fra de syv landene var og er engasjert i undersøkelsene. I internasjonal sammenheng var denne aktiviteten spesiell, både ved det store antall deltagende skip og forskere og ved at universitetsinstitusjoner arbeidet hånd i hånd med tradisjonelle fiskeriforskningsinstitutter.

Interessen for Skagerrak er stor blant forskere som «sogner» til området på et eller annet vis. Produksjonsmessig er Skagerrak spesiell. De forskjellige vannmassene, næringsrikt dypvann fra Atlanterhavet, kystvann med opprinnelse i Østersjøen, vann fra Nordsjøen både fra de sentrale og vestlige deler og fra syd med Jyllandstrømmen, skaper fronter med meget høy biologisk produksjon. Fiskeproduksjonen pr. områdeenheter er nesten dobbel så stor i Skagerrak som i Nordsjøen. Rundt 400.000 tonn fiskes årlig av fiskere, hovedsaklig fra Danmark, Norge og Sverige. Periodiske økte tilførsler av næringsalter til området, spesielt fra Tyskebukta, har medført økt produksjon og i noen tilfeller blomstringer av uønskede skadelige alger.

Skagerrak påvirkes forurensningsmessig av transport fra land, fra Østersjøen, fra sydlige del av Nordsjøen og

fra luften. De fysiske forholdene i Skagerrak ligger til rette for en betydelig sedimentasjon. Forurensningskomponenter tilført fra andre områder, kan derfor i stor grad bli deponert på bunnen i de dypeste deler av Skagerrak.

Hensikten med SKAGEX, slik eksperimentets ansvarlige organisasjon, Det Internasjonale Råd for Havforskning, ICES, har definert det, er å utvide våre kunnskaper om området slik at vi bedre er i stand til å:

- identifisere og kvantifisere de forskjellige vannmassene som passerer Skagerrak, og variasjonene over tid,
- undersøke mekanismene som driver sirkulasjonen i området, og sirkulasjonens betydning for de biologiske prosesser,
- undersøke forurensningskomponentenes vei gjennom Skagerrak,
- lage budsjett for næringsaltene i området.

Den 6. og 7. juni 1990 ble de deltagende fartøyene samlet i Arendal for å foreta interkalibreringer av CTD, næringssaltanalyser og klorofyll. Interkalibreringen av næringsalter, som ble ledet av Havforskningsinstituttet, viste at de aller fleste innsamlede data var egnet for bruk i SKAGEX sammenheng.

I tillegg til den store multiskipundersøkelsen i mai - juni ble det gjennomført en mindre undersøkelse i september, og det er planlagt to mindre undersøkelser av en ukes varighet i 1991 henholdsvis i januar og i mai. Resultatene vil bli sammenstilt i en felles rapport utarbeidet med hjelp fra sekretariatet i ICES. Havforskningsinstituttet

har deltatt med «G. O. Sars» og «G. M. Dannevig» i mai – juni og «G. M. Dannevig» i september. Øvrige data som er samlet inn fra Skagerrak vil også inngå i materialet for SKAGEX 1990 – 91.

4.6 Jyllandstrømmen – en transportåre av forurensning til Skagerrak

Jyllandstrømmen renner nordover langs vestkysten av Danmark og inn i Skagerrak. Denne strømmen er en kyststrøm dannet av ferskvann fra de store europeiske elver (Rhinen, Elben m. fl.) som blandes med Nordsjøvann i de grunne havområdene i den sydøstlige Nordsjøen. Denne kystvannmassen renner nordover og inn i Skagerrak langs kysten av Danmark. Nord for Skagen møter den ferskere vann som strømmer ut fra Østersjøen. Vannet i Jyllandstrømmen er tyngre og dukker derfor under dette Østersjøvannet. Her vil det strømme som et underliggende lag dels nordover langs den svenske vestkysten og dels sørover i Kattegat. Dette underliggende vannet i Kattegat vil ved medrivning blandes opp i det utstrømmende Østersjøvannet og fortsette som en del av den norske kyststrømmen.

De europeiske elvene transporterer store mengder forurensningsstoffer ut i havet. Kystområdene i den sørlige Nordsjøen er belastet med både miljøgifter og overgjødning. Jyllandstrømmen er den viktigste transportåre for forurensning fra disse belastede områdene og inn i Skagerrak. Betydningen av dette ble klart demonstrert ved

oppblomstringen av *Chrysochromulina polylepis* i mai 1988. Før denne oppblomstringen var det kommet inn vannmasser via Jylland-strømmen til Kattegat og Skagerrak. Disse inneholdt et betydelig overskudd av næringssalter og med et innbyrdes forhold mellom nitrogen, fosfor og silisium som avvek fra det naturlige. Dette spilte sannsynligvis en avgjørende rolle for starten og utviklingen av *Chrysochromulina*-blomstringen.

Havforskningsinstituttet har siden 1989 utført spesielle undersøkelser av Jyllandstrømmen. I månedsskiftet november–desember i 1989 ble strømforholdene undersøkt ved hjelp av akustisk doppler strømmåler og vannmassene kartlagt ved målinger av salt, temperatur og innhold av næringssalter. Elvene som renner ut i den sydlige Nordsjøen inneholder bortimot 500 µM nitrogen. Dette er nesten 50 ganger så mye som innholdet av nitrat-nitrogen i sjøvann om vinteren. Selv ved fortykning til en saltholdighet på 33, som er typisk for Jyllandstrømmen, vil tilførslene via elvene føre til omtrent en tredobling av det naturlige nitrogeninnholdet i sjøvannet. Fig. 35 viser at næringssaltsituasjonen i Jyllandstrømmen ved Helgoland varierer mye gjennom året. Om vinteren og våren er det spesielt høye konsentrasjoner av nitrogen og et stort overskudd av nitrogen i forhold til fosfor. Dette er sannsynligvis en ugunstig situasjon med hensyn på oppblomstring av skadelige alger. Som et ledd i Havforskningsinstituttets algeovervåking blir næringssaltene i de østlige deler av Nordsjøen og i Skagerrak kartlagt om våren. Mengdene og sammensetningen

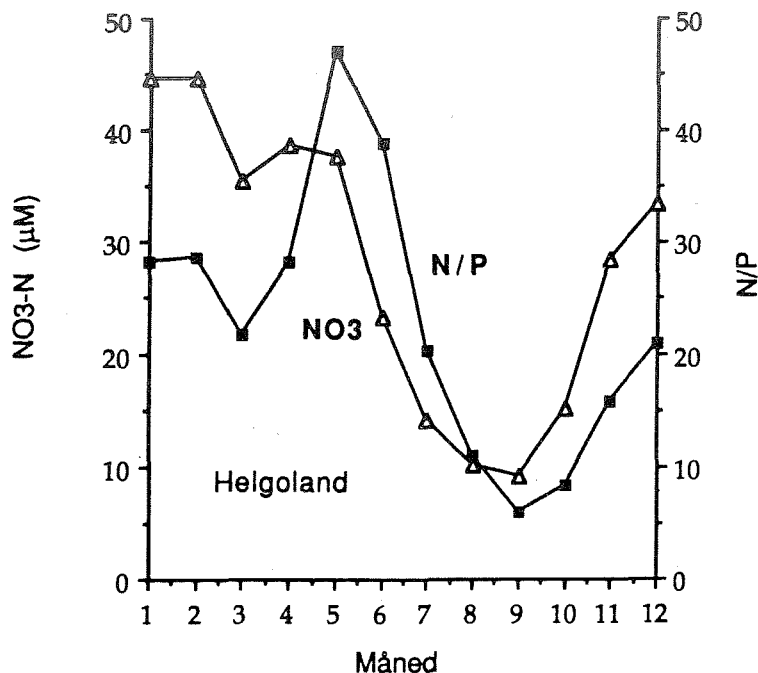


Fig. 35. Gjennomsnittlig konsentrasjon av nitrat (NO_3) og forholdet mellom nitrogen og fosfor (N/P) i sjøvann med lav saltholdighet ved Helgoland i løpet av et år.

av næringssaltene vil kunne gi oss et forvarsel om mulighetene for påfølgende oppblomstringer av skadelige alger.

4.7 Oppbygging av nytt økotoxikologisk laboratorium

Ved Havforskningsinstituttet er det i 1990 bygget opp et miljøtoksikologisk laboratorium som måler effekter av oljeforurensning på fiskeegg, fiskelarver og større fisk. Laboratoriet er i første rekke bygget opp for å kunne gjennomføre AKUP-prosjektet «Marine organismeres følsomhet for olje som funksjon av alder». Laboratoriet er egnet for testing av de fleste typer miljøeffekter på marine organismer.

Anlegget er bygget på grunnlag av de erfaringer vi har høstet under vårt tidligere biotestarbeid ved instituttet. Vi er stadig blitt mer klar over temperaturens påvirkning på biologiske så vel

som kjemiske parametre. Det er derfor lagt stor vekt på temperaturstyring og temperaturkontroll i det nye laboratoriet.

I samarbeid med Universitetet i Bergen er det lagt ned mye arbeid for å finne frem til biologiske/fysiologiske parametre som kan avsløre eventuelle effekter av olje. På grunnlag av dette arbeidet har vi valgt å bruke avvik i oksygenopptak som et mål for oljeeffekter på marine organismer, hvor oksygenopptaket gir et mål for organismens metabolisme. Dessuten utprøves nye teknikker for å avsløre effekter av oljepåvirkning.

I det nye biotestanlegget har vi gjort toksisitetstester med Gullfaks- og Veslefrikkolje på egg og plommesecklarver av sild, ved tre temperaturer; 5°, 10° og 15°C. Fig. 36 viser oksygenopptaket hos høstgytende sild, kontrollgruppe og oljeeksponerte ved 5°C, og kontrollgruppen etter akutt overføring til 10°C.

Vi ser at vi får en kraftig økning i oksygenopptaket hos egg og larver i kontrollgruppen etter overføring til 10°C. Metabolismen øker kraftig ved denne temperaturøkningen. Dette er et ekstra stress for larvene. Dersom en larve har en skade pga. oljeeksponering, vil den kunne komme til syne ved et slikt eksperimentelt oppsett. Første dag etter klekking overførte vi også oljeeksponerte larver fra 5° til 10°C. For begge oljetypene ser vi at larvene mangler evnen til å komme opp på det samme metabolske nivået som kontroll-larvene. Største effekt ble registrert i forsøket hvor Veslefrikkolje ble benyttet.

Etter klekking har larven med seg en plommesekk som skal fungere som en nistepakke inntil larven selv er i stand til å skaffe seg mat. Larven må disponere denne nistepakken så godt som mulig, og den bruker temperaturen til hjelp. I laboratoriet har vi mulighet til å simulere ulike naturlige temperaturforhold. Om våren har vi en stigning i sjøtemperaturen. Kontinuiteten i denne stigningen kan nok variere noe, lokalt. Hvis man f.eks. har klarværsdager med mye sol vil vi kunne få en noe raskere oppvarming i de øvre vannlagene hvor mesteparten av larvene befinner seg. Samtidig vil vi også få stimuli til en oppblomstring av plante og dyreplankton. Det er først når disse organismene finnes i et rimelig stort antall at det er gunstig for fiskelarven å spise sin nistepakke, og starte jakten på byttedyr. På grunnlag av dette kan vi trekke den slutningen at det er gunstig for sildelarven å ha et kraftig potensiale for å kunne øke sin metabolisme. I forsøket som her er referert har vi

brukt temperaturer på 5°, 10° og 15°C. Det er relativt store sprang i forhold til hva larvene vil bli utsatt for i naturen. Likevel regner vi med at de biologiske mekanismene vil være de samme. Erfaringer fra startforing av fiskelarver i oppdrett tyder på at man skal ha en temperaturøkning over en viss terskel før larven reagerer med en kraftig økning i metabolismen og et aktivt foropptak. En terskelverdi ville også være fornuftig ut fra det faktum at en oppblomstring av plankton som følge av temperaturstigning (sollys), trenger noe tid.

Hos høstgytende sild er situasjonen annerledes. Temperaturen i sjøen faller og konsentrasjonen av plankton er stort sett lav. Larven må spare på sine næringsreserver for å kunne overleve til neste vår. Det blir sjelden registrert temperaturøkninger over «terskelverdien» som lokker larven til å forbrenne sine næringsreserver. Dersom en slik temperaturstigning fant sted, ville den muligens også medføre økt produksjon av mat til larven. Ved et fall i temperaturen fra 10° til 5°C hos larver akklimatisert til 10°C, observeres også et fall i metabolismen, dette er ser ikke noe dramatisk stort fall som indikerer at larven kjører metabolismen over på «sparebluss». Derimot ser det ut til at sildelarver ved disse temperaturene kjører metabolismen på et lavt nivå og justerer dette opp ved stigende temperatur. Dette kan forklare at høstgytende sild kan overleve en næringsfattig vinter, og det kan forklare at vi ikke ser noen oljeeffekt på sildelarver når forsøkene utføres ved en konstant temperatur på 5°C.

