

eks. 3

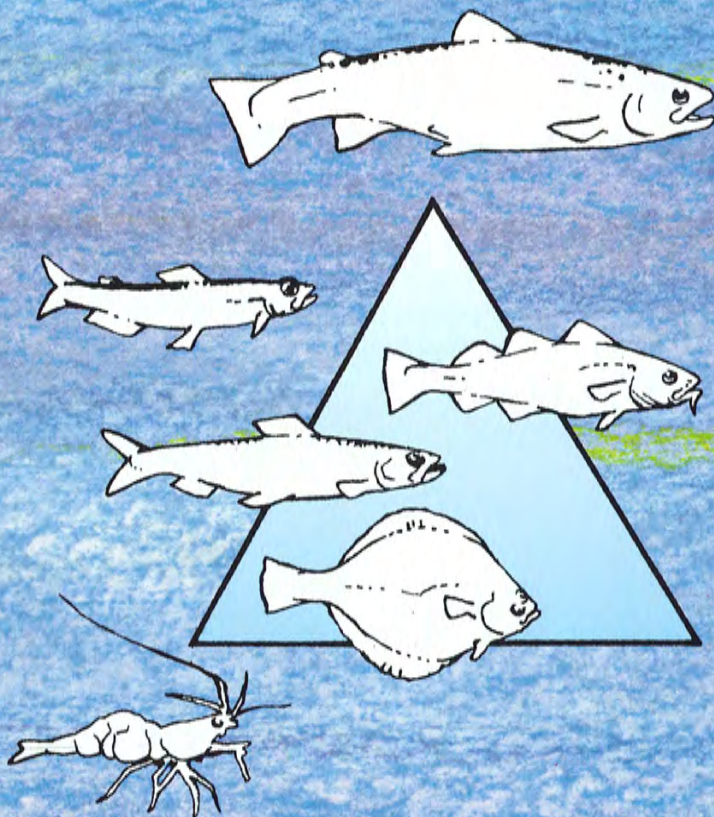
Fiskeridirektoratets
Bibliotek

FISKEN OG HAVET

SÆRNUMMER 2, 1993

24 MAI 1993

MILJØ RAPPORT 1993



HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

SENTER FOR MARINT MILJØ

Fiskeridirektoratet Biblioteket
FISKDIR mag Fis eks. 3
Fisken og havet. Særnr. 2, 1993



06VF02522

Olvf 02522

HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

**Senter for marine ressurser
Senter for marint miljø
Senter for havbruk**

Administrasjon

Adr.: Nordnesparken 2
Postb. 1870 Nordnes
5024 Bergen

Telefon: 05-23 85 00
Telefax: 05-23 85 31
Telex: 42297 OCEAN N

Forskningsstasjon

Flødevigen

Adr.: 4817 His
Telefon: 041-10 580
Telefax: 041-10 515

Austevoll

havbruksstasjon

Adr.: 5392 Storebø
Telefon: 05-38 03 42
Telefax: 05-38 03 98

Matre

havbruksstasjon

Adr.: 5198 Matredal
Telefon: 05-36 60 40
Telefax: 05-36 61 43

eles. 3

Fisken og Havet, 1993

(Særnummer 3) ISSN 0802 0620

MILJØRAPPORT FOR 1993

HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Januar 1993

INNHold

FORORD	5
SAMMENDRAG	6
1. INNLEDNING	8
2. MILJØTILSTANDEN I VÅRE HAVOMRÅDER I 1992	
2.1 Barentshavet	11
2.1.1 Fysiske forhold	11
2.1.2 Planktonproduksjon og lodde	12
2.1.3 Radioaktivitet og miljøgifter	15
2.2 Norskehavet	21
2.3 Nordsjøen-Skagerrak	24
2.3.1 Fysisk klima	24
2.3.2 Miljøforhold i Skagerrak	30
2.4 Kysten og fjordene	43
2.4.1 Fysisk klima	43
2.4.2 Skadelige alger.....	46
3. REKRUTTERINGEN TIL FISKEBESTANDENE	
3.1 Sild	49
3.2 Lodde	51
3.3 Yngelundersøkelser april-mai	52
3.4 Yngelundersøkelser i juli	52
4. GLIMT FRA FORSKNINGSAKTIVITETEN	
4.1 Matematiske modeller - "Hvordan vil det gå dersom"	56
4.2 HIs databaseprosjekt	56
4.3 Statistisk analyse av historiske data	59
5.0 UTVALGTE EMNER	
5.1 Måling av strøm	61

FORORD

Denne rapporten er utarbeidet i fellesskap av Miljøsenderets vitenskapelige stab. Rapporten representerer et konsentrat av viktig arbeid som ble utført ved Miljøsenderet i 1992. Dersom leseren ønsker nærmere opplysninger om et eller flere av de emner som omtales i rapporten vil stabens enkeltmedlemmer med glede skaffe til veie den tilleggsinformasjon som savnes. For best mulig informasjon på kortest mulig tid anbefales følgende kontaktpersonliste:

Havklima:

J. Aure, J. Blindheim, D. Danielsen, H. Loeng, E. Svendsen, R. Sætre.

Plankton og alger:

J. Aure, E. Dahl, A. Hassel, T. Noji, H.R. Skjoldal.

Næringssalter:

J. Aure, E. Dahl, L. Føyn.

Miljøgifter:

J. Klungøy, B. Serigstad.

Rekruttering til fiskebestandene:

H. Bjørke, J. Dalen, P. Fossum, O.S. Kjesbu, P. Solemdal, S. Sundby.

Modellering og statistikk:

C. Ottersen, M. D. Skogen, B. Adlandsvik.

Database:

H. Sagen.

Instrumentering, metoder:

T. Gytte.

T. Gytte har fungert som redaktør.

SAMMENDRAG

Miljørapporten beskriver miljøtilstanden i havområdene som omgir Norge (Barentshavet, Norskehavet, Nordsjøen og Skagerrak), langs Norskekysten og i de norske fjordene. Rapporten er a jour pr. 31. desember 1992.

Miljøtilstanden i Barentshavet:

Temperaturen i Barentshavet har i flere år ligget høyere enn gjennomsnittet. Mot slutten av 1992 avtok imidlertid temperaturen en god del - spesielt i de østlige områdene. Saltholdigheten er også i ferd med å synke. Lavere temperaturer kombinert med en forventet synkende tilførsel av dyreplankton vil i de nærmeste år gi dårligere vekstforhold for fiskelarver. Tilgjengeligheten av plankton var ujevnt fordelt. Det ble observert en liten nedgang i tilgjengelig biomasse i sørvestlige del av Barentshavet, mens resten av havområdet fikk en økning. Ser man hele Barentshavet under ett, var biomassen svakt økende. I løpet av 1992 kom det flere alarmerende meldinger om utslipp av radioaktivt materiale i Barentshavet og Karahavet. Feltundersøkelser i området viste imidlertid at det generelle nivå for radioaktivitet fremdeles er lavere i Barentshavet enn i de andre havområdene. Tilførselen av organiske miljøgifter til Barentshavet gir fortsatt grunn

til bekymring. Siden miljøforholdene i og rundt Barentshavet berører mange nasjoner, er det nå satt i gang et stort tverfaglig og internasjonalt forskningssamarbeid. Samarbeidet er formalisert under navnet "Arctic Monitoring And Assessment Programme" (AMAP). Hovedoppgaven til AMAP blir å kartlegge effekten av langtransportert og lokal forurensning i nordområdene. Havforskningsinstituttet har fått en sentral rolle i dette prosjektet.

Miljøtilstanden i Norskehavet, Nordsjøen og Skagerrak

Temperaturen i Norskehavet er fremdeles høy, men tendensen går mot synkende temperaturer. Målingene i 1992 viser at Atlanterhavsstrømmen nå fører vannmasser med lav saltholdighet og forholdsvis lavt varmeinnhold inn i Norskehavet. Dette vil på sikt redusere Norskehavets temperatur og følgelig dempe Norskehavets biologiske produksjonsevne. Nordsjøen har i flere år mottatt ekstremt sterk innstrømming av varmt atlantehavsvann. Dette forhold i kombinasjon med milde vintre og maksimalt skydekke har gitt deler av Nordsjøen og Skagerrak rekordhøye sjøtemperaturer. Antakelig har det ikke vært så varmt i Nordsjøen og

Skagerrak på 120 år. Temperaturen i Nordsjøen er nå svakt synkende. På grunn av vedvarende vestlige vinder oppsto det begynnelsen av 1992 ekstremt høye overflatetemperaturer i Skagerrak. Temperaturen sank imidlertid til mer normale verdier mot slutten av året. Saltholdigheten i Skagerrak holdt seg lav på grunn av lav saltholdighet i Kyststrømmen, og på grunn av stor vannføring i områdets dominerende elver. Oksygeninnholdet i Skagerrak gjennomgikk sesongmessige svingninger, men stort sett hadde området en tilfredsstillende oksygenmetning. Som i tidligere år ble Skagerrak i 1992 tilført store ekstramengder med nærings-salter - i første rekke nitrater fra utslipp i mellom - Europa. Men i motsetning til f. eks. i 1988 skapte dette overskuddet av nitrater ingen vesentlig oppblomstring av giftige alger. Giftige alger medførte først og fremst problemer for skjellproduzentene.

Miljøtilstanden langs kysten og i fjordene

Temperaturen langs norskekysten har stort sett ligget over normalverdiene. Spesielt holdt det seg varmt i overflatevannet. Saltholdigheten viste en synkende tendens langs det meste av kysten. I likhet med tidligere år ble kyst og fjordområdene overvåket med sikte på å oppdage og varsle eventuelle utbrudd av skadelige alger. Hoveddekningen skjedde på Skagerrakkysten og i Ryfylkefjordene. Flere truende situasjoner ble oppdaget. Situasjonene skapte lokale problemer for enkelte oppdrettere, men ingen av dem forårsaket omfattende skader på oppdrettslaksen. Algene skapte derimot en del

vansker for skjellnæringen.

Rekruttering av sild og lodde

Årets sildegyting fant sted fra Karmøy i sør til Haltenbanken i nord. Hovedgytingen skjedde på de vanlige gytefeltene utenfor Sunnmøre. Sildegytingen ble vellykket. Etter gytingen ble det observert store mengder med silde-larver i vekst. Dette indikerer at 1992 ble nok et et godt rekrutteringsår for sild.

Etter loddas gyting ble det i juni 1992 også funnet høye tettheter av loddelarver. Spesielt i den sørøstlige delen av Barentshavet. I utgangspunktet så dette lovende ut. Data fra 0-gruppetoktet høsten 1992 tyder imidlertid på at størstedelen av loddeyngelen ble nedbeitet av andre fiskearter i løpet av sommeren. Lodda har nå antakelig gått inn i en periode med rekrutteringssvikt.

INNLEDNING

Denne rapporten beskriver miljøtilstanden for hav og kystområdene rundt Norge slik den fremsto gjennom Havforskningsinstituttets undersøkelser i 1992.

Senter for Marint miljø er Norges største forsknings-senter for havmiljø. Senteret disponerer over en tverrfaglig forskergruppe på ca 80 personer. Forskernes hovedoppgave er å kjenne og forstå mangfoldigheten i det marine miljøet så godt at de kan gi våre utøvende myndigheter begrunnede råd om hvordan havet og dets levende ressurser bør forvaltes.

Grunnlaget for årets rapport er feltfeltobservasjoner utført fra forskningsskipene Johan Hjort, G.O. Sars, Michael Sars og GM. Dannevig, data fra faste hydrografiske stasjoner, målinger i standardsnitt, resultater fra spesialtokt med leiefartøy, og informasjon innsamlet under fellestokt med andre institusjoner. Undersøkelsene har i 1992 hovedsakelig dreiet seg om havmiljøets fysiske og kjemiske egenskaper, plankton og de første stadier i fiskens liv.

Figur 1 viser miljøsenterets geografiske ansvarsområde. Det omfatter Barentshavet, Norskehavet, Nordsjøen, Skagerrak, og Kattegat.

Tilstanden i disse havområdene avgjøres i stor grad av egenskaper ved noen store strømsystemer. For Norge

betyr Den norske atlantehavsstrøm og Den norske kysttstrøm mest. Store mengder av temperert og salt vann fra Atlanterhavsstrømmen trenger inn i Norskehavet gjennom åpningen mellom Shetland og Færøyane. En del av vannmassene fra Atlanterhavsstrømmen tar midlertidig opphold i Nordsjøen, mens hoveddelen strømmer nordover langs norskekysten på utsiden av den mindre salte kyststrømmen som kommer fra Østersjøen og Skagerrak/Kattegat. Variasjoner i strømsystemenes vannføring og i deres fysiske egenskaper svarer for en vesentlig del av de klimavariasjoner som vårt miljø for tiden opplever.

Samfunnets oppfatning av miljø-situasjonen preges i stor grad av dramatiske hendelser som oljeutslipp, giftige algeoppblomstringer og ulykker som medfører spredning av radioaktivt materiale. Når noe dramatisk skjer, er det viktig at der foreligger beredskaps- og handlingsplaner slik at de straks-tiltak som treffes både blir rasjonelle og effektive. Senter for Marint miljø har utarbeidet beredskapsplaner for de fleste tenkelige miljøulykker, og personell og utstyr fra senteret vil kunne settes inn i akkuttsituasjoner på kort varsel.

Mange miljøulykker kan i øyeblikket fortone seg som katastrofale. De fleste

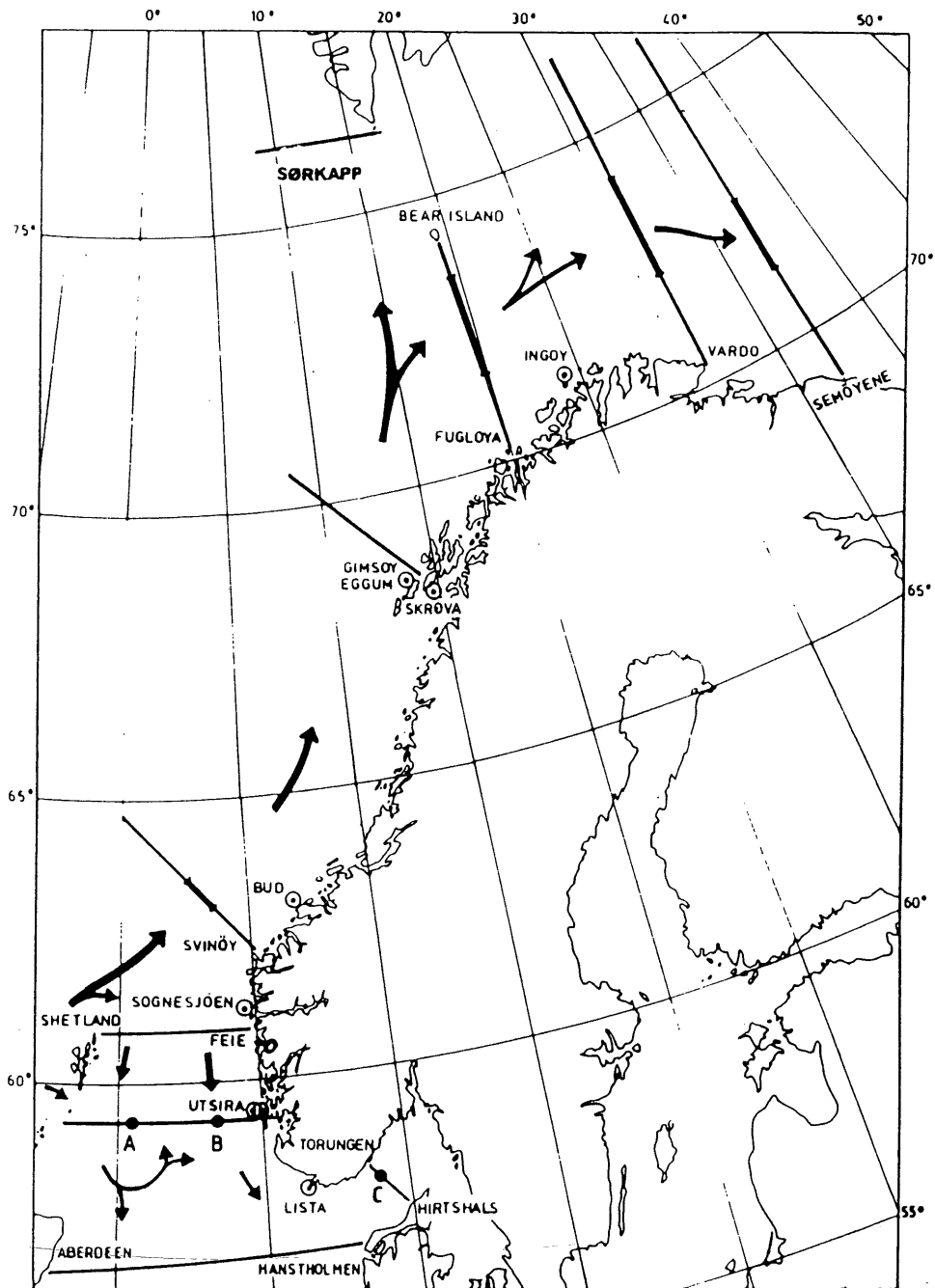


Fig. 1 Faste stasjoner og snitt, samt de viktigste transportruter for atlantisk vann.

"katastrofer" har imidlertid bare lokal utbredelse og begrenset varighet. Ulykkene kan være alvorlige nok, men sett over tid er det den generelle, importerte miljøbelastning i form av et vedvarende overskudd på næringssalter og et jevnt tilsig av miljøgifter som gir mest grunn til bekymring i Norge. Skjult dumping av radioaktivt avfall i nordområdene er også etter hvert blitt en potensiell miljøtnussel.

Figur 1 viser at alle stoffer som oppløses i Nordsjøen og Østersjøen, før eller siden vil fanges inn i et strømsystem som fører vann inn mot norskekysten. Norge vil derfor uvegerlig påvirkes av alle forurensningskomponenter som slippes ut i Mellom-Europas elver og hav. Overskudd på næringsalter gir energigrunnlag for oppblomstring av giftige alger. Algene kan deretter skape lokale nødsituasjoner for fiskeoppdrettere og skjellprodusenter. Organiske miljøgifter som f. eks. PCB, PAH, DDT kan forårsake skader som svekket reproduksjon både på primære og høyere produktjonsnivå. Tungmetaller representert ved kad-

mium, kvikksølv og bly akkumuleres i organismene.

Stort sett er de innsamlete data et resultat av toktvirksomhet som er planlagt minst et år i forveien. Mot slutten av 1992 kom det informasjon om mulige utslipp av radioaktivt materiale i Karahavet, Barentshavet og Norskehavet. Dette initierte en intensivert måling av radioaktivitetsnivået i vann, fisk og plankton i de berørte områder. Feltundersøkelsene viste seg helt negative. De som spiser fisk fra de tradisjonelle fiskefeltene i nord har intet å frykte!

For å overvåke miljøet og bli kjent med situasjonen i hele vannvolumet tok Havforskningsinstituttet i 1992 observasjoner på forskjellige dyp i samtlige av de havområdene som *fig. 1* viser. I tillegg til toktene fortsatte instituttet sine enestående langtidsobservasjoner på de faste stasjonene og langs de faste snitt. Tilsammen seilte våre forskningsskip i 1992 ut en samlet distanse på over 200.000 km. Det tilsvarer mer enn 5 ganger jordens omkrets.

2. MILJØTILSTANDEN I VÅRE HAVOMRÅDER I 1992

2.1 Barentshavet

2.1.1 Fysiske miljøforhold

Hydrografien under omstilling.

Etter at temperaturen hadde avtatt noe i det vestlige Barentshav i 1991 i forhold til året før, hadde vi forventet en betydelig lavere temperatur i 1992. Dette holdt imidlertid ikke stikk. For selv om

temperaturen var noe lavere enn de to foregående årene (fig. 2.1.1.-1), så var likevel temperaturen for fjerde året på rad godt over langtidsmidlet (fig. 2.1.1.-2). Saltholdigheten viser imidlertid ikke helt den samme tendens. Riktignok har saltholdigheten avtatt noe i vest, mens den samtidig har økt i øst. Dette

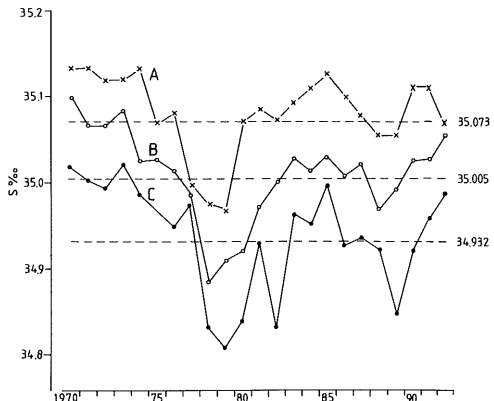
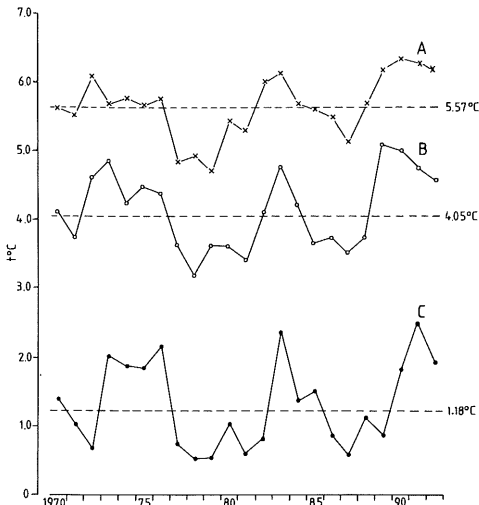


Fig. 2.1.1-1 Temperatur og saltholdighet i snittene Fugløya-Bjørnøya (A), Vardø-N (B) og Semøyene - (C). Middelerdien for perioden 1970-1989 er stiplet inn for hvert snitt.

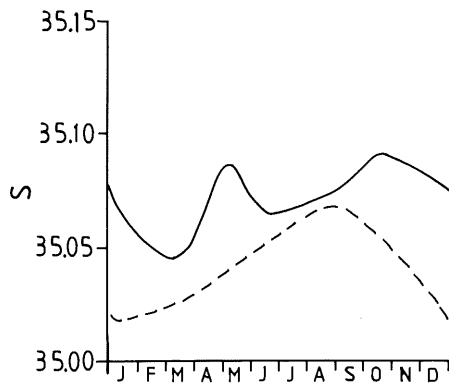
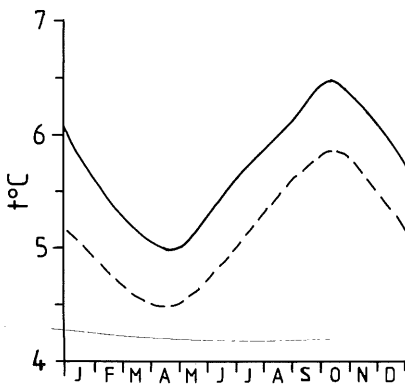


Fig. 2.1.1-2 Temperatur og saltholdighet i snittet Fugløya-Bjørnøya i 1993 (heltrukket linje) sammenlignet med midlet for perioden 1977-91 (stiplet linje).

kan forklares ved økt innstrømming av vann med høy saltholdighet til det østlige Barentshavet. Etter hvert vil dette vannet bli transportert videre samtidig som det blander seg med de omliggende mindre saltholdige vannmasser. Derfor er det allerede fra neste år på ny ventet lavere saltholdighet.

Totalt sett har isforholdene i 1992 vært gunstige. Det vil si at det har vært relativt lite is.

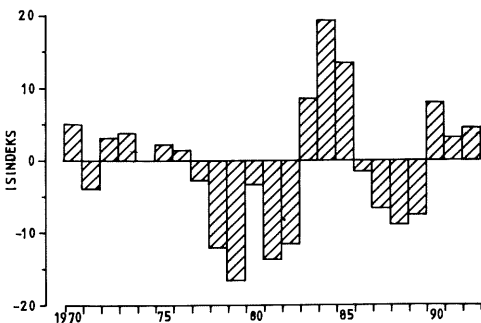


Fig. 2.1.1-3 Isindeks for perioden 1970-1992. Negative verdier betyr mye is, positive verdier lite is.

Spesielt gjelder dette vintersituasjonen, idet isgrensen stort sett holdt seg nord for 76°N under hele vinteren. Avsmeltingen om sommeren gikk langsomt. Først i august ble det fart i ismeltingen, og da særlig i de østlige områder. Da ble hele området sør for øygruppen Frans Iosef Land isfritt. I de vestlige deler forsvant ikke isen helt, men den kom ikke lenger nord enn til Kong Karls Land. Dette viser nok en gang at det er liten sammenheng mellom isforholdene om vinteren og om sommeren. Mot slutten av 1992 avtok temperaturen betydelig i overflatelaget i

hele Barentshavet, og aller mest i de østlige områder. Observasjoner fra det østlige Barentshav viser et betydelig temperaturfall i november og desember også i de dypere vannlag. Til sammen gir dette grunnlag for å forutsi at temperaturen i Barentshavet vil avta i 1993, og da spesielt øst for 35°Ø. Dette vil i løpet av vinteren 1993 føre til mere is i det østlige området, mens det i vest blir små endringer. 1993 blir derfor etter alt å dømme et overgangsår mot en periode med temperaturer under langtidsmidlet i Barentshavet.

Hva betyr så denne forventede omstilling i hydrografien for de biologiske forhold? Avtakende innstrømming av varmt Atlanterhavsvann betyr samtidig redusert transport av dyreplankton til det sørlige Barentshavet. Kombinasjonen av synkende temperaturer og mindre næring vil nødvendigvis skape dårligere oppvekstvilkår for fiskelarver. Vår prognose er derfor at 1993-årsklassen blir under middels.

2.1.2 Planktonproduksjon og lodde
Total planktonmengde i Barentshavet økte svakt, men planktonet var ujevnt fordelt. Vekst pr. loddeindivid i 1993 forventes uforandret eller noe større enn det som ble målt i 1992. Dyreplankton er næringsgrunnlaget for lodde og andre pelagiske, planktonspisende fisk. Siden flerb Bestandstoktene kom i gang i 1986 har Havforskningsinstituttet i september - oktober gjort årlige undersøkelser på dyreplanktonet i Barentshavet. I 1992 ble fartøyene utstyrt med WP2-håv med

180 mikrometer (μ) maskevidde. Håven ble trukket vertikalt fra bunnen (5-10 m fra) til overflaten og fra 100 m til overflaten. Tilsammen ble det tatt håvprøver på 180 stasjoner. Det ble også benyttet MOCNESS-håv ($1m^2$) for å undersøke vertikalfordelingen av dyreplanktonet i detalj. MOCNESS-håven fanger relativt store og mobile organismer som krill og amphipoder bedre enn WP2-håven, mens rau-åte fanges like representativt i begge redskapene.

På toktene i september-oktober 1992 ble for første gang hele Barentshavet dekket med biomasseprøver fra WP2-håv, uten de store "hull" i dekingen

som har vært et problem under tidligere tokt. I samsvar med flerbestandsmodellens arealdefinisjoner ble Barentshavet delt inn i 7 hovedområder. Samtlige områder unntatt område III ble dekket med mer enn 10 stasjoner. På område III ble det tatt tre stasjoner.

Fordelingen av dyreplankton biomasse fra WP2-håv fremgår av *fig.2.1.2-1*. Figuren avslører tydelige variasjoner i planktonmengdene. Høye verdier er mest fremtredende helt i nord, mens det gjennomgående er lave verdier i sør-øst der havet også er forholdsvis grunt. Ser vi på Barentshavet under ett er det tydelig at meste-parten av planktonet stod under 100 m.