OKSYGENOPPTAK, SILDEEGG OG -LARVER

TEMP. 5°C OG 5°→10 C

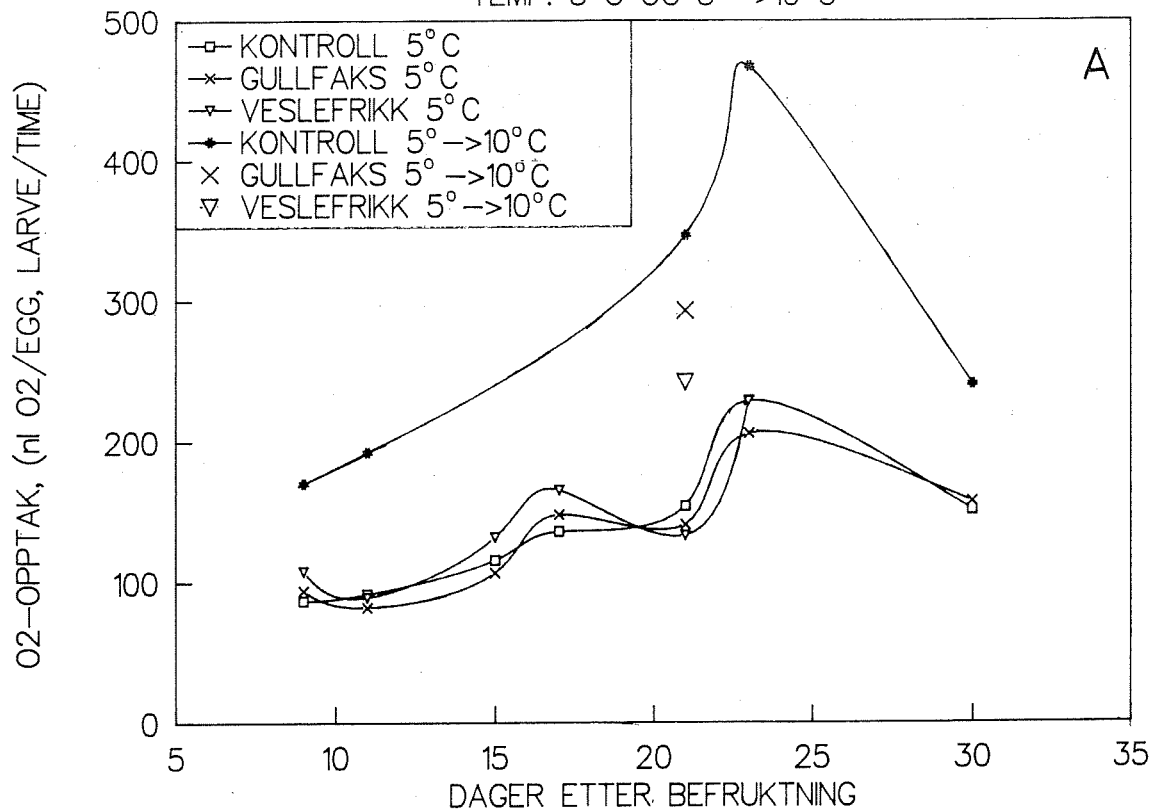


Fig. 36. Oksygenopptak av sildeegg og larver akklimatisert ved 5°C, overført til 10°C.

Når vi overfører sildelarver som er akklimatisert til 15°C til 10°C, ser vi et kraftig fall i metabolismen (Fig. 37). Dette betyr at larvene ved 15°C er oppe i den aktive fasen av metabolismen, hvor de bruker sine næringsreserver. Ved fallet i temperatur fra 15°C til 10°C skifter sildelarvene tilbake til «sparebluss» for å kunne bevare sin næring. Ved 15°C ser vi effekter av olje på sildelarvene. Ved overføring av oljeeksponerte larver fra 15°C til 10°C faller metabolismen ned til samme nivå som kontroll-larvene. Dette indikerer igjen at dette er et metabolsk «sparenivå».

4.8 Noen resultater fra «Nord-Norsk Kystøkologi»-programmet

I 1990 ble det nye «Nord-Norsk Kystøkologi»-programmet satt i gang med støtte fra forskjellige forskningsråd. Havforskningsinstituttet innledet sine aktiviteter i forbindelse med programmet med et tverrfaglig tokt med F/F «Eldjarn» til Møre-området fra 25. mars til 10. april. Hovedformålet med toktet var å studere de biologiske prosesser som påvirker næringsgrunnlaget for fiskelarvene i området, samt å

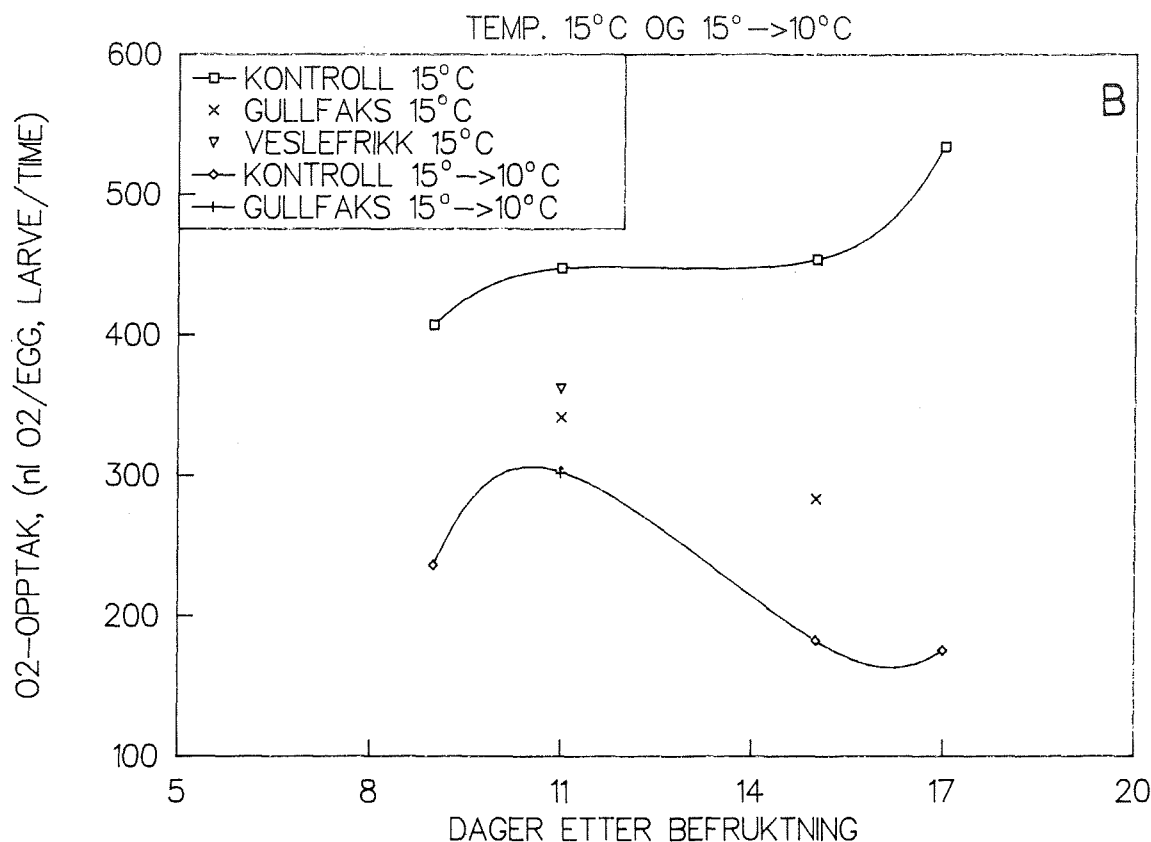


Fig. 37. Oksygenopptak av sildeegg og larver akklimatisert ved 15°C, overført til 10°C.

gjennomføre biologiske studier på det bentiske økosystemet. Benthos omfatter alle organismer som lever i direkte forbindelse med havbunnen.

Våroppblomstringen av planteplanktonet hadde såvidt tatt til helt innerst i fjordsystemet hvor kaldere og ferskere vann dannet et tynt, men markert overflatelag med lav saltholdighet. Dette laget er av en slik karakter at algene kan holde seg i det og utnytte sollyset uten å forsvinne ned i dypet, hvor lysforholdene er mindre gunstige. På denne måten kan algene vokse fort så lenge det er næringsalter til stede. I dette laget var biomassen av planteplankton stor og dominert av diatoméer. Dette

ga et stor utslag i klorofyll fluorescens, mens næringsalter var nesten uttømt (Fig.38, st.1). Under dette overflatelaget var det en kraftig overgang til varmere og saltare vann rikt i næringsalter, men med lavere fluorescens. Ut over fjordsystemet og mot kystvannet var overflatelaget mindre markert og selv om våroppblomstringen allerede var i gang, hadde den ennå ikke nådd sitt maksimum; det var ennå en del næringsalter igjen i overflatelaget (Fig. 38, st. 2). I kystvannet var det liten innflytelse av ferskvannet, og blandingslaget (laget med jevn temperatur og saltholdighet) nådde ganske dypt, ned til 100 meter. Dette medfører at algene

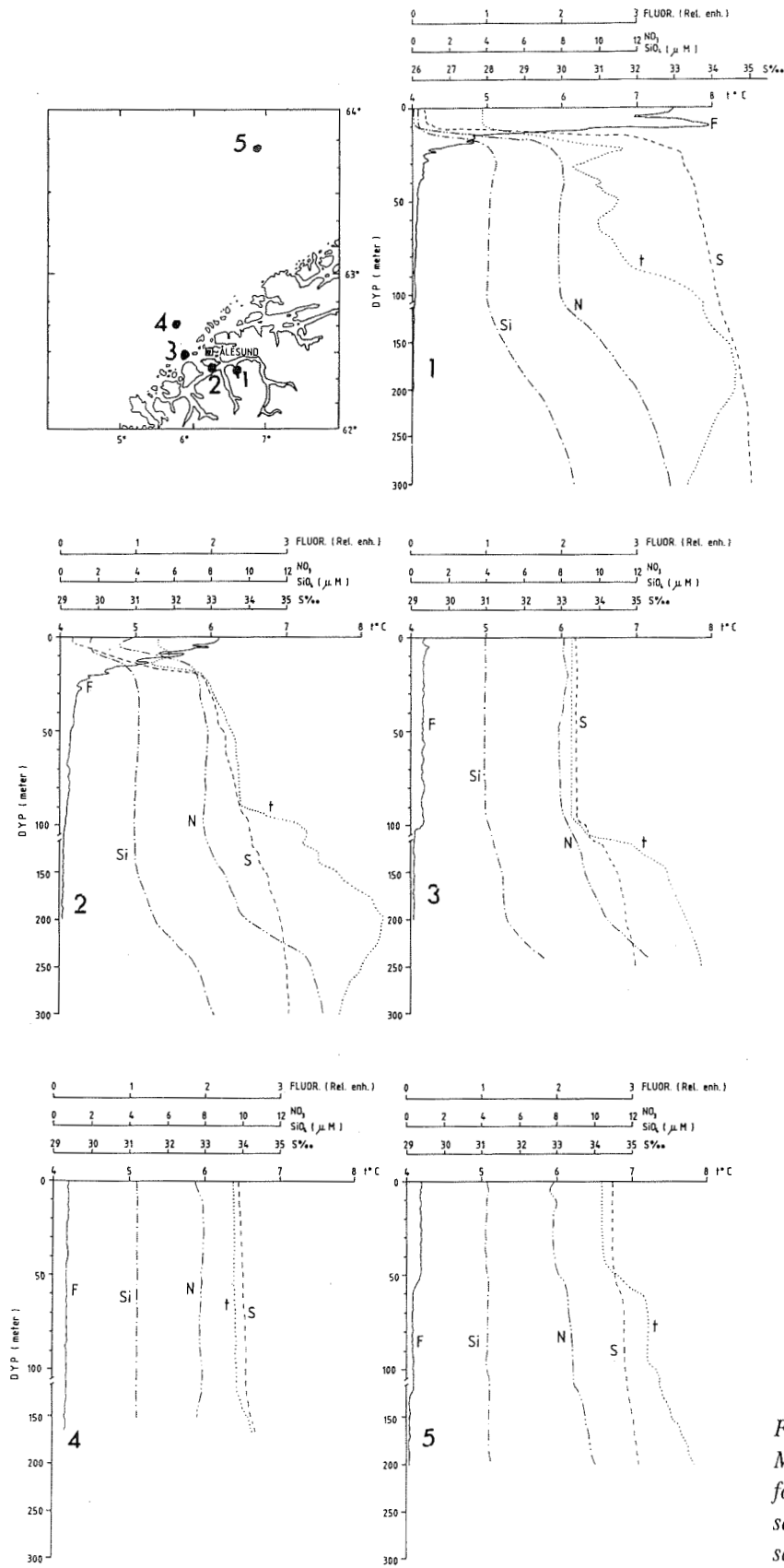


Fig. 38. Stasjonsoversikt Møre mars-april 1990 og fordeling av temperatur, saltholdighet og nærings-salter på stasjonene 1-5.

blir fort blandet ned til dypere vannlag med ugunstige lysforhold, dermed blir deres vekst kraftig redusert. Oppbyggingen av biomassen i en slik situasjon tar lengre tid. Det var denne situasjon som dominerte hele området utenfor skjærgården og over kontinentalsokkelen (Fig. 38, st. 3-5) og frem til midten av april. Hovedårsaken til dannelsen av et slikt dypt blandingslag var sterk sørlige vind, opp til orkan styrke, som varte gjennom hele undersøkelsesperioden.

Senere undersøkelser i samme området viste at planteplanktonets våroppblomstring over kontinentalsokkelen ikke tok til før i månedskiftet april/mai. Dette er en forsinkelse på ca. to uker i forhold til det som betraktes som normalt tid for våroppblomstringen i dette området.

Zooplankton-biomassen var også lav over store deler av området. Kopepodgytingen så ut til nettopp å ha begynt og mengden av nauplier, en viktig del av næring for fiskelarven, var også lav.

Sildegytingen ved Møre var allerede igang og store mengder små larver ble funnet nær kysten ved Buagrunden og andre lokaliteter. De lave zooplanktonmengdene i gyteområdene tilsier at næringsgrunnlaget for larvene ikke var noe særlig gunstig på dette tidspunkt.

Sedimentprøver tatt på en del stasjoner viste betydelige forskjeller i innhold av organisk stoff (Fig. 39). Det var høyest ved en stasjon tatt i midten av Storfjorden (st. 2) og avtok utover fjorden (st. 3, Breisunddjupet). De laveste konsentrasjonene ble funnet på en stasjon sør for Frøyabanken (st. 5).

Det samme mønsteret ble observert på andre målinger som klorofyllinnhold og metabolsk aktivitet. Siden planteplanktonmengde og næringsalter viste at oppblomstringen ennå ikke hadde tatt til, hadde disse sedimenter fått liten tilførsel av fersk organisk stoff fra selve vannet. Dermed representerer disse variasjoner i organisk stoff mest sannsynlig stor-skala variasjoner i området som produkt av forskjeller i fordeling av plankton, topografi og strømforhold.

4.9 Vannutskiftning i fjordene fra Sørlandet til Finnmark

En fjords bæreevne mhp miljøbelastning fra f.eks fiskeoppdrett er avhengig av vannutskiftningen over og under terskeldypet i fjorden. Tilførslene av «friskt» oksygenrikt vann kommer hovedsakelig fra kystvannet utenfor munningene av fjordene, mens endel tilføres gjennom ferskvannsavrenningen fra land og da spesielt i sommerhalvåret (Fig. 40).

De ytre «drivkreftene» som transporterer vann inn og ut av fjordene er hovedsakelig knyttet til det halvdaglige tidevannet og tetthets(trykk)-forskjellen mellom kystvannet og fjordene. Tidevannet skaper vannstandsforskjeller mellom fjordene og kysten som resulterer i inn og utgående strømmer med en varighet på omlag 6 timer. Inngående tidevann blander seg med fjordvannet og blandingsvannet transporteres ut av fjorden ved utgående tidevann. I regneksemplene under er det antatt 50% innblanding av fjordvann ved utgående tidevannsstrøm.

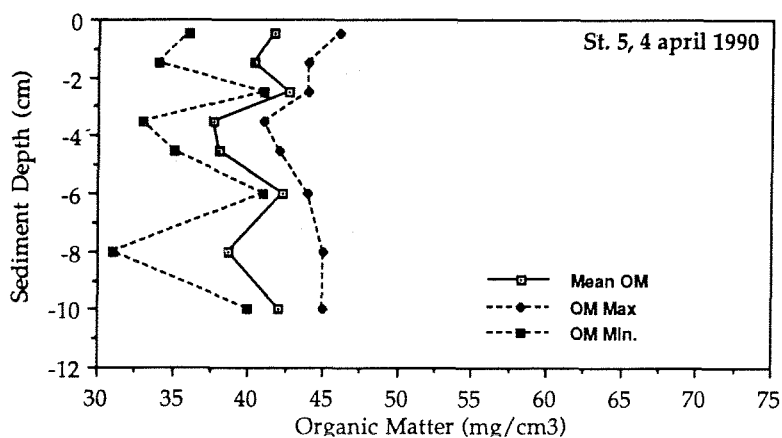
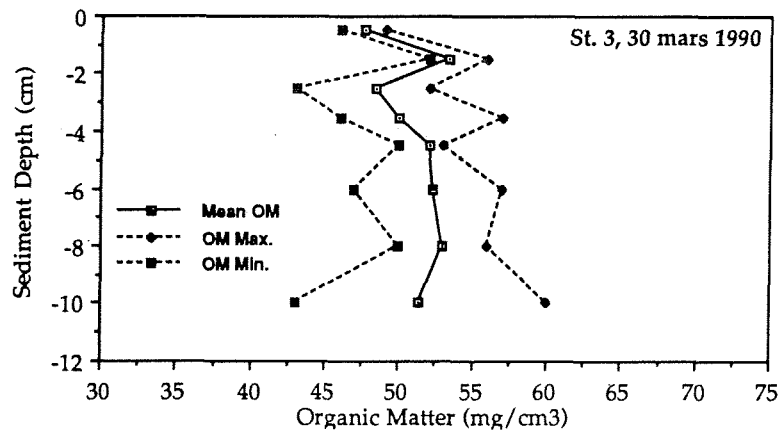
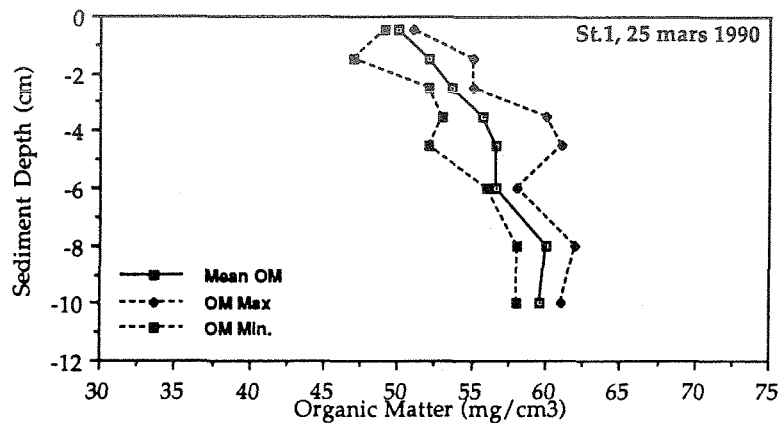


Fig. 39. Organisk innhold i sedimentprøver fra st. 1, 3 og 5.

I kystvannet varierer tettheten bl.a. som et resultat av varierende vind parallelt kysten. Langs kysten nord for Lindesnes vil sørlige vinder føre til nedstrømning av lettere vann, mens det motsatte er tilfelle ved nordlige vinder

(oppstrømning). Tetthetsendringene langs kysten påvirker vannmassene inne i fjordene, slik at redusert tetthet utenfor fjordene fører til innstrømning i øvre lag og utstrømning i nedre lag over terskelnivå. Den motsatte sirkula-

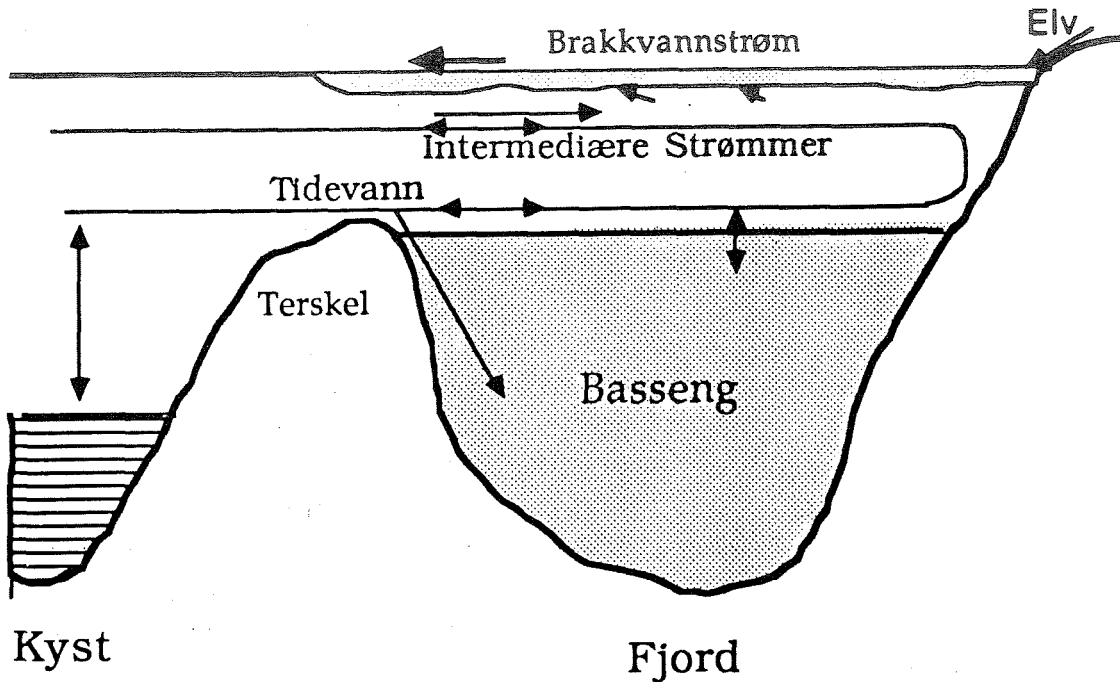


Fig. 40. Prinsippkisse for vannutskifting i fjorder.

jonen inntreffer når tettheten er økende langs kysten (intermediær sirkulasjon).

Tidevannet og tetthetsendringen i kystvannet varierer mye langs norskekysten. Fig.41 viser at tidevannsamplituden (A_0) øker fra ca 0.15 m på Sørlandskysten til ca 1.3 m på Finnmarkskysten. Tetthetsvariasjonene ved kysten, her uttrykt som variasjonene i vekten av en vannsøyle mellom overflaten og 30m dyp (ΔM), viser at i motsetning til tidevannet er det en klar reduksjon av tetthetsvariasjonene nordover kysten.

Tidevannet spiller også en meget viktig rolle for vertikalblandingen i bassengvannet. Økt tidevannsamplitude gir økt tilførsel av blandingsenergi som igjen fører til hyppigere innstrømninger av friskt vann og dermed høyere oksygenkonsentrasjoner i bassengvannet.

Fig.42 viser hvordan vannutskiftingen over terskeldypet varierer fra syd til nord langs norskekysten i en «modellfjord». Helt i sør er bidraget fra tidevannet (QA_0) meget beskjedent og

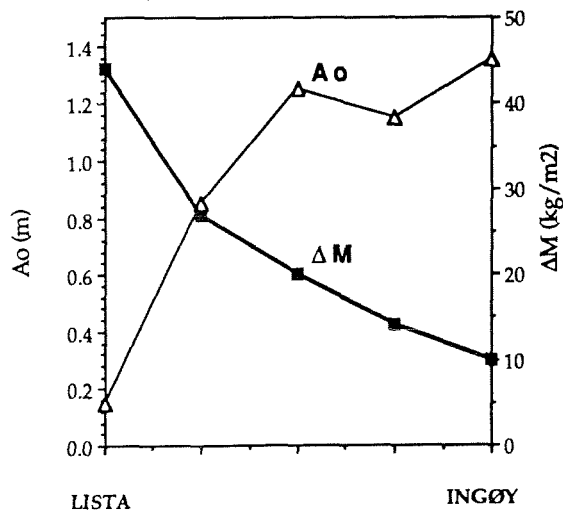


Fig. 41. Tidvannsamplityde (A_0) og standardavviket for vekten av en vannsøyle mellom overflaten og 30m dyp (ΔM) mellom Lista og Ingøy.

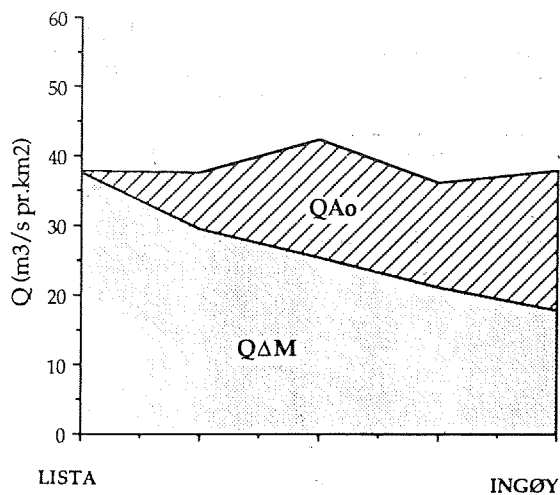


Fig. 42. Tidevannsutskiftning (QA_0) og tetthetsdrevet vannutskiftning ($Q\Delta M$) over terskeldypet i en «modellfjord» fra Lista til Ingøy.

den dominerende vannutskiftningsmekanismen er tetthetsendringene langs kysten ($Q\Delta M$).

Nordover kysten øker bidraget fra tidevannet, mens bidraget fra $Q\Delta M$ avtar gradvis. I Finnmark er bidraget til vannutskiftningen over terskeldypet omtrent like store fra QA_0 og $Q\Delta M$. Det er verd å merke seg at den totale vannutskiftningen ($QA_0 + Q\Delta M$) er tilnærmet konstant langs norskekysten. Dette betyr at en ikke kan forvente vesentlige forskjeller i vannutskiftningen over terskeldypet i fjordene mellom f.eks. Sørlandkysten og Finnmark.

Som nevnt foran har tidevannet stor betydning for vertikalblandingen i fjordbasseng. Stor blanding resulterer i økt innblanding av lettere vann og dermed økt tetthetsreduksjon. Den økte tetthetsreduksjonen fører igjen til hyppigere innstrømninger og dermed høyere oksygenverdier i fjordbassenget. I Fig.43 er tilstanden i bassengvannet, for den samme «modellfjorden» som foran, uttrykt ved tiden mel-

lom hver innstrømning (T_i) og laveste oksygenverdi (O_{2min}).

I motsetning til den totale vannutskiftningen over terskeldypet, er det store nord-sydforskjeller i oksyforholdene i bassengvannet. Dette har sin årsak i de avtagende tilførslene av vertikal blandingsenergi fra tidevannet sørover kysten. Redusert vertikalblanding fører til økte T_i -verdier og dermed avtagende O_{2min} verdier. I vår «modellfjord» er det stor sannsynlighet for oksygenfrie forhold i fjordbassenget sør for Bergen, mens det lengst nord i landet til sammenligning er over 80% oksygenmetning. Særlig langs Sørlandskysten kan en forvente dårlige oksygenforhold og i dette kystområdet vil derfor fjordbasseng være spesielt følsomme for økt miljøbelastning.