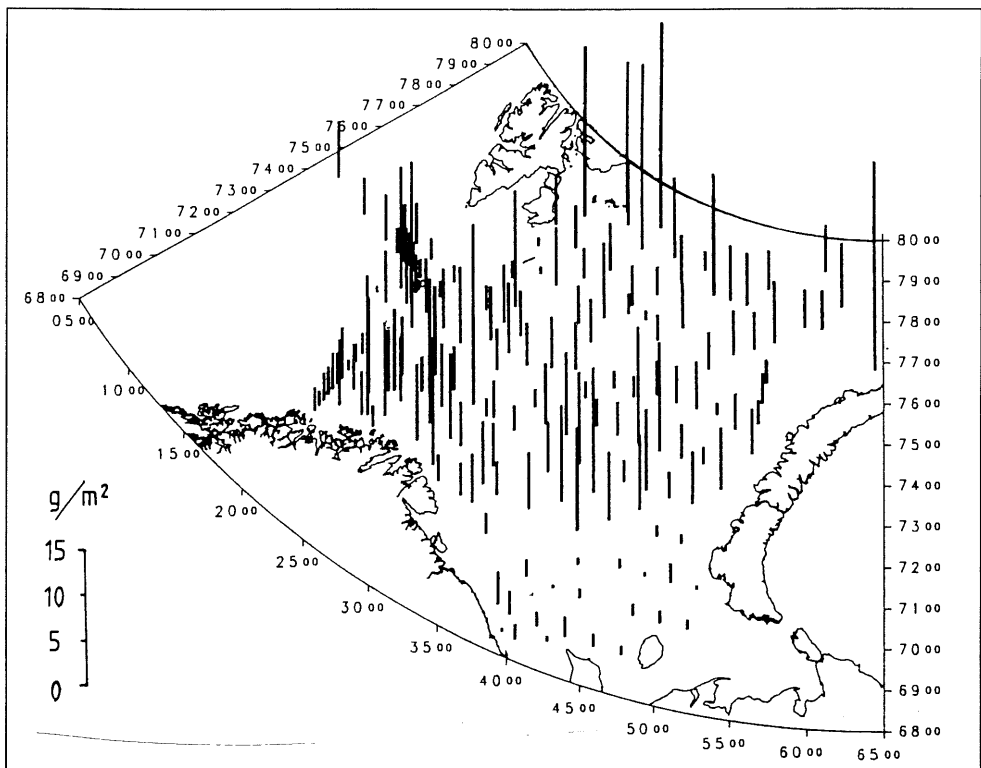


Fig. 2.1.2-1. Biomasse av dyreplankton som g tørrvekt/ m^2 fra bunn-overflaten. Prøvene er tatt med WP2-håv i september-oktober 1992. Horizontalfordeling av dyreplankton biomasse fra WP2-håv. Tørrvekt (g/m^2), se skala. Bunn - Om. "G.O.Sars", "J.Hjort" og "M.Sars" 4.sept. -12.okt. 1992.

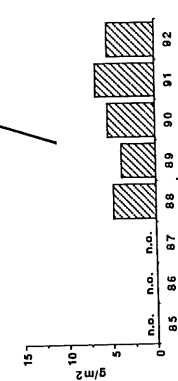
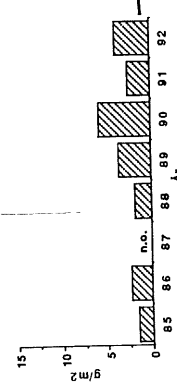
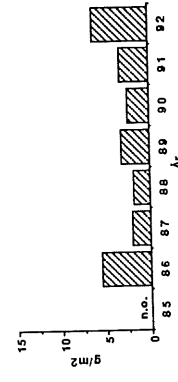
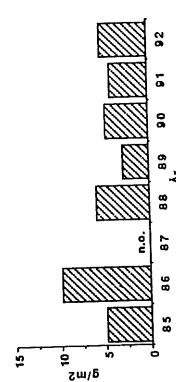
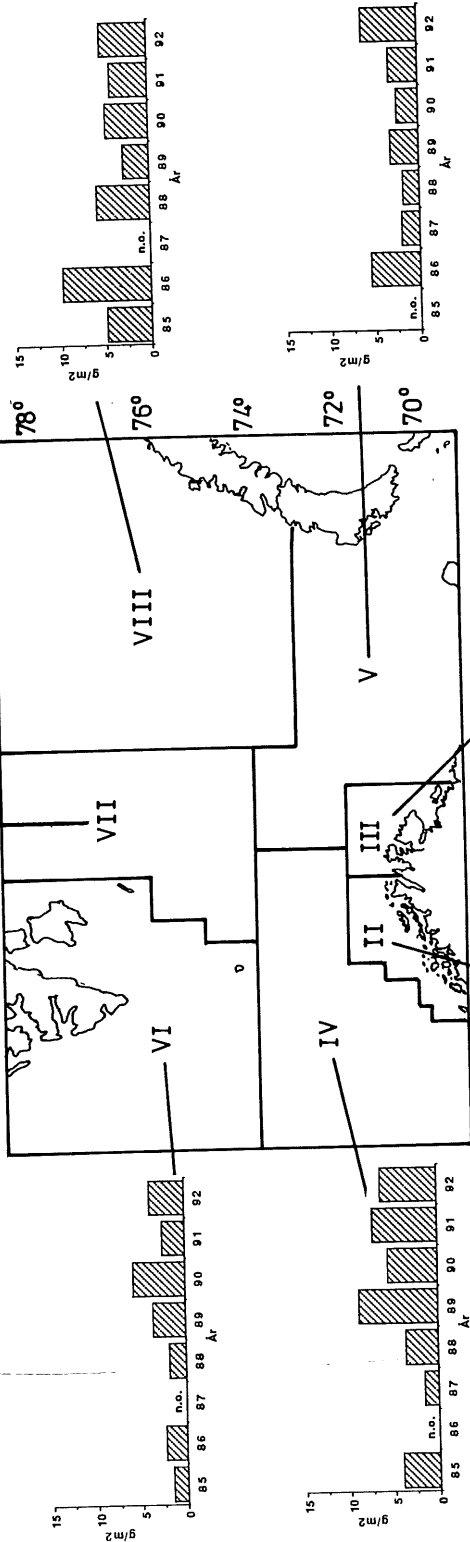
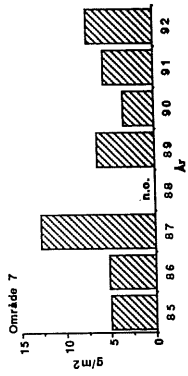


Fig. 2.1.2-2. Dyreplankton biomasse fra WP2-håv/luday-håv. Gjennomsnitt tørrvekt (g/m²) i flerbestands-områdene II-VIII. Data fra flerbestandsfoktene 1986-1992 og fra august 1985. Gjennomsnittlig biomasse, g tørrvekt/m², av dyreplankton om høsten i hovedområder av Barentshavet fra 1985 til 1992. Data er basert på prøver fra WP2-håv trukket fra bunnen til overflaten. n.o. = ingen observasjoner.

Dette er typisk for høst og vinter-situasjonen der overvintrende plankton, for det meste rau-åte, står på dypt vann. *Fig. 2.1.2-1* viser gjennomsnittlig biomasse for områdene II-VIII. Årets data er sammenliknet med tilsvarende data for september 1986-91, mens tallene for 1985 ble målt i august. Figuren må tolkes med forsiktighet i det antall målepunkt varierte fra år til år samtidig som observasjonene ikke ble utført på nøyaktig samme sted hvert år.

I 1992 var midlere biomasse for hele Barentshavet 5.2 g tørrvekt/m². Områdene II og IV i sør-vest viser en tendens til lavere biomasse enn i 1991.

For de øvrige områdene er det observert en oppgang i biomasse. Det vil si at i hele området der en finner beitende lodde var det mer plankton i 1992 enn foregående år. Dette viser at næringsgrunnlaget for lodda var noe bedre i 1992 enn i 1991. Tilsvarende var den individuelle veksten for 1 og 2-åringer av lodde dårlig i 1991 (henholdsvis 4.9 og 4.0 g vektøkning) og noe bedre i 1992 (4.9 og 8.2 g vektøkning). Til sammenlikning var det meget god vekst i 1990 (henholdsvis 11.9 og 14.7 g vektøkning).

I 1990, -91 og -92 var bestandsstørrelsen for lodde (2-åringer og eldre) henholdsvis 3.2, 5.6 og 3.9 millioner tonn. På grunn av høy gytedødelighet for 89-årsklassen i 1993 ventes loddebestanden å gå betraktelig ned, også på grunn av beitepress fra torsk. Dersom dyreplanktonet holder seg på et rimelig høyt nivå vil det bli mer tilgjengelig næring pr. loddeindivid. Hvis

loddene under sin næringsvandring sprer seg over et stort område vil den kunne utnytte planktonressursene effektivt. Dersom loddene i stedet vandrer i konsentrerte stimer, kan den lett beite ned planktonet slik at den gjennomsnittlige veksten blir dårligere. En viktig faktor som også vil påvirke vekstmulighetene for loddene i Barentshavet er innstrømming av atlantisk vann. I 1992 hadde Barentshavet en tendens til temperaturnedgang som kan skyldes redusert innstrømming av varmt atlantisk vann. Denne tendensen til mindre tilførsel av varmt vann ventes å fortsette i 1993. Virkningen av redusert innstrømming vil avhenge av når på året innstrømming skjer. Innstrømming av planktonfattig overflatevann fra Norskehavet om vinteren vil føre til nedgang i planktonmengden. Innstrømming om vår og sommer vil derimot føre nytt plankton inn i Barentshavet.

Til tross for mange usikkerhetsmomenter forventer vi at plankton-situasjonen i 1993 blir rimelig god og at den individuelle vekst hos loddene blir uforandret eller noe større enn den var i 1992.

2.1.3 Radioaktivitet og miljøgifter

-Fremdeles lav radioaktivitet i Barentshavet. Økende bekymring for effekten av miljøgifter.

Barentshavet er kanskje verdens mest produktive oppvekstområde for fisk. To av årsakene er dets spesielle kombinasjon av topografi og beliggenhet. Området er svært grunt sammenliknet med f. eks. Norskehavet og At-

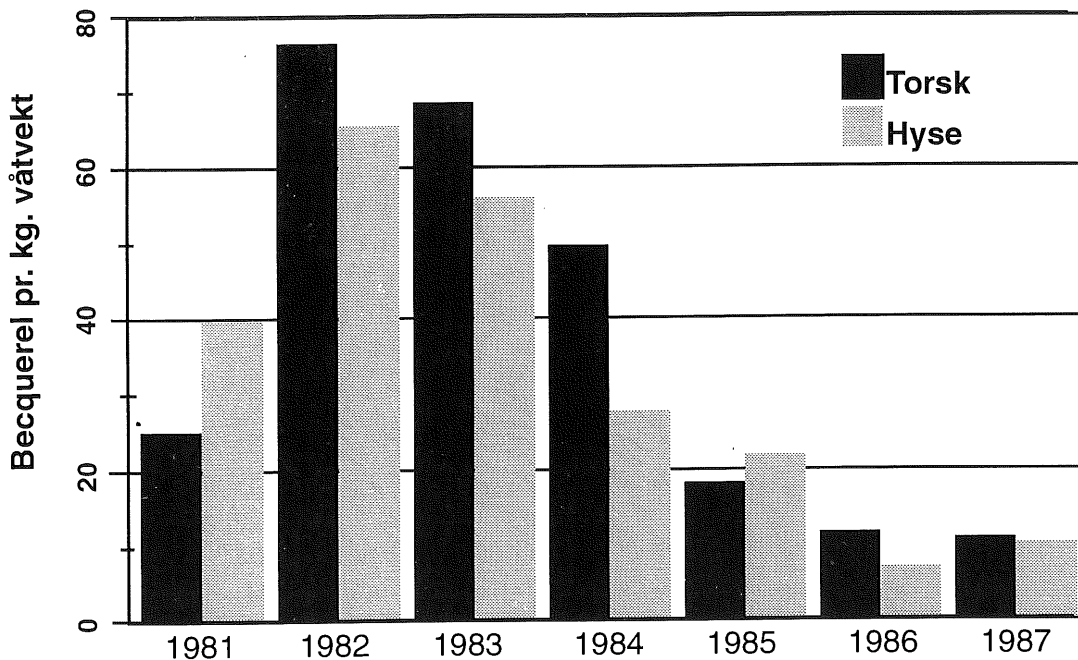


Fig. 2.1.3-1 Årsgjennomsnittsverdier av radioaktivitet målt i torsk og hyse, spesielt Barentshavet.

lanterhavet. Derfor vil de fleste organiske næringsstoffer som synker ned mot bunnen i løpet av sommerhalvåret hvirvles tilbake mot overflaten igjen av vinterstormene. Når så sollyset kommer igjen om våren, ligger alt til rette for en intens planktonproduksjon som via næringskjeden skaper store mengder med ny mat for områdets fiskebestander.

Barentshavets beliggenhet langt mot nord forsterker områdets biologiske produksjonsevne fordi havet i store deler av våren og sommeren mottar sollyset både dag og natt. Dette vedvarende lyset gjør at det produseres nye alger døgnet rundt så lenge forrådet av næringsalter varer. Siden Barentshavet er så viktig for fiskeriene, er bekymringen for at utslipp av miljøgifter og

radioaktivt avfall skal kunne skade plante- og dyrelivet tilsvarende stor. Bekymringen er todelt. Dels er vi redd for at menneskeskapt forurensning skal skade dyre- og plantelivet som sådan, og dels frykter vi at mennesker som spiser fisk fra Barentshavet skal kunne bli syk av eventuelle forurensningskomponenter i fiskekjøttet.

Det er et faktum at Barentshavet mottar en mengde uønskete stoffer. Radioaktivt materiale tilføres fra Nordsjøen via Kyststrømmen fra skip ved ulykker gjennom utslipp i elver og gjennom nedfall fra atmosfæren. Hendelser som ulykken i kjernekraftverket i Tsjernobyl, prøvesprengninger på Novaja Semlja, atomubåtforliset ved Bjørnøya, og bevisste utslipp av radioaktivt materiale fra russiske skip i Barentshavet

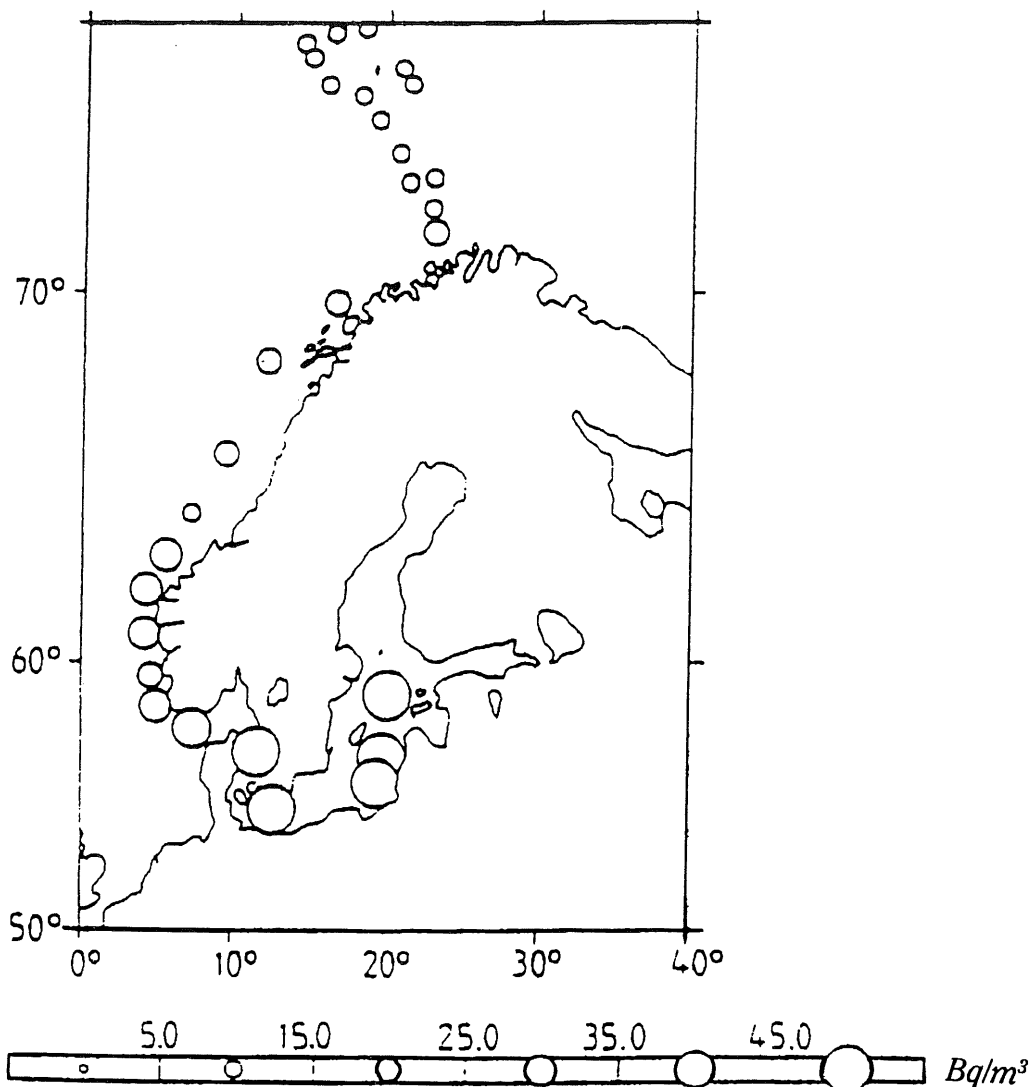


Fig. 2.1.3-2 Innhold av cesium-137 i overflatevann, Bq/m³.

har skremt opinionen. I tillegg til radioaktive avfallsstoffer mottar Barentshavet også "vanlige" miljøgifter som f. eks. dioksiner, plantevernmidler, polyklorerte bifenyler og polyaromatiske hydrokarboner. Miljøgiftene kommer hovedsakelig inn i Barentshavet gjennom de nordgående strømsystemene og via atmosfæren.

-Hvor "farlig" er så forurensnings-situasjonen i Barentshavet?

I prinsippet er alle naturfremmede stoffer i naturen uønsket. I praksis må vi bøye oss for den faktiske situasjon og på best mulig mulig måte medvirke til at konsentrasjonen av uønskete stoffer aldri overstiger deres definerte faregrenser.

Gjennom biologiske eksperimenter er det utarbeidet såkalte miljøstandarder for de fleste kjente forurensningsstoffer. Miljøstandarden angir grenseverdien for hvilken konsentrasjon av et stoff det er forsvarlig å utsette en organisme for. Dessverre øker antallet nye kjemiske stoffer med ca. 1000 pr. år, så utarbeidelse av oppdaterte standarder blir stadig vanskeligere.

Rutinedelen av Havforskningsinstituttets miljøovervåking i Barentshavet går i stor grad ut på tallfeste konsentrasjonene av uønskete stoffer i vann,

sediment og vev for å se om de nærmer seg dem.

Måling av radioaktivitet

For å kunne tallfeste og differensiere mellom ulike typer radioaktivitet benytter instituttet analyseapparaturler basert på en NaI-type strålingsdetektor.

Radioaktivitet oppstår ved spontan spaltning av ustabile atomer som f. eks. uran og plutonium. Under spaltningen sender atomet ut partikler og høyenergetiske elektromagnetiske bølger. Begge deler kan skade levende vev. Ioniserende stråler kan f. eks.

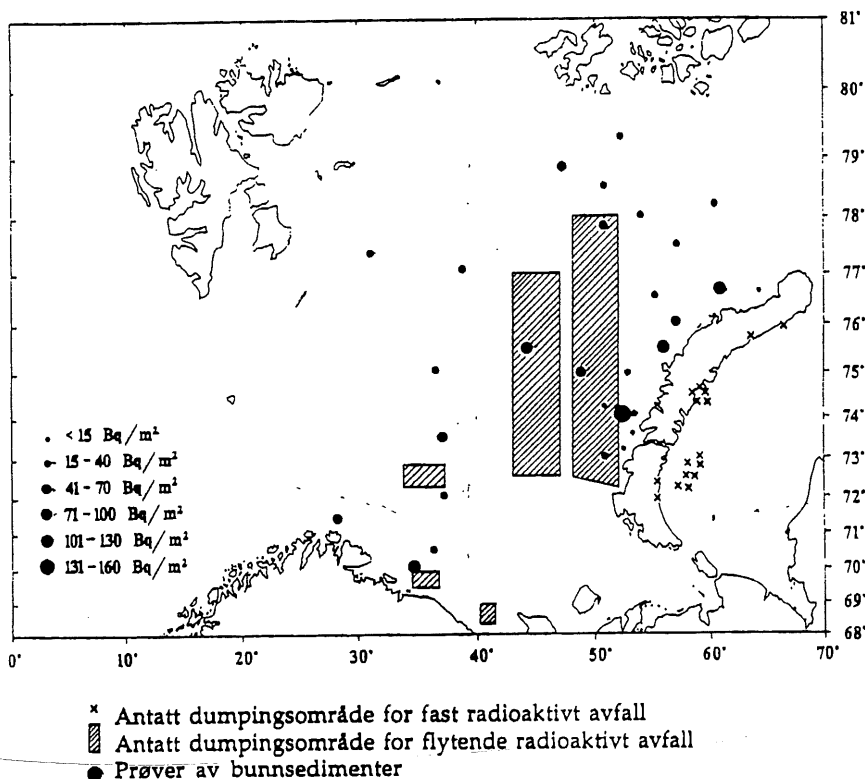


Fig. 2.13-3 Cesium-137 nivåer i sedimentprøver fra Barentshavet og antatte dumpingsområder for radioaktivt avfall.

rive over molekylbindinger i dyre- og planteceller slik at det oppstår giftige frie radikaler. Ionisering kan også skade cellenes DNA-kode slik at arvematerialet forstyrres. Slike såkalte "genetiske skader" kan forårsake kreft. Radioaktiviteten måles i becquerel (Bq). 1 Bq defineres som 1 radioaktiv spalting pr. sekund. NaI-detektoren avgir i prinsippet en telleimpuls pr. spalting. Radioaktiviteten i en prøve bestemmes derfor ved at NaI-detektoren teller opp alle kjerne-spaltinger som opptrer i et testobjekt i løpet av en kjent tid og deretter dividerer med tiden.

Skal bequerelltallet ha noen mening, må det referere seg til et areal, et volum eller en vektenhet. Radioaktiviteten i et bunnsediment angis i Bq/kvadratmeter. Radioaktiviteten i sjøvann angis i Bq/ kubikkmeter. Radioaktiviteten i en organisme angis i Bq/kg kroppsvev.

Under radioaktive spaltinger skapes et stort antall ustabile isotoper av kjente grunnstoff. Disse isotopene vil etter en tid gjennomgå nye spaltinger og derved skape ennå flere radioaktive stoffer.

I praksis er det derfor umulig å lage et eget måleprogram for hvert enkelt av de mulige radioaktive materialer.

Forenklinger må til.

I dagligtalen bruker vi ofte ordspråket «Ingen røk uten ild». Det tilsvarende ordspråket for atommiljøforskerne er "Ingen radioaktivitet uten cesium 137". Cesium 137 er nemlig "gjengangeren" i alle kjernereaksjoner. Hver gang man kommer over et radioaktivt ut-

slipp, oppdages det alltid rikelig med cesium-137.

Havforskningsinstituttets overvåkingsstrategi for radioaktivitet går derfor ut på å først måle konsentrasjonen av cesium-137. Dersom konsentrasjonen av denne isotopen ligger over eller nær opp til angitte faregrenser, setter instituttet i gang et utvidet måleprogram som også identifiserer konsentrasjonen av andre radioaktive elementer. Dette utføres i samarbeid med andre norske institusjoner.

Etter atomvåpensprengningene i atmosfæren over Barentshavet i 50- og 60-årene viste Havforskningsinstituttets målinger at radioaktiviteten i torsk og hyse næmnet seg rundt 70 Bq/kg. fisk. Da våpensprengningene om sider tok slutt, sank radioaktiviteten igjen.

Fig.2.1.3-1 illustrerer hvordan radioaktiviteten i konsumfisk fra Barentshavet varierte mellom 1961 og 1967. Prøver tatt i 1992 viser gjennomgående mindre enn 10 Bq/kg. fisk. Dette tilsvarer langt mindre enn den naturlige bakgrunnstrålingen som alle mennesker utsettes for på land. Det er viktig å minne om at radioaktiv bakgrunnsstråling egentlig er like naturlig for menneskene som sollys. Menneskekroppen stråler naturlig ut ca. 100 Bq/kg kroppsvekt. Et menneske på 70 kg. representerer derfor en naturlig strålingskilde på ca 7000 Bq. Det er strålekilder som er vesentlig mer intense enn den naturlige bakgrunnstrålingen vi først og fremst frykter. Radioaktivt sett er fisken fra Barentshavet derfor helt ufarlig. Selv om det for tiden ikke kan påvises i fisken, er det likevel et ube-

hagelig faktum at det stadig slippes radioaktivt materiale ut i Barentshavet. Instituttets forskere arbeider nå med å kartlegge hvor utslippet blir av. Oppløses det meste i sjøen, felles det ut i bunnsedimenter eller absorberes det av organismer?

I juni 1991 deltok instituttet på et tokt med det russiske havforskningsfartøyet "Akademik Boris Petrov". Under dette toktet målte deltakerne først og fremst konsentrasjonen av cesium-137 i overflatevannet. *Fig. 2.1.3-2* viser resultatet. På bakgrunn av alle meldingene om radioaktivt utslipp i Barentshavet er det overraskende å konstatere at Østersjøen og Nordsjøen faktisk er mer radioaktive enn Barentshavet.

I august-september 1992 ble det gjort en felles norsk-russisk ekspedisjon til Karahavet som ligger øst for Novaja Semjla med sikte på å ta vann og sedimentprøver fra lokaliteter nær kjente dumpsteder. På grunn av militære restriksjoner ble antall prøver færre enn planlagt. De vann og sedimentprøver som nå er analysert fra toktet viser imidlertid ingen foruroligende verdier. *Fig. 2.1.3-3* gir en oversikt over den til nå "kjente" radioaktivitet en i Barentshavområdet. Det har sannsynligvis vært dumpet radioaktivt avfall her helt siden 1960. De sorte sirkelene indikerer målte konsentrasjoner av cesium 137 bunnsedimentene. I spesielt belastede områder finner vi opp til 100 Bq/m².

Det generelle bildet er likevel at både sedimentene, havet og organismene i Barentshavet fremdeles oppviser lav radioaktivitet. Det er ikke radio-

aktiviteten, men de naturfremmede miljøgiftene som nå gir størst grunn til bekymring.

Miljøgifter i Barentshavet

Alt liv i Barentshavet inneholder spor av organiske miljøgifter. Plantevernmidlet DDT og industrikjemikaliet PCB er typiske eksempler på stoffer som kan påvises overalt. Mange av de mest kjente miljøgiftene er nesten ikke nedbrytbare, og de har en sterk tendens til å konsentrere seg opp i de marine næringskjeder. Stoffene kan redusere dyrenes reproduksjonsevne, skade deres nervesystem og svekke immunforsvaret.

De høyeste konsentrasjoner av miljøgifter finner vi i fettvevet til dyr øverst i næringskjeden som f.eks. hos sel og isbjørn. Fett er en helt sentral næringsreserve for alle organismer som lever i arktiske strøk. Når energibehovet er stort, som f.eks. under overvintring og i die/hekkeperiodene forbrukes fett. Da kan de anrikete giftstoffene slippes ut i kroppen på kort tid og gi forgiftningssymptomer.

Tabellen under gir en del midlere verdier for innholdet av PCB i fett fra dyr i Barentshavet, Svalbard og Bjørnøya.

Verdiene er i mg/kg fett:

TORSK	0.7
SEL	3.0
SPERMASETHVAL	5.0
POLARMAKE	10.0
ISBJØRN	20.0

I fisk akkumuleres miljøgiftene først og fremst i leveren. Menneskene spiser hovedsakelig fiskens muskelvev som har et mye lavere nivå av naturfremmede stoffer enn f.eks. fiskens lever. Konsum av fisk fra nordområdene utgjør derfor ingen helserisiko. Tvert imot. Fisk er fremdeles sunt!

Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP)

Uroen for effekten av forurensninger i nordområdene deles av alle land som har interesser i nordområdene.

På en ministerkonferanse i Rovaniemi i Finland i juni 1991 ble det vedtatt å starte et internasjonalt program for å kartlegge i hvilken grad de arktiske områdene blir påvirket av langtransportert og lokal forurensning. Programmet tar sikte på å undersøke atmosfæren, landjorda, ferskvann, elver og det marine miljøet i Arktis. Deltakere er Canada, Danmark, Finland, Island, Norge, Russland, Sverige og USA.

Havforskningsinstituttet er valgt til internasjonal koordinator for den delen av undersøkelsene som gjelder det marine miljøet.

I gode trekk har undersøkelsene til mål å:

- *Identifisere omfanget av forurensninger i Arktis.*
- *Finne de viktigste kildene til forurensning.*
- *Bestemme hvilke negative effekter den påviste forurensning kan medføre for miljø og menneske.*

Under gjennomføringen av programmet vil deltakerne gjøre systematisk bruk av eksisterende kunnskap samtidig som de vil initiere basisforsk-

ning på områder der kunnskapene er spesielt mangelfulle.

Basisforskningen vil særlig gå ut på å kvantifisere nivået av tungmetaller, radionukleider, olje og organiske miljøgifter i vann, sedimenter og biota. Resultatene av arbeidet offentliggjøres i en "*Quality Status Report*" (QSR) i 1996.