4.10 Bergen Ekko Integrator – et nytt forskningsverktøy

Ekkointegrering er navnet på en metode som behandler akustiske ekkosignaler og akkumulerer den totale refleksjonsstyrken fra alle organismer som befinner seg innenfor et definert geometrisk volum. Dersom organismenes art, type, størrelse og prosentvis fordeling (i en blandet forekomst) er kjent, så kan den biologiske mengden bestemmes. Tolkingsprosessen krever både biologisk innsikt og erfaring, fordi de akustiske dataene settes sammen med bl.a. fangst og hydrografiske data. Ekkointegrering er altså en helt nødvendig metode ved all akustisk tallrikhetsbestemmelse av organismer i havet.

For å gjøre denne prosessen håndterlig, ble et omfattende digitalt ekkointe-

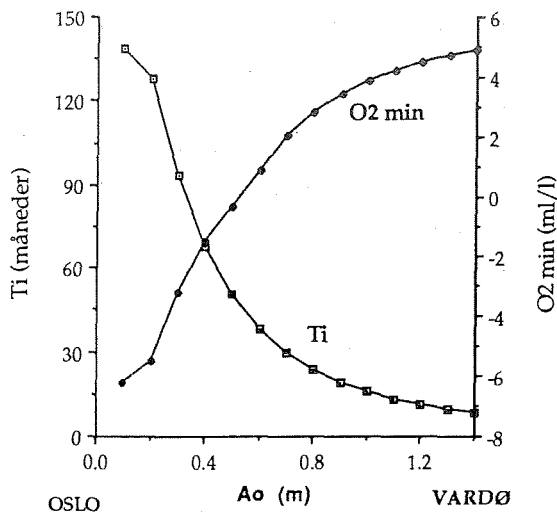


Fig. 43. Oksygenminimum (O_2 min) og tiden mellom hver utskifning av bassengvannet (T_i) for en «modellfjord» mellom Oslo og Vardø.

grator-system bygget ved instituttet for over 15 år siden. Dette var basert på kunnskap fra den første analoge integratoren. Selv om dette system var godt for sin tid, ble det fort foreldet av to grunner; alle behandlingsalgoritmer var programmert i et meget snevert maskinspråk, og systemet var avhengig av en bestemt maskintype som gikk ut av produksjon for omlag 10 år siden. Samtidig utviklet datateknologien seg enormt.

Da det ble klart at det gamle systemet måtte skiftes ut i løpet av få år, startet instituttet et prosjekt for å utvikle et nytt ekkointegrator-system. Dette prosjektet har vært kjørt fram hovedsakelig av Havforskningsinstituttet, men med tung programmeringsstøtte fra Chr. Michelsens Institutt. Samtlige deler av instituttet har vært med under system-spesifikasjon, særlig fiskeribiologer, instrument-personell, EDB-folk og akustikk-forskere.

Resultatet av arbeidet, som nå kalles for Bergen Ekko Integrator (BEI), er et system (programvare) som kan kjøres på en hvilken som helst datamaskin på minst arbeidsstasjonnivå, så lenge maskinen opererer med følgende internasjonale standarder: UNIX operativsystem, C-programmeringsspråk, X-WINDOWS vindusystem, SQL-type språk for database kommunikasjon og TCP/IP-type kommunikasjonsrutiner ellers. BEI får data fra ekkolodd (f. eks. EK500) og andre enheter (f.eks. CTD-sonde) over Ethernet (LAN).

Dette systemet er kraftig med hensyn til tallknusing, datapresentasjon og omforming, og flytting av data mellom system, database og filer. Flere prosesser kan kjøres samtidig. BEI kjøres vanligvis av en operatør som først velger tidligere innsamlete ekkodata ut fra et kart som viser skipets kursnett på en skjerm. Så presenteres selve dataene som et ekkogram. Deretter tolker operatøren disse dataene ved å knytte integrerte tall til de aktuelle artene. Data manipuleres på skjermen ved hjelp av en grafisk peker som flyttes rundt av operatøren.

Noen av systemets viktigste (synlige) egenskaper nevnes kort: (1) brukerdefinisjon av integreringsområde på ekkogram der identifiserte fisketyper kan avgrensnes via pekeren, (2) bruker (om) definisjon av den detekterte bunn, og (3) forskjellige fargeskalaer som kan velges dersom struktur, signalstyrke, eller begge deler samtidig skal framheves eller terskles bort fra ekkogram og integral.

Systemet er nå tatt i bruk på instituttets fartøyer, og har erstattet det gamle

systemet. En kommersiell leverandør markedsfører og selger dette systemet i utlandet for kr. 250 000.– pr. stk.

4.11 Måling av salt og temperatur i havet

Vannets saltholdighet er en såkalt «konservativ» størrelse. I et «lukket» vannvolum som ikke blander seg med annet vann kan ikke saltholdigheten forandre seg. Følgelig er det mulig å bruke saltholdigheten som en «merkelapp» som viser en gitt vannmasses opprinnelse. Vann som kommer inn fra Atlanterhavet er f. eks. mer salt enn vann fra Norges kystområder. Vann fra overflaten i en fjord er ferskere enn vann som kommer fra dypere lag. Jo mindre forskjellen i saltholdighet er, dessto vanskeligere er det å skille ulike vannmasser fra hverandre. I enkelte havområder kan det bare være noen tusendels promille i saltholdighetsforskjell mellom ulike vannmasser. Da blir identifikasjon det rene detektivarbeidet og det stilles meget store krav til både forsker og instrumentering.

De oppløste saltene i sjøvannet danner ioner. Disse ionene gjør at sjøvannet leder elektrisk strøm. Jo flere ioner pr liter vannet har, dess bedre blir vannets ledningsevne. Dette gjør det mulig å beregne vannets saltholdighet ved å måle dets ledningsevne.

Havvannets temperatur (T) er en annen sentral parameter. For en fysisk oseanograf er vannets temperatur spesielt interessant når den kan måles sammen med saltholdigheten punkt for

punkt nedover i dypet. Slike "fellesmålinger" letter identifiseringen av vannmassenes opprinnelse og gjør det i tillegg mulig å beregne vannets tetthet.

Det viktigste instrumentet som i dag brukes for å måle vannmassenes saltholdighet og temperatur er STD-instrumentet. STD står for salt, temperatur og dyp. Et STD-instrument er vanligvis konstruert som en vann -og trykktett sylinder med følere stikkende ut fra en ende og med de elektroniske komponentene godt beskyttet inne i sylindren. For å bestemme saltholdigheten må et STD-instrument først måle vannets ledningsevne, temperatur og trykk og deretter regne ut saltholdigheten via en formel.

Fig. 44 viser et amerikanskbygd STD-instrument som er mye brukt på Havforskningsinstituttets forskningskip. Under bruk fires dette instrumentet ned til ønsket dyp via en kabel som

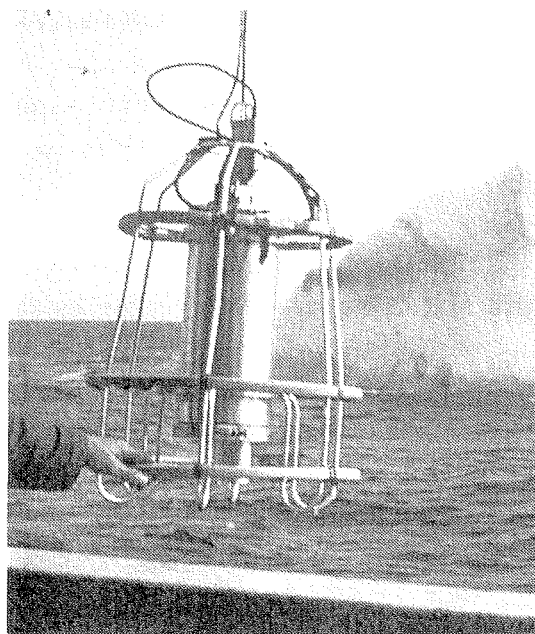


Fig. 44. Høypresisjons skipsmontert STD-instrument. (Foto: H. Loeng)

samtidig fører samhørende verdier av ledningsevne, trykk og temperatur tilbake til skipet. Resultatene lagres i skipets dataanlegg. Sammenhengen mellom saltholdighet, ledningsevne, temperatur og trykk er meget kompleks, og det var først etterat moderne mikroprosessorer ble tilgjengelige at ferdige resultater kunne fremstilles «på direkten»

Ombord på et forskningsskip som både har vinsj, spesialkabel og spesielt innredet plass for STD-sonden det enkelt å måle saltholdighet med et så stort instrument som det på Fig. 44. En stor del av Havforskningsinstituttets rutineobservasjoner fra Norskekysten må imidlertid utføres av lokale observatører fra små båter. Til dette formålet er det ved Havforskningsinstituttet utviklet et kompakt STD instrument som lett kan betjenes av enkeltpersoner i en liten båt uten spesielle tekniske hjelpemidler.

Fig. 45 viser foto av det nye instrumentet. Det er 45 cm langt, 60 mm tykt og veier ca 2 kg. Førruten batterier og følere for ledningsevne, temperatur og trykk inneholder det en mikroprosessor og hukommelse for ca 12.000 STD datasett. Mikroprosessoren gjør instrumentet «intelligent» Det betyr f. eks. at instrumentet selv beregner saltholdigheten ut fra målte rådata og selv kan kontrollere sin egen kalibrering. Dessuten er det konstruert slik at det uten videre kan kommunisere med andre datamaskiner enten direkte eller pr. telefon via modem.

Fra Havforskningsinstituttets side skal denne muligheten for fjernavlesning utnyttas til avlesning av data fra

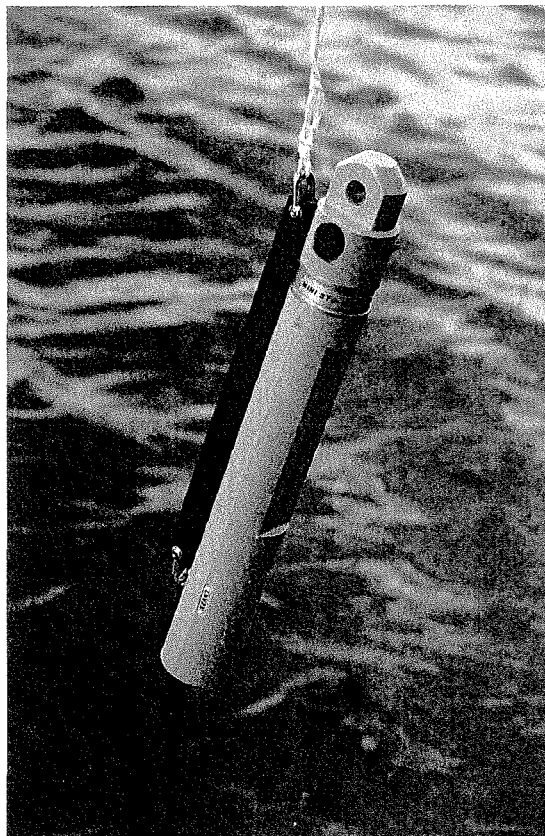


Fig. 45. Bærbart «MINI»-STD spesielt utviklet for Havforskningsinstituttets faste målestasjoner.

faste stasjoner utført av lokale observatører langs kysten. Etter at en observatør har utført en måling, bringer han instrumentet med seg hjem. Vel hjemme kopler han det til sin telefon via et modem. På Havforskningsinstituttet vil deretter en datamaskin til avtalte tider ringe til observatørens modem og fjernavlese instrumentene. På denne måten kan data om forholdene i havet om nødvendig bringes til Havforskningsinstituttet og prosesseres omtrent samtidig som de måles. Denne automatiserte datautlesningsteknikken skal også benyttes til å levere data til et nytt nasjonalt Havovervåknings- og Varslingssystem (HOV) som etter statutte-

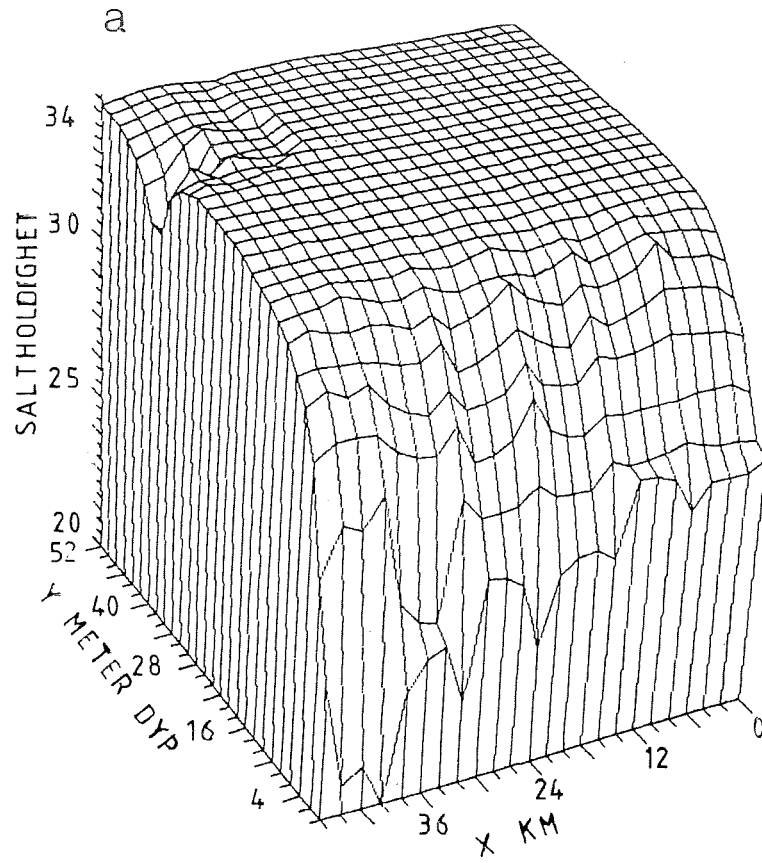
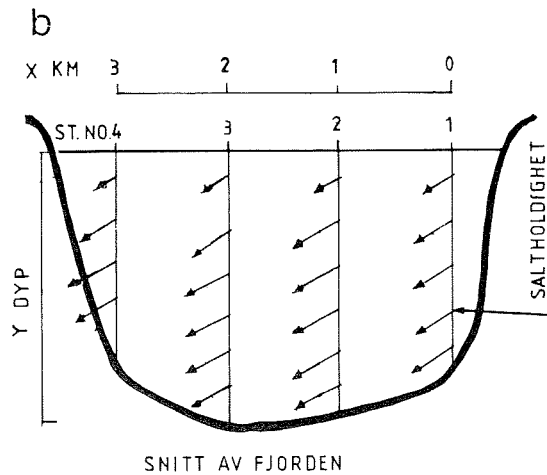


Fig. 46. «Tredimensjonalt» kart av saltholdigheten i en vestnorsk fjord (a). X-Y-planet representerer et vertikalt snitt tvers gjennom fjorden (b).

ne skal ivareta sikkerhet for liv, miljø og verdier på hav og kyst.

Fig. 46 viser et eksempel på prosessert informasjon fra en «MINI» STD måler.



5. NOEN VIKTIGE PROBLEM-STILLINGER I 1990

Klimaendring og fisk – hva kan skje?

av Victor Øiestad og Johan Blindheim

Det økende innhold av klimagasser i atmosfæren, først og fremst CO₂, har skapt bekymring for en mulig global oppvarming. Temperaturendringene i havet vil trolig bli noe mindre enn de en forventer for lufttemperaturen hvor prognosene gir særlig markerte utslag for nordområdene. Det er flere grunner til dette forholdet: Et så stort system som oseanene med sin høye varmekapasitet har stor treghet. Varmetilførselen via Golfstrømmen, kommer fra et geografisk område der en ikke forventer tilsvarende store endringer i lufttemperaturen som ved høyere breddegrader.

I et scenario med høyt anslag for temperaturøkning, har en for våre havområder lagt inn en økning i årsmiddel på 2°C, mens en i et lavt anslag har lagt inn en økning på 1°C. Endringene i de øvre vannlagene vil trolig komme i takt med endringene i lufttemperaturen, men effektene på større dyp vil trolig henge noe etter i tid. Kystnære områder som er dominert av vann fra fjordene og av Kyststrømmen, vil kunne få noe større økninger enn de gitte

verdier da disse vannmassene vil være sterkere influert av endringene i lufttemperaturen.

Både luft- og sjøtemperaturen har endret seg i dette århundret fra relativt lave verdier før og rundt 1920, økende til 0.5–1.0°C høyere temperaturer rundt 1950 i våre områder (Fig. 47, 48). Denne sammenhengende perioden med temperaturoppgang satte spor etter seg i naturen. Studier av de biologiske endringene i perioden 1920–1950 gir oss derfor et godt grunnlag for å gi prognoser om konsekvensene av eventuell senere heving av temperaturen i våre havområder. Både planter og dyr i havet fikk da en mer nordlig utbredelse.

Den mest markante endringen i havet var trolig framveksten av en betydelig torskebestand ved Vest-Grønland. Denne bestanden ga grunnlag for et fiske som kulminerte i 1962 med en fangst på over 400.000 tonn. Mange fiskebestander økte i mengde også innenfor sine tradisjonelle utbredelsesområder. Norsk-arktisk torsk tok seg kraftig opp fra rundt 1920 og ga grunnlag for et sterkt økende fiske, delvis på fiskefelt der Atlantisk vann hadde fortrengt Arktisk vann og dermed åpnet opp for økt utbredelse av torsk og også av hyse. I løpet av 1930-årene trengte disse to artene sammen med sild og sei

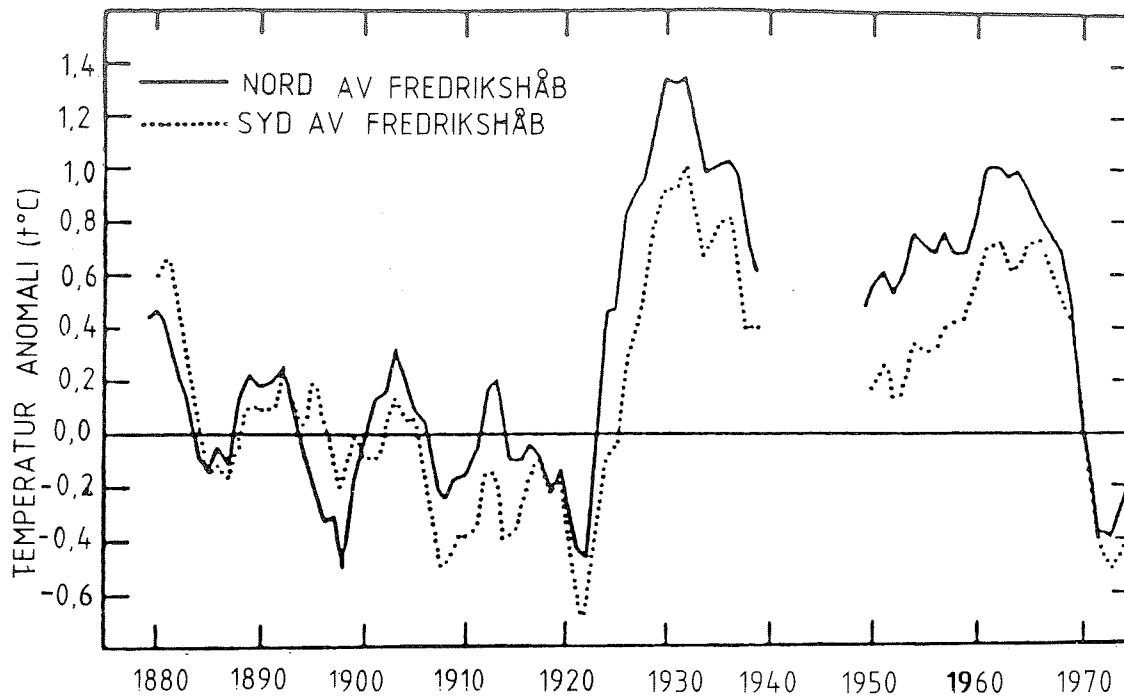


Fig. 47. Avvik fra normalen i overflatetemperatur i perioden 1876–1974 på Vest-Grønland midlet for 5-årsperioder. En legger merke til omleggingene, den ene rundt 1920 og den neste tidlig i 60-årene (BUCH AND HANSEN 1988).

østover i Barentshavet og for noen av artene endog forbi Novaja Zemlja inn i Karahavet.

Også rundt Island tok torskefisket seg opp, men endringer i gytemønster hos torsken skapte her rekrutteringsproblemer i en lengre periode rundt 1940. Lodda ved Island ble svekket av oppsvinget i temperaturen og gytefeltene ble begrenset til mindre områder på nordkysten. Lokale sildestammer tok seg derimot opp og ga et bedret fiske i 50-årene. Området nøt også godt av den kraftige veksten i bestanden av norsk vårgytende sild som i løpet av perioden begynte å oppsøke de meget produktive områdene nordøst av Island der kaldt arktisk vann støter sammen med Atlantisk vann over en bred front. Nøyaktig når denne beitevandringen

ble innledet vet en ikke, men trolig skjedde det rundt 1920.

Generelt bedre betingelser for primær- og sekundærproduksjonen i frontområdet kom trolig som et resultat av det endrete klimaet. Disse forholdene brøt brått sammen i midten av 60-årene da kaldt Arktisk vann oversvømmet hele området slik at det endret karakter og silde måtte oppgi dette beiteområdet. I tid faller dette sammen med et nærmest ukontrollert fiske på alle stadier av umoden sild langs norskekysten. I sum ga disse forholdene et sammenbrudd i en av de største fiskebestandene i verdenshavene.

Den vedvarende temperaturstigningen fra rundt 1920 til 1950 var koblet til en generell temperaturstigning i Den nordlige atlantehavsstrømmen. I til-

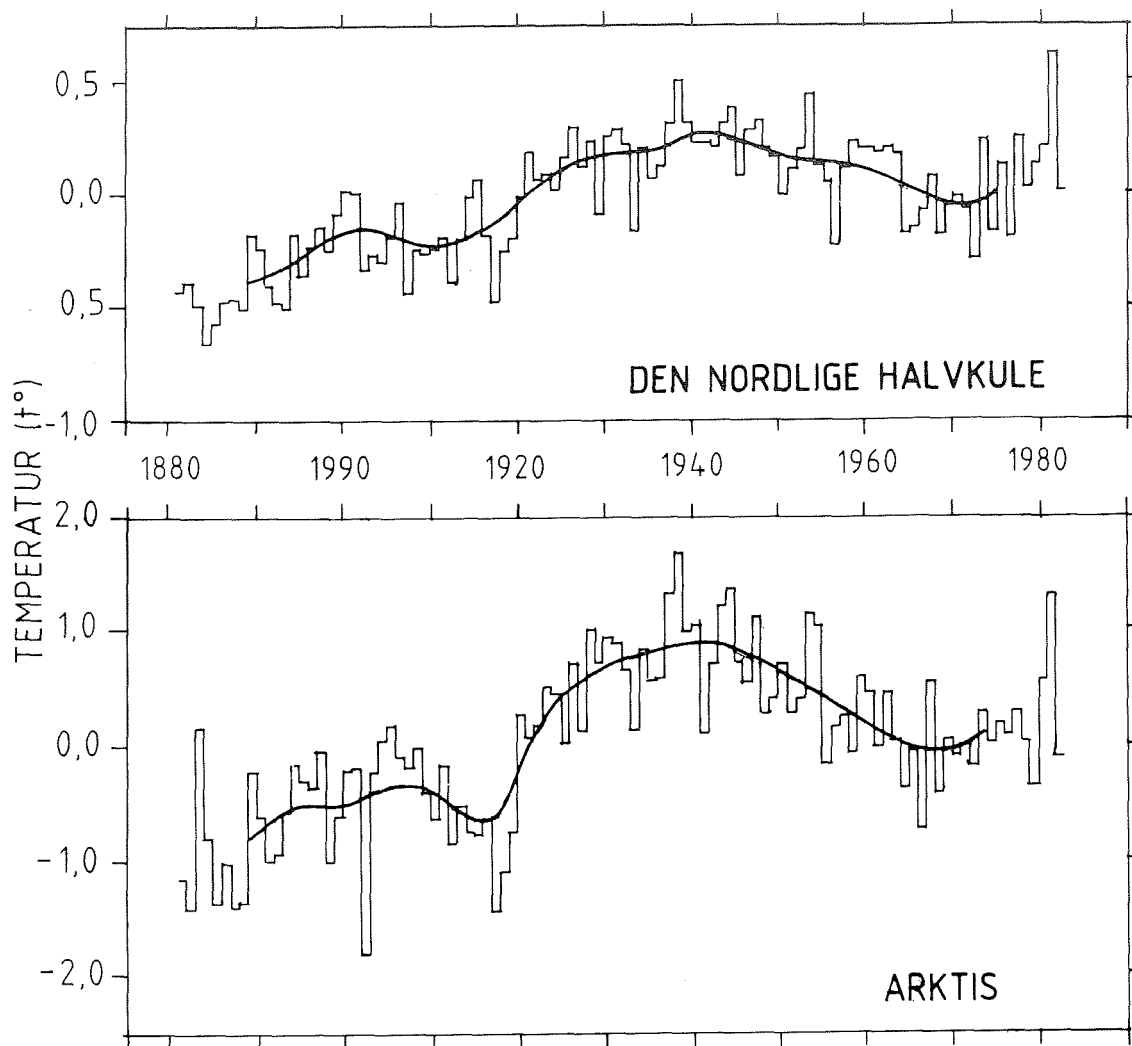


Fig. 48. Avvik i lufttemperaturens årsmiddel for den nordlige halvkule (0° – 85°) og den arktiske region (65° – 85°). Avviket er gitt i forhold til perioden 1961–1975 (KELLY 1984).

legg avtok den lokale avkjølingen på grunn av forholdene i atmosfæren. Som en konsekvens av dette førte Irmingerstrømmen som forgrener seg til Vest-Grønland, langt varmere vann til Davisstredet og Baffinbukta. En rekke fiskebestander langs kysten av Vest-Grønland endret sine utbredelsesområder: loddebestandene søkte seg nordover og forlot sørlige gytefelt; blåkveite forsvant fra de tradisjonelle fiskefeltene; sild, sei og laks søkte nordover og

utvidet sine utbredelsesområder. Uerlarver ble funnet i Davisstredet for første gang. Men viktigst var oppgangen i bestandene av torsk og kveite, to bestander som etter hvert ble aktivt utnyttet av den norske fiskeflåten.