2.2 Norskehavet

Tendens til litt synkende saltholdighet og temperatur

Norskehavet, Grønlandshavet og Islandshavet omfatter hele det dype havområdet mellom Grønland i vest, og Norge og Svalbard i øst. Her dekker Grønlandshavet området mellom Jan Mayen, Grønland og Svalbard, mens området mellom Island, Grønland og Jan Mayen danner Islandhavet. Begge har grense mot Norskehavet i øst. Den geografiske grensen går langs en linje fra østkysten av Island til Jan Mayen og videre fra Jan Mayen til Sørkapp på Svalbard. Mot sør er området avgrenset mot Atlanterhavet av den undersjøiske fjellryggen som strekker seg fra Skottland til Grønland og som danner plattform for både Færøyene og Island. "De nordiske hav" blir nå ofte benyttet som navn for hele dette området.

Skottland-Grønlandryggen gjør at de dype bassengene i De nordiske hav blir avstengt fra Atlanterhavet. Disse bassengene er derfor fylt av kaldt, arktisk vann med temperatur nær +1°C. Delvis dannes dette vannet i Grønlandshavet ved avkjøling om vinteren, og delvis strømmes det inn fra Polhavet. I Grønlandshavet og det meste av Is-

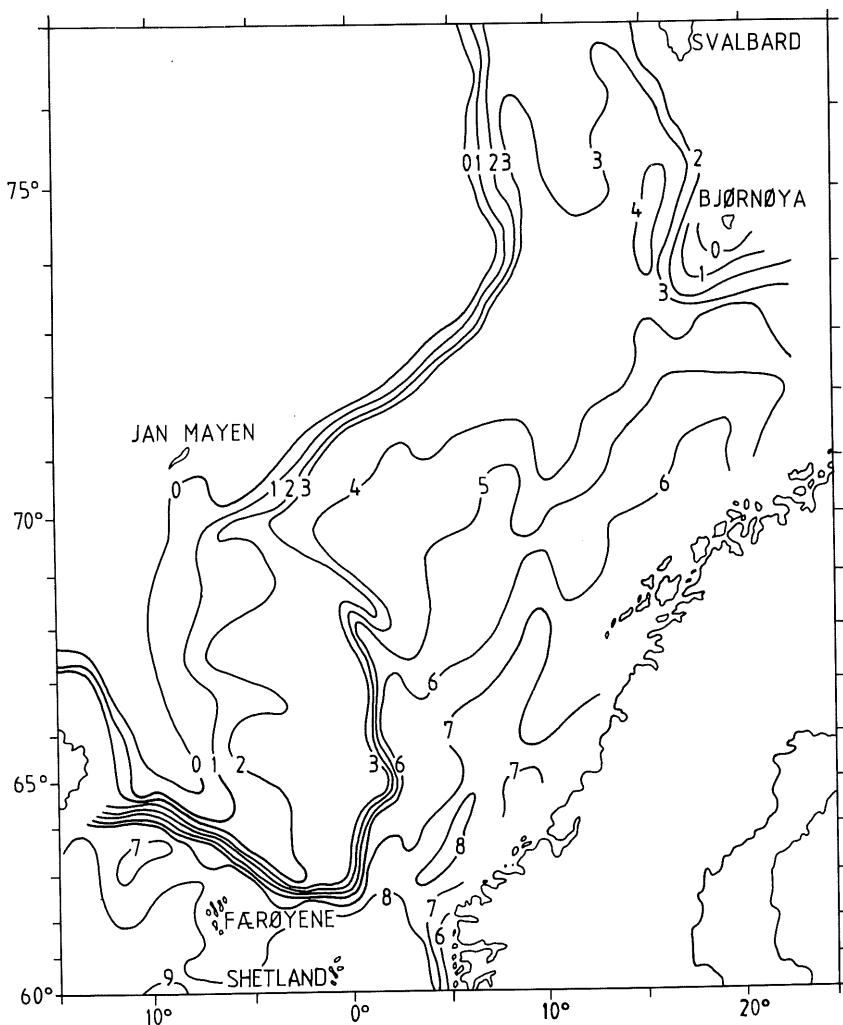


Fig. 2.2-1 Norskehavets temperaturfordeling i 200 m dyp om sommeren. Nord for 70°N er kartet basert på observasjoner fra august 1981, mens den sørtigste delen av kartet bygger på data fra august 1984.

landshavet ligger det kaldt, arktisk vann også i de øvre lagene, men om sommeren blir et tynt lag i overflaten litt oppvarmet. Dette oppvarmete laget reker sjelden dypere ned enn 30 til 40 m.

På to steder strømmer varmere vann fra Atlanterhavet inn i De nordiske hav. Det ene stedet er ved Island der det går en strøm nordover langs vestkysten som fortsetter mot øst langs nordkysten. Selv om transporten i denne strøm-

men ikke er stor, gir den likevel kystbankene ved Island forholdsvis varmt vann.

En vesentlig større mengde av varmt vann fra Atlanterhavet strømmer inn i Norskehavet i området ved Shetland og Færøyene. Under navnet "Den norske atlantehavsstrøm" fortsetter denne strømmen videre nordover gjennom Norskehavet. Den gjør at de øverste 600 til 800 m av vannsøylen der består av

forholdsvis varmt atlantehavsvann. En gren av Den norske atlantehavsstrømmen er årsak til at også store deler av Barentshavet har relativt varme vannmasser.

Grenseområdet mellom det varme vannet i Norskehavet og de arktiske vannmassene i Islandshavet og Grønlandshavet danner en front. I *Fig. 2.2-1* som viser temperaturen i 200 m dyp, kommer denne arktiske fronten klart til syne. Figuren er basert på målinger fra august 1981 og august 1984. Langs grensen mot Grønlandshavet ligger fronten langs Mohns rygg som strekker seg mot nordøst fra Jan Mayen, og den er skarpest i temperaturområdet fra ca. 0°-3°C. I den sørlige delen av Norskehavet er fronten klarest i temperaturområdet fra ca. 3°-6°C, og her kan den variere både i beliggenhet og skarphet i temperaturavgrensing. Dette beror på mektigheten i Østlandsstrømmen som fører arktisk vann fra Islandshavet mot sørøst inn i det sørlige Norskehavet, og på mektigheten av Den norske atlantehavsstrømmen som går nordover på østsiden. Når Øst-Islandsstrømmen er svak, vil fronten ligger lengre mot vest enn det som fremgår av *fig. 2.2-1*, og fronten vil heller ikke fremstå så signifikant som i figuren.

Den norske atlantehavsstrømmen er transportåren for varme inn i nordområdene. Øst-Islandsstrømmen fører kaldt, arktisk vann. Styrkeforholdet mellom disse to strømsystemene utgjør en viktig økologisk faktor i området. Det er nå velkjent at våre viktigste fiskebestander har størst vekst og mest vellykket reproduksjon når Den norske atlantehavsstrømmen fører inn mye

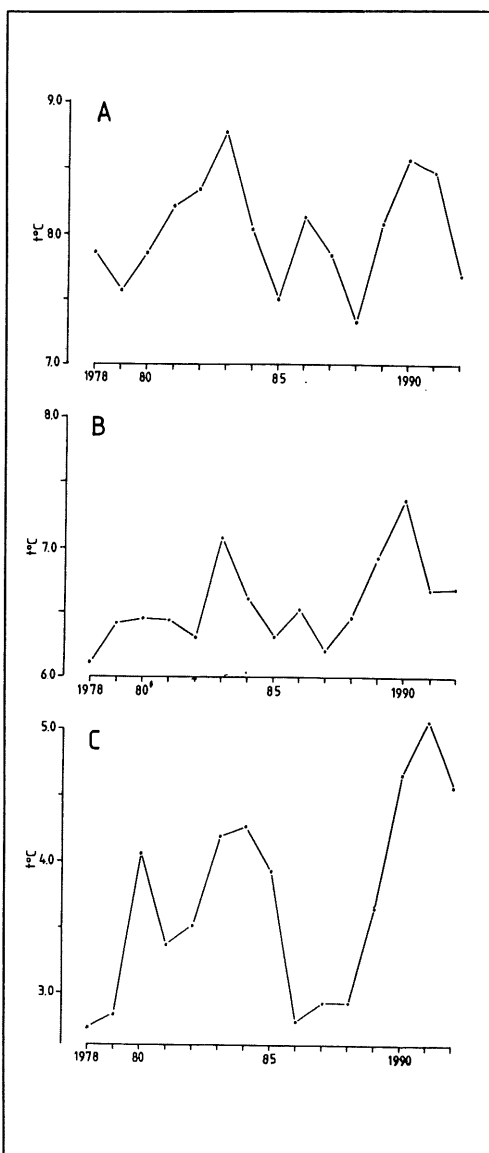


Fig. 2.2-2. Middetemperaturer av temperatur og saltholdighet mellom 50 og 200 m dyp, gjennom kjernen av atlantisk vann i snittene A) Sørkapp-V, B) Gimsøy-NV og C) Svinøy-NV.

varme. De viktige fysiske miljøfaktorene temperatur og saltholdighet har derfor vært

målt regelmessig over en årrekke i flere standardsnitt. *Fig. 2.2-2* viser temperatur og saltholdighet i kjernen av Atlanterhavsvannet langs snittene Sørkapp-V, Gimsøy-NV og Svinøy-NV. Kurvene er utarbeidet på grunnlag av regelmessige observasjoner som er tatt siden 1978 i perioden fra slutten av juli til begynnelsen av september. Tallverdiene som er oppgitt, er bestemt ved å midle mellom 50 og 200 m dyp langs den strekningen avsnittene som dekker kjernen av Atlanterhavsvannet. Figuren viser tydelige svingninger i temperatur og saltholdighet for alle snittene. Vi ser tydelig at en kald periode gjorde seg gjeldende i hele strømsystemet i slutten av 1970-årene. Varmere perioder rundt 1983 og 1990 trer også klart fram i alle tre snittene. Disse periodene falt begge sammen med store årsklasser av flere viktige fiskebestander. Etter varmeperioden rundt 1990 er situasjonen nå preget av fallende verdier for både temperatur og saltholdighet.

Temperaturen i nord er høy. Likevel viser de lave verdiene i både temperatur og saltholdighet i Svinøy-avsnittet (*fig.2.2-2 C*) at Atlanterhavstrømmen nå fører vannmasser med forholdsvis lavt varmeinnhold inn i Norskehavet. Selv om det ennå ikke er vitenskapelig bekreftet, er det derfor sannsynlig at varmetransporten inn i Norskehavet nå er redusert. Transportert varmemengde er et produkt av vannets temperatur og det transporterte vannvolum. Sikrere bestemmelser av varmetransporten inn i Norskehavet krever derfor omfattende og regelmessige strøm-målinger i tillegg til de viste temperaturmålingene.

Gjennom den varme perioden i 1990-1991 ble det produsert store årsklasser av både torsk og sild. Dersom vi får en kaldere periode gjennom de nærmeste kommende år, vil fiskebestandene sannsynligvis reagere med både redusert rekruttering og svakere vekst.

2.3. Nordsjøen - Skagerrak

2.3.1 Fysisk klima

- *Høye bunntemperaturer i Nordsjøen.*
- *Sterk utskiftning av bunnvannmassene i Skagerrak.*

Om vinteren blir vannmassene i de grunne områdene i Nordsjøen fullstendig gjennomblandet slik at de får omtrent samme temperatur fra overflaten til bunnen. Om sommeren blir de øverste 20-40 meterne oppvarmet slik at temperaturen da blir høyere nær overflaten enn nær bunnen. Den lokale saltholdigheten avgjøres av strømforholdene, som på sin side påvirkes av både vind og av endringer i tilført Atlanterhavsvann, elvevann og brakkevann fra Østersjøen.

For de norske havområdene som helhet domineres klimaet først og fremst av den mektige Atlanterhavstrømmen. Skiftninger i Atlanterhavsvannets sammensetning og mektighet vil ganske raskt føre til forandringer i klimaet som helhet.

Det meste av Atlanterhavsvannet strømmer inn i Norsjøen og Skagerrak langs vestskråningen av Norskerenna på 50-200 meters dyp. Mindre strøm-

grener som kommer inn i området ved Shetland fører atlantehavsvann sørover mot de vestlige deler av Nordsjøen. Deler av innstrømmingen styres østover tvers over Nordsjøen nær 58°N av bunntopografien (Dooleystrømmen). I tillegg kommer en del atlantehavsvann inn gjennom Den Engelske Kanal.

Fig. 2.3.1-1A viser tidsserier av sommersaltholdighet og sommertemperatur nær bunnen i nordvestlige del av Nordsjøen (se også fig. 1).

Disse målingene antas å representere variasjoner fra foregående vintre i den vestlige delen av det innstrømmende atlantehavsvannet, innblandet med litt ferskere overflatevann. På samme figur (Fig. 2.3.1-1 B) vises tilsvarende målinger fra en stasjon på

vestskråningen av Norskerenna i kjerren av det atlantiske vannet. I gjennomsnitt er temperaturen på vestskråningen 1-2°C kaldere, mens saltholdigheten er 0.1 promille lavere.

Saltholdighetsminimumet i 1976 faller noenlunde sammen i tid med det velkjente "Mid 1970's Anomaly" som ble observert bl.a. i Færøy-Shetland (F-S)-kanalen. Dette kan tyde på en meget rask vannmasseforplantning fra Færøy-Shetland-kanalen til den nordlige Nordsjøen. Betrakter vi en større integrert del av Nordsjøen, observeres imidlertid den maksimale effekt av anomalien først i 1978. Dette tyder på at vi står overfor prosesser med klart adskilte tidsskalaer. Mens den raske responsen samsvarer med observerte forflytnings-hastigheter av fiskeegg og -larver, pas-

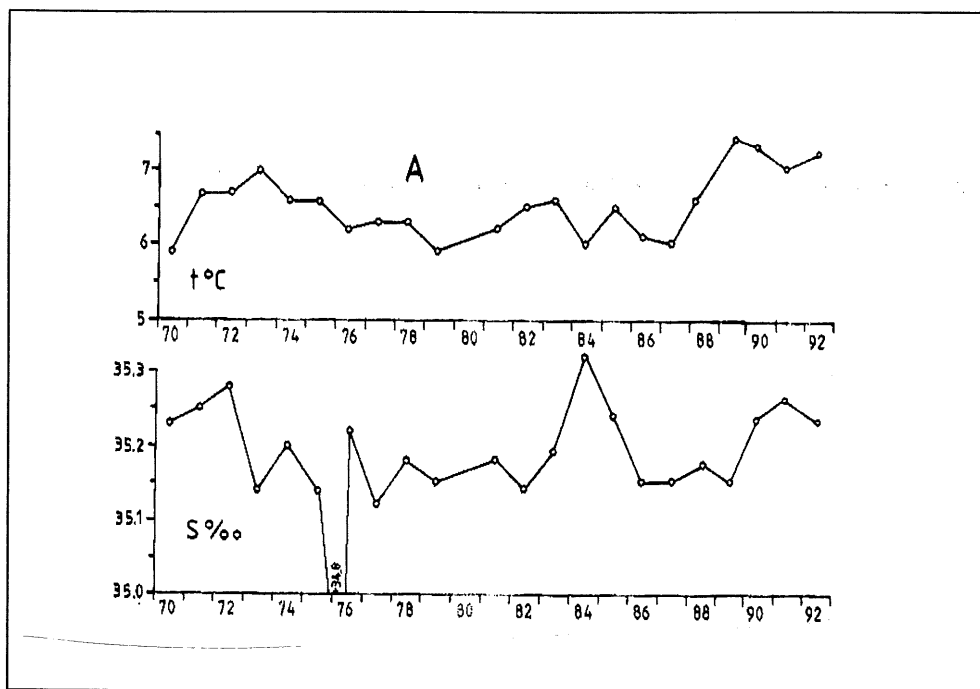


Fig. 2.3.1-1A Sommersaltholdighet og sommertemperatur nær bunnen i nordvestlige del av Nordsjøen gjennom årene 1970-1992.

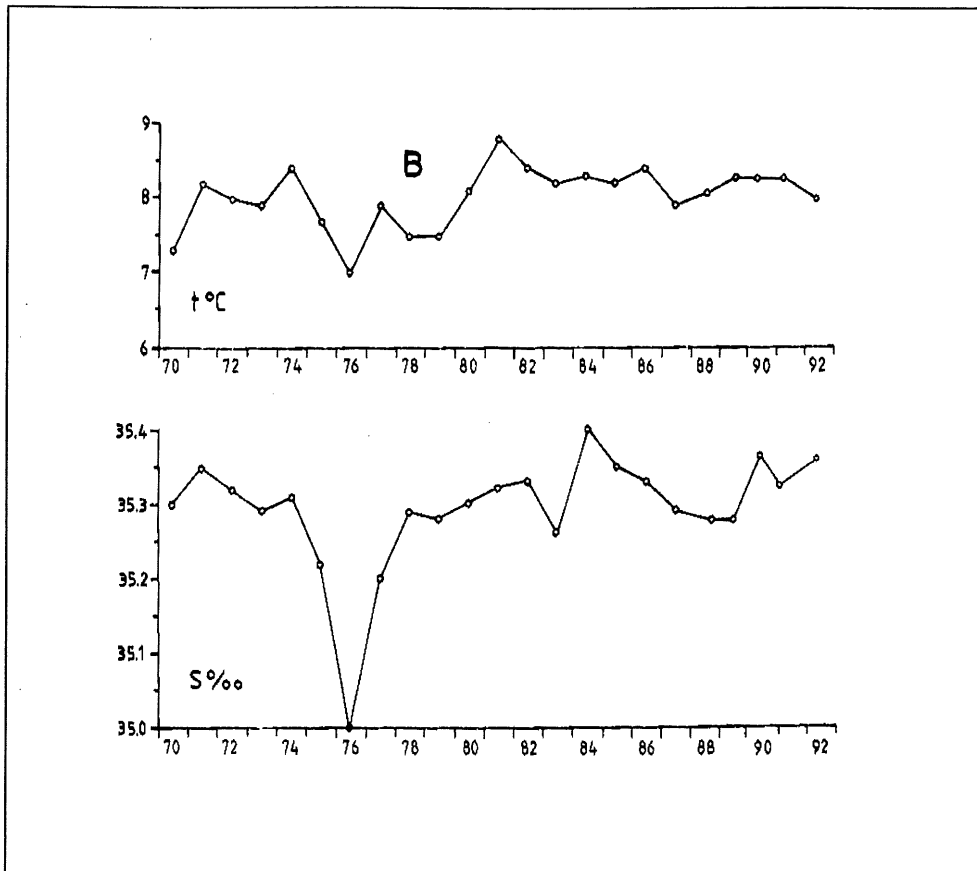


Fig. 2.3.1-1B Sommersaltholdighet og sommertemperatur i kjernen av det atlantiske vannet langs vestskråningen av Norskerenna gjennom årene 1970 - 1992.

ser den langsommere og mer stor-skalapregete reaksjonen best til de observerte forflytningshastigheter for radionukleider.

I 1984 ble det oppdaget et saltmaksimum både i øst og vest samtidig (fig. 2.3.1-1). Dette samsvarer med saltholdighetsvariasjoner i havområdene lengre nord, og det markerte is-minimum i Barentshavet samme år. Åpenbart opplevde vi et ekstremt maksimum—av—innstrømmet atlantehavsvann til norske farvann i 1983-84. Todimensjonale transportmodeller

som siden er kjørt på datamaskiner, tyder på det samme.

Av fig. 2.3.1-1 fremgår det at temperaturen i bunnvannet i 1989, -90, -91 og -92 var ekstremt høy i den sentrale nordlige del av Nordsjøen. Maksimaltemperaturene kom i 1989-90. De ble også observert i store deler av vannmassene i Nordsjøen og Skagerrak, men ikke spesielt i kjernen av Atlanterhavsstrømmen. Temperaturtoppen skyldes derfor de ekstremt milde vintrene disse fire årene (spesielt i 1990) kombinert med maksimalt sky-

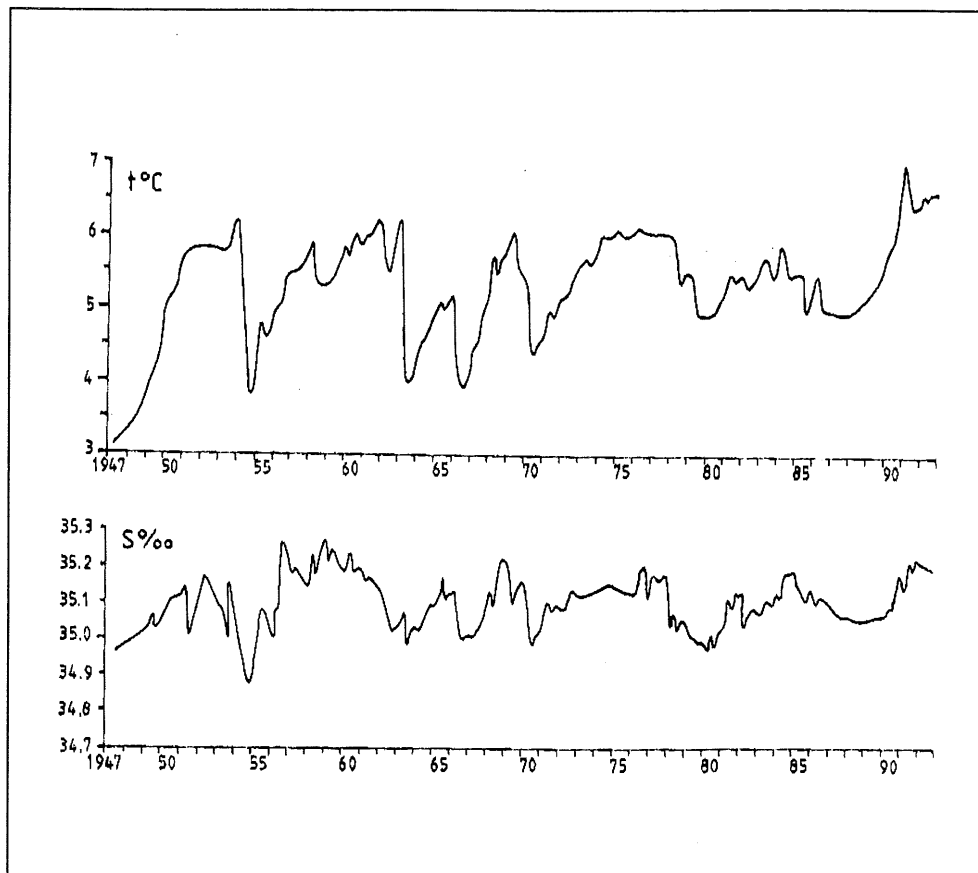


Fig. 2.3.1-2 Variasjoner i temperatur og saltholdighet i bunnvannet (600 m dyp) i Skagerrak, posisjon 58°08'N, 09°11'Ø, for årene 1947-1992.

dekke som ga minst mulig netto varmetap til atmosfæren.

Det er interessant at temperaturene rundt 1990, bortsett fra i overflatelaget, i store deler av Nordsjøen og Skagerrak var de varmeste som er blitt målt i de siste 50 år, og sannsynligvis varmeste i de siste 120 år. Fig. 2.3.1-2 viser tidsserier av temperatur og saltholdighet i dypbassenget i Skagerrak. Sammenfallende maksima og minima tyder på at dypvannmassene skiftes ut gjennom flere ulike mekanismer. Det oppstod spesi-

elt en markert utskiftning av vannmasser i 1990-91. Temperaturen var samtidig den høyeste som er observert i denne 45-års-perioden.

De daglige temperaturmålinger fra overflatevannet ved Torungen fyr utenfor Arendal i perioden 1870-1992 (fig. 2.3.1-3) viser tydelig effekten av de fire siste års ekstremt milde vintre.

Målinger under SKAGEX-prosjektet (med bl.a. Akustisk dopplerstrøm-måler) og nye numeriske modellkjøringer viser at det også skjer utveksling av vannmasser mellom Nord-

sjøen og Skagerrak via innstrømning av atlantehavsvann. Denne innstrømningen støter sammen med andre vannmasser fra sydlige del av Nordsjøen nordvest for Hanstholmen (Danmark). Sannsynligvis virker innstrømningen av atlantehavsvann som en styringsmekanisme overfor konkurrerende vannmasser som prøver å trenge inn i Skagerrak. En slik styringseffekt kan være hovedårsaken til at Jyllandsstrømmen med næringsrikt og forurenset vann fra Tyske-

bukta ofte stopper opp sør for Hanstholmen. En tilsvarende styringsmekanisme virker på den norske kyststrøm som ved sterke nordvestlige vinder kan tvinges helt over til Danskekysten nær Hanstholmen i kombinasjon med store omveltninger i vannmassene nær Lista.

Vannmassene som dekker området sør for Doggerbank og nordover vest av Danmark og Jyllandsstrømmen er også viktige for helhetsbildet. Dette vannet opptrer hver høst

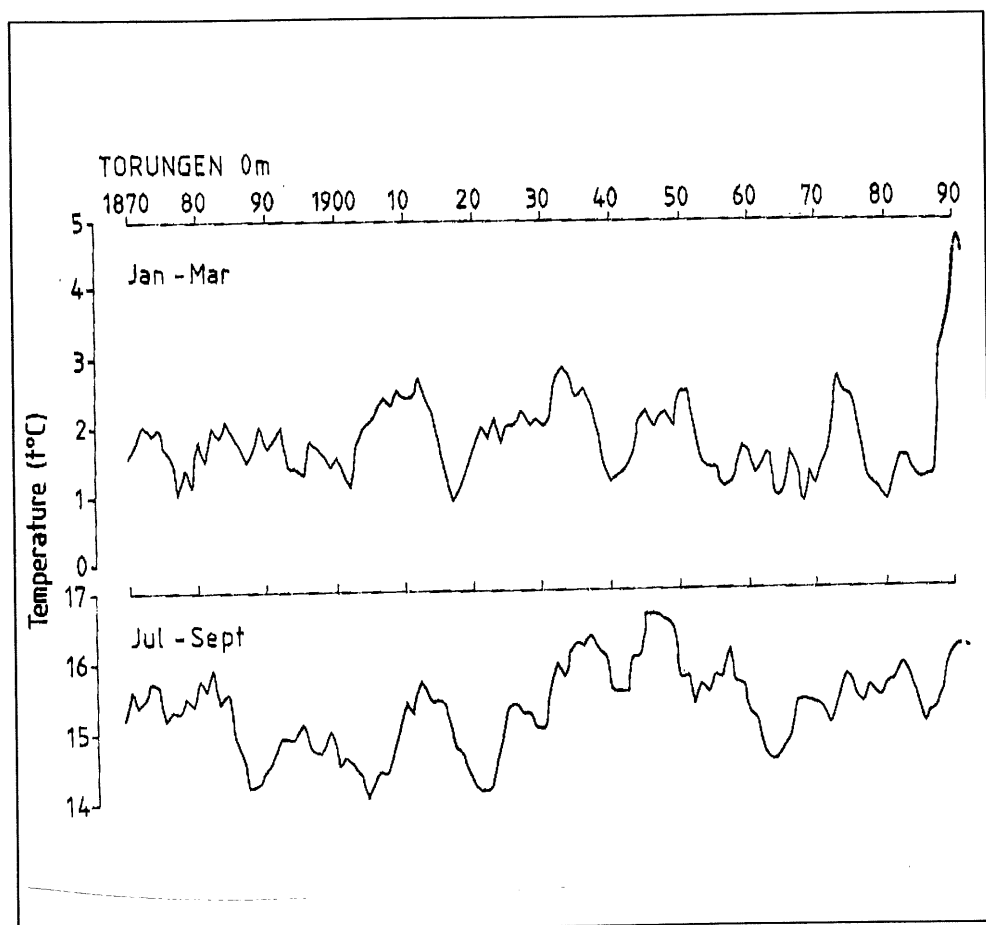


Fig. 2.3.1-3 Variasjoner (5 års glidende middel) i overflatetemperaturen ved Torungen fyr i perioden 1870-1990.