De lange tidsseriene for biologisk materiale fra alle disse områdene er blitt sammenholdt med samtidige data for temperatur. Det trer da klart fram et bilde som viser at torsk bare har sterke årsklasser i år med temperatur over

middels. Dette synes å være en nødvendig, men ikke tilstrekkelig forutsetning. Andre forhold knyttet til ernæring for larvene og nedbeiting fra andre organismer kommer inn i tillegg. Det viser seg også at i år med sterke årsklasser av torsk, får en også ofte sterke årsklasser av hyse og sild. Disse forholdene gjør at en kan forvente stabilt sterke bestander av flere arter i våre nordområder ved moderat høyere sjøtemperaturer. I tillegg til bedret rekruttering vil det varmere vannet kunne åpne opp nye beiteområder for de samme artene i Barentshavet. I dagens situasjon er om lag 20 % av Barentshavet et naturlig tilholdssted for torsk; dette kan øke til 30 % ved 1°C økning og til 40 % ved 2°C økning. En rekke andre arter vil ha tilsvarende fordel av temperaturøkningen.

Forholdet mellom norsk vårgytende sild og lodde er av særlig stor betydning. Det er grunn til å tro at år med sterk rekruttering til sildebstanden, gir svekket rekruttering til loddebestanden. Koblingen synes å være den at ungsild står øst i Barentshavet og beiter på larver og yngel som driver østover fra gytefeltene på Finnmarkskysten. Relativt svake årsklasser av sild etter 1983 har ført til at loddebestanden er i vekst etter knekken den fikk fra ungsild i 1984 og 1985 da to årsklasser av lodde nærmest forsvant. Den svake årsklassen av lodde fra 1986 fikk være i fred for silda. Det er denne årsklassen som har bidratt på en særlig måte til ny vekst i loddebestanden ved å gi sterke yngelårsklasser de siste årene.

En betydelig vekst i fiskebiomassen vil lettere kunne skje om norsk vårg-

yttende sild igjen opptar sin beitevandring til området nordøst av Island. Her var det i sin tid 10 mill. tonn sild. I tillegg kom 10 mill. tonn fisk av forskjellige arter i selve Barentshavet der torsk utgjorde mer enn 50 %. Med en slik gjenoppbygget fiskebiomasse vil en igjen kunne høste 3 mill. tonn fisk fra nordområdene. I et varmere hav ligger det an til at en vil kunne få til en slik oppbygging. Et usikkerhetsmoment vil en ha i bestandene av sjøpattedyr.

Norge har også et betydelig fiske sør for 62°N. Også i dette området har det vært betydelige omlegginger i fiskebestandene som delvis kan forklares ut fra klimaeffekter. Nordsjøen var mindre berørt av temperaturoppgangen fra 1920 enn nordområdene. Samtidig var området hardere beskattet og selve økosystemet er mer komplisert fordi langt flere bestander samspiller. Dette til tross skjedde det en markert endring fra rundt 1965. En rekke torskefiskbestander kom i rask vekst og utbyttet ble tredoblet samtidig med at bestandene holdt seg høye. Bildet endret seg gradvis fra rundt 1980 med en svekket rekruttering til torskefiskbestandene.

Parallelt til denne utviklingen ble makrellbestanden i Nordsjøen fisket nesten helt ned i slutten av 60-årene, mens fisket på den hardt beskattede Nordsjøsilda måtte stoppes i 1977 da det i flere år på rad knapt var blitt rekruttert ny sild til bestandene. Den dårlige yngelproduksjonen vedvarte like til rundt 1980 da silda brått begynte å få sterke årsklasser igjen. Rekrutteringen til bestandene tok seg opp og ga mulighet for åpning av fisket. Noe tilsvarende har ikke skjedd med Nordsjømak-

rellen og fisket på denne arten er derfor fortsatt basert på den vestlige makrellbestanden som gyter vest av Irland.

Oppsvinget hos torskefiskene i Nordsjøen kom i en periode med temperaturnedgang mens sammenbruddet i sildeb Bestandene kom i en periode da sirkulasjonsmønsteret i Nordsjøen endret karakter. Da dette igjen vendte tilbake til det normale, fikk en sterke årsklasser av sild. Dette er forhold en må ta med i vurderingen samtidig med at en har et øye på de mulige effektene av den harde beskatningen. Selv om en således ikke har en sikker innsikt i årsaksvirkningsforholdene, kan det se ut som fall i temperaturen i Nordsjøen favoriserer de fleste torskefiskene, men svekker makrell og brisling. Effekten behøver ikke være en ren temperatur-effekt, men den kan være koblet opp mot endringer i sirkulasjonsmønsteret i Nordsjøbassenget.

Likeledes vil oppgang i temperaturen kunne svekke torskefiskene og silda og blir oppgangen betydelig nok, kan en forvente at disse artene trekker nordover og helt eller delvis ut av Nordsjøbassenget. Pelagiske fisk som sild, brisling, makrell, hestemakrell og sardin vil da kunne ta seg opp og en vil få en situasjon der én eller flere av disse artene dominerer i økosystemet og trolig også i fisket. Fortsatt vil en kunne ta ut om lag 3 mill. tonn fisk, men verdien av fisket vil svekkes fordi andelen av konsumfisk vil falle. For Norge vil dette spille liten rolle da det norske konsumfisket i Nordsjøen er av liten betydning. En kan på sikt tenke seg ta det norske konsumfisket vil kunne øke fordi torskefisk kan velge norske farvann

med relativt lav temperatur som rettetområde.

Havets rolle i en eventuell global oppvarming er i dagens klimamodeller ett av de store usikkerhetsmomentene og denne situasjonen vil trolig vedvare hele dette tiåret. Den økte innsatsen innen klimaforskning har avdekket mekanismer som har vært lite påaktet, men som trolig er av global betydning for klima. Vi tenker da på fenomener som Quasi-Biennial-Oscillation (QBO), på El Niño Southern Oscillation (ENSO) og mulige effekter av variasjoner i solaktivitet koblet opp mot QBO. For nordområdene er det vist at innsikt i disse fenomenene gjør det mulig å gi prognoser for utbredelse av drivis.

Et endret klima vil gi endringer i atmosfærisk sirkulasjon og dette igjen vil i noen grad påvirke sirkulasjonssystemene i havet. Disse koblingene med alle sine tilbakevirkningsmekanismer, gjør det vanskelig å forutsi hvilket mønster en vil få. Dette representerer også et usikkerhetsmoment i prognosene for fiskebestandene da deres livssyklus er nøye knyttet sammen med sirkulasjonsmønsteret. Det kan være nok å minne om skreiens vandring til Lofoten og tilbakedriften av egg, larver og yngel til oppvekstområdet i Barentshavet. Imidlertid er havstrømmene i hovedsak bestemt av krefter som ikke er knyttet opp mot klima såsom jordens rotasjon, kontinentenes plassering og ekvatorialvinden. Den vil blåse uavhengig av klimaendringer.

Det er i den siste tid lansert en hypotese der økt avsmelting og økt nedbør i nordområdene i sum vil kunne føre

til betydelig redusert saltholdighet i de øvre vannlag over store havområder. Dypvannsdannelsen skjer idag i de områdene som vil kunne bli berørt, Grønlandshavet og deler av Norskehavet. Dypvannsdannelsen er en av de viktigste prosessene i havet fordi den bringer enorme mengder med overflatevann med høyt innhold av oksygen og klimagasser ned i dyphavene og dermed bidrar til ventilering av verdenshavene. Dette dypvannet strømmer deretter sør om Afrika inn i det mindre salte Stillehavet for deretter å vende tilbake omtrent samme veien, men nå mer som en oppvarmet overflatestrøm. På returen bringer denne havstrømmen med seg de varmemengdene som gjør vår region beboelig. Denne varmemengden avgis til atmosfæren før vannet synker i dypet.

Et brakkvannsløkk i de aktuelle områdene vil kunne blokkere denne prosessen slik som tilfellet var under istidene da disse havområdene var islagte. Vi kan da muligens få det paradoks at en global oppvarming medfører vesentlig kaldere klima hos oss.

Havbruksnæringen vil i hovedsak trekke fordeler av økte sjøtemperaturer. Der vil situasjonen for næringen være stort sett slik den er idag og slik den vil bli når en i tillegg til laksefisk også får inn marine arter og havbeite. Noen problemer vil kunne øke slik som sykdom og utbrudd av giftige alger. Høy temperatur i seg selv er ikke til hinder for en oppdrettsnæring ettersom hovedtyngden av verdens oppdrett skjer i subtropiske og tropiske strøk der det er langt varmere. En må derfor forvente at disse utfordringer vil kunne

møtes med relevante tiltak. I økende grad vil havbruk være en kunnskaps- og høyteknologiindustri der de generelle rammebetingelser vil avgjøre hvem som blir aktører langt mer enn mulige endringer i klima.

Radioaktivitet. Er dette en trussel for fiskeriene i nordområdene?

av *Lars Føyen*

Radioaktiv forurensning i det marine miljø er til tider gjenstand for stor oppmerksomhet i media. Hendelser som ulykken ved kjernekraftverket i Tsjernobyl, prøvesprengninger på Novaja Semlja, forlis av atomubåter og de nå nylig annonserte mistanker om dumping av radioaktivt avfall i Barentshavet, er med på å skape usikkerhet og frykt for at livet i havet, og kanskje spesielt for at våre viktige fiskeressurser, skal bli skadet.

Radioaktiviteten er ikke synlig, den smaker og lukter ikke, men den påvirker. Slike forhold er med på å underbygge usikkerheten og en frykt for noe ukjent. Det er så altfor lett i underbevisstheten å sette likhetstegn mellom radioaktivitet og atombomben. Det kan derfor være ønskelig å presentere noen viktige forhold om radioaktivitet.

Kjernevåpensprengninger.

Atomkrigens trusler og kjernevåpnenes enorme ødeleggelsespotential ble demonstrert ved atombombesprengningene i Japan i august 1945. I tillegg til

de øyeblikkelige virkningene kom langtidsvirkningene som følge av den radioaktive strålingen. Rustningskappløpet i femti- og sekstiårene førte til at også atomvåpnene eller kjernevåpnene ble videreutviklet og et mangfold av prøvesprengninger ble gjennomført over bakken. Langtidsvirkningene av disse prøvesprengningene lever vi med fortsatt, selv om det i 1962 ble inngått en internasjonal prøvestansavtale som ihvertfall satte en stopper for de aller fleste slike sprengninger. Fortsatt foretas det prøvesprengninger, men nå gjøres dette under jorden slik at det teoretisk ikke skal tilføres radioaktivt materiale til omgivelsene. Siste høsts underjordiske kjernesprengning på Novaja Semlja er et eksempel på slike. Sammenlignet med de sprengningene som ble gjennomført før 1962 er dagens sprengninger beskjedne i styrke.

Kjernesprengningene i atmosfæren i 50- og tidlig i 60-årene skapte en betydelig internasjonal forskningsaktivitet omkring radioøkologi og radioaktiv forurensning. Havforskningsinstituttet var også engasjert i denne forskningen, og hadde radiologiske kontrollmålinger gjennom en 10-års periode (1958 – 1968) av fiskeressursene i våre fangstområder med spesiell fokus på det særlig eksponerte Barentshavet. Kontrollmålingene ble avsluttet i 1968 etter at målingene viste at radioaktiviteten i de respektive arter var kommet ned på det naturlige bakgrunnsnivå.

Kjernekraft.

Bruken av kjernekraft til fredelige formål, til produksjon av elektrisk kraft, er langt utviklet og kjernekraften står

i enkelte land for en vesentlig del av den elektriske kraftproduksjonen. Alternativene til kjernekraften er foreløpig stort sett bare vannkraft og kraftverk fyrt med fossilt brensel som kull, olje eller gass.

Teoretisk sett er kjernekraften pr. idag den mest miljøvennlige kraftproduksjonsform når vi ser bort fra elektrisetsproduksjon ved hjelp av vannkraft. Vannkraften begrenses imidlertid av det antall vassdrag som er tilgjengelig for regulering. Selvom det statistisk skjer minimalt med uhell med utslipp av radioaktivitet fra kjernekraftverkene, viser det dramatiske uhellet i Tsjernobyl at hverken teori eller statistikk alltid stemmer.

I tillegg til uhellene, om enn få, skaper også bruken av kjernekraft et avfallsproblem. Selv om dette også lar seg løse, stilles det mange spørsmål om hvordan og til hvilken pris. Norge har inntatt det prinsipielle standpunkt at havet ikke skal tjene som avfallsplass for radioaktivt materiale. Engasjementet hos publikum er stort i disse spørsmål, noe som klart er blitt demonstrert i forbindelse med de foreslåtte planene for bygging av et gjenvinningsanlegg for kjernekraftbrensel i Dounreay i Skottland. Planene har skapt frykt på vår side av Nordsjøen, spesielt i fiskerikommunene på Vestlandet, for mulige skadevirkninger for fiskerinæringen.

Radioaktivitet.

De fleste grunnstoffers atomkjerner er stabile, men noen er ustabile og spaltes/nedbrytes, eller desintegreres, un-

der frigiving av energi. Disse grunnstoffene betegnes som radioaktive, etter det latinske ordet for stråle ; *radius*. Spaltningen leder til dannelse av nye grunnstoffer og til utsending av stråling som etter typen betegnes som alfa-, beta- og gammastråling.