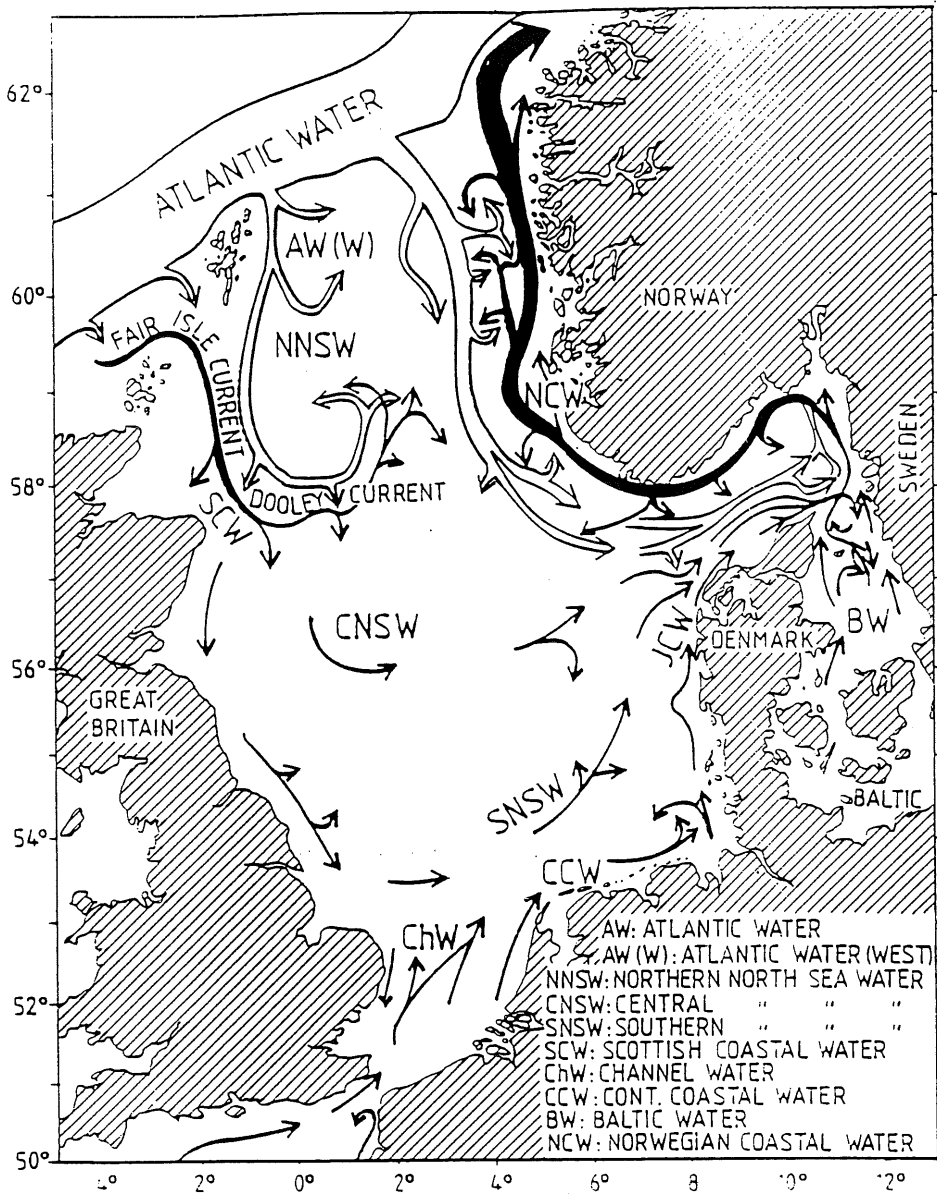


Fig. 2.3.1-4 Skisse av typisk sirkulasjon (og transport av vannmasser) i Nordsjøen. Piltykkene indikerer transportens relative størrelse.

med svært lave nærings saltverdier og relativt høytemperatur, og det kan spores langt innover i Skagerrak. Antakelig kommer hovedmengden av

dette vannet inn gjennom Den Engelske Kanal, og det har sannsynligvis større betydning for sirkulasjonen enn hva oseanografene tidligere har

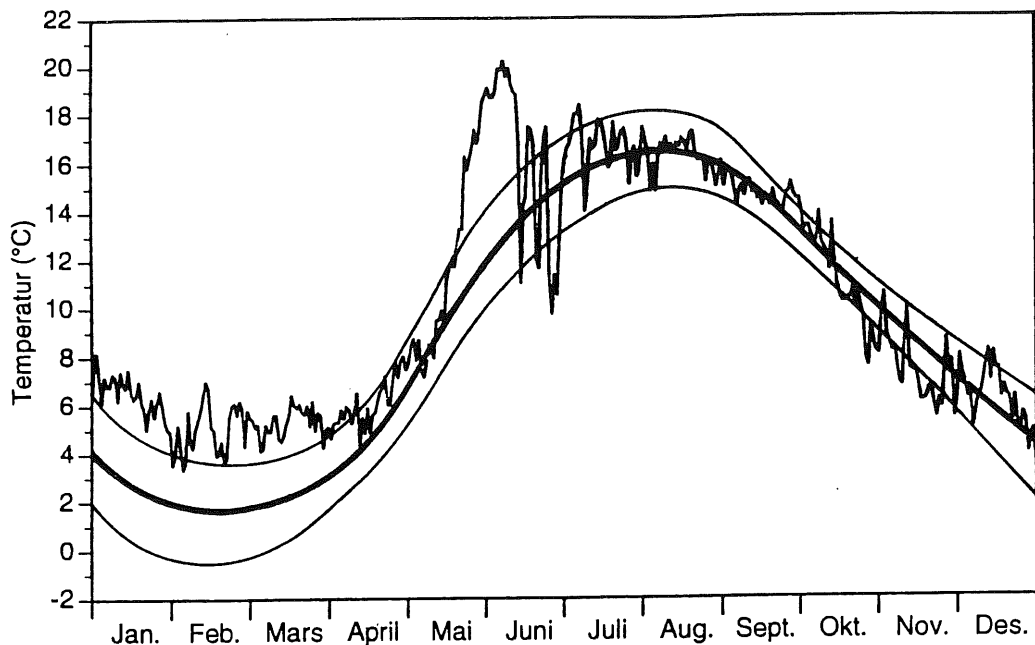


Fig. 2.3.2-1. Glattet middeltemperatur i 1 m dyp i Flødevigen for 30-årsperioden 1961-1990 er vist med tykk strek. De tynne linjene viser standardavviket, og den hakkede kurven viser daglige temperaturer på 1 m dyp i Flødevigen gjennom 1992.

vært klar over.

Tidligere antatte sirkulasjonsmønstre og ny informasjon fra flere nasjonale og internasjonale undersøkelser og numeriske modellsimuleringer, er kombinert i *fig. 2.3.1-4*. Det viste sirkulasjonsmønsteret i *fig. 2.3.1-4* er mer typisk for sommer- enn for vinter-sesongen siden vinden er sterkere og mer variabel om vinteren. Korttidsvariabiliteten i dette systemet kan være flere hundre prosent. (Dette betyr at strømmen over korte perioder kan skifte retning 180°.)

2.3.2 Miljøforhold i Skagerrak

- Vestlige vinder ga høye vinter-temperaturer.
- God oksygenmetning.
- Mye nitrat ved vestkysten av Danmark.
- Algetoksiner skapte vansker for skjell-næringen.

I 1992 opplevde Skagerrak på nytt en mild vinter. For femte år på rad lå overflatetemperaturen fra januar til midten av april 2-4°C høyere enn middeltemperaturen for den tilsvarende perioden i årene 1961-1990 (*fig. 2.3.2-1*). Fra slutten av april og frem til midt i mai var overflate-temperaturen normal for årstiden. I månedsskiftet mai-juni steg derimot temperaturen til rekordhøyder. Den 29.mai ble det registrert 17.4°C.

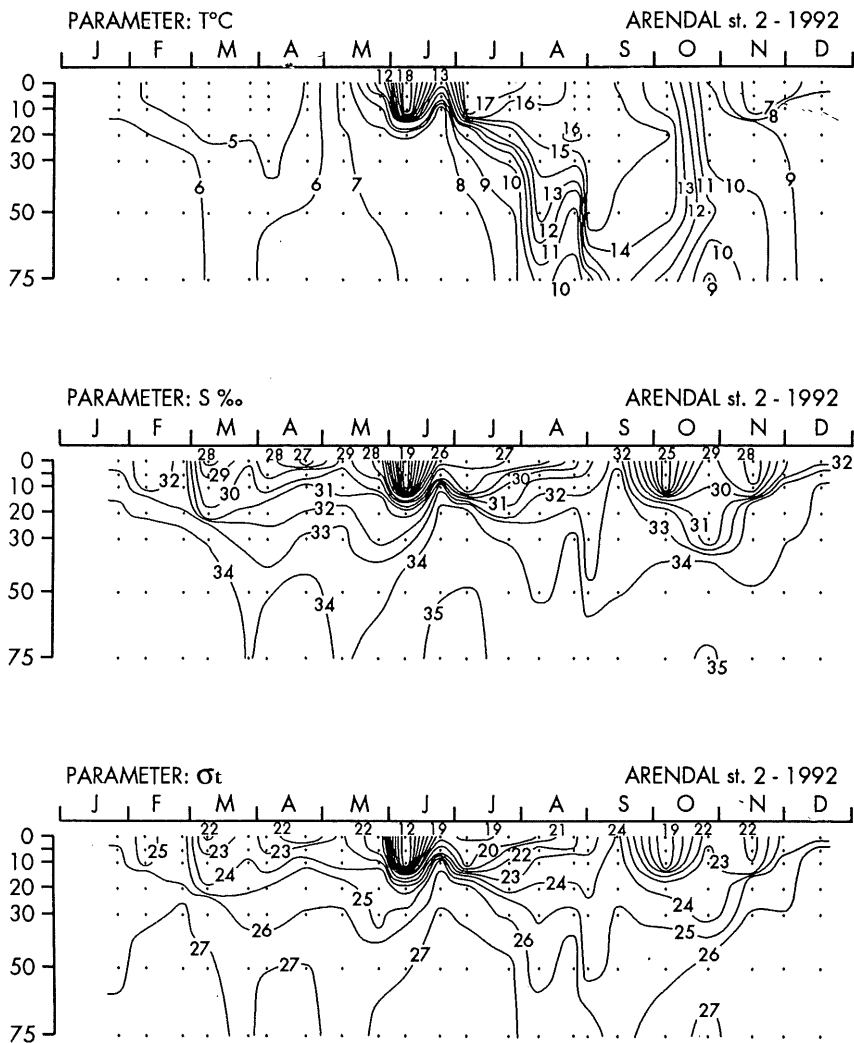


Fig. 2.3.2-2. Årsisopleter for temperatur, saltholdighet og tetthet for en stasjon 1 nautisk mil utenfor Torungen ved Arendal.

Den 9. juni målte man hele 20.0° C. Deretter avtok temperaturen til rundt det normale for resten av sommeren helt frem til begynnelsen oktober. I oktober og november holdt det seg forholdsvis kaldt for årstiden, mens desember opplevde en kortvarig varmeperiode før året ebbet ut med ganske normale temperatur i overflaten av

Flødevigen.

Figur 2.3.2-2 viser årsisopleter for temperatur, saltholdighet og tetthet for en stasjon 1 nautisk mil utenfor Torungen fyr ved Arendal. Figuren er stort sett representativ for kyststrømmen langs Sørlandet.

De høye overflatetemperaturene gjennom vinteren skyldtes dominans av

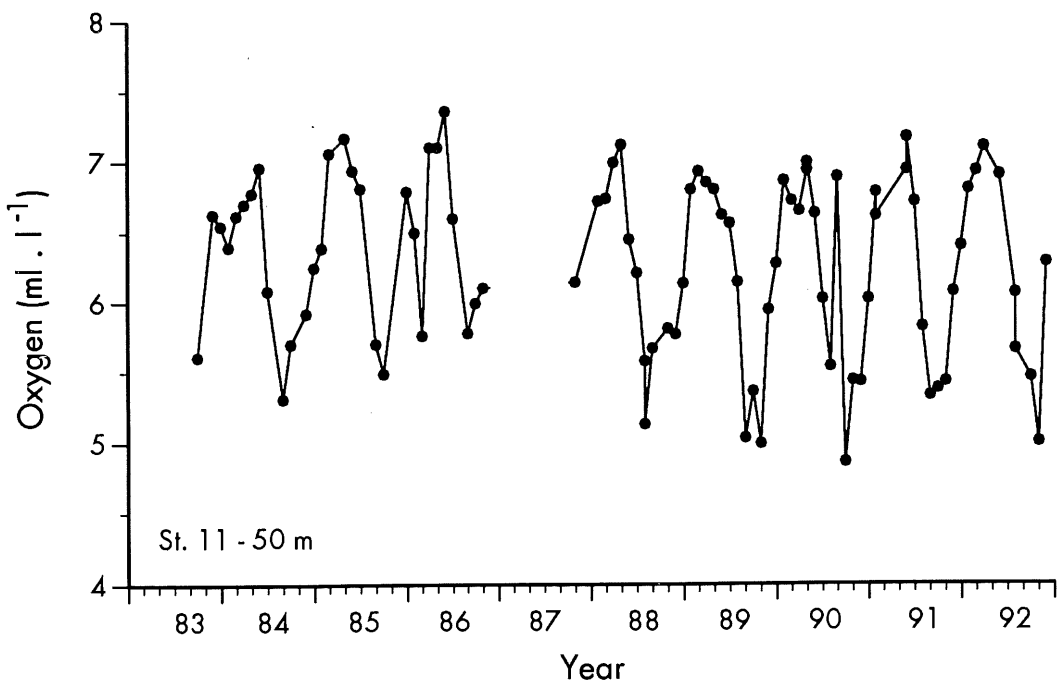


Fig. 2.3.2-3 Oksygenforholdene på 50 m dyp i Skagerrak på en stasjon ca. 6 nautiske mil nordfor Hirtshals i perioden 1983-1992.

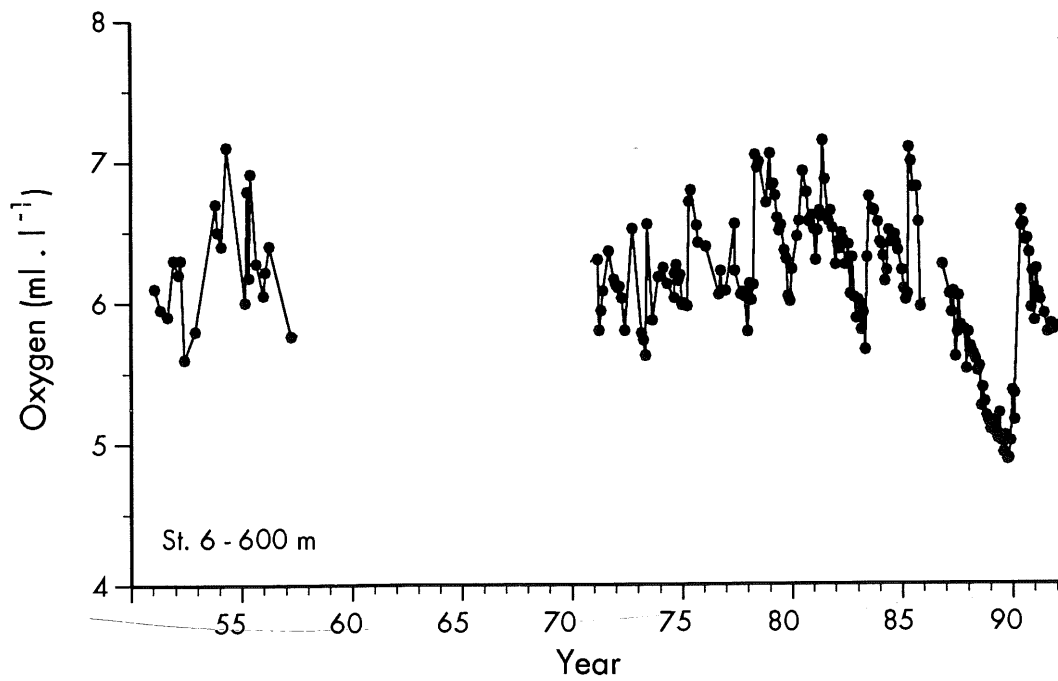


Fig. 2.3.2-4 Oksygenforholdene på 600 m dyp i Skagerrak fra tidlig på 50-tallet og frem til i dag.

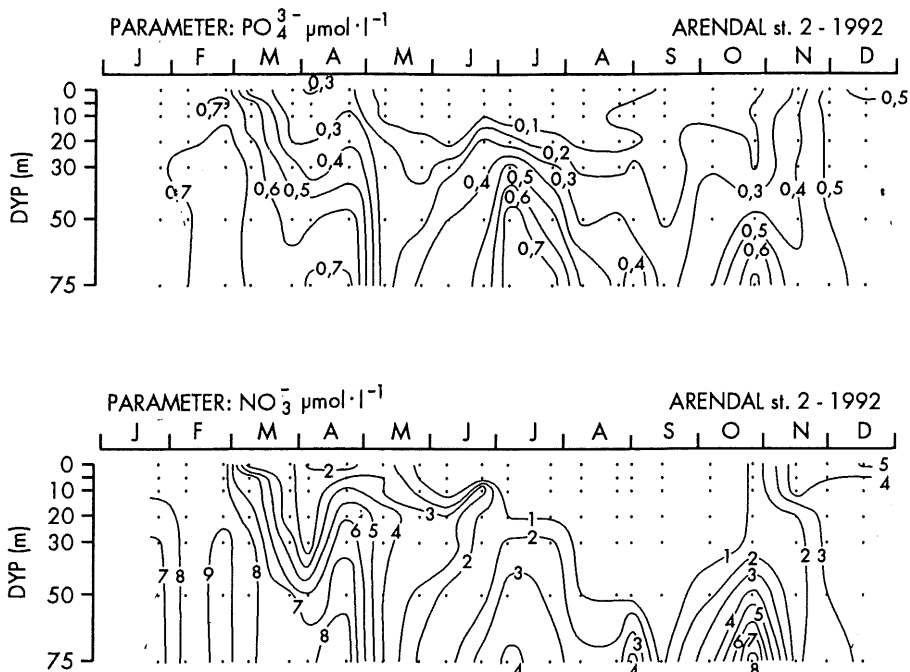


Fig. 2.3.3-5. Variasjon i konsentrasjonen av næringssaltene fosfat og nitrat i de øvre 75 m 1 nautisk mil utenfor Torungen fyr ved Arendal i 1992.

vestlige vinder. I tillegg til at vestlige vinder oftest er milde i seg selv, så bidrar de også til høy overflate-temperatur ved at de skaper oppstrømning ("upwelling") av dypere-liggende vann inne ved land. Under oppvellingsperioder blir samtidig lagdelingen av kystvannet langs Sørlandet forholdsvis svak (fig.2.3.2-2).

Tidlig i mars sank saltholdigheten noe i overflaten på grunn av noen dagers østlig vind. Samtidig økte stabiliteten i overflatelaget betydelig. Østlige vinder øker kyststrømmens hastighetskomponent mot vest slik at mer vann presses mot land. Salt dypvann som drives mot overflaten når det blåser fra vest, trykkes ned igjen, og overflatesaltholdigheten syn-

ker.

Etter et par mindre tilfelle av "upwelling" i slutten av mars og begynnelsen av mai, fikk Skagerrak i slutten av mai og begynnelsen av juni en periode med østlige vinder og rolige værforhold. Under denne perioden holdt overflatelaget seg uvanlig stabilt. I overflaten av kyststrømmen utenfor Arendal falt samtidig saltholdigheten til under 19 promille mens temperaturen steg til over 18°C. Lave saltholdigheter i Kyststrømmen skyldes i første rekke tilførsler av ferskvann fra Østersjøen. Store norske elver kan imidlertid også gi betydelige bidrag. Ferskvannstilførselen er spesielt stor i mai og juni i forbindelse med elfvelom fra snesmelting i fjellet.

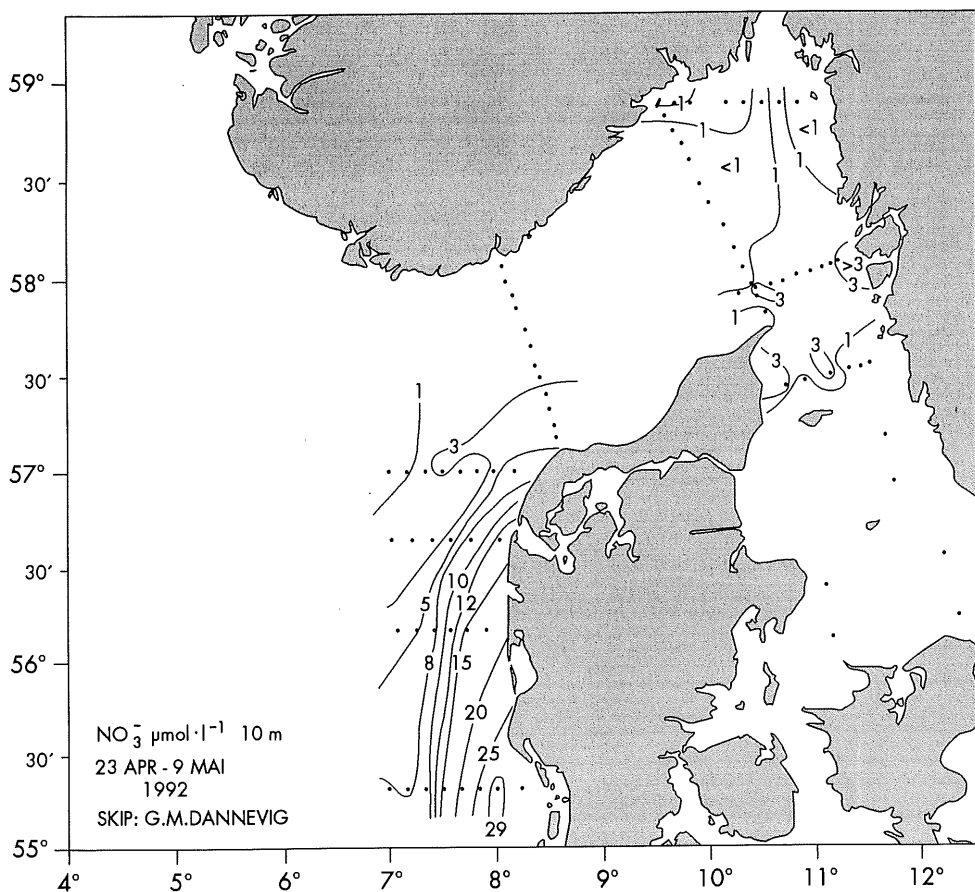


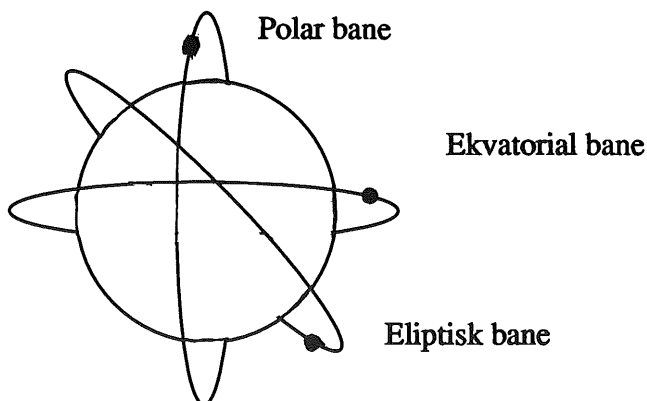
Fig.2.3.2-6. Fordelingen av nitrat i 10 m dyp på tokt i perioden 22. april-9. mai 1992.

Den stabile perioden i mai-juni ble avløst en markert "upwelling" i slutten av juni. Da ble vann med saltholdighet på mer enn 35 promille, det vil si atlantisk vann, registrert så grunt som på 50 m dyp. Denne kraftige "upwelling" ble deretter etterfulgt av en forholdsvis stabil periode inntil en større "upwelling" fant sted midt i september. Etter en periode med sterk stabilisering av overflatelaget tidlig i oktober sank stabiliteten av kyststrømmen gradvis i løpet av resten av året.

Oksygenforholdene i det åpne Ska-

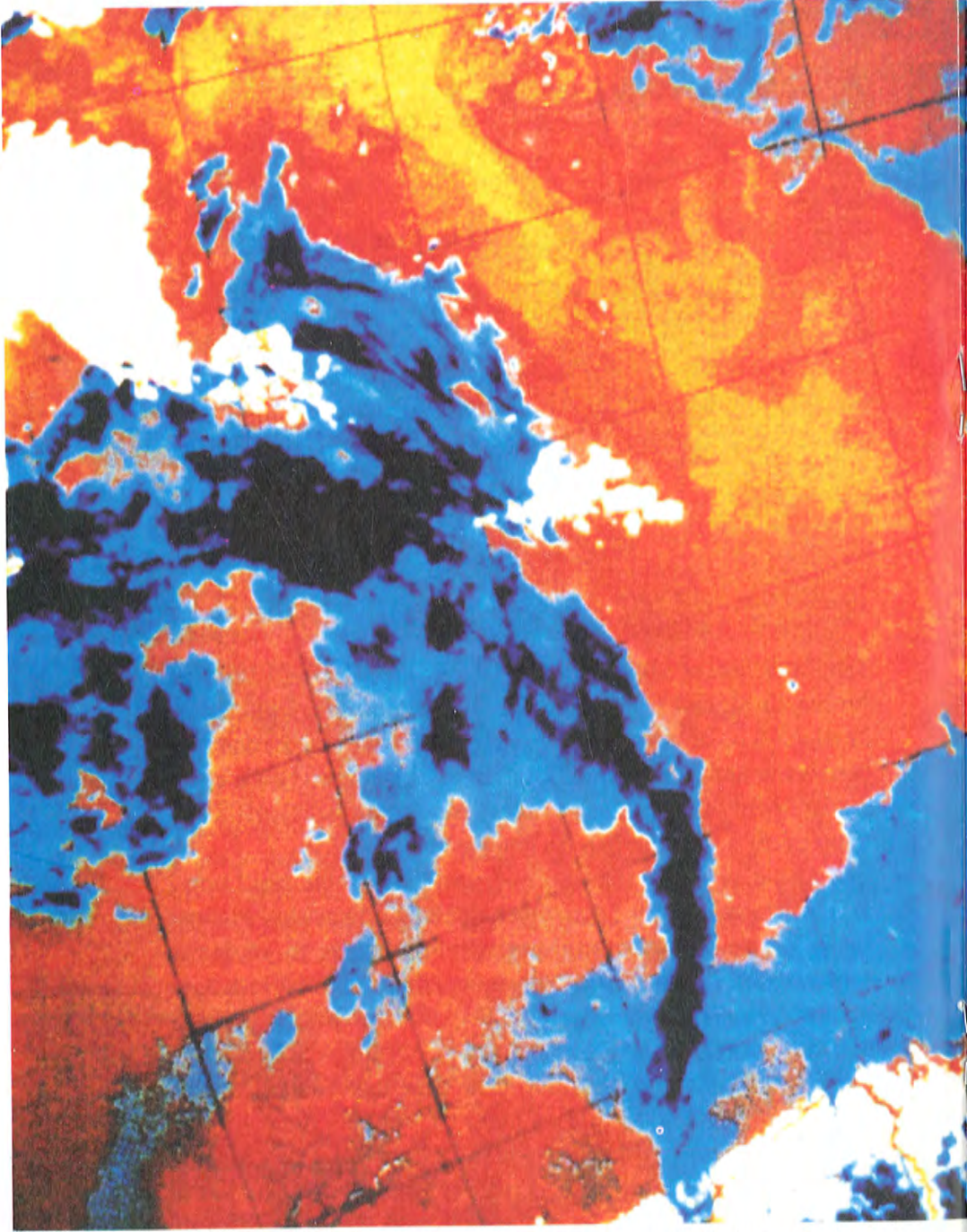
gerrak ble under størstedelen av 1992 målt på samtlige stasjoner og i alle dyp langs snittet mellom Arendal og Hirtshals. I hele Skagerrak viste målingene god oksygenmetning med bare mindre sesongmessige svingninger. De sesongmessige svingningene som ga lavest konsentrasjon av oksygen på sensommeren og høsten kommer tydelig frem av en måleserie i 50 m dyp på en stasjon ca. 6 nautiske mil nord for Hirtshals (Fig.2.3.2-3). Svingningene i vannets innhold av oppløst oksygen styres hovedsakelig av de eksisterende produksjons- og nedbrytningsforhold, tem-

MILJØOVERVÅKNING VIA SATELLITT



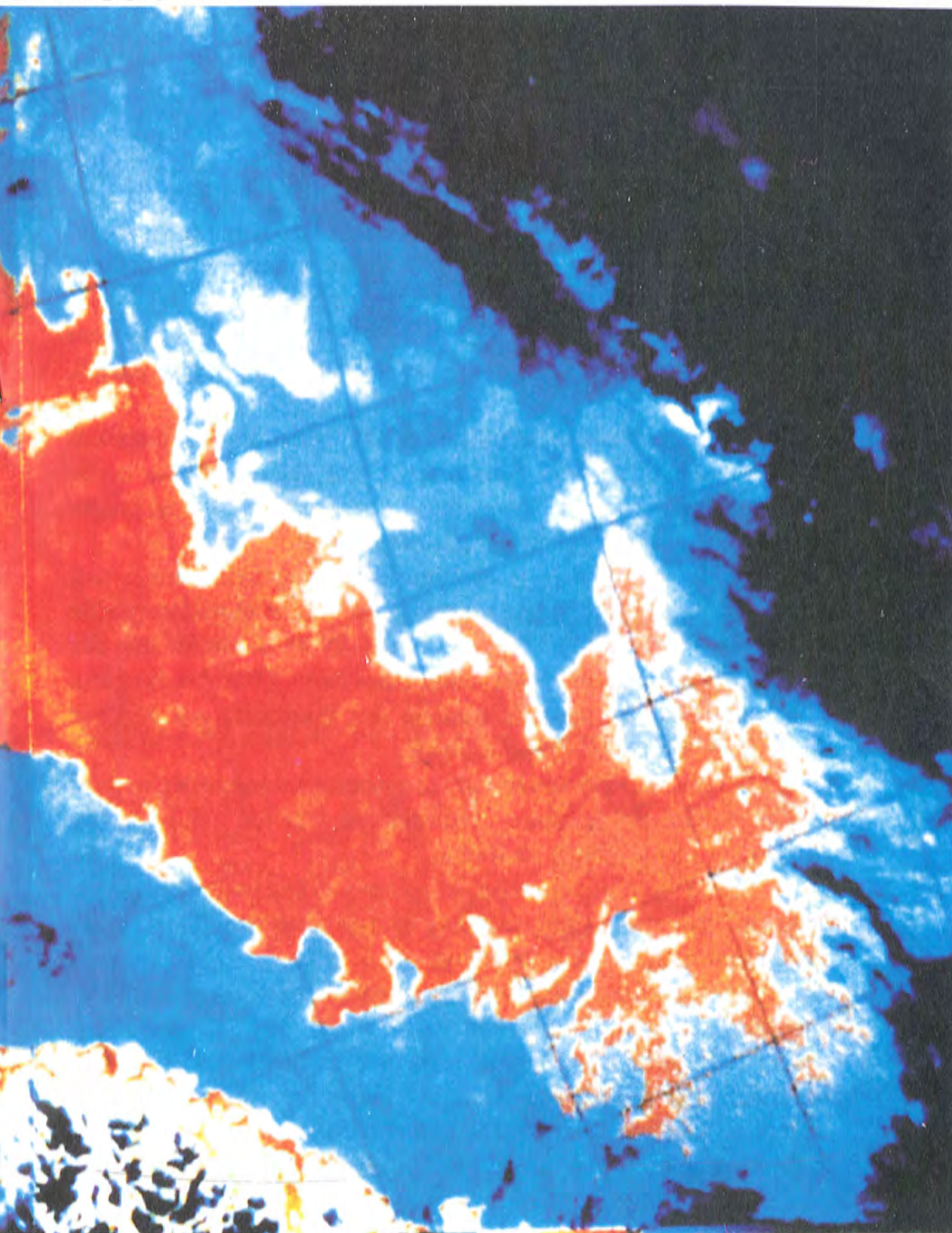
Satellitter bruker ulike baner for å overvåke det som skjer på Jorden. En Eliptisk bane muliggjør observasjoner fra forskjellige høyder. En polar bane gjør det mulig å overvåke hele jorden i det den roterer under satellitten. Dreies den polare banen et par grader oppnås en såkalt sol- synkron bane som gjør at solstrålene alltid synes å treffe jorden fra den samme vinkel.

Den første av de såkalte jordressurssatellittene ble skutt opp i 1972. Det var Landsat 1 som inneholdt en multispektral scanner (MSS) som målte energiintensiteten innen to diskrete spektralbånd (infrarødt og nær- infrarødt .) Forholdet mellom intensiteten av disse to spektralbånd gjorde det mulig å beregne den varmemengden som ble strålt ut av det fokuserte objektet. Landsat 1 ble plassert i en solsynkron bane med en høyde på ca 900 km, og den brukte 103 minutter på en runde rundt Jorden. Satellitten ble en øyeblikkelig suksess. Den oppdaget skogbranner i Alaska, den kartla øde landområder i Asia og den plukket ut



Dette bildet ble tatt av et infrarødt kamera ombord i en NOAA-6 - satellitt som passerte over området. Den infrarøde utstrålingen fra havet avspeiler sjøens overflatetemperatur. Bildet viser hvordan mengder strømmen inn mot Norskekysten gjennom åpningen mellom Shetland og Farøer fra Kyststrømmen. Siden vannet i Kyststrømmen er lettere enn det atlantiske vannet, kommer den kommende sommeren som nærmer seg fra sør. Vårsolen har også rukket å varme opp

ORDSJØEN



(Bildet er produsert av Nansensenteret.)

serte over Nordsjøen og over den sørvestlige delen av Norskehavet 14. mai 1980. domineres av det "røde" (ca. 6 grader varme) atlantehavsvannet som i enorme mengder flyter østover. Kysten av Vestlandet kjøles ned av kaldt, men ferskt og derved "lett" vann som flyter kystvannet øverst. Skagerrak er imidlertid i ferd med å varmes opp av den opp de øverste vannlagene i de vestnorske fjordene.

interessante arkeologiske områder i mellom-Amerika og i Afghanistan. Satellittene som ble skutt opp i 1980- årene inneholdt forbedrete instrumenter som muliggjorde stadig finere registreringer.

1980- årenes satellitter kunne f. eks. finne ut hva slags vegetasjon som vokste i øde områder og finne ut om om vegetasjonen i et gitt område var truet av tørke.

I 1986 skjøt Frankrike opp satellitten SPOT-1 som kunne detektere gjenstander ned til ca 10m i diameter. Dette var den første sivile satellitten med "nær militær" oppløsning. Det var SPOT-1 som bragte de første bildene fra Chernobylkatastrofen i 1986.

Et stort antall av dagens miljø satellitter er først og fremst konstruert for å overvåke og predikere været. Den første eksperimentelle vær-satellitten (TIROS 1) ble skutt opp i 1960. (TIROS står for "Television and Infrared Observation Satellite) TIROS 1 fungerte bare i noen få uker, men de dataene den formidlet om Jordens atmosfære, revolusjonerte meteorologien.

Senere TIROS-satellitter er satt inn i et system som samarbeider med russiske, franske og japanske satellitter om å holde kontinuerlig oversikt over været overalt på Jorden.

Dagens TIROS- satellitter inneholder utstyr som kan måle skydekkets egenskaper både natt og dag, samtidig som de fortløpende registrerer jordoverflatens og havets temperatur.

I dag er f. eks. ferske satellittbilder av skydekket en selvfølge i TV-værmeldingene.

Varsling av tropiske stormer er kanskje den satellittanvendelsen som i moderne tid har spart flest menneskeliv.. I tidligere tider kom tropiske stormer og flodbølger overraskende på kystbefolkningen i stormutsatte kyststrøk, og tapene av menneskeliv kunne være massiv. I dag trenger ingen å være uforberedt på en tropisk storm.

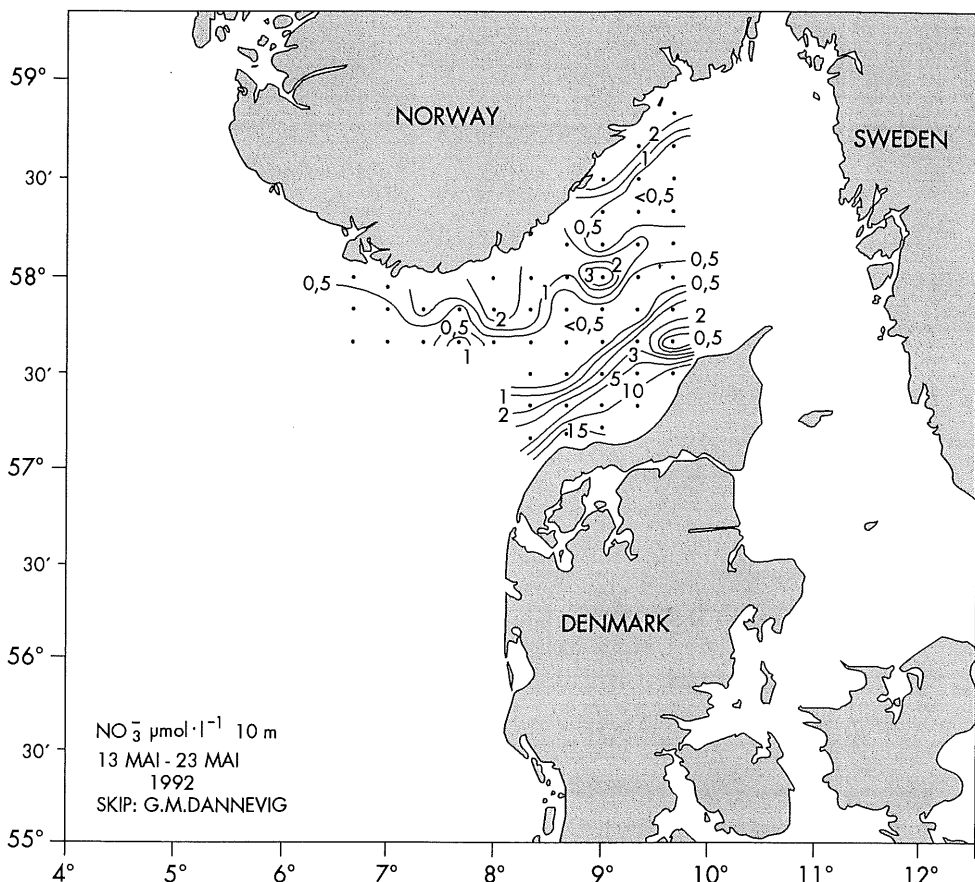


Fig.2.3.2-7. Fordelingen av nitrat i 10 m dyp på tokt i perioden 13. mai - 23. mai 1992.

peraturforholdene og graden av lagdeling. På sensommeren og om høsten finner vi gjerne lavest oksygenkonsentrasjon et stykke under overflaten. Dette skyldes først og fremst at store mengder dødt organisk materiale som befinner seg i dypet nettopp på denne tiden brytes ned til enklere næringsalter gjennom bakteriell virksomhet. Denne virksomheten forbraker mye oksygen. I tillegg vil lagdelingen som nesten alltid oppstår om høsten føre til redusert vertikal omrøring og følgelig mindre tilførsel av oksygenrikt vann fra vannmassene

som ligger over sprangsjiktet.

Også i dypet av Skagerrak var det gode oksygenforhold i 1992. En tidsserie for 600 m dyp fra tidlig på 50-tallet viser at oksygenkonsentrasjonen i dypet har variert noe over tid (fig.2.3.2-4), men at den aldri har vært lavere enn lavere enn ca. 5 ml/l. Laveste verdi ble målt høsten 1990 etter en lengre stagnasjonsperiode. Våren 1991 økte oksygenkonsentrasjonen i dypet kraftig som følge av at saltene og friskere vann strømmet inn over terskelen som ligger på 270 m dyp utenfor Vestlandet. Gjennom resten

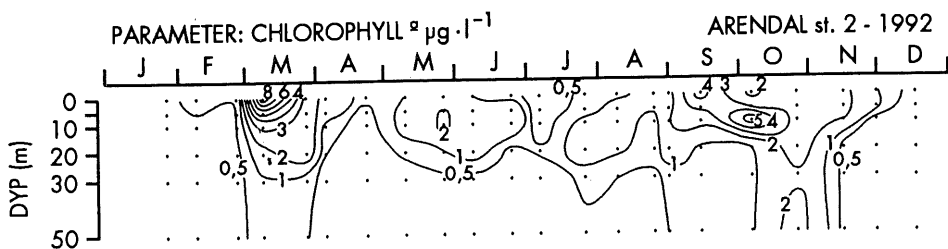


Fig. 2.3.2-8. Variasjon i klorofyll a i de øvre 75m 1 nautisk mil utenfor Torungen fyr ved Arendal i 1992.

av 1991 og i hele 1992 har oksygenkonsentrasjonen i dypet av Skagerrak siden vært jevnt avtagende.

Næringssalter

Variasjonene i konsentrasjon av næringssalter i kyststrømmen utenfor Arendal for 1992 gjenspeiler i store trekk de naturlige, sesongmessige svingningene (fig.2.3.2-5).

Utover høsten og vinteren blir overflatelaget gjennom vertikal omrøring tilført store mengder næringssalter fra dypvannet. Samtidig er forbruket av næringssalter i overflatelaget lavt fordi det på den tiden finnes lite planktonalger i sjøen. Om våren henter derimot de raskt voksende alger så mye næring ut av havet at de øvre 20-30 m vannlag nærmest tømmes for næringssalter. Først utover høsten begynner

konsentrasjonen av næringssalter i overflatelaget på nytt å øke.

I likhet med tidligere år ble det også i 1992, under et større miljøtokt i april-mai, registrert store mengder av nitrat langs vestkysten av Danmark (fig.2.3.2-6). Dette er vannmasser som kommer fra Tyskebukta og er påvirket av nitrattilførsler fra store elver med utløp i den sydlige Nordsjøen. Disse vannmassene strømmer ikke jevnt inn i Skagerrak. De kommer i pulser avhengig av vindforholdene. Innstrømningen blir ofte blokkert av nordlige vinder ved Hanstholm. En slik situasjon ble f. eks. observert midt i mai 1992 (fig.2.3.2-6).

Etter at dataene fra den nevnte situasjonen var analysert, ble det klart at vannmasser med betydelige mengder nitrat hadde passert Hantsholm og der-

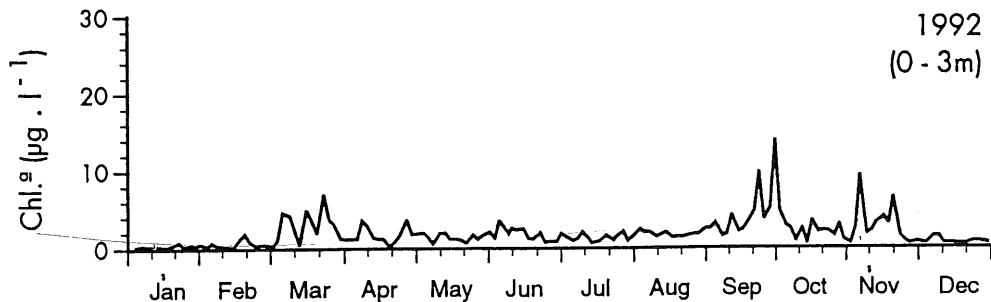


Fig. 2.3.2-9. Variasjon i klorofyll a i de øvre 0-3m i Flødevigen ved Arendal gjennom 1992.

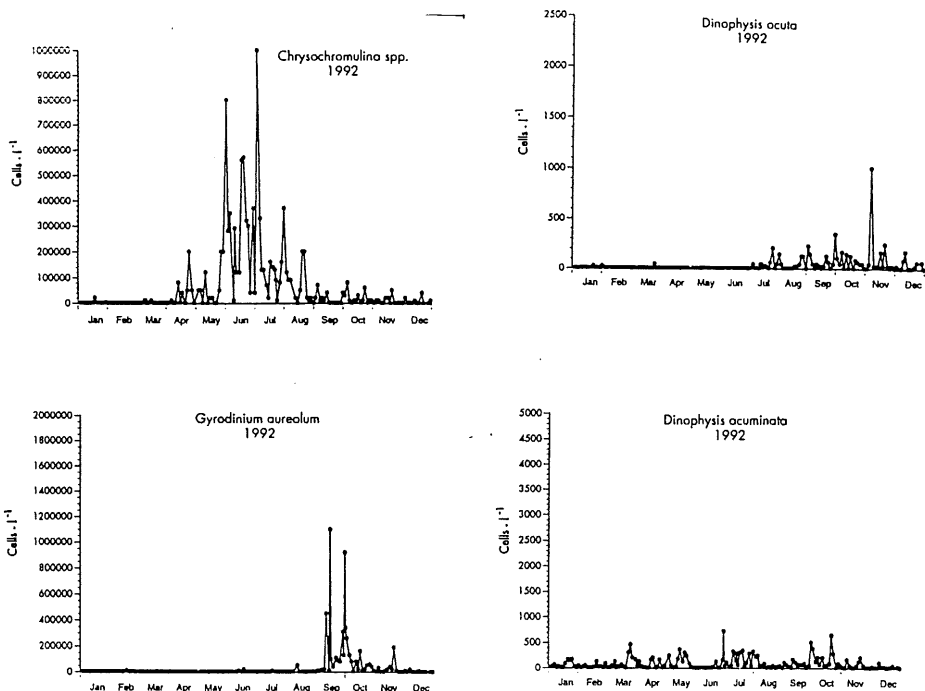


Fig.2.3.2-10. Forekomsten av noen utvalgte, potensielt giftige alger 0-3m dyp i Flødevigen gjennom 1992.

etter strømmet videre langs kysten av Jylland mot nordspissen av Danmark (fig.2.3.2-7).

Klorofyll og alger

Målinger av klorofyll *a*, som er et mål for algebiomassen i sjøen, viste at var forholdsvis lite alger langs norskekysten av Skagerrak i 1992. (fig.2.3.2-8 og 2.3.3-9). Det var mest klorofyll i sjøen under våroppblomstringen av kiselalger som foregikk i mars, og under høstoppblomstringen i siste halvdel av september. Under høstoppblomstringen dominerte dinoflagellaten *Gyrodinium aureolum* hele planktonalgesamfunnet langs kysten for tredje året på rad (fig. 2.3.2-10). Når den opptrer i store konsentrasjoner kan *Gyrodinium*

aureolum farge sjøen brun og være en fare for oppdrettsfisken. I ekstreme konsentrasjoner kan den også skade villfisk og andre organismer. I 1992 forårsaket *Gyrodinium aureolum* en del dødelighet blant oppdrettsfisk i Flekkejord.

De fleste andre potensielt skadelige alger uteble også 1992 (fig. 2.3.2-10). Representanter for algeslekten *Chrysochromulina*, hvorav arten *Chrysochromulina polylepis* hadde en stor oppblomstring med betydelig skadevirkninger i mai 1988, fikk som vanlig sin hovedsesong i mai juni. Algeovervåkingen i Flødevigen registrerte imidlertid ikke på noe tidspunkt større konsentrasjoner enn ca. 1 million *Chrysochromulina polylepis*-celler pr. liter.

Under miljøtoktet i april-mai ble opp- til ca. 2 millioner *Chrysochromulina*- celler pr. liter registrert i det sydlige Kattegat. De opptrådte også relativt tallrikt for årstiden i de østre deler av Skagerrak (fig.2.3.2-11). Forekomsten syd i Kattegat hadde sammenheng med en større oppblomstring av ulike arter av *Chrysochromulina*, som danskene registrerte i Beltområdene på samme tid. I forbindelse med denne oppblomstringen meldte danskene om noe dødelighet blant oppdrettsfisk.

Enkelte giftige alger kan forårsake skade selv om de bare forekommer i små konsentrasjoner i sjøen. Algene blir nemlig spist av blåskjell som gradvis konsenterer opp algetoksinene. Når skjellkjøttets innhold av toksiner kommer over menneskenes toleranse- grense, får mennesker som spiser skjell forgiftningssymptomer. I Norge har vi registrert to typer algeforgift- ninger: Lammende algeforgiftning (*Para- lytic Shellfish Poisoning (PSP)*) og diarregivende algeforgiftning (*Diarrhetic Shellfish Poisoning (DSP)*).

PSP har generelt sett skapt få pro- blemer langs kysten av Skagerrak. I den grad det har eksistert fare for PSP har denne begrenset seg til tidsrom- met mai-juni. I 1992 oppsto det imid- lertid allerede så tidlig som i mars en lokal fare for PSP ved konsum av skjell fra Tvedestrandsfjorden. Faren utviklet seg imidlertid ikke, og resten av året var det ingen PSP-fare langs kysten av Skagerrak. Det er først og fremst risikoen for DSP som har bånd- lagt bruk av blåskjell på kysten av Skagerrak og ødelagt for en mulig blaskjellnæring. Blåskjellene absorberer

giftene ved å spise alger fra dino- flagellatslekten *Dinophysis*. I 1992 fore- kom det forholdsvis lite av de mest potente artene innenfor denne slekten (fig.2.3.2-10). Blåskjellene var derfor gift- frie, og folk kunne plukke og spise ville skjell uten fare for DSP i lange perioder.

I Canada ble det sent på høsten 1987 oppdaget en ny type blåskjellforgiftning. Denne nye type forgiftning forårsak- et bl. annet hukommelsestap hos dem som hadde spist infiserte skjell. Giften viste seg å være "domoic acid", og forgiftningstilstanden ble kalt "*Amnesic Shellfish Poisoning (ASP)*" som på norsk nå kalles skjellforgiftning med hukommelsestap. Den algeslekten som kan bære i seg denne giften, heter *Pseudonitzschia*. Det er en slekt innen- for gruppen kiselalger som var meget tallrikt tilstede i hele Skagerrak gjen- nom høsten 1992. Av forsikighetshen- syn ble derfor publikum advart mot å plukke og spise skjell i den peri- oden. Analyser som ble utført ved Norges Veterinærhøyskole viste heldig- vis at blåskjellene fra Skagerrak ikke var giftige.

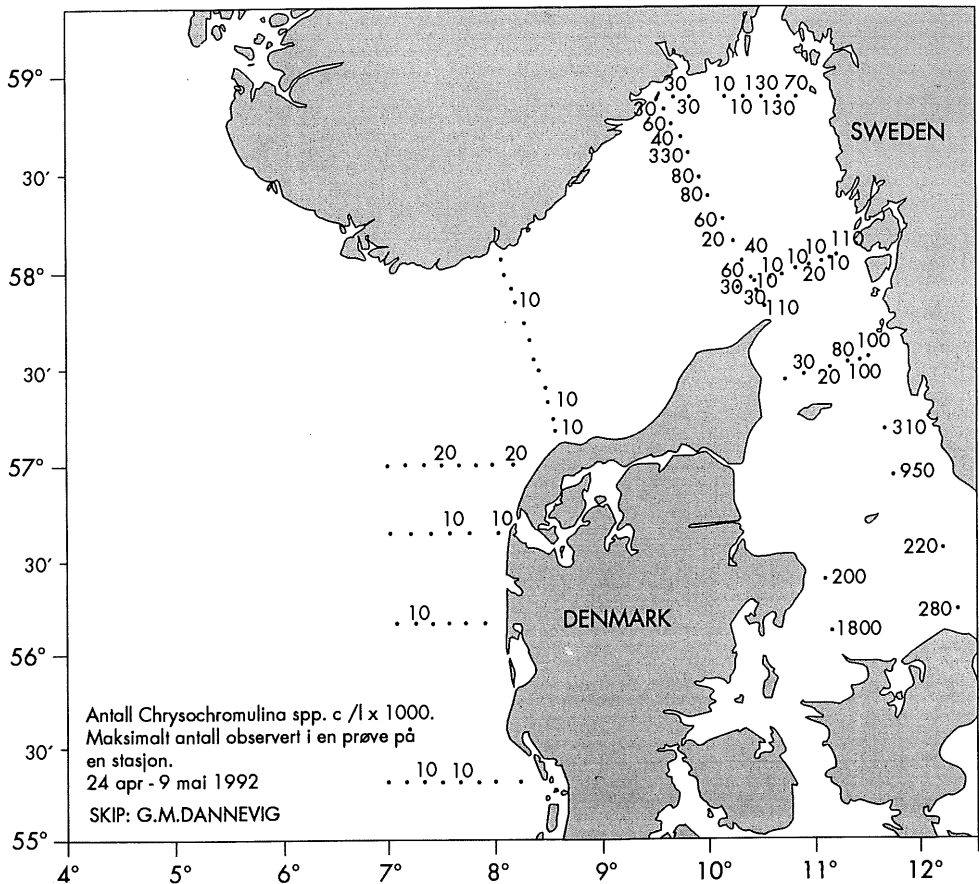


Fig. 2.3.2-11.

2.4 Kysten og fjordene

2.4.1 Fysisk klima

- *Tendens til synkende saltholdighet i overflatevannet.*
- *Uvanlig varmt kystvann.*

Miljøtilstanden i kystfarvannene observeres regelmessig ved 8 faste stasjoner fra Lista i sør til Ingøy ved Nordkapp i nord. Beliggenheten av disse stasjonene er vist i figur 1. På de faste stasjonene måles temperatur og saltholdighet i standarddyp fra overflaten til bunnen. Temperaturen i overflaten langs kysten blir i tillegg observert

av rutegående skip. Fig. 2.4.1-1 viser tidsserier av midlere temperatur og saltholdighet på 10 og 150 meters dyp for henholdsvis 1. kvartal (januar, februar, mars) og 3. kvartal (juli, august, september) i periodene 1942-1992 og 1936-1992 for de to faste stasjonene Utsira og Skrova.

Tidsseriene for 10 m dyp avspeiler variasjonene i overflatelaget som er sterkt avhengig av de lokale og regionale vær- og strømforhold. I overflatelaget er det derfor normalt med store svingninger i temperatur og saltholdighet fra år til år. Tilsvarende er det

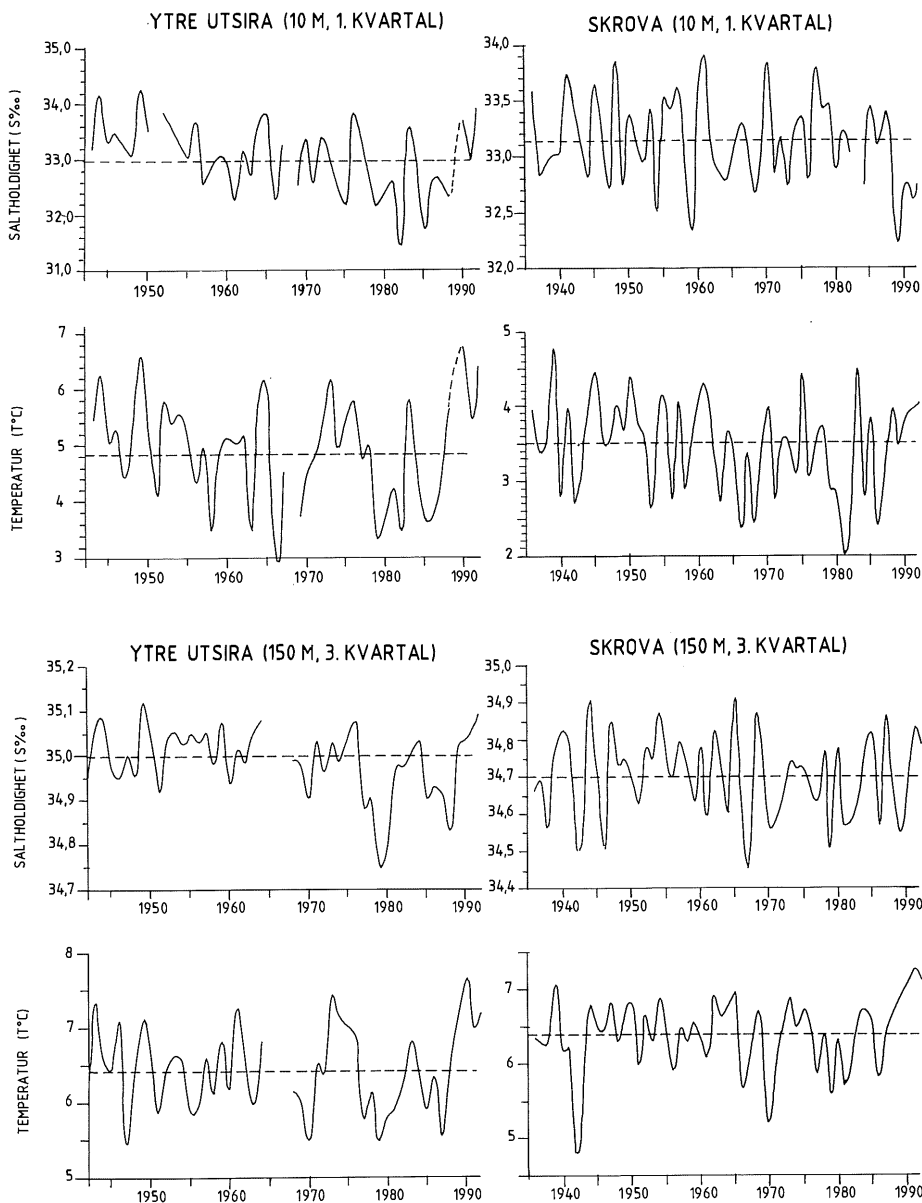


Fig. 2.4.1-1. Middelerverdier av temperatur og saltholdighet i 10m og 150m i 1. og 3. kvartal ved Utsira og Skrova.

normalt med store variasjoner i alle biologiske prosesser som avhenger av overflatelaget.

Langtidsendringen i overflatesaltholdigheten ved Utsira er spesielt interes-

sant. Fra midten av 40-tallet og fram mot begynnelsen av 80-tallet sank saltholdigheten med rundt 1-1.5 promille. Ved Skrova har overflatevannet vært særlig ferskt de siste fire år.

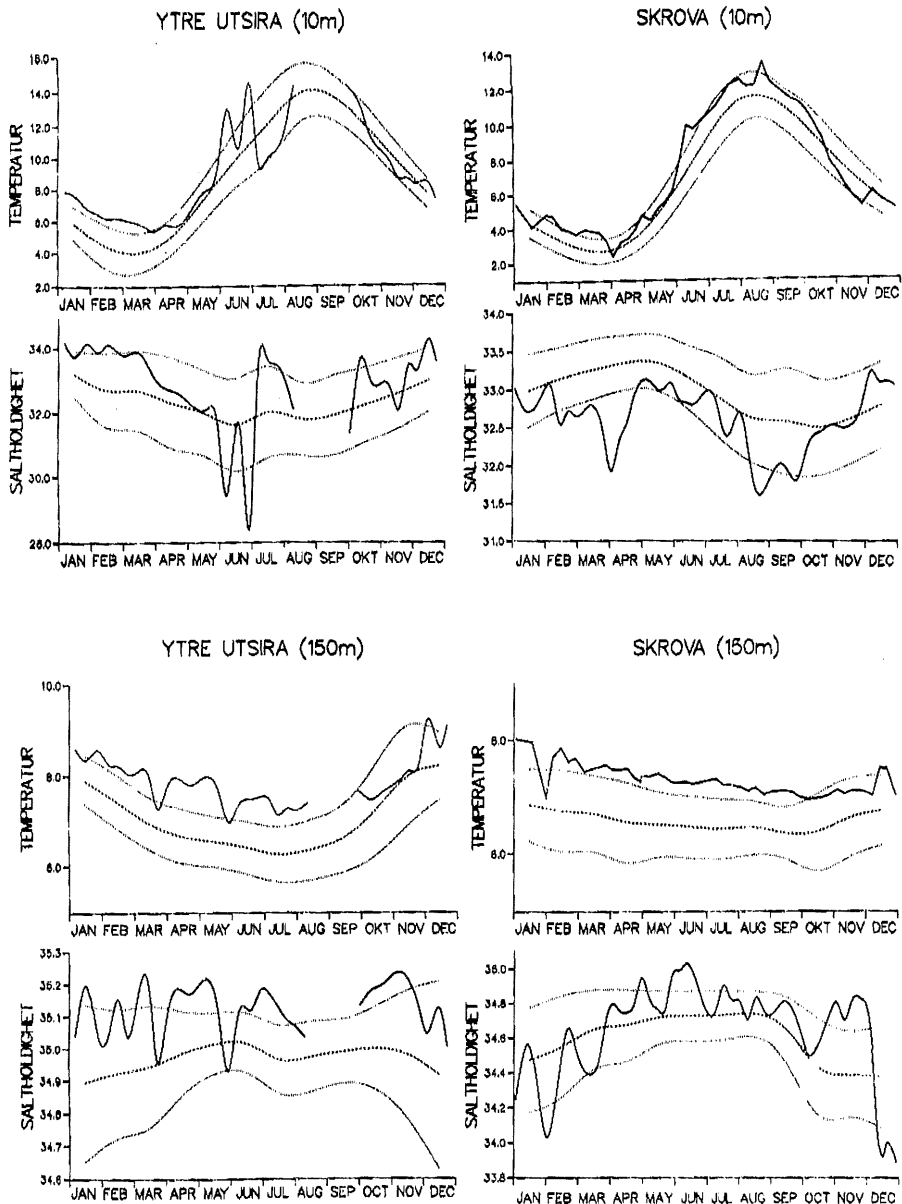


Fig. 2.4.1-2. Temperatur og saltholdighet i 10m og 150m dyp målt ca. hver 10. dag ved Utsira og Skrova i 1992. Midlere årsvariasjon og standardavvik (prikket) er også vist.

Økt tilførsel av ferskvann til nordområdene kan medføre redusert bunnvannsdannelse og dermed påvirke klimaet både regionalt og globalt. Det er derfor viktig å følge denne utvikling-

en i samband med andre relevante observasjoner. (Data fra stasjon M tyder på at bunnvannsdannelsen er sterkt redusert de siste år).

Målingene fra Utsira viser at

overflatetemperaturen vinteren 1990 var ca. 2°C varmere enn normalt. Andre data fra HI viser at varmemengden i store deler av Nordsjøen var ekstremt høy i 1990 og at den stort sett tilsvarer den "predikerte" drivhuseffekten. I 1991 og -92 var temperaturen henholdsvis 0,6 og 1,5 °C over normalen. I 150 meters dyp hvor vannmassene er sterkt oppblandet med atlantehavsvann, gjenspeiler målingene storskala-variasjoner med opprinnelse i den atlantiske innstrømmingen. Her varierer temperaturen (som i 3. kvartal er nær årets minimum) med saltholdigheten, fordi atlantehavsvannet er varmere og saltere enn det lokale, vinterdannete "dypvannet". Etter et ganske kaldt år i 1987 steg temperaturen ved Utsira og Skrova til et ekstremt maksimum i 1990. Dette avspeiler både de siste års milde vintre, og en økt innflytelse av atlantehavsvannet.

Temperaturstigningen stemmer med resultatene for Nordsjøen som helhet. På den annen side gikk temperaturen ved Utsira noe ned i 1991, mens den steg til et ekstremt maksimum ved Skrova.

Figur 2.4.1-2 viser variasjonene (i 10 og 150 m) ved Utsira og Skrova i løpet av 1992 sammenlignet med de klimatologiske årsvariasjoner og standard-avvik. Ved Utsira var saltholdigheten ganske stabil og i overkant av normalverdiene med unntak av noen svært lave verdier i begynnelsen og slutten av juni. Ved Skrova var saltholdigheten i overflaten klart under det normale det meste av året. Temperaturen i overflaten var stort sett

normal både ved Utsira og Skrova. På 150 m dyp ser man tydelig at de tidligere nevnte ekstremt varme forholdene opprettholdes over det meste av året ved Skrova. Også ved Utsira ligger temperaturen klart høyere enn normalverdiene.

2.4.2 Skadelige alger

- Miniplanter i form av encellede alger utgjør en dominerende del av havets biomasse. De fleste algearter er udelt "nyttige" for både dyr og mennesker, men der fins noen få "ugressarter" som først og fremst volder problemer for fiske- og skjelloppdrettere.

Alger er en fellesbetegnelse for alle planter i havet. Havet inneholder både små og store alger. Store og lett synlige algearter som f.eks. tang og tare er bygd opp av millioner av organiserte celler. Disse flercellede algeartene kan dominere floraen i en strandsone, men totalt sett er de ubetydelige i forhold til mengden av de encellede algearter. En encellet alge er så liten at den ikke kan sees med det blotte øye. Typisk diameter for en algecelle er rundt 1/100 mm. Der fins imidlertid så enormt mange encellede alger i havet at deres samlede mengde likevel utgjør hele 99 prosent av havets totale algebiomasse. Encellede alger deles i to hovedgrupper: *Kiselalger (diatomeer)* og flagellater. Kiselalgene har en stiv og hård, ofte stjerneliknende "kropp" som hovedsakelig inneholder silicium, mens flagellatene har en mye mykere og mindre geometrisk utformet celleoverflate av cellulose eller kitin. Algene er først og fremst

havets primær-producenter. De inneholder klorofyllmolekyler som ved hjelp av sollys og vannopløst karbondioksyd bygger opp de svært kompliserte og energirike næringsmolekylene sukker og stivelse. Sukker og stivelse er konsentrert næring som lett fordøyes av det neste trinn i havets næringskjede - *dyreplanktonet*. Dyrplanktonet spises deretter av småfisk som så spises av større fisk osv. Den energien som algene henter fra solen og deretter binder til organiske molekyler representerer med andre ord den samlede nyskaping av mat for alt dyreliv i havet. God produksjon og reproduksjon av alger er følgelig en forutsetning for dyreliv i havet. Algene reproducerer seg ved at hver celle deler seg i to. Dersom vannet inneholder nok "gjødse" i form av karbondioksyd, nitrater, fosfater og silikater og det samtidig kommer nok lys fra solen, kan en algecelle dele seg hver dag. Sterke vekstperioder for en algart kalles algeoppblomstring. De fleste av våre algarter blomstrer om våren og enkelte også om høsten. Under en oppblomstring kan det oppstå så høye algekonsentrasjoner av samme art (opp til 100 millioner individer pr. liter) at store havområder tar farge av deres karakteristiske pigmentering.

I våre farvann er der over 1000 algarter som alle konkurrerer om de samme næringsstoffene. Sjansen for at en enkelt algart skal overta hele "matfatet" og blomstre opp uhemmet til skade for andre plante- og dyrearter er egentlig minimal. Det usannsynlige hendte likevel i 1988 da

algen *Chrysocromulina polylepsis* innvaderte Skagerrak, Kattegat og hele kystområdet fra Øresund til Bergen. Denne algarten viste seg å være giftig, og de fleste dyr som ikke var mobile nok til å flykte fra dens dødbringende nærvær ble drept. Spesielt døde innesperret oppdrettsfisk i tusenvis. I årene som har gått etter 1988 er man blitt stadig mer oppmerksom på de skadelige bieffekter av enkelte algarter. Oppdrettsnæringen har måttet lære seg å ta forholdsregler, mens skjellnæringen ennå mangler et effektivt vern.

Det er vanskelig å motvirke oppblomstring av skadelige alger. Sannsynligvis skyldes en del av problemene den stadig økende konsentrasjon av importerte næringssalter fra Mellom-Europa. Havforskningsinstituttets muligheter til å motvirke algeskader på skjell- og fiskeoppdrettsnæringen er derfor først og fremst gjennom en mest mulig effektiv områdeovervåkning kombinert med modellbasert spredningsvarsling så snart en algart begynner å volde problemer for oppdrettene.

I samarbeid med HOV andre institusjoner har Havforskningsinstituttet i 1992 foretatt målinger langs hele kysten med en overvekt på Skagerrakkysten og i Ryfylkefjordene. Der ble registrert flere truende situasjoner, men ingen av disse fikk utvikle seg slik at de resulterte i omfattende skade.

Følgende situasjoner oppstod:

Februar

Kisdelalgen *Mesodinium rubrum* ble oppdaget i store konsentrasjoner i langs svenskekysten og senere også på sørlandskysten. En del dødt villfisk ble registrert. Det er mulighet for at den observerte fiskedøden skyldes kontakt med *Mesodinium rubrum*.

Mars / april

Nord-Norge og Nord-Trøndelag opplevde oppblomstring av *Phaeocystis*. Noe oppdrettsfisk døde i Nord-Trøndelag. Sannsynligvis som et resultat av kontakt med denne algen.

April / juni

Det ble observert kraftig oppblomstring av *Chrysochromulina hirta*, *Chrysochromulina spinipherea* og *Chrysochromulina tripos* i Belthavet og i Tyskebukta. Det oppsto frykt for at blomstringen skulle spre seg til Skagerrak, men det skjedde ikke. Algen *Alexandrium excavatum* blomstret i Trondheimsfjorden uten påviselig skade på dyrelivet.

Juni / juli

Prymnesium parvum blomstret i Ryfylke. Oppblomstringen ble grundig dekket av en sammensatt forskergruppe fra Havforskningsinstituttet, UIB og NIVA.

Juli / september

Dinophysis acuta blomstret i Sørfjorden. Det ble også observert høye forekomster av *Cyrodinium aureolum* langs Skagerrak-kysten. En del oppdrettsfisk

fisk i Flekkefjordområdet døde på grunn av kontakt med denne algen.

Algetoksiner skaper problemer for skjellproducentene

Skjelldyrene skaffer seg næring ved å filtrere ut næringspartikler i vannet. En del alger inneholder tidvis skadelige og til dels giftige toksiner. Når store mengder av giftholdige alger over tid blir filtrert inn i et skjell, blir giften konsentrert opp, og skjellet kan bli giftig. Det er Statens Næringsmiddelkontroll som er ansvarlig for at giftige skjell ikke blir tilbudt for konsum. De algene som først og fremst volder problemer for skjellnæringen er *Alexandrium excavatum* (PSP) *Dinophysis acuminata* (DSP) *Dinophysis norvegica* (ASP) *Gyrodinium aureolum* *Chrysochromulina spinipherea* *Prymnesium parva*. I 1992 er ble det i samarbeid med Fiskeridirektoratet, Oceanor, SNT og KNT tatt faste algeprøver ca. 20 steder langs kysten. Algeprøvene ble analysert ved 5 ulike analysesteder. Spesielle blåskjellprøver ble etter behov sendt til Norges Veterinærhøgskole for å teste deres eventuelle giftighet på mus.

3. REKRUTTERINGEN TIL FISKEBESTANDENE

3.1 Sild

• *Ny sterk årsklasse*

Utbredelsesområdet for sildelarver ble dekket under et samarbeidstokt mellom F/F "M. Sars" og "H. Mosby" i perioden 30. mars-9. april 1992 (*fig. 3.1.-1*). De høyeste tetthetene av sildelarver på over 1000 pr. m² overflate, ble funnet på kystbankene fra Bremanger og opp mot Runde. Disse områdene ligger tett ved sildas viktigste gytefelt, og sildelarveprøvene var dominert av svært unge larver. I tillegg til disse høye konsentrasjonene ble det funnet larver i store deler av undersøkelsesområdet. Dette var eldre larver som hadde brukt opp plommesekken og hadde startet å vokse. Den høyeste tettheten av slike larver ble observert i vestkanten av Buagrunden med konsentrasjoner på over 300 larver pr. m² overflate. En larveindeks ble beregnet til 5.1×10^{12} ut fra de tilgjengelige data. Indeksen for perioden 1981-1992 er vist i *fig. 3.1.-2*. Påliteligheten til denne indeksen er avhengig av hvor godt dekket undersøkelsesområdet er, gytebestandens størrelse, innsamlingsperiode i forhold til klekkeperiode, larvedødelighet og redskaps-effektivitet. Med så mange usikkerhetsmomenter kan ikke indeksen bli noe annet en rent veiledende. Den

viser imidlertid de store trendene som f. eks. veksten i gytebestanden i 1988 da den sterke 1983 årsklassen tok til å gyte. Larveindeksen har holdt seg høy i perioden 1988-1992. De variasjonene en ser ligger hovedsakelig i "timingene" mellom innsamlingsperiode og klekkeperiode.

Både den akustiske dekningen av gytebestanden og larvetoktet viste at hovedgytingen også i 1992 fant sted på Sunnmørsfeltene, mens den totale utstrekningen på gytingen synes å være fra Karmøy til Haltenbanken. Gjennomsnittsalderen til det larvematerialet som ble samlet inn tyder på at hovedmengden av larver ble klekket i perioden 15.-25. mars. Den store mengden eldre larver i vekst som ble registrert på kystbankene i begynnelsen av april var det første tegnet på at nok en god årsklasse av sild var rekruttert.

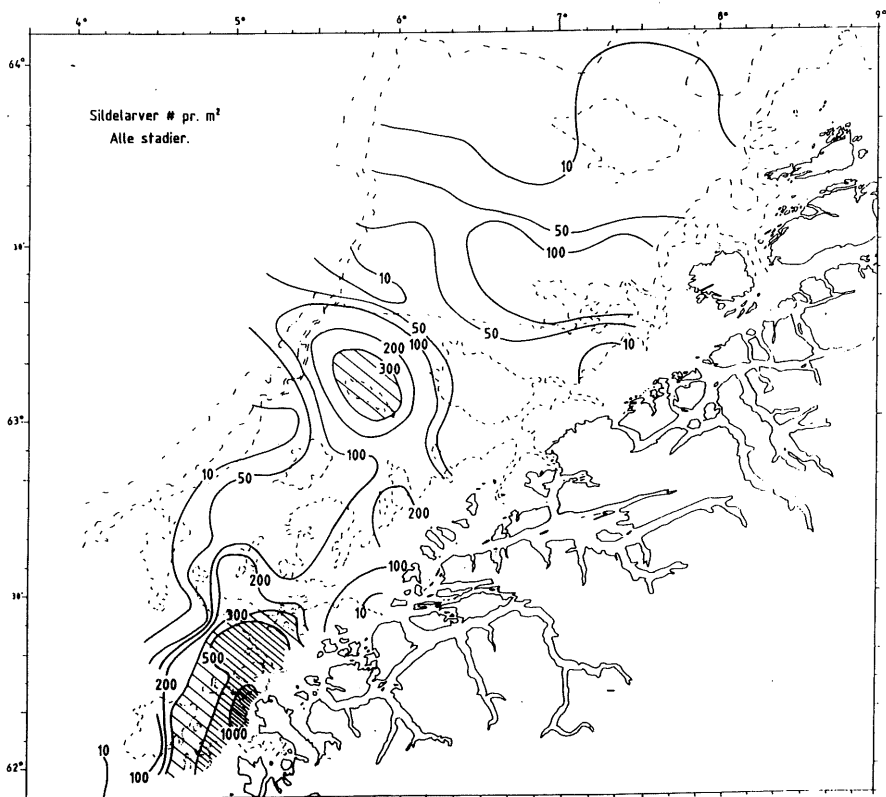


Fig. 3.1-1 Horizontalfordelingen av sildelarver (ant./m²) 30. mars - 9. april 1992.

SILDELARVEINDEKS

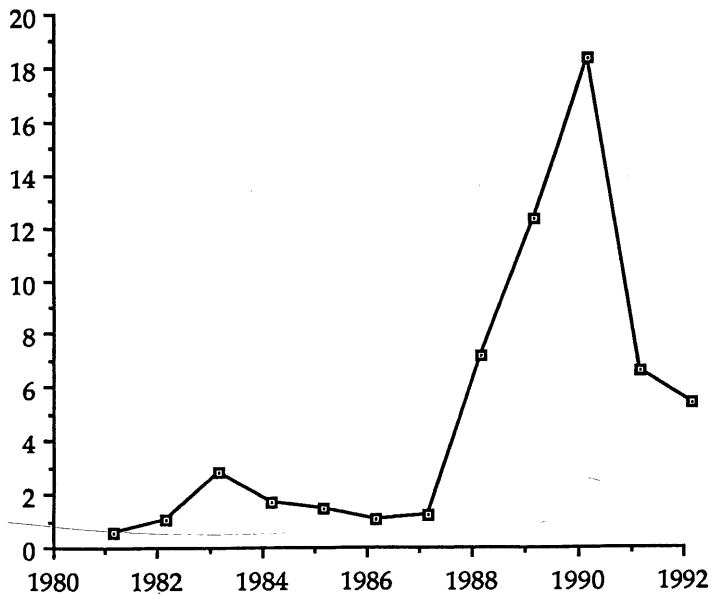


Fig. 3.1-2 Sildelarveindeks for perioden 1981-1992.

3. 2 Lodde

- *Sterk nedbeiting skaper problemer for lodderekutteringen.*

Det ble samlet inn loddelarver på et tokt med F/F "G.O. Sars" i perioden 8.-21. juni 1992. Fordelingen av larver er vist i *fig. 3.2-1*. Larvene ble funnet over hele den sørøstlige delen av Barentshavet, i tildels høye tettheter. De høyeste tetthetene som ble målt var på over 1000 pr. m² overflate. Larveindeksen ble beregnet til å være 7.3×10^{12} , en fordobling i forhold til fjorårets måling. Indeksen målt i 1992 var like høy som i 1989, men betydelig lavere enn den rekordhøye indeksen som ble målt i 1990 (13×10^{12}). I perioden 1981-1985 lå indeksen rundt 10×10^{12} , så brøt loddebestanden sammen og svært lave indekser ble målt i 1986-1988. Deretter har bestanden tatt seg opp igjen på rekordtid.

Men mørke skyer truer i horisonten. Målingen av 0-gruppe lodde høsten 1992 viste at årsklassen var radert ut under perioden juni-august. Barentshavet var så og si fritt for loddeyngel mens

det ble funnet en rekordhøy 0-gruppeindeks av torsk. Det ble også funnet godt med sildeyngel. Lodda synes å være svært utsatt for nedbeiting av andre fiskearter, og da er det i første rekke ungsild som ser ut til å ha et stort potensiale. Loddelarvene og ungsilda har en overlappende fordeling i den perioden loddelarvene drifter nordover fra klekkeområdene langs Troms, Finnmark og Kolakysten og inn i de sentrale delene av Barentshavet.

Barentshavet innehar for tiden en stor bestand av ungsild, og det er derfor meget sannsynlig at lodda har gått inn i en periode med rekrutteringssvikt. Hvor lang denne perioden vil være synes å være avhengig av silde-rekrutteringen. Selv om 1992 årsklassen av sild blir etterfulgt av svake årsklasser, vil ikke loddebestanden kunne ta seg opp igjen før mot slutten 90-tallet. Å kartlegge forholdet mellom ungsild og loddelarver i detalj vil være et av satsningsfeltene til Havforskningsinstituttet i 1993.

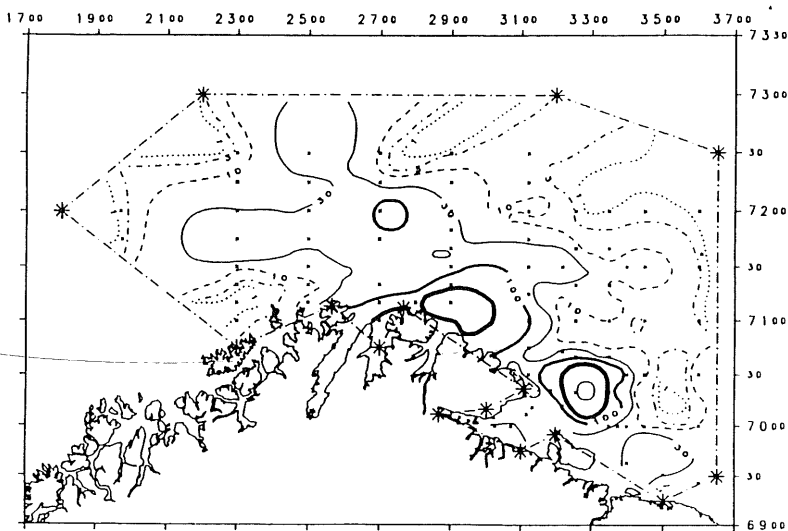


Fig. 3.2-1 Horisontalfordelingen av loddelarver 8. - 21. juni 1992.
Totalindeks = 7.3×10^{12}

3.3 Yngelundersøkelser i april-mai

• *Småvokst sei yngel ved Møre - større yngel lenger sør.*

Yngelundersøkelsene har pågått siden 1985, og de ble i år gjennomført i perioden 27.april - 15.mai med tre fartøy. Hensikten med undersøkelsene var å skaffe en mengdeindeks for årsklassens styrke. *Fig. 3.3-1* viser denne indeksen gjennom undersøkelsesperioden. Det fremgår av figuren at indeksen er over middels høy, men mindre enn i 1991. *Fig. 3.3-2* viser fordelingen av sei yngel. I år var det ikke noe klart skille mellom utbredelsen av sei yngel nord og sør for Stad, og ingen observasjoner tyder på import av sei yngel vestfra (eks. Færøyane). Nord for Stad var middel lengden av sei yngelen 6 mm kortere enn i fjor. Yngelen utenfor Møre var minst. I Nordsjøen var middel lengden av sei yngelen bare litt mindre enn i fjor, og størrelsen økte sydover og inn mot kysten.

Fordelingen av sildelarver og sei yngel er vist på *fig. 3.3-3*. Disse undersøkelsene registrerer både høstgytte larver i Nordsjøen og vårgytte larver nord for Stad. Tidligere år har utbredelsen vært oppdelt i to adskilte utbredelsesområder, ett fra Stad og sydover, og ett fra Nordmøre og nordover. I år strakte det nordlige området seg syd til Stad. Få sildelarver ble fanget syd for Stad. Lengdefordelingen viser også i år tydelige forskjeller mellom høstgytte larver syd for Stad, og vårgytte nordenfor. Det var også innslag av høstgytte sildelarver nord for Stad.

Vanligvis fanges det lite yngel av annen torskefisk enn sei på disse tokt-

ene. Dette skyldes at larvene til de andre torskefiskene som gyter i området er for små til å fanges av trålen som blir brukt. I år ble det funnet ni torskeyngel, ca. 350 hyseyngel, og ca. 1600 øyepålyngel. Det meste av øyepålyngelen ble tatt i Nordsjøen.

Også i år ble det registrert loddeyngel. En yngel ble funnet nord for 67°N, og to større individ ble tatt mellom 65°30' N og 66°N på de ytterste stasjonene. Denne lodden stammer sannsynligvis fra Island.

3.4 Yngelundersøkelse i juli

Dette året ble ikke det vanlige jultoktet langs norskekysten gjennomført. I stedet ble det i juli gjort undersøkelser over vertikalfordelingen av fiskeyngel. Forandringen i toktopplegget skyltes først og fremst behovet for å skaffe data til instituttets pågående forskning om sammenhengen mellom seismikk og skade på fiskeyngel. Undersøkelsene ble foretatt i tiden 20.-24. juli over Tromsøflaket og i Ullsfjorden. Det ble da benyttet en nyutviklet "tre-etasje" hvor hver "etasje" har en vertikalåpning på 5 m.

Fig. 3.4-1 viser de foreløpige resultatene av undersøkelsen. Det fremgår av figuren at nesten 40 % av sildeyngelen ble fanget i de øvre 5 m, og at over 85 % ble tatt i de øvre 15 m. Mesteparten av hyseyngelen befant seg mellom 10 og 40 m, mens torskeyngelen var vanligst mellom 15 og 40 m.

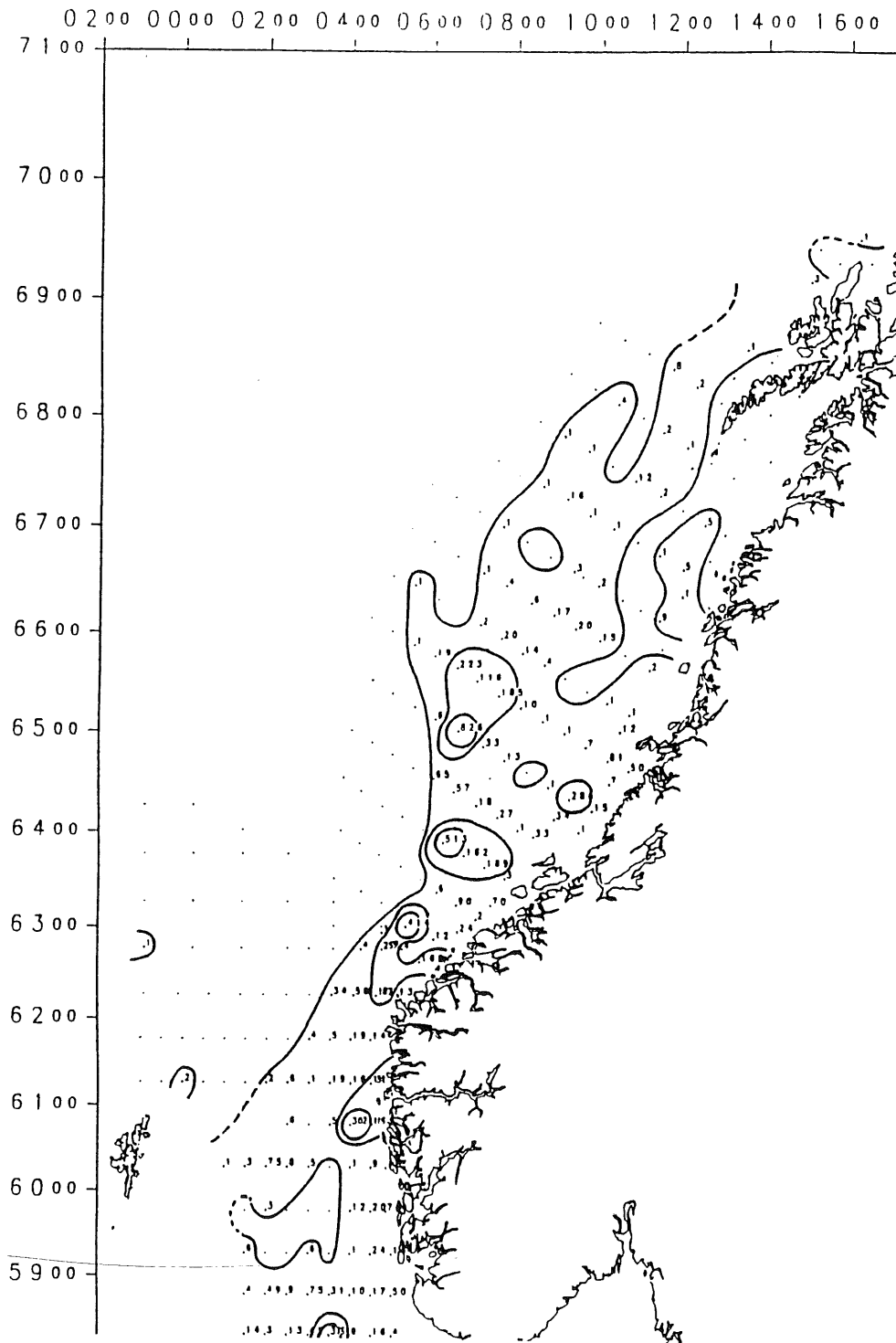


Fig. 3.3-2 Fordelingen av seiyngel 27. april - 15. mai 1992.
 Antall seiyngel fanget på hver trålstasjon d 1,5 n.m. Stasjoner uten fangst er bare markert.

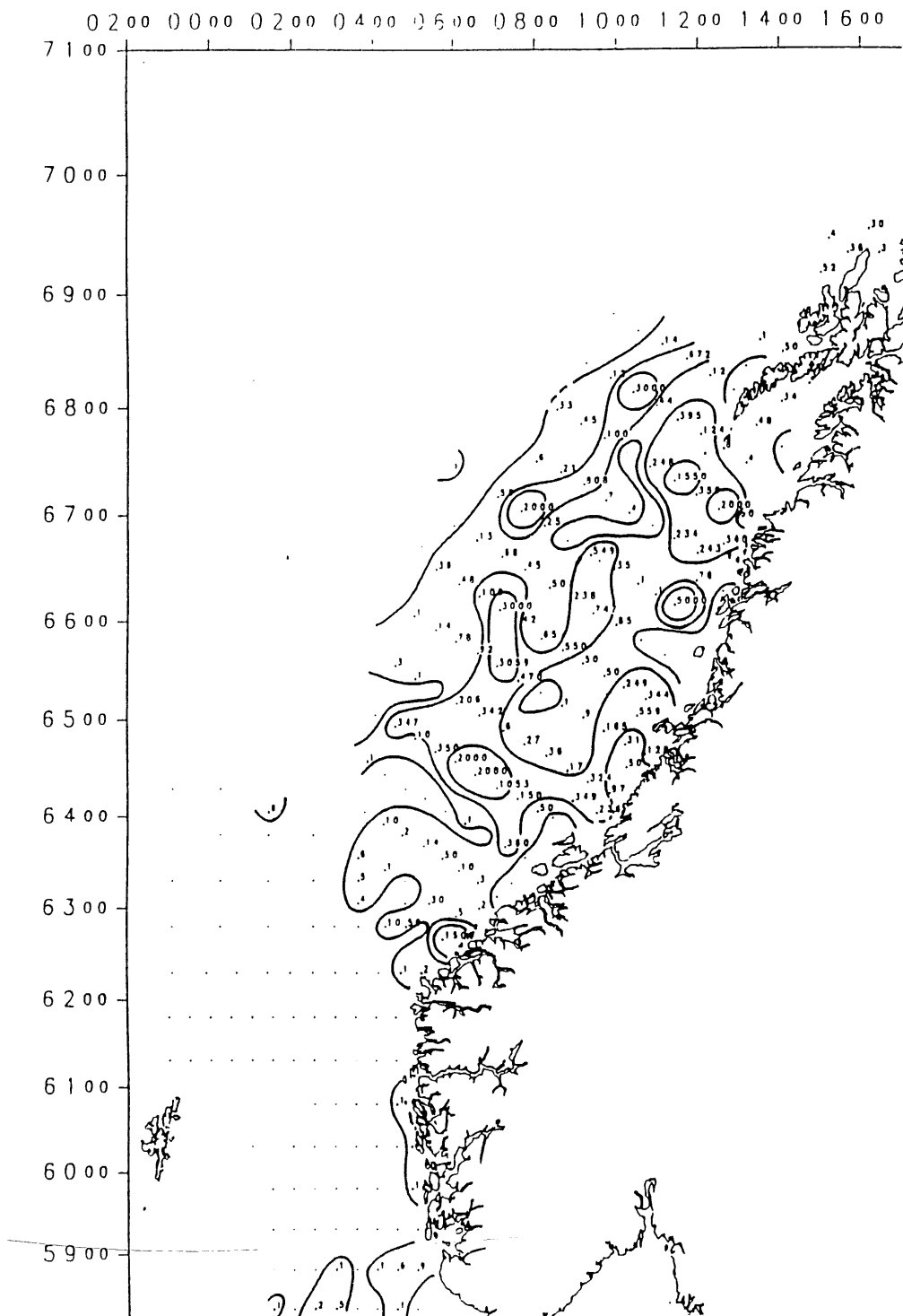


Fig. 3.3-3 Fordelingen av sildeyngel 27. april - 15. mai 1992.
 Antall sildelarver/-yngel fanget på hver trålstasjon á 1,5 n.m. Stasjoner uten fangst er bare markert.

Juli 1992

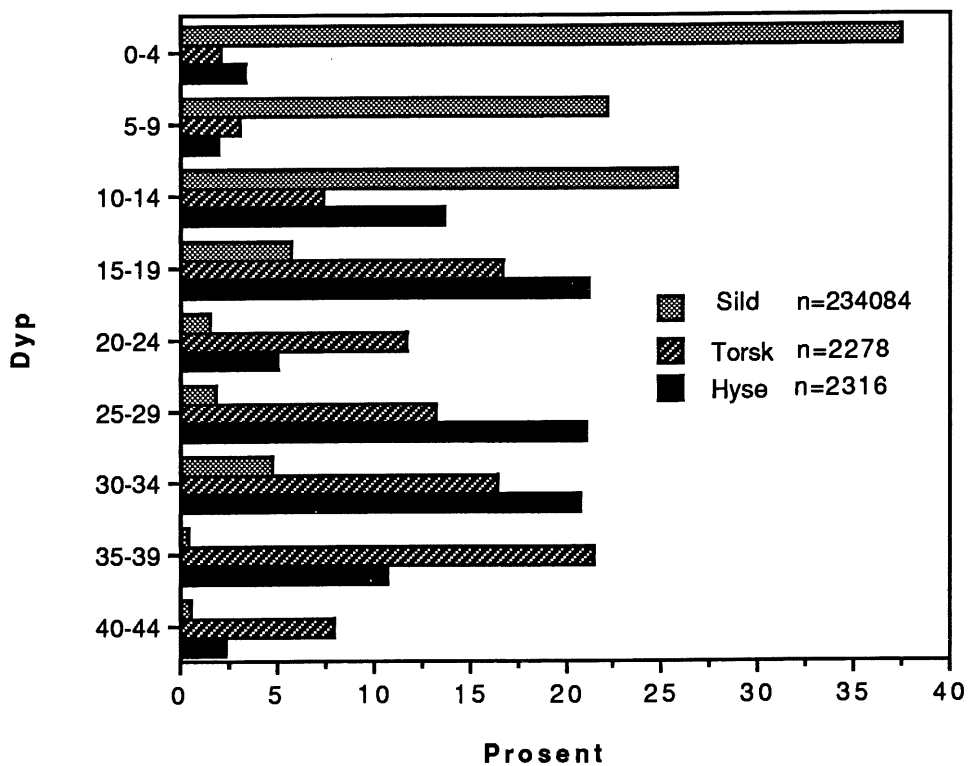


Fig. 3.4-1 Vertikalfordelingen av sildeyngel, torskeyngel og hyseyngel i juli.

4. GLIMT FRA FORSKNINGSAKTIVITETEN 1992

4.1 "Hvordan vil det gå dersom ..."

• *Matematiske modeller kan hjelpe myndighetene til å vurdere effekten av planlagte miljølover.*

En viktig del av Senter for Marint miljøsvirksomhet består i å gi råd til forvaltningen i miljøsaker. Før der vedtas lover og forordninger er det viktig at lovgiverne får mest mulig innsikt i vedtakenes forventede konsekvenser. Miljøproblemene som dominerer verden i dag er historisk sett så nye at politikere ikke kan benytte sin egen livserfaring til å vurdere slike effekter. De trenger derfor et verktøy som raskt og pålitelig kan simulere de naturprosessene de via loven skal gripe inn i. Prosesser i naturen er meget sammensatte. Hva som f.eks. vil skje med en bestemt dyre- eller planteart i havet når vær, vind og strøm skifter, og konsentrasjon av næringsstoffer samtidig forandrer seg, kan ingen forutsi uten hjelp av avanserte verktøy. Matematisk modellering er et slikt avansert verktøy. Dersom forskerne klarer å sette opp gode nok likninger for samhørende enkeltprosesser i naturen, er dagens datamaskiner i stand til å beregne enkeltprosessenes samlede effekt når de virker inn på hverandre. *Fig. 4.1-1* (neste side) viser et typisk eksempel på en modellert pro-

blemstilling. En stor del av overskuddet på næringsstoffene fosfat og nitrat skyldes utslipp fra elver i Mellom-Europa og Storbritannia. Det planlegges en lov som skal redusere menneskelige utslipp i elver med 50%. Antar vi at ca. 20% av utslippene er "naturlige", kan havet i så fall vente seg ca. 40 % reduksjon i tilført næringsstoff. Hvilken effekt vil dette få for Nordsjøens produksjonen av flagellatalger? Vil produksjonen avta, og i så fall hvor mye? Hvor blir effekten størst? Figuren viser forventet reduksjon av flagellater i forhold til den observerte produksjon i 1985. Som det fremgår av figuren vil virkningen bli signifikant allerede første år etter lovens eventuelle iverksettelse.

4.2 Havforskningsinstituttets databaseprosjekt

Havforskningsinstituttet er Norges største innsamler av marine miljø og ressursdata. Forskningsfartøyene, faste observatører og flere leiefartøy utfører nye målinger hver dag. Noen av måleinstrumentene som benyttes ved Havforskningsinstituttet genererer enorme datamengder når de er i bruk. En salttemperatur-dyp sonde (STD) utfører f. eks. over 30 observasjoner i sekundet når den er i bruk. Hvert "ping" fra et

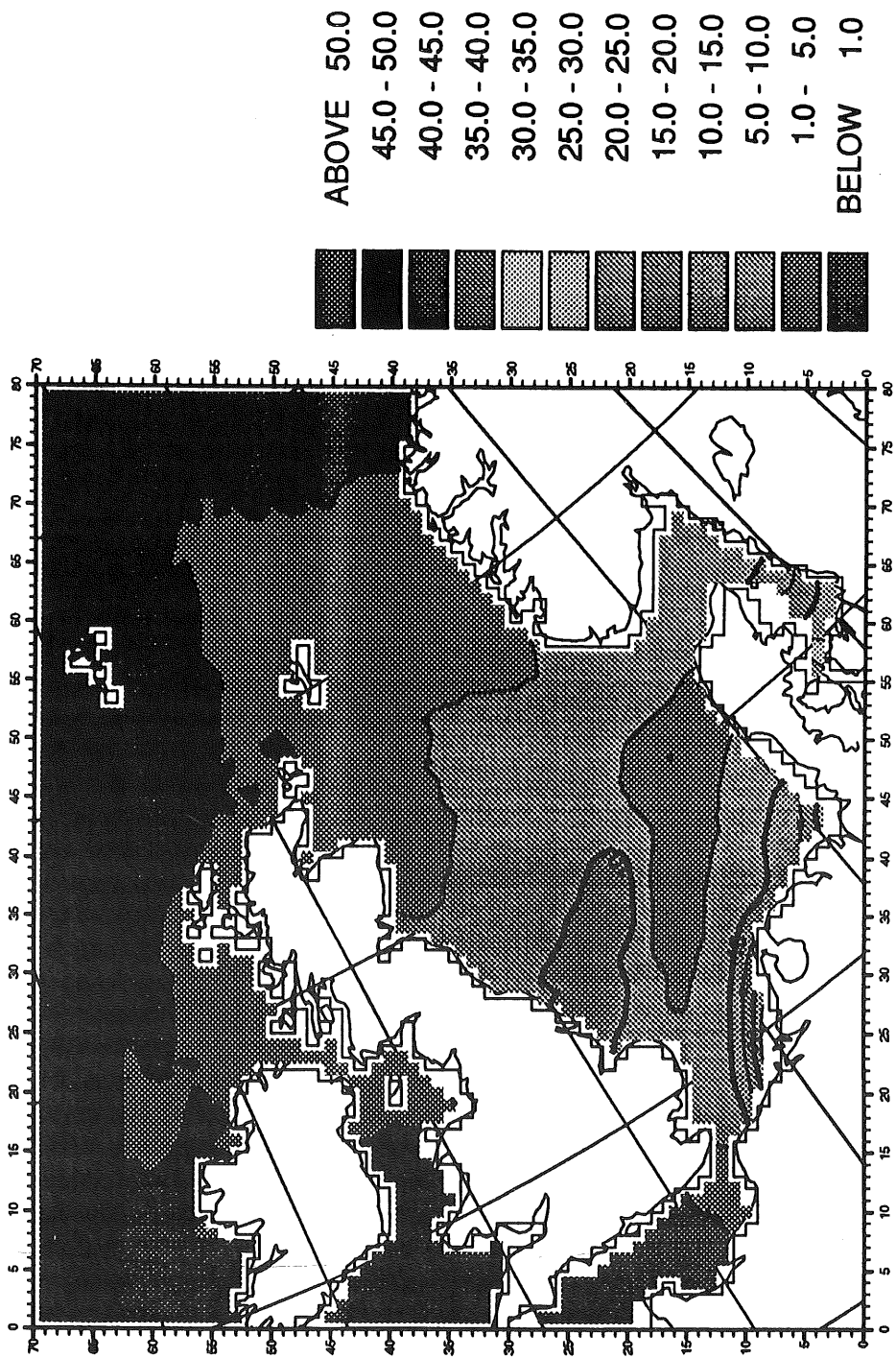


Fig. 4.1.1. Årlig forventet reduksjon i flagellatmengden i Nordsjøen dersom utslipp av nitrater og fosfater til Europas elver reduseres med 50 %.

ekkolodd genererer hundrevis av små-ekko som hver for seg inneholder informasjon. Alle signifikante data som samles inn ved instituttet blir tatt vare på. Gjennom årene er det derfor blitt samlet inn betydelige kunnskapsmengder som er lagt inn i spesialiserte databaser. Miljøsenderets database har - som vist i rammen nedenfor - tilgang til data fra svært ulike og representative kilder:

stemt fiskebestand, trenger forskerne adgang til en enhetlig database som kan kople separat malte miljø- og ressursdata sammen. For å muliggjøre fremtidens ambisiøse forskningsoppgaver er Havforskningsinstituttet nå i gang med å utvikle en ny integrert database for all informasjon som samles inn ved instituttet. Den nye databasen vil, når den er ferdig utbygd, bli enestående i verdenssammenheng. *Fig. 4.2.1*

106.000	stasjoner med hydrografiske data
60.800	serier med strømdata fra akustisk dopplerstrømmåler
155.000	enkeltmålinger av næringssalter
2.300	enkeltmålinger av ammonium
3.200	enkeltmålinger av oppløst oksygen
44.000	enkeltmålinger klorofyll
9.000	enkeltmålinger fluorescens
30.000	stasjoner hovtøkk
270.000	enkeltmålinger yngeldata
22.500	enkeltmålinger eggdata
50.000	stasjoner dyreplankton

Databaser knyttet til Ressurssenteret og Havbruk inneholder på tilsvarende vis store mengder med data over fiskebestandene og for genetiske egenskaper ved oppdrettsarter. Problemet med å ha mange små databaser ved instituttet er at det i praksis er vanskelig å kople informasjon som ligger i en base sammen med data fra en annen base.

Ønskes det f. eks. forskning på sammenhengen mellom spesielle havmiljømiljøegenskaper og utbredelsen av en be-

(*neste side*) viser en enkel modell for den nye databasen sett fra brukeren. Enhver datainnsamlingshendelse defineres som en operasjon. Operasjonene systematiseres etter hva de hadde til hensikt å måle. (kjemiske data, hydrografiske data, ressursdata osv.). Brukeren søker etter data på grunnlag av koordinatens mellom land, hvilket skip eller installasjon det har vært målt fra, posisjon, tid og operasjonstype. Databasen vil så levere ut de data som passer på det "søket" som forskeren spesifiserte.

4.3 Statistisk analyse av historiske data

Vi vet at temperatur har stor betydning for livsforholdene i marginale oppvekstområder. Temperaturen i Barentshavet varierer som følge av klimatiske endringer og variasjoner av innstrømmet atlantisk vann. Torskebestanden varierer av mer eller mindre kjente grunner.

"Er det først og fremst temperaturvariasjonene i havet som gjør at torskebestanden varierer? Finnes det en vitenskapelig formulerbar lovmessig sammenheng mellom Barentshavets temperatur og den rekruttering til torskebestanden som skjer i Barentshavet?"

Skal en vitenskapsmann kunne gi holdbare svar på et slikt spørsmål, trenger han adgang til måledata fra det aktuelle området og et anerkjent verktøy for statistisk behandling av disse måledataene.

Miljøsenenteret driver systematisk forskning på sammenhengen mellom miljø og rekruttering. Flere metoder er i bruk. Som metodikk for forskning på torskerekruttering i Barentshavet har senteret valgt regresjonsanalyse og statistiske tester. I utgangspunktet forutsetter denne metodikken at det kun benyttes dataserier som både er normalfordelte og uavhengige i tid og rom.

De historiske dataserier som foreligger av torskefangster, biomasse, hydrografi etc., oppfyller ikke uten videre disse

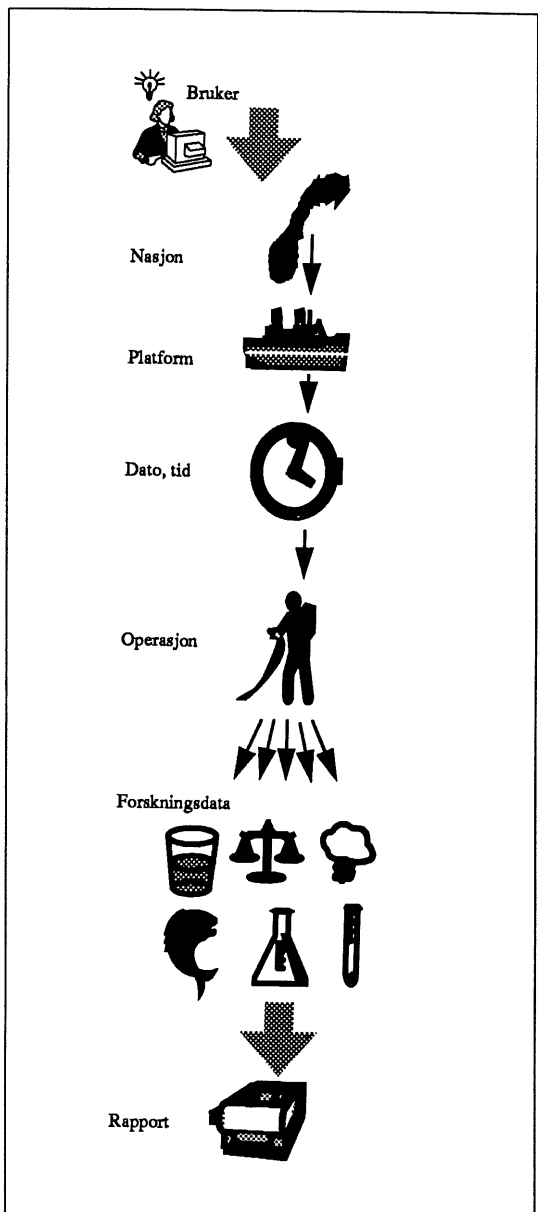


Fig. 4.2.1. Datamodellen for databasen sett fra en brukers side.

formelle kravene. Derfor må rå-dataene først gjennomgå ikke-parametriske databehandlingsmetoder og spesielle simuleringsteknikker som transformerer

dem fra det eksisterende "ukorrekte" format til et statistisk "korrekt" utgangspunkt. Temperaturdata som foreligger fra et begrenset område over snevre tidsperioder må f.eks. interpoleres og ekstrapoleres for å kunne overlape det området som 0-gruppetorsken har oppholdt seg i.

Fig. 4.3.1 gir et enkelt eksempel på vitenskapelige resultater som er oppnådd via slik statistisk metodikk. Figuren viser gjennomsnittlig 0-gruppe rekrutteringsindeks plottet mot klimatiske perioder fra årene 1965 til 1992. 0-gruppeindeksen beregnes ut fra ut fra målinger som gjøres under forskningstokt i

august-september. Denne indeksen har vist seg å være et godt mål for hvor stor vedkommende årsklasse siden blir som voksen fisk. Temperaturdataene som foreligger fra samme område er relativt sparsomme. Der eksisterer imidlertid en russisk dataserie fra et hydrografisk snitt utenfor Kola, og det går an å beregne store deler av temperaturfeltet ut fra en generell forståelse av fysikken i Barentshavet. Som det fremgår av figuren, så er den gjennomsnittlige torskerekrutteringsindeks for varme år ca. fire ganger så høy som gjennomsnittsindeksen for kalde år.

REKRUTTERING TIL TORSKEBESTANDEN I BARENTSHAVET

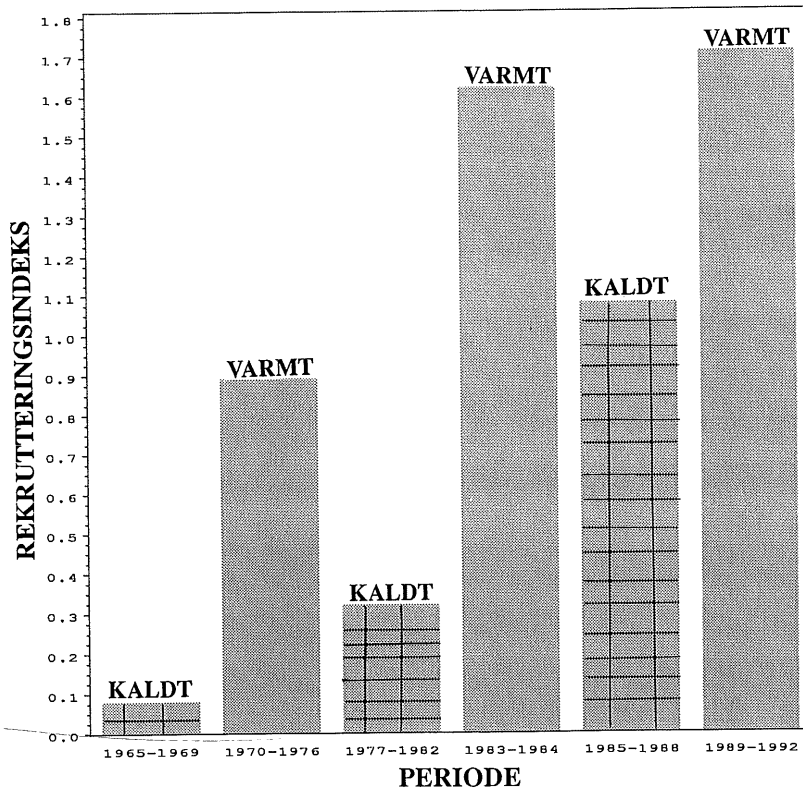


Fig. 4.4.1 Gjennomsnittlig 0-gruppe rekrutteringsindeks i forhold til "varme" og "kalde" klimatiske perioder i årene 1965 - 1992.

5. UTVALGTE EMNER

MÅLING AV STRØM

- 5.1 • Satellittkommunikasjon
- Ultralyd
- Mikroprosessorer
- Presisjonsmekanikk

Mye teknologi bak Havforskningsinstituttets strømmålinger

Strømmene er havets blodomløp. Vann som beveger seg, transporterer samtidig med seg energi, oppløste mineraler, næringsstoffer og levende plante- og dyreorganismer. Strømmene sprer og fortynner forurenset vann og erstatter det med friskt vann. Nær havets overflate hjelper strømmene til at vandamp, oksygen og kulldioksyd utveksles med atmosfæren. Milde havstrømmer bringer liv og varme til ellers

nedfrosne landområder i Nord-Europa. Kort sagt - uten strøm i havet kunne ikke livet på jorden eksistert i sin nåværende form.

Strømbevegelsene skjer i alle størrelsesskalaer - fra bortimot global skala ned til molekytlære bevegelser. De største og mest kjente strømsystemene strek-

ker seg fra områdene rundt ekvator helt opp mot pol-områdene i nord og sør. Slike store strømsystemer kan ha gigantiske omfang. Golfstrømmen har f.eks. en toppfart på 9 km/t og fører på det meste 50 mill. m³ vann/sek. Det er 30 ganger mer enn alle verdens elver til sammen. Den delen av Golfstrømmen som vi i Norge først og fremst nyter mest godt av kalles den nordatlantiske strøm. Varmeenergibidraget fra denne strøm-

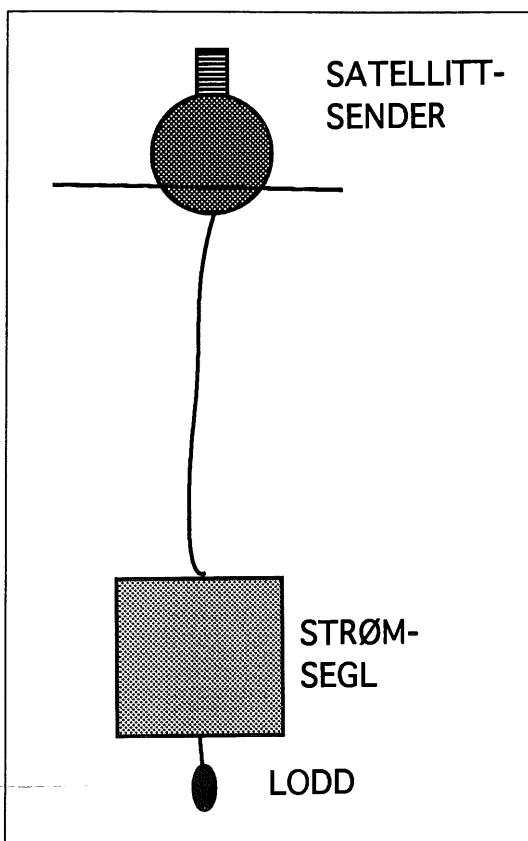


Fig. 5.1.1A Prinsipiell konstruksjon av en drivende satellittbøye.



Fig. 5.1.1B Strømsegl for drivende bøye.

men alene tilsvare varmen fra 100.000 tonn forbrent olje pr. minutt. 100.000 tonn olje er omtrent det kvantum som en stor tankbåt kan laste. (M/S Braer som grunnstøtte ved Shetland i januar 1993 hadde 84.000 tonn olje ombord). Lokalmiljøet påvirkes også av en rekke

mindre strømsystemer generert av tidevann, vind, og tetthetsforskjeller. Selv om lokale strømmer kan fortone seg bagatellmessige i forhold til f.eks. Golfstrømmen, kan de bety være eller ikke være for dem som utsettes for strømmen. Fortjenesten til en fiske-

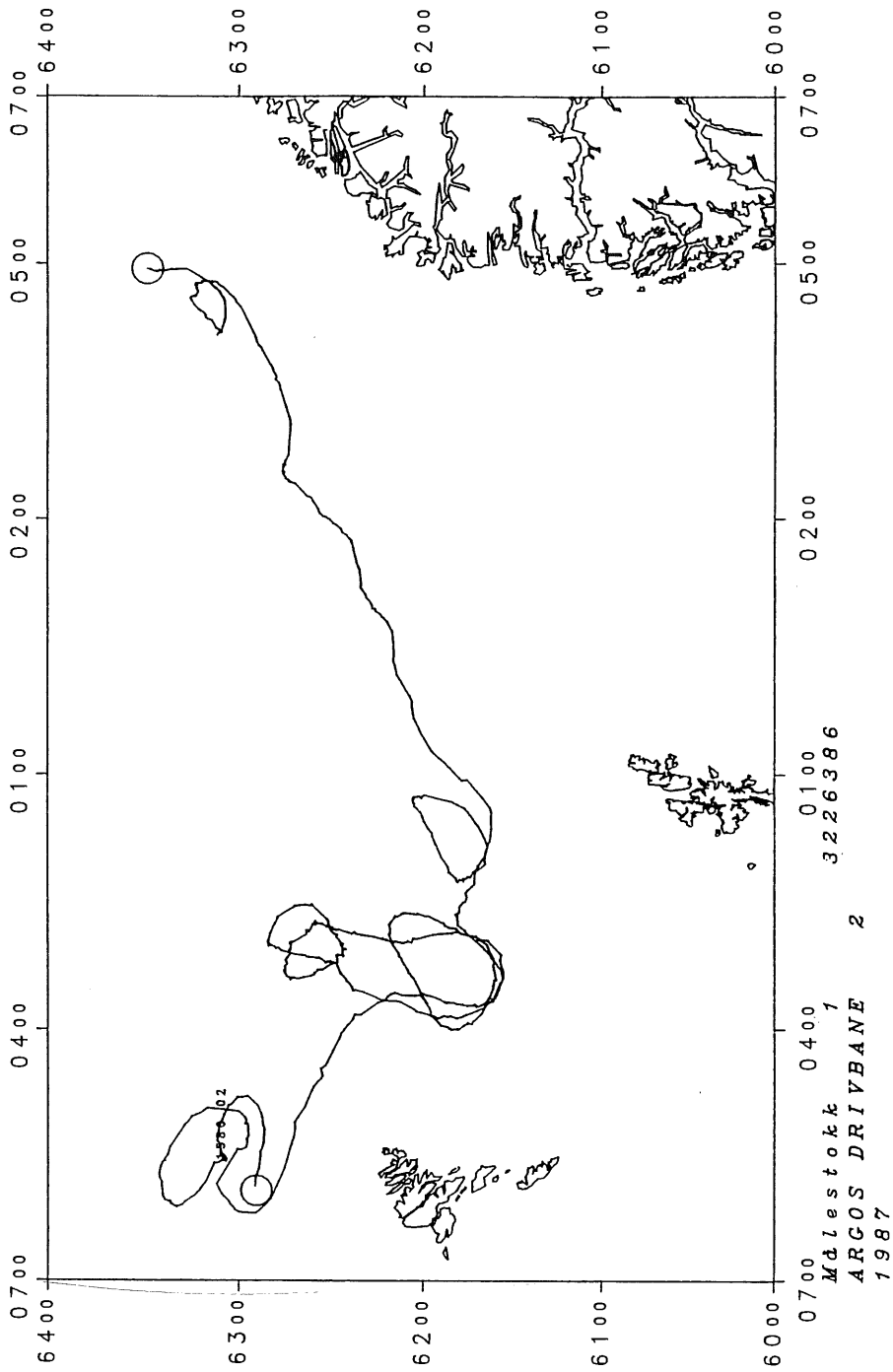


Fig. 5.1.2 Eksempel på driftsmønstre for drivende bøye. Bøyen ble satt ut nord for Færøyane i april, og ble tatt opp utenfor Norskekysten i juli. Seglet hang i 100 meters dyp.

oppdretter på Vestlandet kan være knyttet til eksistensen av gunstige strømforhold like rundt hans anlegg. Livet til en nyklekket torskelarve i Lofoten kan avhenge av om strømforholdene i de nærmeste 10 cm rundt larven bringer inn nok matpartikler.

Hvordan måler vi strøm?

En forsker som prøver å forstå ukjente prosesser i naturen vil alltid prøve å tallfeste dem ved hjelp av en strømmåler.

Strømmåleren som velges må være tilpasset til den strømtype som skal studeres. Stabile storskala strømsystemer som f.eks. Golfstrømmen kan utforskes ved hjelp av fysisk store instrumenter som midler data over tid. Centimeterstore virvler like under en urolig havoverflate kan derimot bare detaljstuderes med en fysisk liten strømmåler som kan måle strømfeltet flere ganger i sekundet.

Havforskningsinstituttet studerer store strømsystemer med global utbredelse såvel som små strømvirvler med utstrekning på noen få cm. Instituttet må derfor benytte mange ulike teknologier for å kunne måle strøm med den nøyaktighet som trengs. Her følger noen eksempler på strømmålere som er i bruk ved Havforskningsinstituttet.

Drivende satellittbøyer

For å finne ut hvor og hvordan alger fiskeegg og nyklekkete larver i grove trekk driver langs norskekysten har Havforskningsinstituttet utviklet en serie med robuste drivende telemetri-bøyer.

Fig. 5.1.1A og B viser hvordan en slik drivende strømmåler ser ut. Hoved-

delen er et rundt drivlegeme av divinicell (et svampaktig kunststoff som inneholder millioner av ørsmå luftbobler). Inne i hoveddelen ligger en satellittsender med oppstikkende antenne. Under drivlegemet - i det dyp der de organismene som man vil studere stort sett lever, henger et undervannssegl. Strømmen i dette dypet vil ta tak i seglet og føre hele bøyen med seg i strømmens retning.

Driftmønsteret til den drivende bøyen og derved strømmen i vannet måles ved hjelp av satellitt. Hver gang en Argos-satellitt passerer over strømmåleren, mottar den et radiosignal fra bøyen. Dette signalet bruker satellitten til å bestemme bøyens posisjon. Når satellitten siden passerer en bakkestasjon, sender den beskjed tilbake til jorden om hvor bøyen befant seg i måleøyeblikket. På Havforskningsinstituttet tegnes så bøye-posisjonene fra døgn til døgn opp på store kart slik at driftsmønsteret kommer frem. *Fig. 5.1.2* viser et slikt kart. (se foregående side).

Faststående rigger i havet

For å finne hvor mye vann som f.eks. passerer det viktige snittet mellom Shetland og Norge benytter Havforskningsinstituttet selvregistrerende strømmålere som forankres i faste posisjoner i en såkalt "rigg". Hver rigg kan inneholde mange strømmålere, og flere identiske rigger plasseres etter hverandre langs en snittlinje. *Fig. 5.1.3* viser et typisk riggoppsett. I slike "mellomstore" strømmålerne måle strømmen med en rotor. Med jevne mellomrom skriver instrumentets interne mikroprosessor rotorens

omdreiningsfart og instrumentets retning inn i et elektronisk minne.

Når riggen tas opp, blir disse dataene tilgjengelig for databehandling. Store datamaskiner gjør så rå-informasjonen om til beregnede data uttrykt i fysiske enheter.

Et stort problem med faststående rigger av typen som vist på *fig. 5.1.3* er at de dessverre lett kommer i vegen for, og blir ødelagt av trålere.

Akustisk dopplerstrømmåler ADCP ("Acoustic current doppler profiler") måler strømmen på avstand

Et aktuelt alternativ til faststående strømmålerigger kan være å måle strømmen direkte fra et forskningsskip i fart. Til dette benytter Havforskningsinstituttets såkalte ADCP-instrumenter (*Acoustic Doppler Current Profiler*). *Fig.5.1.4* (neste side) illustrerer hvordan en skipsmontert akustisk dopplerstrømmåler fungerer. Under skipet er det montert fire akustiske sender/mottaker-par. Disse sender pulser med ultralydbølger ned i vannet. På sin vei mot bunnen støter lydbølgene mot et stort antall reflektorer i form av f. eks. drivende plankton. Sammenstøtene forårsaker at det stadig returneres små ekko tilbake til senderen. På grunn av dopplereffekten får ekko fra reflektorer i bevegelse en endret frekvens i forhold til det utsendte signalets opprinnelige frekvens. Forskjellen mellom utsendt og mottatt signalfrekvens kalles "dopplerskiftet". Dopplerskiftet er proporsjonalt med hastighetsforskjellen mellom sender og reflektor.

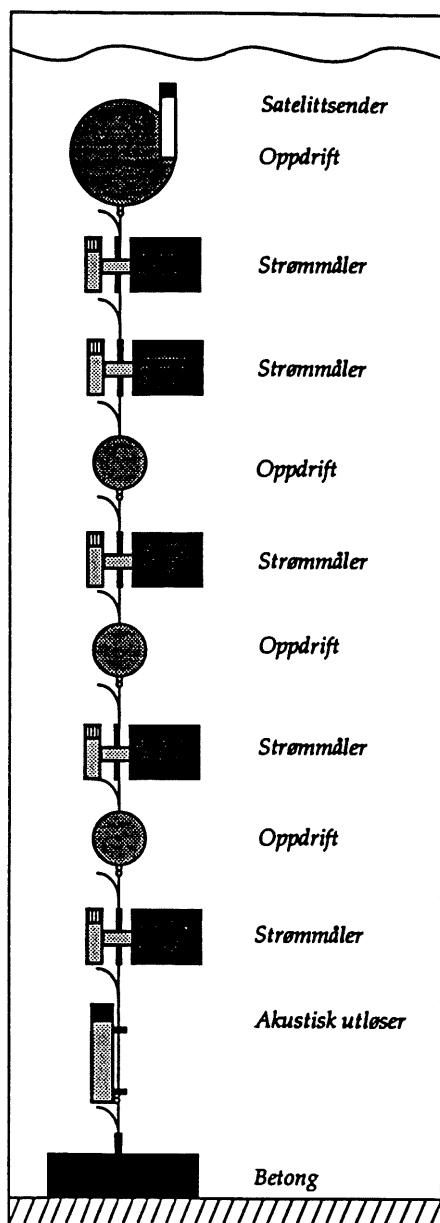


Fig. 5.1.3 Eksempel på strømrigg. Denne riggtypen er blitt brukt ved flere vellykte strømmålinger i Barentshavet. Når riggen hentes opp, frigjøres den fra bunnloddet ved hjelp av en akustisk udøser styrt fra skipet som skal hente. Dersom et isfjell etc. sliter riggtauet av, vil riggens øvre delen flyte opp, og en satelittsender aktiveres slik at posisjonen kan avleses.

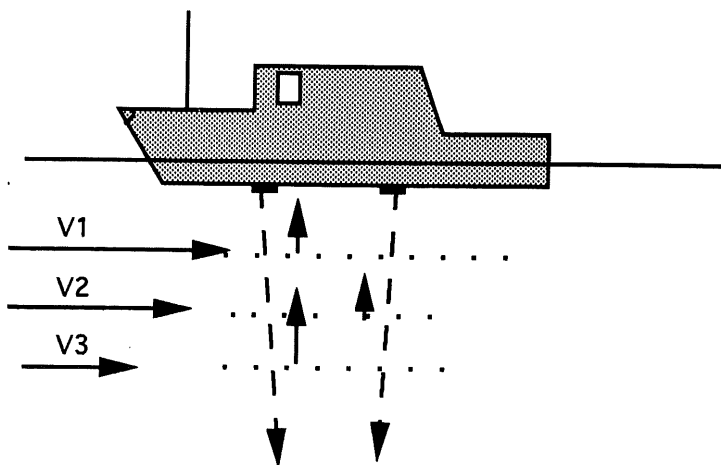


Fig. 5.1.4 Prinsipp for akustisk dopplerstrømmåler. Drivende partikler i vannet reflekterer utsendte lydimpulser tilbake til skipet. På grunn av dopplereffekten inneholder ekko fra ulike vannlag informasjon om lagenes strømhastighet.

Den akustiske dopplerstrømmåleren finner derfor strømhastighetsprofilen under skipet ved å beregne forskjellen i frekvens mellom det utsendte signalet og del-ekkoene i hvert enkelt dyp. Skipets egen fart fjernes fra de målte strømhastighetene ved at bunnekkets dopplerskift subtraheres fra dopplerskiftene ved alle andre vann-dyp.

Fig. 5.1.5 (neste side) viser strømmen i Lofoten noen dager i mai 1992. Under denne målingen lå skipet fast forankret på ca. 100 m dyp.

MINI- instrument måler strømmen i fjorder og rundt oppdrettsanlegg

For å måle strømmen i områder der store båter enten ikke kommer til eller er for kostbare å bruke, er det utviklet såkalte MINI-strømmålere. (Fig. 5.1.6 viser en slik måler).

Mini-målerne er så små og lette at de kan bæres for hånd og om nødvendig opereres fra en robåt. Dataene registreres i et innebygget elektronisk minne i instrumentet. De kan på få sekunder overføres til og prosesseres en PC. *Fig. 5.1.7* viser driftmønsteret til en tenkt vannpartikkel som er sluppet ut ved et oppdrettsanlegg. En slik beregnet strømkurve gir f. eks. et godt inntrykk hvor forurensninger fra et lokalt utslipp vil bevege seg. Dersom den tenkte vannpartikkelen stadig fjerner seg fra startpunktet, er det bra. Kommer partikelen tilbake til utgangspunktet, er vannutskiftningen for dårlig, og anlegget bør flyttes.

Strømmålinger i mikroskala

Den såkalte *mikroturbulensen* - det vil si lokale strømvirvler som opptrer tilfeldig innenfor et f. eks. 10 x 10 x 10 cm³

ADCP E/W komponent ankerstasjon Lofoten

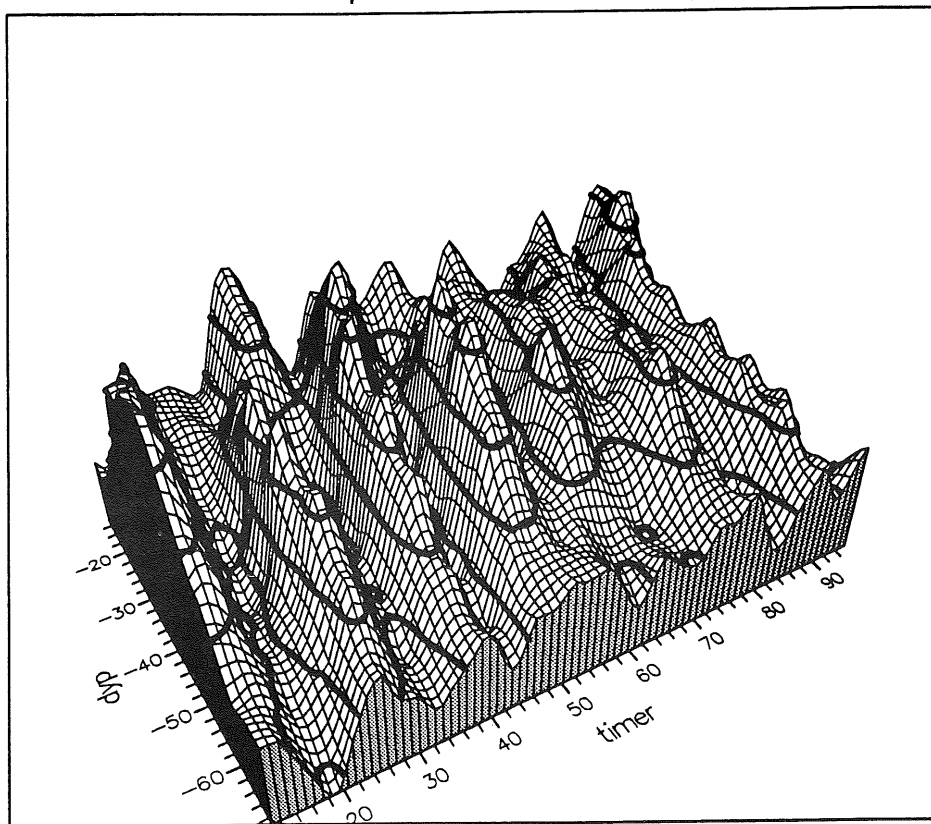


Fig. 5.1.5 Strømhastighetsmålinger fra Doppler strømmåler målt i Lofoten.

vannvolum, antas å ha meget stor betydning for livsvilkarene til nyklekkete fiskelarver.

For å studere strømbevegelsene slik de oppleves i detalj av et lite plankton inne i vannvolumet, trengs det en miniatyr strømsensor som kan måle den romlige strømvektoren flere ganger i sekundet med følsomhet ned til ca. 1 mm/s.

Slike data kan bare fremskaffes via avansert teknologi. Fig. 5.1.8 (neste side) viser sensordelen til en 4 akset ul-

tralydstrømmåler som er under utvikling ved Havforskningsinstituttet. Denne sensoren har vært benyttet i Lofoten til rekrutteringsforskning på torsk. Med ytterligere utvikling kan en slik sensor inngå i en generell turbulensmåler som f. eks. i en gitt forurensningssituasjonen kan beskrive sjøens evne til å tynne ut forurensninger gjennom spredning. Slik informasjon er svært viktig når det skal tas avgjørelser om bruk av kjemiske inngrep mot oljeutslipp i havet.

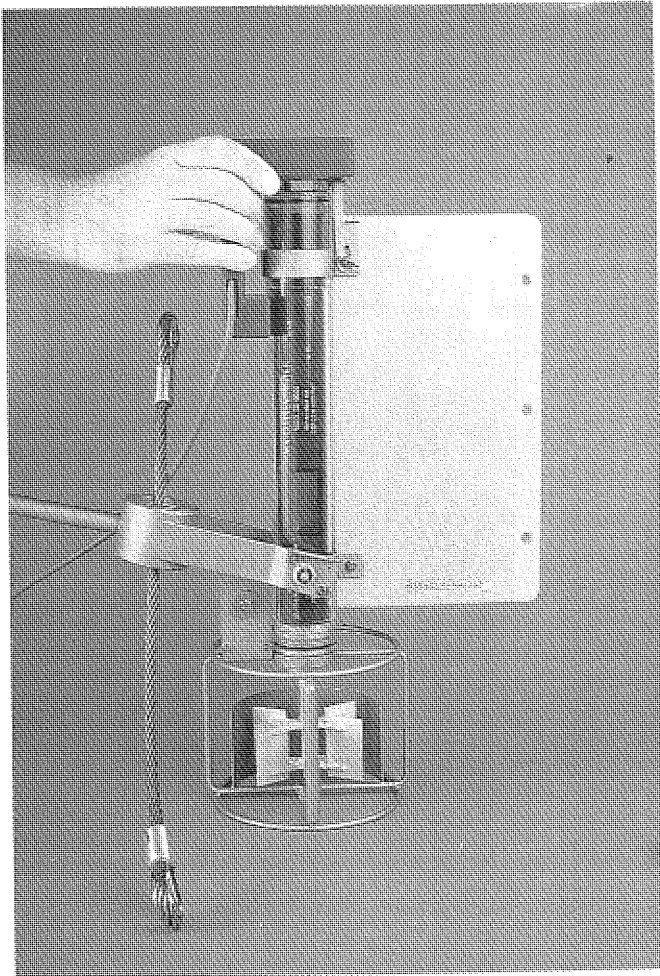


Fig. 5.1.6 Håndstrømmåler (MINI-måler) utviklet ved Havforskningsinstituttet. De registrerte strømdata blinkes som lysimpulser til et optisk "lesehode". Lesehodet omformer lyspulsene til elektriske impulser og sender dem videre til en PC for prosessering.

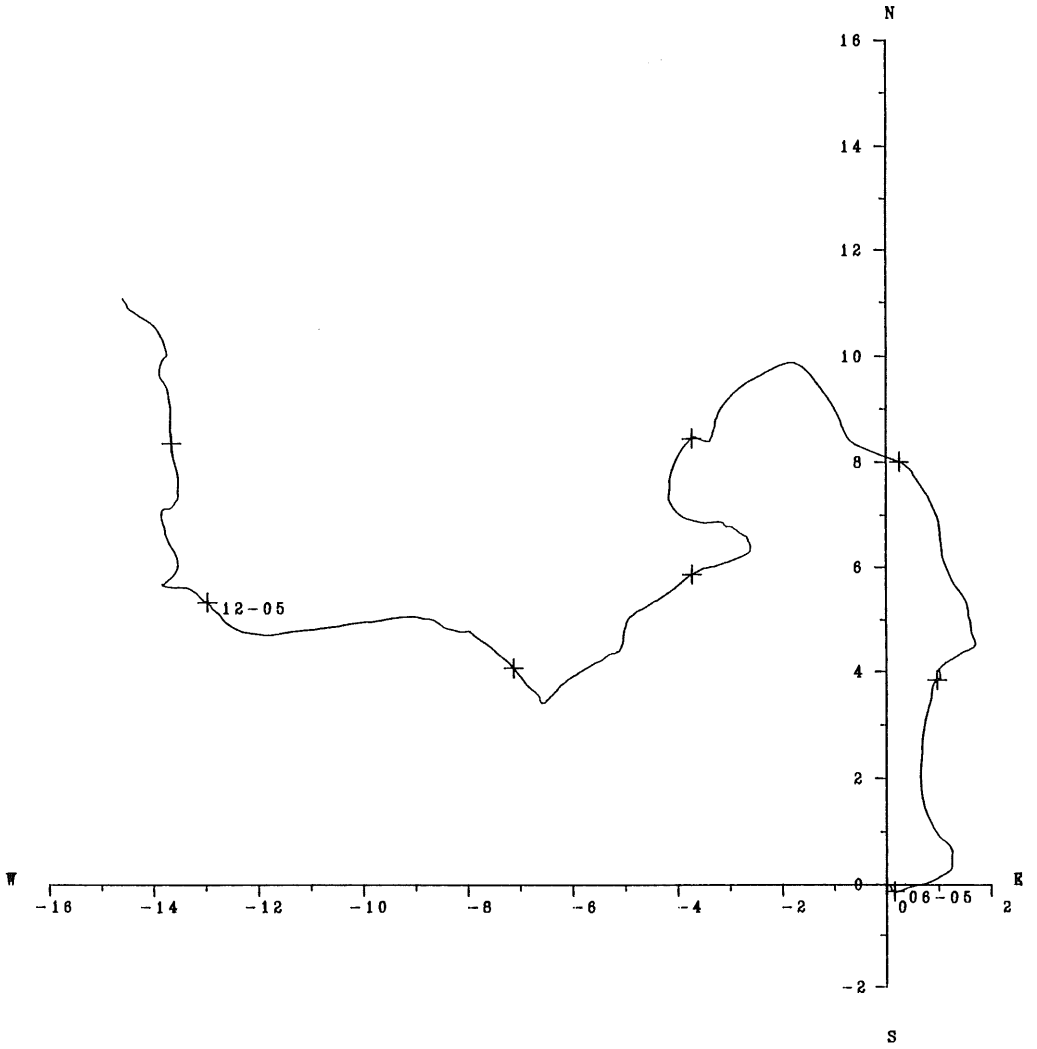


Fig. 5. 1. 7 *Progressivt vektordiagram som viser en vannpartikkel i målerens utsetningsposisjon driver med tiden.*

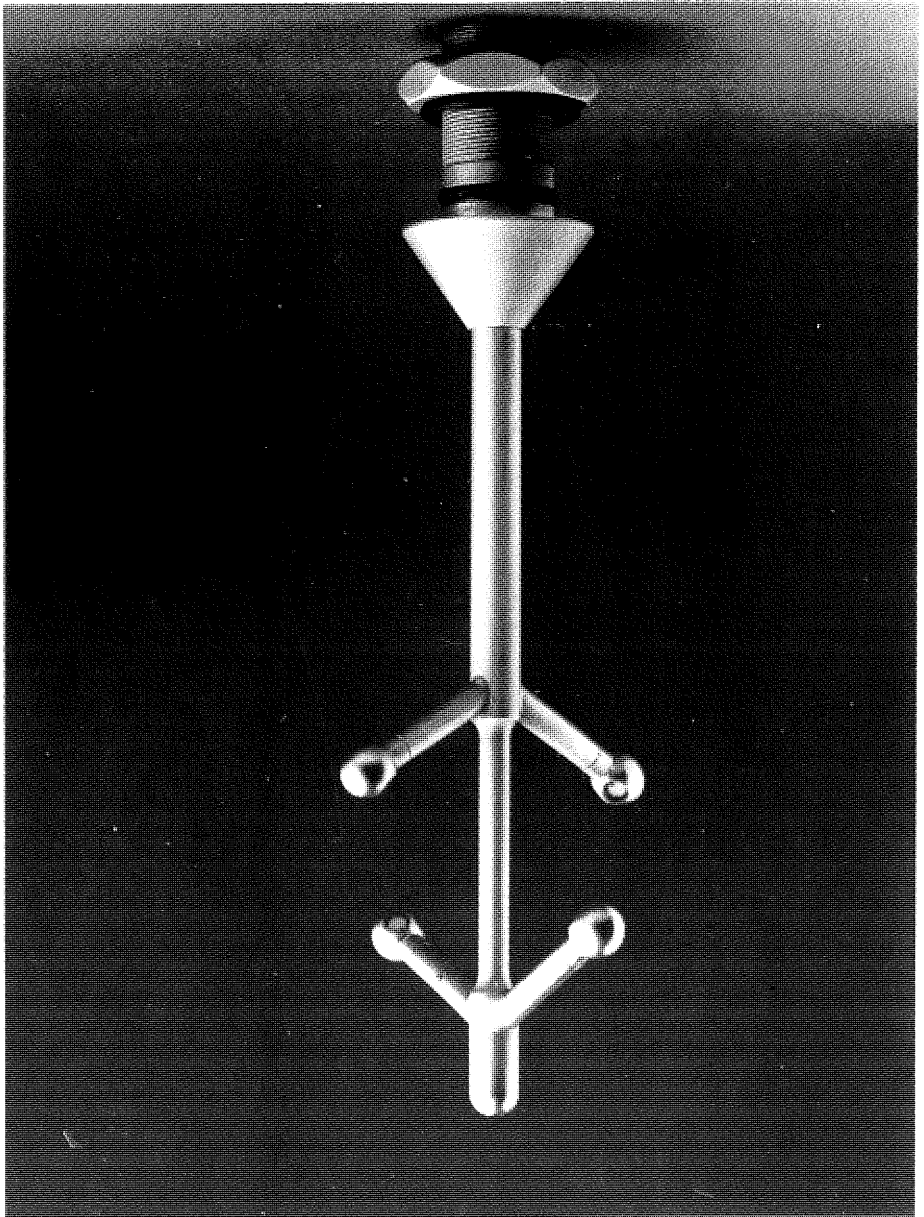
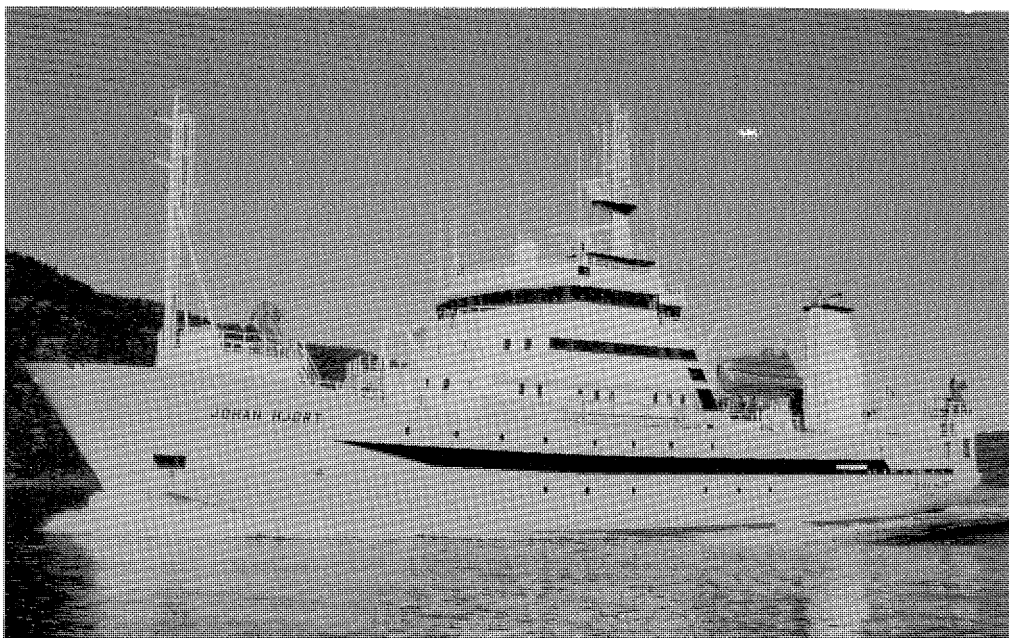


Fig. 5.1.0 Firekset miniatyrisert ultralydstrømmåler brukt til grunnforskning på torskerekuttering.



FF Johan Hjort

- Instituttets mest avanserte forskningsfartøy

Byggeår :	1990
Verft :	Flekkefjord Slipp og Maskinfabrikk AS Kvina Verft AS
Lengde (LOA):	64,4 m
Bredde :	13,0 m
Bruttotonnasje :	1950 tonn
Hovedmotor :	Wärtsilä- Wichmann, 8V28B 3264 hp, 2400 kW
Klasse :	Det Norske Veritas +1A1, ICE 1B (skrog) ICE 1C, (propell)
Lugarer :	24 enkle, 5 doble