Det kjemiske grunnstoffet radium, Ra, ble oppdaget i 1898 av ekteparet Curie, og har fått sitt navn fra latin (*radius*) fordi det sendte ut stråling. Med utgangspunkt i radium ble målenheten curie (Ci) introdusert. Opprinnelig betegnet målenheten curie det antall kjernespaltninger (desintegrasjoner) som en bestemt mengde radium gjennomgår pr. tidsenhet, ca. 37 milliarder atomkjerner desintegrerer pr. sekund i et gram radium. Målenheten curie (Ci) ble så definert til å betegne aktiviteten til et emne hvor antall desintegrasjoner er 37 milliarder pr. sekund. I dag benyttes vesentlig enheten Becquerel, etter franskmannen Henri Becquerel som oppdaget strålingen fra uran i 1896. En Becquerel (Bq) er definert som en desintegrasjon pr. sekund. For noen år siden ville derfor den strålingen som i dag omtales i media som tusener av becquerel blitt betegnet som en stråling i størrelsen mikro-curie, og i vanlige folks oppfatning være lite, mot de tilsvarende tusener av «becquereller».

Radioaktive emners egenskap til å sende ut ioniserende stråling ble tidlig tatt i bruk, og er fortsatt i bruk, innen legevitenenskapen bl.a. til behandling av visse kreftformer. Også på andre områder benyttes denne egenskapen, fra sterilisering av matvarer til herding av visse typer plastprodukter.

Kjemiske egenskaper.

Et grunnstoffs kjemiske egenskaper er bestemt av antall protoner i kjernen og derved gitt en plass i det periodiske system som er bygget for å systematisere de enkelte grunnstoffenes kjemiske egenskaper. Atomkjernen er bygget opp av protoner og nøytroner og summen av antall protoner og nøytroner kalles massetallet. De enkelte grunnstoffene kan ha forskjellig antall nøytroner og de betegnes da som isotoper av det bestemte grunnstoffet. «Isotop» kommer av gresk, hvor *isotopos* = samme plass. Dersom det er et urimelig forhold mellom protoner og nøytroner i et grunnstoffs kjerne blir isotopen ustabil og kjernen omdannes for å oppnå likevekt mellom protoner og nøytroner. I denne prosessen dannes det nye grunnstoffer og prosessen medfører stråling. De ustabile isotopene kalles derfor radioaktive isotoper.

Det er imidlertid spesielt viktig for forståelsen av de radioaktive isotopers oppførsel i miljøet å huske på at alle isotopene av et grunnstoff, enten de er radioaktive eller ikke, oppfører seg kjemisk sett likt. Dette betyr at opptaket av en bestemt radioaktiv isotop i en organisme ikke skjer uavhengig av opptaket av den ikke-radioaktive isotopen av samme grunnstoff. Det er de kjemiske egenskapene som bestemmer et eventuelt opptak. Et opptak i en organisme av en radioaktiv isotop vil derfor være bestemt av tilgjengeligheten og hvor mye organismen kan ta opp av det aktuelle grunnstoffet. Derfor vil det samme mengdeforholdet som eksisterer mellom radioaktive og ikke-radioaktive isotoper av det aktuelle

grunnstoffet i miljøet også finnes igjen i den påvirkete organismen. For forståelsen av betydningen av opptak og fordeling av radioaktive elementer i det marine miljø, er dette en særlig viktig egenskap.

Havvann inneholder rundt 35 gram salt pr. liter. Det meste av saltet er vanlig kokesalt, natriumklorid, som består av grunnstoffene natrium og klor. Alle andre grunnstoff finnes også i sjøvannet, i forskjellige mengder. Noen av disse spiller viktige roller i det marine økosystem. Grunnstoffet silisium f.eks., finnes i mengder på mikrogram pr liter og er helt vesentlig for oppbygging av kiselalger. Mens andre, som f.eks. grunnstoffet magnesium forekommer i så store mengder at det er økonomisk mulig å utvinne metallet magnesium fra sjøvann. Dette betyr at en tilførsel til havet av en radioaktiv isotop, vil være gjenstand for

- a) en fysisk fortykning som de stor vannmassene muliggjør, og
- b) en kjemisk fortykning, som skyldes tilstedeværelsen av ikke radioaktive isotoper av samme grunnstoff.

I dette forholdet skiller det marine miljø seg fra ferskvann, hvor den kjemisk fortykning er langt mindre og hvor muligheten for biologisk opptak av tilførte radioaktive stoffer derfor er betydelig større.

Halveringstid.

Som følge av de ustabile egenskapene har hver radioaktiv isotop sin karakteristiske halveringstid. Dette er tiden det tar før halvparten av de opprinne-

lige atomkjernene er spaltet. Halveringstiden er f.eks. tatt i bruk til aldersbestemmelse av gammelt trevirke. Her nyttes mengden av det radioaktive karbon-14 som dateringsgrunnlag. Når karbon-14 kan nyttes skyldes dette at det i levende materiale foreligger et bestemt forhold mellom den radioaktive C-14 og den stabile ikke radioaktive C-12. Ved å måle innholdet av C-14 og å beregne forholdet mellom C-12 og C-14 i f.eks. et trestykke fra et arkeologisk funn, kan det med utgangspunkt i halveringstiden til C-14 tidfestes når treet ble felt. Karbon-14 har en halveringstid på 5730 år.

Den økende bruken av fossilt brensel har medført økt tilførsel av karbondioksyd til atmosfæren. Fordi dette brensel er så gammelt er også C-14 mengden forsvunnet med den følge at C-14 mengden i atmosfæren er blitt redusert. Imidlertid har de tidligere omtalte atomvåpensprengningene i atmosfæren medført en økning av innholdet av C-14. I begynnelsen av 70-årene var mengden C-14 i luften 50% høyere enn normalt. Med andre ord, den industrialiserte tids innvirkning på naturen vil også vanskeliggjøre kommende slekters muligheter til å bruke C-14 datering til å tidfeste vår tidsepoke.

Verdenshavens evne til å ta opp karbondioksyd har vist seg å kunne redusere den økte mengden C-14 i atmosfæren slik at det igjen oppstår en normal likevekt mellom C-12 og C-14. Tilbakeholdelse av C-14 i havet gjennom sedimentasjon av organisk materiale vil også kunne nyttes i forsøkene på å kvantifisere verdenshavens be-

tydning for karbon-dioksydbalansen på jorden.

Når det gjelder halveringstider og påvirkninger i organismen er det snakk om både fysisk halveringstid og biologisk halveringstid, tilsammen utgjør dette den effektive halveringstid. Fysisk halveringstid (TF) er som nevnt definert til: den tid det tar inntil halve mengden av radioaktivt stoff er nedbrutt eller har desintegert. Biologisk halveringstid (TB) er definert som den tid det tar inntil halve mengden av et stoff er forsvunnet ut av organismen. Den effektive halveringstiden (TE) defineres som tiden det tar inntil halve mengden av radioaktivitet er forsvunnet ut av organismen,

$$TE = (TF \cdot TB) / (TF + TB).$$

I forbindelse med utslipp av radioaktive isotoper til miljøet er det naturlig nok de med lang effektiv halveringstid som skaper størst bekymring.

Biologiske effekter av radioaktiv stråling.

De første som arbeidet med radioaktive stoffer oppdaget relativt fort at strålingen kan medføre hudskader. Det samme er tilfellet med røntgenstråler, som i likhet med gammastrålene er elektromagnetiske bølger.

Strålingens evne til å skade levende celler ble ganske snart tatt i bruk i medisinen, til behandling av ondartede svulster. Helsepersonalets mangel på kunnskap om strålingens farepotensial førte, i de første årene, til at disse utsatte seg selv for betydelige stråledoser over lengre tid. Dette førte til, at det i tillegg til ofte betydelige sårskader,

også oppstod kreft i det stråleskadete vevet. Denne effekten viste seg imidlertid ikke før mange år etter at bestrålingen var opphørt.

Det ble helt åpenbart nødvendig å gjennomføre tiltak som kunne beskytte helsepersonalet mot unødvendig stråling. I 1928 ble den organisasjonen som nå heter International Commission on Radiological Protection (ICRP) dannet. ICRP er en ikke-statlig komité bestående av høyt kvalifiserte forskere fra de aktuelle fagområder. ICRPs hovedoppgave fra starten var å gi anbefalinger om strålevern ved bruk av stråling innen medisin. I dag utarbeider ICRP også anbefalinger om generelt strålevern. Disse legges til grunn for nasjonale og internasjonale lover og avtaler om strålevern. Helsedirektoratets grenser for radioaktivitet i matvarer er basert på anbefalingene fra ICRP.

Det meste av forskningen om skadevirkninger av stråling er naturlig nok myntet på virkninger på mennesker. Andre levende organismer er ikke vesentlig mer følsomme for stråling enn mennesket. Dette betyr at vi ved å legge til grunn grenseverdien for beskyttelse av mennesker også vil beskytte andre levende organismer.

I tillegg til de virkningene som store stråledoser medfører i form av synlige sårdannelse, kan selv meget små doser over lengre tid medføre genetiske skader. Eksperimentelt er det vist at stråling kan føre til forandringer i arvestoffet, mutasjoner. I naturen skjer det, og har alltid skjedd, stadige mutasjoner som følge av den bakgrunnsstråling alle organismer utsettes for. Artenes utvikling på jorden er knyttet til slike for-

andring som skjer over meget lang tid. Forandringer i arvestoffet kan like gjerne medføre egenskaper av negativ karakter. Mulige forandringer i arvestoffet, som følge av radioaktiv forurensning, er imidlertid langt vanskeligere å stadfeste enn eksperimentelt frambrakte forandringer. Undersøkelser av denne typen krever et stort statistisk materiale for å kunne skille mulige antropogene fra «naturlig» forekommende negative forandringer. ICRP legger nettopp til grunn slike vurderinger i sine anbefalinger om akseptable doser både for det enkelte menneske og for kollektivdoser til befolkningen.

Stråling kan virke på organismen både i form av ekstern, utvortes stråling, og intern ved at radioaktive isotoper opptas i organismen og fordeler seg i de forskjellige kroppsdel/organer i henhold til sine kjemiske egenskaper. Det er viktig i denne forbindelse å minne om at vi alle utsettes for daglige stråledoser særlig fra naturlig forekommende radioaktivt materiale, men også andre kilder som kosmisk stråling kan være av betydning. Denne naturlige bakgrunnstrålingen kan i enkelte områder være betydelig. Som eksempel kan nevnes, de i media mye omtalte, høye registrerte radon verdiene i enkelte områder av Norge. Mange av de såkalte helsebringende kildene, som kurbadende i Mellom-Europa, finnes nettopp i områder med høy naturlig radioaktivitet, og besøkes årlig av mange mennesker. I enkelte land i verden går det også fortsatt an å få kjøpt vann som er garantert å inneholde et visst minimum av radioaktivitet, vannet selges

som helsebringende. Før siste verdenskrig ble slikt radioaktivt vann også solgt i Norge.

I forbindelse med stråling er det innført målebegreper eller rettere mål for stråledosene. Ved at ioniserende stråling trenger gjennom et stoff absorberes stråleenergi i stoffet. Gjennomtrengningsevnen og virkningen er forskjellig for alfa- og betapartikler som trenger inn i stoffet og ioniserer atomene direkte og stoppes, og for gammastråling. Gammastråling som trenger inn i et stoff gir indirekte ionisasjon, strålingen slår først løs elektroner fra atomene i det bestrålte stoffet og elektronene ioniserer nye atomer, slik trenger gammastrålene videre inntil bevegelsesenergien er brukt opp. Derfor har også gammastrålene en langt større gjennomtrengningsevne enn alfapartiklene og betapartiklene. Den absorberte stråledosen er definert som energiopptak pr. kilo bestrålt materiale.

Enheden for stråledose eller absorbert dose er Gray (Gy), $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$ (tidligere var enheten *rad* i bruk, $1 \text{ rad} = 0,01 \text{ joule (J) pr.kg bestrålt materiale}$). Nå er det slik at samme stråledose målt i Gray kan ha forskjellig biologisk virkning avhengig av hvor strålingen skjer (kritisk organ) og om strålingen skyldes alfa-, beta- eller gammastråling. For å få et uttrykk som er sammenlignbart må stråledosen, angitt i Gy, ganges med en kvalitetsfaktor, Q. Kvalitetsfaktoren er ikke en entydig størrelse. I tillegg til strålingens art varierer den også med vevstypen som blir utsatt for strålingen. Dette kalles dose-ekvivalent som er gitt benevnelsen Sievert (Sv), $1 \text{ Sv} = 1 \text{ Gy} \cdot Q$. Den

gamle enheten var *rem*, og $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$. Den svenske strålevernspioneren Rolf Sievert (1896–1966) har gitt navn til benevnelsen Sievert.

Som eksempel er den gjennomsnittlige stråledose fra naturlig bakgrunnsstråling i Norge beregnet å være 5 mSv (milliSievert) pr. person og år. Av dette kommer 4 mSv fra radon. Til sammenligning er den anslåtte førsteårs-dose fra Tsjernobyl-nedfallet 0,2 mSv.

For å kunne vurdere eventuelle skader må dosebegrepet nyttes. Imidlertid er det becquerel (antall desintegrasjoner pr. tidsenhet) vi måler. Verdiene for hvor mye en matvare kan inneholde er av enkelthets hensyn gitt i becquerel. Helsedirektoratet har gitt følgende råd etter Tsjernobyl-nedfallet, hvor cesium er største bidragsyter i matvarer: Mindre enn 600 Bq/kg, ingen begrensning på spising. 600 – 10.000 Bq/kg, maksimum ett måltid i uken. Mer enn 10.000 Bq/kg, maksimum ett måltid i måneden.

Ved at bestemte grunnstoffer, og dermed deres eventuelle radioaktive isotoper, kan akkumuleres og konsentreres i bestemte deler av organismen, er mulighetene for stråleskader større i slike kritiske organer eller deler av organismen. Kunnskap om de enkelte stoffene og deres kjemiske egenskaper og derved deres opptaks- og fordelingsmuligheter er nødvendige forutsetninger for å kunne vurdere betydningen av en radioaktiv forurensning. Dette gjelder også i det marine miljø.

Forekomst av radioaktive stoffer i havet.

I sjøvann vil et stoff finnes enten i ioneform, i kolloidform eller partikulært.

Dette betyr at kunnskap om tilstandsformen til de forskjellige stoffene er vesentlig for å kunne beskrive oppførselen til stoffet i en vannmasse. Et stoff i ioneform vil fordele seg i vannmassen uten restriksjoner som f.eks. det mest kjente, salt, natriumklorid, NaCl. Natrium- og klorionene foreligger «frie» i sjøvann og sjøvannets saltholdighet ble derfor tidligere bestemt kjemisk, ved titrering med sølvnitrat og kvantitativ utfelling av alle klorionene i form av sølvklorid.

Dersom et stoff foreligger partikulært er mulighetene for sedimentering større enn om stoffet finnes i kolloidform. Opptaksmulighetene i organismer vil også være forskjellige avhengig av tilstandsformen, filterfødere vil naturlig nok kunne konsentrere både de kolloidale og de partikulære formene. Transporten i vannmassene vil også være forskjellig. Ikke minst vil vår mulighet til å kunne bestemme de enkelte stoffenes totale mengde i sjøvannet vanskeliggjøres betraktelig som følge av stoffenes tilstedeværelse i forskjellige tilstandsformer. Ren kjemisk felling, slik som kan nyttes for kvantitativ bestemmelse av klorioner, vil for en del stoffer bare gi en liten prosent av den totale mengde. Tradisjonell filtrering vil kunne fange opp partikulære former, men fortsatt er det sansynlig at de kolloide formene passerer uregistrert. For å få til en kvantitativ bestemmelse av enkelte stoffer må derfor bl.a. avanserte filtreringsteknikker tas i bruk.

En del viktige grunnstoff som enten selv er radioaktive eller har radioaktive isotoper finnes i forskjellige former i

sjøvann: Dette kommer i tillegg til at den totale mengden av de aller fleste grunnstoffene er meget liten selvom de altså finnes. For å kunne bestemme radioaktive isotoper i sjøvann er det derfor nødvendig å benytte vannprøver i størrelsesorden fra et par hundre liter til tusen liter vann pr. prøve. Bare håndteringen av slike store mengder vann for eventuelt å kunne felle ut noen milligram pr. prøve stiller helt spesielle krav til tålmodighet og nøyaktighet. På tross av dette foreligger det en god del målinger fra forskjellige deler av verdenshavene, også fra våre farvann. Spesielt har britiske og tyske forskere gjennomført store undersøkelser, britene har et stort årlig overvåkingsprogram for måling av radioaktive isotoper i sine nære farvann og i Nordsjøen.

Som eksempler på målt radioaktivitet i våre farvann kan nevnes et stort antall målinger av Cesium-137 og Cesium-134 langs norskekysten, i vestlige Barentshav og nordvest av Svalbard, utført av professor H. Kautsky, Hamburg, i september 1979. Dataene fra overflatevann viser en ganske stor spredning, med de laveste verdiene fra 0,007 – 0,014 becquerel pr liter ved Svalbard, 0,008 – 0,014 Bq l⁻¹ ved Hopen, 0,055 – 0,039 Bq l⁻¹ ved Finmarks-kysten og de høyeste verdiene vest av Stad med 0,112 – 0,135 Bq l⁻¹. Alle verdiene er svært lave og uten noen biologisk betydning, selvom det i utgangspunktet ikke skulle finnes radioaktivt cesium i disse vannmassene. Radioaktivt cesium har sin opprinnelse både fra kjernesprengningene i atmosfæren og fra kjernekraftverksindustri-

en. Dette at vi har metoder til å kunne måle så små mengder gir også muligheter til gjennom overvåking og regulering av utslipp å holde de kontrollerte tilførselene på et lavest mulig nivå. Med en grundig overvåking i våre farvann vil det ikke være mulig å tilføre det marine miljø radioaktivt materiale i dølgsmål. Lekkasje fra de så mye omtalte underjordiske kjernesprengningene på Novaja Semlja og påstått omfattende dumping av radioaktivt materiale i Barentshavet vil bli fanget opp av geografisk godt fordelte målepunkter. I denne forbindelse er det verd å nevne at Havforskningsinstituttet, i samarbeid med forskningsinstitutter i Murmansk, planlegger å gjennomføre en omfattende prøveinnsamling og måleprogram for radioaktivitet i Barentshavet. Programmet er planlagt satt igang fra ettersommeren 1991.

De tidligere omtalte kjernevåpensprengningene i atmosfæren over Barentshavet i 50- og tidlig i 60-årene medførte som nevnt tidligere at Havforskningsinstituttet under forsknings-sjef Grim Berges ledelse, satt i gang et omfattende måleprogram på fisk spesielt fra Barentshavet. Måleprogrammet ble startet i 1958 og var vesentlig konsentrert om de kommersielt viktige fiskeslagene torsk, hyse og sei. Det totale gjennomsnitt for all fisk var høyest i 1962 og 63 med henholdsvis 70 og 58 Bq pr. kilo fisk. Figur 49 viser hvorledes verdiene så sank fram mot 1968 som var siste året Havforskningsinstituttet målte radioaktivitet på fisk.

Kort tid etter hver bombeprøve ble det registrert en økning av kortlivete isotoper, hvor radioaktivt jod, jod-131,

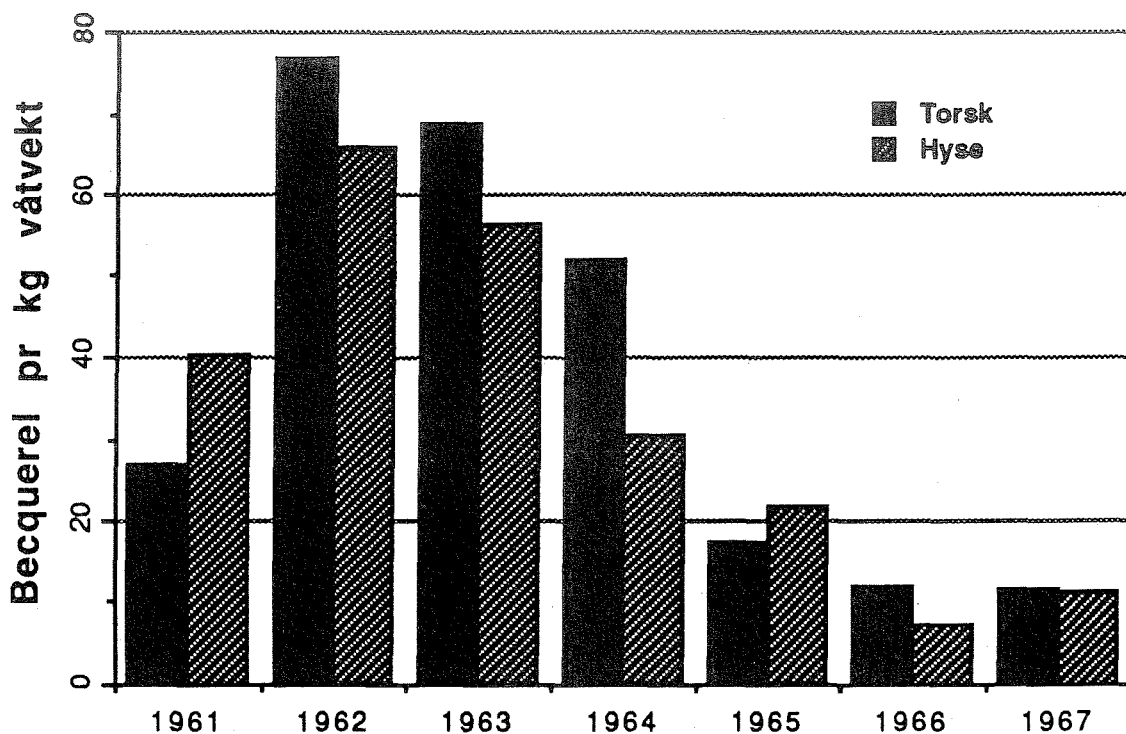


Fig. 49. Årsgjennomsnittsverdier av radioaktivitet målt i torsk og hyse, fra spesielt Barentshavet, uttrykt som total beta-aktivitet minus kalium-40 aktivitet.

dominerte. Berge viste også at graden av forurensning i fisken varierte gjennom året og at dette skyldtes fiskens varierende næringsopptak. Foruten jod-131 bidro mangan-54, sink-65, rutenium-106 og cesium-137 til den radioaktive kontamineringen i fisken. Strontium-90 ble målt sommeren 1962 da forurensningene fra bombeprøvene var på sitt høyeste. Det viste seg at Sr-90 ble målt i fiskebein av hyse, men kun i usignifikante mengder i torsk og steinbit.

Etter at det ble inngått en avtale om stans i de atmosfæriske kjernevåpensprengningene, sank radioaktiviteten i fisk betydelig som det framgår av fig. 49. Måleprogrammet ble avsluttet fordi radioaktivitetsnivået i fisk var tilbake på det normale, og det ble ikke ansett som nødvendig å forsette en overvå-

kingsvirksomhet som krevde betydelige ressurser.

I ettertid kan det bare beklages at instituttets aktive kontrollprogram og forskning innen radioøkologi måtte avsluttes. Det er liten trøst at det samme var tilfellet for de aller fleste måleprogram, i luft, i næringsmidler og i vann, både i Norge og andre land. Med Tsjernobyl uhellet fikk imidlertid alle en advarsel og nye overvåkningsprogrammer er satt i gang.

Havforskningsinstituttet ble som følge av Tsjernobyl pålagt å bygge opp en avansert måleberedsskapsenhet som skulle nyttes i overvåking av radioaktiviteten i våre fiskeriområder. Vi fikk midler til innkjøp av instrumenter, men et fast tilskudd til drift synes desverre ennå å henge i det blå.

På tross av at mange direkte over-

våkingsprogram ble avsluttet for over tyve år siden, er det som nevnt over gjennomført en stor mengde undersøkelser som samlet sett kan nyttes i en generell vurdering. I denne forbindelse bør nevnes at Institutt for energiteknikk har et måleprogram på tang som startet i 1980 og som fortsatt pågår. Tang blir samlet inn på utvalgte stasjoner langs norskekysten, fra Oslofjorden til Varangerfjorden.

Et forskningsmessig utfordrende område er å nytte registrerte radioaktive isotoper til å beregne oppholdstid og transporttid for vannmasser. Som hjelpemidler til å forklare havets rolle i forbindelse med klimavariasjonene vil målinger av radioaktive isotoper, både naturlig forekommende og antropogene, kunne spille en sentral rolle.

Overvåkning og kompetanseutvikling ved Havforskningsinstituttet.

Med en bevilgning fra Miljøverndepartementet, via SFT, ble midler stilt til rådighet, våren 1989, for oppbygging av en havgående og en landbasert målestasjon. Etter konsultasjoner med Statens institutt for strålehygiene, Institutt for energiteknikk og Isotoplaboratoriet ved Norges landbrukshøgskole, ble instrumentvalget gjort og utstyret til en enhet montert i løpet av 1989.

1990 er i det vesentlig blitt brukt til kompetanseoppbygging. Spesielt har vi fått stor hjelp fra Isotoplaboratoriet, NLH, en hjelp og et samarbeid som gir oss mulighet til å kunne gjennomføre analyser på de viktigste radioaktive isotoper i det marine miljø. Analyse-

arbeidet er nødvendigvis svært tidkrevende fordi store volum vann må til for å framskaffe målbare mengder radioaktive isotoper. Det er derfor viktig å velge stasjoner for prøvetagning som er representative. I dette har instituttet en betydelig styrke fordi vi favner alle fagområder og kan derfor optimalisere prøvetagningen både i vann, fisk og andre marine organismer.

Hittil har vi samlet inn vann som er representativt for de betydeligste kjente tilførselskilder til antropogen radioaktivitet i norske farvann, henholdsvis La Hague i Frankrike, ved Cherbourg i den engelske kanal, og Sellafield i England ved Irskesjøen. Vi har samlet inn vannprøver rundt den sunkne sovjetiske atomubåten sydvest av Bjørnøya, og lengre øst i Barentshavet. Sedimenter er samlet rundt nevnte atomubåt og i de dypeste partier av Skagerrak. Den sunkne ubåten ligger på 1650 meters dyp og det er derfor tvilsomt om vi var tilstrekkelig nær til å fange opp eventuelle lekkasjer. I de sedimentprøvene vi har målt så langt har vi ikke funnet målbart cesium-137. Vi har bortimot 10 tonn vann å arbeide videre med, og derfor er en vesentlig del av vårt arbeid rettet mot å tilpasse bearbeidings- og analysemetodikk for vårt bruk. Vi tar sikte på å kunne innarbeide rutineprosedyrer som gjør det mulig å opparbeide prøvene fortløpende ombord. Vi tar og sikte på å innarbeide målerutiner for biologisk materiale. Vi regner med å kunne gjennomføre et tilstrekkelig omfattende overvåkingsprogram i vann, sedimenter og organismer, slik at vi kan fylle to viktige formål ved denne virksomheten: