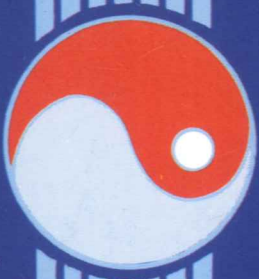


Strømstad

1990
nr. 33



help

havforskningsinstituttets
egg- og larveprogram

Victor Øiestad

Petroleumsvirksomhet utenfor kysten
av Midt-Norge.
Konsekvenser for fiskeressursene.



ISBN 82-7461-020-1

**PETROLEUMSVIRKSOMHET UTENFOR KYSTEN AV MIDT-NORGE
KONSEKVENSER FOR FISKERESSURSENE**

VICTOR ØIESTAD
HAVFORSKNINGSINSTITUTTET
1990

HELPRAPPORT NR. 33

FORORD

I økende grad knyttes norsk framtid til havet. Det kan være nok å gi stikkord som olje- og gassutvinning, skipsfart og havbruk. I tillegg kommer fiske med røtter tilbake til forhistorisk tid. Den økte bredden i virksomheten knyttet til havet har gitt opphav til nye interesse-motsetninger. Særlig har disse kommet tilsyne i forholdet mellom fiske og petroleumsvirksomhet. I disse konfliktene har fiskeri-interessene vanligvis stått svakt fordi verdien av olje- og gass-reservene er så mye høyere enn verdien av det årlige fisket. Fiskeri-forvaltningen har fått medhold i at en må utrede de mulige konsekvenser av petroleumsvirksomheten og stille krav til industrien slik at en kan redusere mulighetene for uheldige sideeffekter. Disse kan ellers på sikt skade andre viktige sider av norsk næringsliv og norske ressurser. Som et ledd i dette utredningsarbeidet er det denne rapporten er utformet. Den tar for seg de indre blokkene på strekningen Haltenbanken til Vesterålen, TR I/Ø og NL IV-VII, som er planlagt åpnet for leteborring i 1992.

Arbeidet med rapporten er delvis finansiert av Olje- og Energi-departementet gjennom AKUP (Arbeidsgruppe for konsekvens-vurderinger av petroleumsvirksomhet).

Havforskningsinstituttet har snart i 20 år vært opptatt av de effekter petroleumsvirksomheten kan ha for marine ressurser og har tidligere bidratt i utredningsarbeid innen dette feltet. Vi har ved slike anledninger foreslått krav som bør stilles til industrien. Vi vil også for aktiviteten på disse nye blokkene foreslå at det stilles krav slik at en kan få skjermet det marine miljø best mulig.

Roald Sætre
Havforskningsinstituttet
Mars 1990

INNHold

SAMMENDRAG OG TILRÅDINGER.....	1
INNLEDNING.....	2
SKJÆRINGSPUNKTER MELLOM FISKERESSURSER OG PETRO- LEUMSVIRKSOMHET.....	3
GENERELLE TREKK.....	3
KYSTSTRØMMEN.....	4
PÅVIRKNINGSFAKTORER PÅ DEN BIOLOGISKE PRODUKSJONEN.....	8
STRUKTURER I FISKEBESTANDENE I NORDOMRÅDENE.....	12
OPPDRETTSNÆRINGEN.....	14
DATAKILDER.....	14
FYSISK-OSEANOGRAFISKE FORHOLD.....	15
BIOLOGISKE FORHOLD.....	18
NORSK-ARKTISK TORSK.....	18
NORSK-ARKTISK HYSE.....	22
SEI NORD FOR 62°N.....	22
NORSK VÅRGYTENDE SILD.....	24
OLJEDRIFTSSCENARIER.....	25
GENERELT.....	25
EFFEKTSTUDIER PÅ EGG OG LARVER AV FISK.....	25
SUBLETALE EFFEKTER PÅ BIOLOGISK LIV.....	26
BASISFORUTSETNINGER FOR SCENARIENE.....	27
FØRSTE OG ANDRE SCENARIO: LOFOTEN.....	29
ANDRE ARTER BERØRT AV UTBLÅSNINGEN.....	38
TREDJE SCENARIO: DEN SYDLIGSTE BLOKKEN.....	40
KONSEKVENSER FOR AKTIVITETEN - AVBØTENDE TILTAK.....	45
VERNESONE OG BUFFERSONE.....	45
AKTIVITETSPERIODER.....	45
SEISMIKK.....	47
HOVEDPUNKTER OG TILRÅDINGER.....	47
LITTERATURHENVISNINGER.....	49
APPENDIKS	57

FIGUR- OG TABELLOVERSIKT

FIG. 1.	NORDATLANTEREN MED POLARFRONT SISTE 20 000 ÅR.....	3
FIG. 2.	BUNNKONTURER HELGELAND.....	6
FIG. 3.	KYSTSTRØMMEN.....	7
FIG. 4;A-D	NORSK VÅRGYTENDE SILD.....	9
FIG. 5;A,B	UTTAK AV FISK NORD FOR 62° N SIDEN 1900.....	11
FIG. 6;A,B	HELP-SURVEYDEKNING GJENNOM ÅRET.....	16
FIG. 6;C,D	HELP-SURVEYDEKNING GJENNOM ÅRET.....	17
FIG. 7A	VIKTIGE GYTEFELT FOR TORSK.....	19
FIG. 7B	VIKTIGE GYTEFELT FOR HYSE.....	20
FIG. 7C	VIKTIGE GYTEFELT FOR SEI.....	21
FIG. 7D	VIKTIGE GYTEFELT FOR SILD.....	23
FIG. 8.	FØRSTE SCENARIO: OLJEFLAKFORDELING.....	30
FIG. 9.	FØRSTE SCENARIO: FORDELING AV TORSKEEGG OG OLJEFLAK.....	31
FIG.10.	ANDRE SCENARIO: OLJEFLAKFORDELING.....	32
FIG.11.	ANDRE SCENARIO: FORDELING AV TORSKEEGG OG OLJEFLAK.....	33
FIG.12.	GYTEKURVE FOR TORSK I LOFOTENOMRÅDET.....	34
FIG.13A	SCENARIO 1: TORSKELARVER OG OLJEFLAK.....	35
FIG.13B	SCENARIO 2: TORSKELARVER OG OLJEFLAK.....	36
FIG.14A	SCENARIO 1: HYSEEGG OG OLJEFLAK.....	37
FIG.14B	SCENARIO 2: HYSEEGG OG OLJEFLAK.....	38
FIG.15.	FORDELING VOKSEN SILD PÅ HELGELAND.....	39
FIG.16.	TREDJE SCENARIO: OLJEFLAKFORDELING.....	41
FIG.17.	SEIEGG PÅ HELGELAND OG OLJEFLAKET.....	42
FIG.18.	SILDELARVER PÅ HELGELAND OG OLJEFLAKET.....	43
FIG.19.	VERNESONE OG BUFFERZONE.....	46
 APPENDIKS		
FIG.A.1.	SCENARIO 1: ØYEBLIKKELIG OLJEFORDELING HVER 5.DAG.....	58
FIG.A.2.	SCENARIO 2: ØYEBLIKKELIG OLJEFORDELING HVER 5.DAG.....	59
FIG.A.3.	SCENARIO 3: ØYEBLIKKELIG OLJEFORDELING HVER 5.DAG.....	60
FIG.A.4.	VINDDATA FOR SCENARIO 1 OG 3.....	61
TABELL A.1.	SCENARIO 1: MASSEBALANSE AV OLJE.....	62
FIG.A.5.	SCENARIO 1: MASSEBALANSE AV OLJE OVER 20 DAGER.....	62
TABELL A.2.	SCENARIO 3: MASSEBALANSE AV OLJE.....	63
FIG.A.6.	SCENARIO 3: MASSEBALANSE AV OLJE OVER 20 DAGER.....	63
FIG.A.7.	BIOMASSE AV LODDE I BARENTSHAVET FRA 1973-88.....	64
FIG.A.8.	SILDELARVER I VEKST PÅ HELGELANDSKYSTEN I MAI.....	65
FIG.A.9.	SEIYNGEL PÅ HELGELANDSKYSTEN I MAI.....	66

SAMMENDRAG OG TILRÅDINGER

Vi har vurdert betydningen av fiskeressursene mellom 64°N og 70°N med hovedvekt på den rolle området spiller for opprettholdelsen av viktige fiskebestander som norsk-arktisk torsk, hyse og sei og norsk vårgytende sild. Norsk-arktisk torsk har sine viktigste gytefelt innenfor det berørte området mens de tre andre artene har viktige gytefelt utenfor denne kyststrekningen. Imidlertid driver hele årsklassen av sildelarver gjennom området på vei til Barentshavet mens den beiter på dyreplankton. Hele gytebestanden av sild har hatt sitt beite- og overvintringsområde langs Helgelandskysten siden 1987. Hovedtyngden av årsklassen av seieyngel passerer årvisst den berørte strekningen i mai på vei fra havet til oppvekstområder på kysten. Norsk-arktisk hyse er således den arten som berøres minst.

Kyststrømmen er katalysatoren i dette systemet samtidig med at det er dens vannmasser som i særlig grad vil bli rammet ved en utblåsning av olje eller gass. De biologiske prosessene vil derfor meget raskt bli berørt av et uhell. Kontrollerte forsøk har vist at tidlige livsstadier (egg og larver) av særlig sei og torsk vil bli ubotelig skadet ved selv lave konsentrasjoner av hydrokarboner (20-50 ppb) i sjøvann. Det er også vist at grunnlaget for alt høyere liv i havet, planteplankton og dyreplankton, under påvirkning fra hydrokarboner endrer sin artssammensetning på en slik måte at det er bekymringsfullt for raudåten som er den store energiformidler i våre nordområder. Rammes raudåten, rammes i siste omgang de høstbare ressurser av sild, lodde, torsk og sei.

Mot denne bakgrunnen vil vi tilråde disse avbøtende tiltak iverksatt:

1. Det opprettes en **vernesone** fra 70°00'N til 67°20'N avgrenset i vest av 500-m-dybdekoten.
2. Syd for vernesonen opprettes en **buffersone** som strekker seg fra 67°20'N til 65°00'N avgrenset i vest av 500-m-koten.
3. I vernesonen og buffersonen tar all petroleumsvirksomhet en aktivitetspause fra 1.februar til 1.juni. Pausen omfatter også seismikkskyting i enhver form.
4. Syd for buffersonen mellom 65°00'N og 64°00'N innføres det en aktivitetspause i februar og mars som også omfatter seismikkskyting i enhver form.
5. De klare effekter fra hydrokarboner i sjøvann på tidlige livsstadier hos fisk undersøkes nærmere i realistiske vekstforsøk i laboratoriet og i vekstforsøk i eksperimentelle økosystemer der en også kan se nærmere på effektene på og mellom trofe nivåer. Studiene må også komplementeres med adferdsstudier der en ser på adferdsendringer under oljepåvirkning i relasjon til fór, predasjon og vertikalfordeling av larver og yngel gjennom døgnet.

INNLEDNING

Våren 1987 kunne avisene fortelle at gytetorsken var "uten lever og rogn". Sultkatastrofer er bare altfor velkjent fra landjorden, men de færreste hadde forestilt seg at fenomenet kunne dukke opp i havet og få et slikt omfang. Men det gjorde det og da med slik tyngde, at det var uråd å finne nok torsk til å fylle torskekvoten. "Kapitalen i banken" hadde ikke forrentet seg og en måtte ta av selve kapitalen (Mehl and Sunnanå 1990).

Denne hendelsen illustrerer bedre enn mange ord det tette samspillet i havet og hvor nødvendig det er at alle leddene fungerer tilfredsstillende. Bare da kan en høste av ressurser i vekst. Det er mot en slik bakgrunn en må vurdere inngrep som direkte eller indirekte kan berøre ett eller flere ledd i den kjeden som er grunnlaget for våre fornybare ressurser.

Havforskningsinstituttet har ved flere anledninger utredet spørsmål knyttet til de mulige uheldige effektene fra petroleumsvirksomhet på marine ressurser (Føyn et al. 1977; Kaartvedt 1985; Sætre og Bjørke 1988). Spørsmålene har fått økt aktualitet både på grunn av katastrofeutslippet av olje i subarktiske farvann ved Alaska og fordi våre egne fiskerier lider under langvarige forstyrrelser av økosystemet i Barentshavet. Søkelyset har også blitt rettet mot en spesiell side ved oljeleting: seismikkskyting. I sum gir dette signaler om at en i større grad enn før må gå varsomt fram og være villig til å stille større ressurser til rådighet for å klarlegge både mekanismene i det marine miljø og de effekter ulike sider av petroleumsvirksomheten kan ha på de marine ressurser.

En har nå gitt høy prioritet til oppbyggingen av våre fiskebestander i nord, fiskebestander som i faser av sitt liv oppholder seg i det området som berøres av den foreslått utvidete leteaktiviteten. Vi ser liten grunn til at en forhaster seg i arbeidet med leteaktiviteten dersom en frykter for at sider ved denne kan influere negativt på oppbyggingen av fiskebestandene. I en avveining av hensyn, må en legge til grunn et mer langsiktig perspektiv der en erkjenner at eventuelle olje- og gassreserver i det aktuelle området ikke forringes ved å ligge urørte.

SKJÆRINGSPUNKTER MELLOM FISKERESSURSER OG PETROLEUMSVIRKSOMHET

GENERELLE TREKK

Rundt 1980 var Barentshavet inne i en "kald" periode og dette førte til at iskanten bredte seg svært langt vest og syd (Loeng 1989). Dette er svært ugunstig for produksjonen i området (Skjoldal and Rey 1989). Hendelsen gir en svak påminnelse om enda kaldere tider da store deler av Barentshavet var bunnfrosset, hele det nordlige Atlanterhavet var dekket med drivis og polarfronten lå på 40. breddegrad ved Lisboa (FIG.1; Ruddiman and McIntyre 1981). Våre viktige fiskearter var da presset ut av hele sitt nåværende utbredelsesområde og var trolig langt mindre tallrike mens de levde syd for Storbritannia. Den gradvise

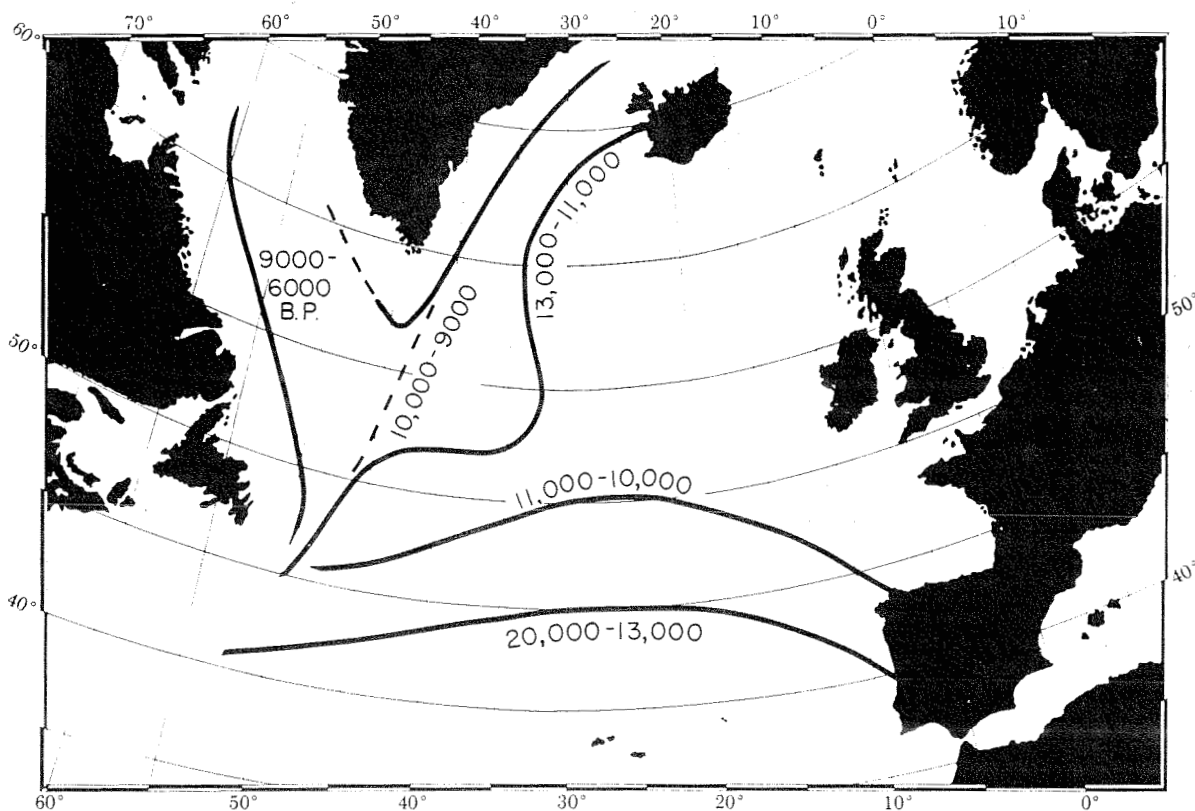


FIG. 1. Forflytning av polarfronten fra kysten av Portugal i istiden (20 000 år før nåtid) til nord for Island fra for 10 000 år siden og til nåtid (Ruddiman and MacIntyre 1981).

nedsmelting av isdekket som begynte for 14 000 år siden, strakte seg over flere tusen år. Først for 6-8 000 år siden kunne det nåværende økosystemet etablere seg i nordområdene. Det er således et relativt nytt system, og det opererer med trange marginer der små endringer av temperaturforholdene kan resultere i dramatiske biologiske forandringer den ene eller andre veien. Når utslagene kan bli så store, er det fordi mange fiskebestander har sitt marginalområde i Barentshavet (Gjøsæter and Loeng 1987; Skjoldal et al. 1990).

Sokkelområder slik en har i Nordsjøen og i Barentshavet, gir grunnlag for høy biologisk produksjon fordi vertikalkonveksjoner sørger for å bringe næringssalter opp i de produktive vannlagene der fotosyntese kan foregå (Loeng 1989; Rey et al. 1987). Det finner sted en kobling mellom frittsvømmende og bunnlevende livsformer. I de to nevnte områdene forsterkes produksjonen ved at massive strømsystemer overskyller soklene med varmt og relativt næringsrikt vann (Bergstad et al. 1987; Sætersdal and Loeng 1987). For å kunne utnytte dette potensialet, har fiskebestandene måttet finne fram til reproduksjonsstrategier som sikret dem at de ble værende i området og at yngelen fikk starte livet i relativt varmt og næringsrikt vann. Til tross for den relativt korte tiden fiskebestandene har hatt til rådighet for å tilpasse seg til strømforholdene langs norskekysten, så har det utviklet seg et meget effektivt mønster som har sikret stor biologisk tyngde for noen arter i systemet. I Barentshavet går strategien ut på at gytefisk svømmer ut fra sokkelområdet og inn i den strømmen som overskyller sokkelen, Kyststrømmen. Vi kaller dette prinsippet motstrøms gytevandring. Gytefisken svømmer så langt syd at larvene sikres "fallhøyde". Det innebærer at eggene legges så langt unna at larvene under drift nordover har blitt til yngel innen de treffer oppvekstområdet på sokkelen. Så effektivt har dette blitt, at verdens største silde- og torskestamme baserer hele sin livssyklus på den norske Kyststrømmen (Garrod 1988; Sinclair and Iles 1988). Det er i en slik sammenheng en må se petroleumsvirksomheten på strekningen fra Møre til Vesterålen. En rører her ved livsnerven til våre to viktigste fiskeslag i tillegg til at Kyststrømmen spiller en langt på vei tilsvarende viktig rolle for flere andre arter som hyse, sei og lodde.

KYSTSTRØMMEN

Det er vanlig å oppfatte Norge som en Nordsjønasjon. I de fleste sammenhenger er det riktig, men vurdert utfra områdets vannsirkulasjon, framtrer et annet bilde. Norskekysten omkranses av

vannmasser som er påvirket av å ha passert de andre landene ved Nordsjøen og Østersjøen. Kyststrømmen blir således et *utløp* fra disse to innhavene (Ljøen 1981; Sætre 1983). Norsk bidrag til Kyststrømmen bl.a. i form av forurensning har derfor *kun* følger for kyst-Norge og til sist for Barentshavet. Til tross for de betydelige tilførslene av næringssalter fra alle nasjonene rundt begge innhavene, er Kyststrømmen relativt næringsfattig (Aure 1989a; Aure og Stigebrandt 1989). En viktig årsak til de lave verdiene er at næringssaltene forbrukes og bindes i levende materiale, og denne prosessen har kommet langt innen vannmassene når norske farvann. I det store næringssaltbudsjettet er bidraget fra norsk virksomhet knapt registrerbart (Aure 1989a og b).

Kyststrømmen følger kysten nordover avgrenset av land til høyre og tungt atlantisk vann til venstre slik at det dannes et plastisk "elveleie" (FIG.2 og 3). Når en beveger seg nord av Stad, blandes kystvannet gradvis med det tyngre og mer næringsrike atlantiske vannet som herfra også beveger seg nordover parallelt med Kyststrømmen. Blandingsprosessen er kommet langt når vannmassene strømmer innover Barentshavsokkelen. Vinterstid vil det atlantiske vannet bidra vesentlig til å heve temperaturen i den ellers kalde Kyststrømmen (Sætre 1983).

Det har vært fokusert på forurensningsbelastningen av Kyststrømmen. Målinger viser at denne er ubetydelig slik at en fortsatt er sikret sjøvann av høy kvalitet til våre nordområder (Law et al. 1987). Industrien kan derfor ikke bruke forestillingen om at vannmassene allerede er belastet som et alibi for å ta det lettvent med egne forebyggende tiltak. Næringssaltene i Kyststrømmen spiller ingen negativ rolle da disse tvert om er grunnlaget for den biologiske produksjonen. Det ville være meningsløst å klassifisere som forurensning de komponentene som bidrar til å gjøre Barentshavet til ett av verdens viktige matkamre. Derimot er det nødvendig å sikre seg mot tilførsler av komponenter som ikke naturlig hører hjemme i næringskjeden og som kan forringe selve produksjonen eller verdien av de marine produktene. Det er mot disse stoffene innsatsen må settes inn, og til denne kategorien av stoffer hører petroleumsbestanddeler hjemme. Det er viktig å fokusere på det egentlige problemet og avgrense årvåkenheten mot de tilførsler som reduserer verdien av våre fornybare ressurser.

En interessant side ved tilpasningen hos fisk til Kyststrømmen er at gytefisk bringer tilbake enorme mengder næringssalter fra nordområdene og legger dem fra seg langt syd i Kyststrømmen. Da silde-

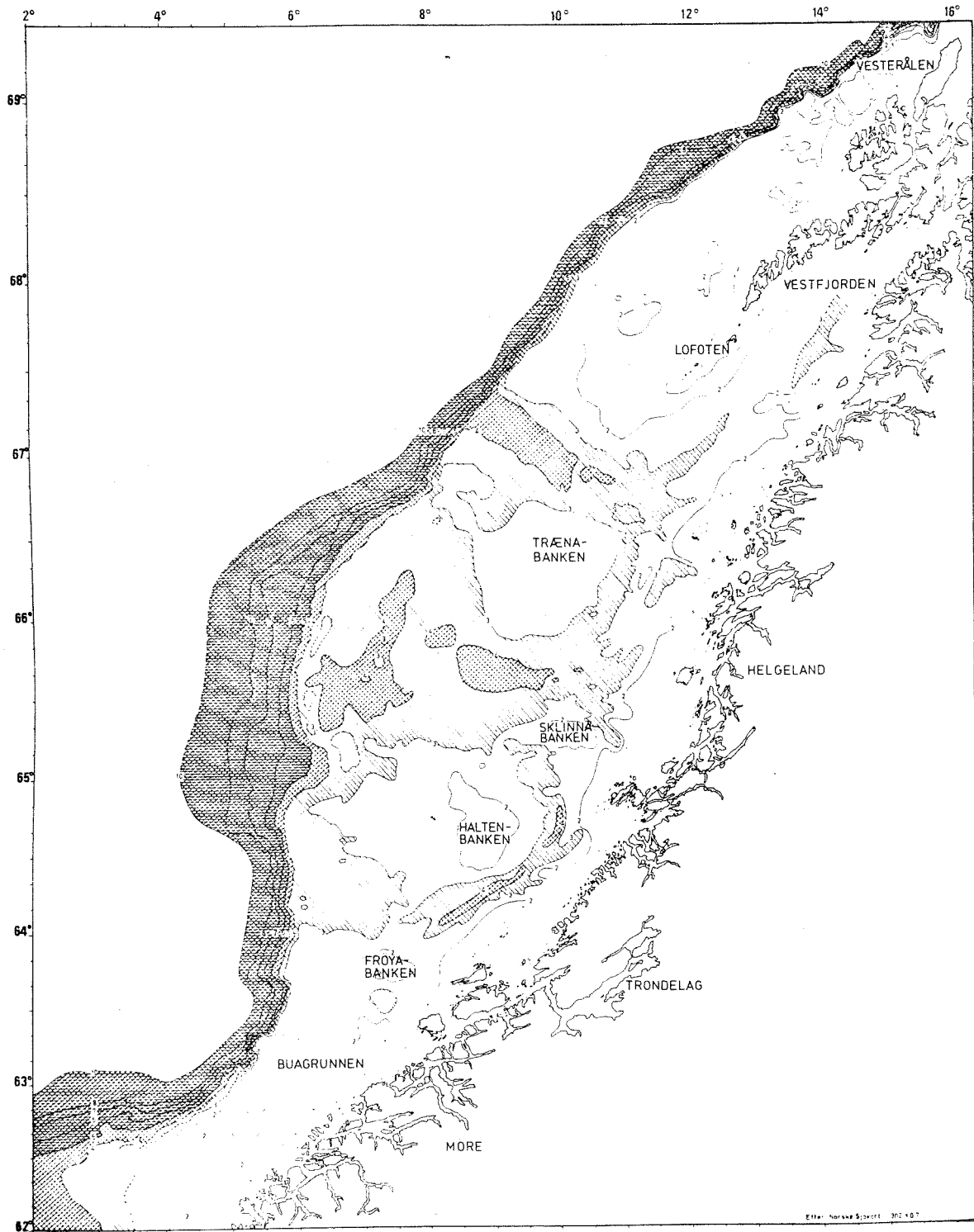


FIG. 2. Bunnkonturer på kyststrekningen Buagrunden - Vesterålen, ned til 1000 m dyp i Norskehavet og med markering av viktige bankområder (Føyn et al. 1977).

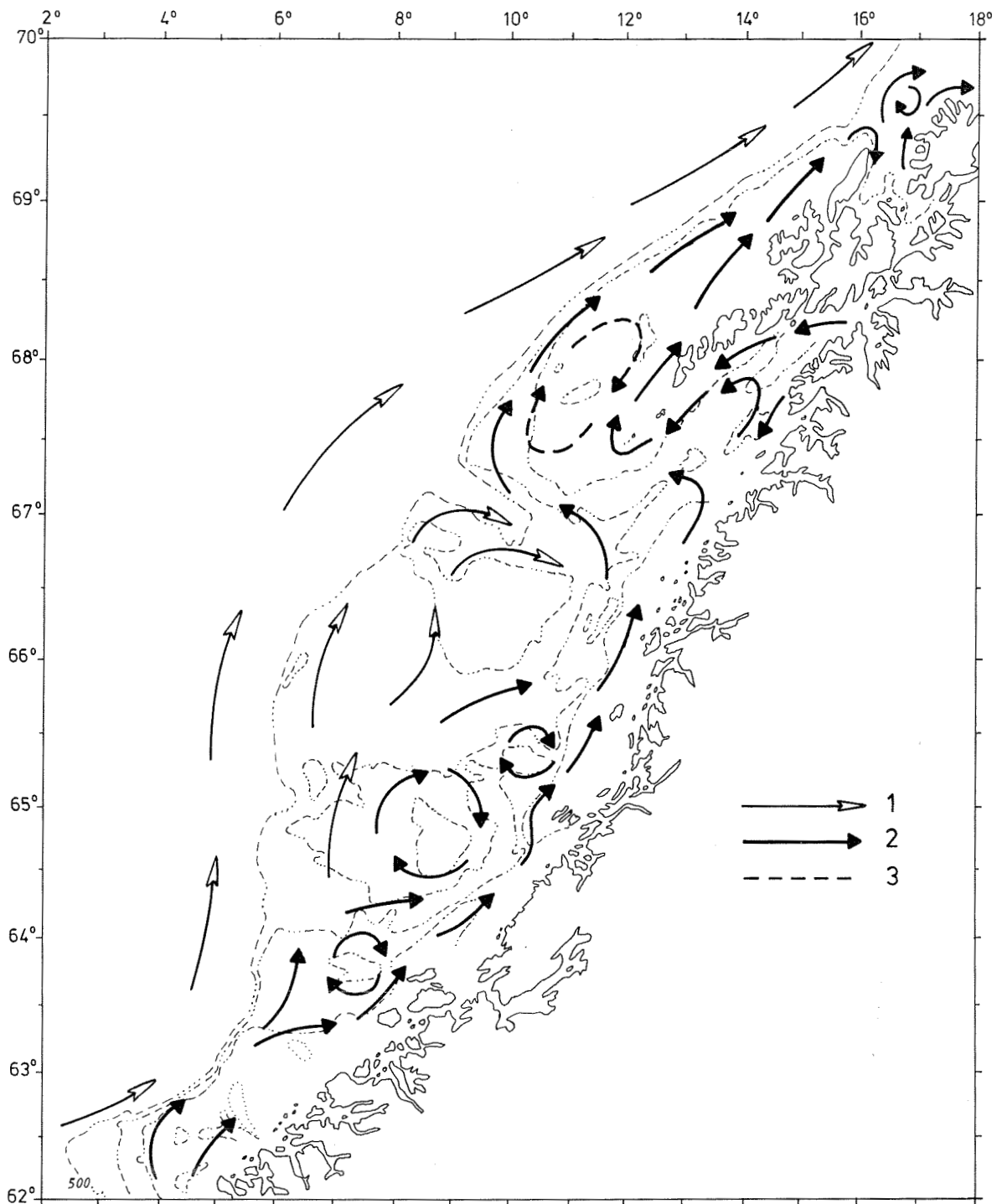


FIG. 3. Strømbildet i det samme området som på Fig. 2 der Kyststrømmen er markert med svarte piler og Atlanterhavsstrømmen med hvite piler. Stiplete piler angir variable virvler. En vil legge merke til virveldannelser rundt bankområdene (Sætre 1983).

stammen nådde sitt maksimum i slutten av 50-årene, la den fra seg 3 millioner tonn gyteprodukter på et konsentrert område i løpet av tre uker. Dette tilsvarer 10 ganger vekten av Norges befolkning. Den andelen av eggene som utviklet seg videre til ny sild, var så liten at en i praksis kunne snakke om 3 millioner tonn gjødsel som dekket bunnen på et meget avgrenset område. Nitrogenmengden alene utgjorde 95 000 tonn eller mer enn tilførselene totalt fra menneskelig virksomhet i Norge oppdrett inkludert (70 000 tonn). Tilsvarende verdier for fosfat er beregnet til 15 000 tonn fra sildegytingen mot 6 000 tonn fra menneskelig virksomhet. Fra oppdrett alene er det 1 400 tonn eller 10 % av det fra sildegytingen (Aure 1989b). Betydningen av denne intensive gjødslingen fra sild på et tidspunkt da hele naturen skal blomstre opp, er ikke undersøkt, men den vil uten tvil bidra til en vekstpuls for de organismer sildelarvene og senere yngelen skal leve av underveis mot Barentshavet (Lea 1949). I 1989 utgjorde gyteproduktene omlag 300 000 tonn fra en sildestamme som da var på 1,5 mill tonn.

PÅVIRKNINGSFAKTORER PÅ DEN BIOLOGISKE PRODUKSJONEN

Vi hører til de sist ankomne aktørene i de store biologiske prosessene i det nordøstlige Atlanterhavet. Våre datarekker for beskrivelse av tilstandene i havet gjennom tidene, er meget ufullstendige. De dekker bare delvis dette århundret, et århundre som ble innledet med en krise i fiskeriene lik den vi har opplevd i Barentshavet i 80-årene med mager torsk, selinvasjon og dårlig sildefiske (Hjort 1903). Få år senere begynte den uvanlig sterke 1904-årsklassen av sild å dukke opp i fiskeriene og ga støtet til en lang "sildeperiode" som kulminerte i 1967 og brått var over i 1970 (FIG.4A; Hjort 1914).

Begrepet sildeperiode hadde vokst gradvis fram på 1800-tallet og hadde sin rot i et fenomen en hadde observert over flere hundre år: perioder med rikt fiske av sild hadde ofte en varighet på 70-90 år og ble avløst av sildefattige perioder av omlag 30 års varighet, FIG.4D (Devold 1959; Rollefsen 1948). Den første norske statlige fiskeriforsker var derfor en sildeforsker som skulle avdekke dette fenomenet nærmere, Axel Boeck (1871).

I klimaforskningen er en fortrolig med enda lengre tidsepoker der istidene representerer hovedkategorien. Men også i pausene mellom istidene er det klimamodulasjoner og vi synes således nokså nylig å ha kommet ut av "den lille istid" (1600-1920) (Lamb 1977). En fiskebestand som skal tilpasse seg kombinasjonen klima og et geogra-

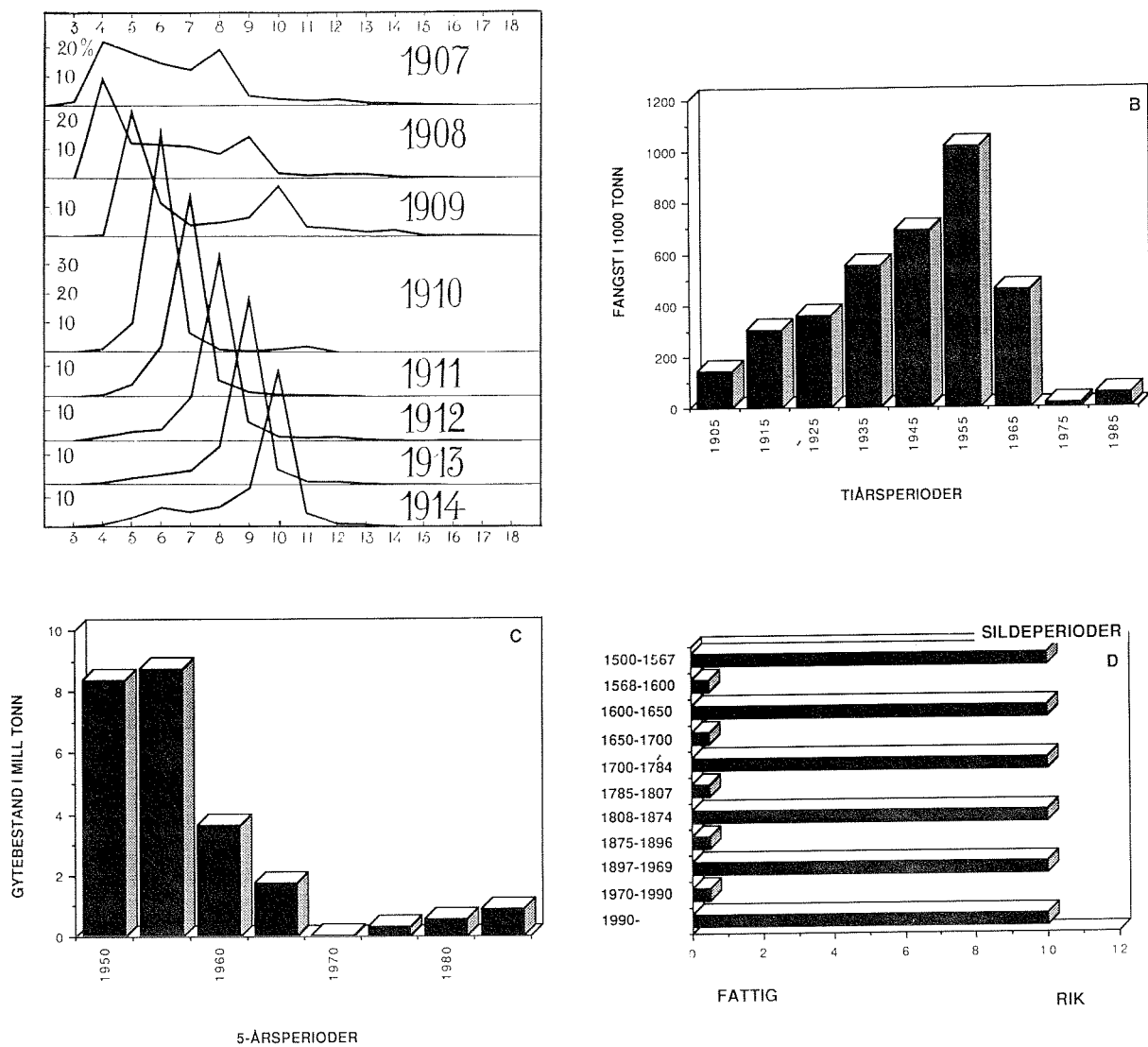


FIG. 4. Figurene omhandler norsk vårgytende sild. (A) er fra arbeidet til Johan Hjort der han viser hvorledes den sterke 1904-årsklassen av sild dominerte fisket fra 1908 inntil 1914 da rapporten ble skrevet (Hjort 1914); (B) viser gjennomsnittlig fangst pr. år i tiårsperioder fra århundreskiftet til siste ti-år; (C) viser endring i gytebestanden som årsmiddel innenfor femårsperioder fra 1950 til 1989; (D) angir sildeperioder fra 1500 og fram til 1990 der tiden imellom er angitt som korte søyler (Devold 1959; Rollefson 1948).

fisk avgrenset oppvekstområde, står derfor i fare for å bli presset ut av sitt kjerneområde. En nedkjøling kan føre til en radikalt redusert produksjon i Barentshavet slik at en rekke fiskebestander ikke lenger kan opprettholde sine høye bestandsnivåer (Rollefsen 1948; Sætersdal and Hysten 1964; Sætersdal and Loreng 1987). På den annen side kan en temperaturøkning bedre betingelsene slik at en får rom for økt vekst i bestandene. I den forbindelse er det verd å merke seg at gode årsklasser av torsk i Barentshavet bare forekommer i "varme" år i Lofoten i den måleserien vi har fra etter krigen (Solemdal 1989). Den langvarige varmeperioden fra begynnelsen av vår tidsregning og fram til år 1600, kan derfor ha vært en blomstringstid for Barentshavet med rike årsklasser og store bestander av viktige arter som sild og torsk (Cushing 1982; Lamb 1977; Ottestad 1942).

Et skikkelig svar på om det var slik, vil en neppe finne. Men kanskje nådde silden sitt historisk høyeste nivå ikke dengang, men i moderne tid basert på den enorme 1950-årsklassen. En slik påstand kan virke noe overraskende. Men det er verd å minne om at mennesket er bare én av dem som høster av produksjonen i systemet. Da hollenderne begynte sin hvalfangst ved Svalbard på 1600-tallet var det store mengder retthval og annen hval i området. Disse bestandene hadde bygget seg opp etter at enorme havområder gradvis ble produktive etter istiden, og det milde klimaet fram til 1600-tallet har trolig gjort at hvalbestanden nådde sitt høyeste nivå i postglacial tid. Nedslakting av retthval kan ha frigitt ressurser for oppbygging av fiskebestandene, men har trolig også ført til en gradvis oppbygging av de ubeskattete hvalartene. Sprengharpunen førte i siste halvdel av 1800-tallet til at også de andre storhvalartene falt dramatisk i antall (Nakken 1988). Dette frigjorde ytterligere ressurser for oppbygging av fiskebestander som i sin tur må ha gitt bedre vekstforhold for fugl, men framfor alt gitt økte muligheter for uttak av fisk for mennesket. Dette århundret har vært preget av et stadig økende uttak av fisk frem til 1977 da et samlet fiske tok ut nesten 4,5 mill. tonn i Norskehavet og Barentshavet, noe som tilsvarte i overkant av 6% av verdens fiske. Fram til 1950 lå samlet uttak på rundt 1 mill. tonn økende sakte fra kun 300 000 tonn ved frigjøringen i 1905 (FIG.5A; Bergstad et al. 1987).

Det er vanskelig å peke på den faktoren som har bidratt mest til denne sterke veksten i fisket. Bedret fangstteknologi er en viktig årsak til veksten i uttaket. Nedbygging av gjenværende sjøpattedyrbestander (vågehval og sel) pågikk fram til rundt 1970 og har i noen grad også bidratt til å frigjøre ressurser for fiske (Nakken 1988). Det økte fiskepresset i seg selv har bidratt til å øke produksjonen innen enkelt-

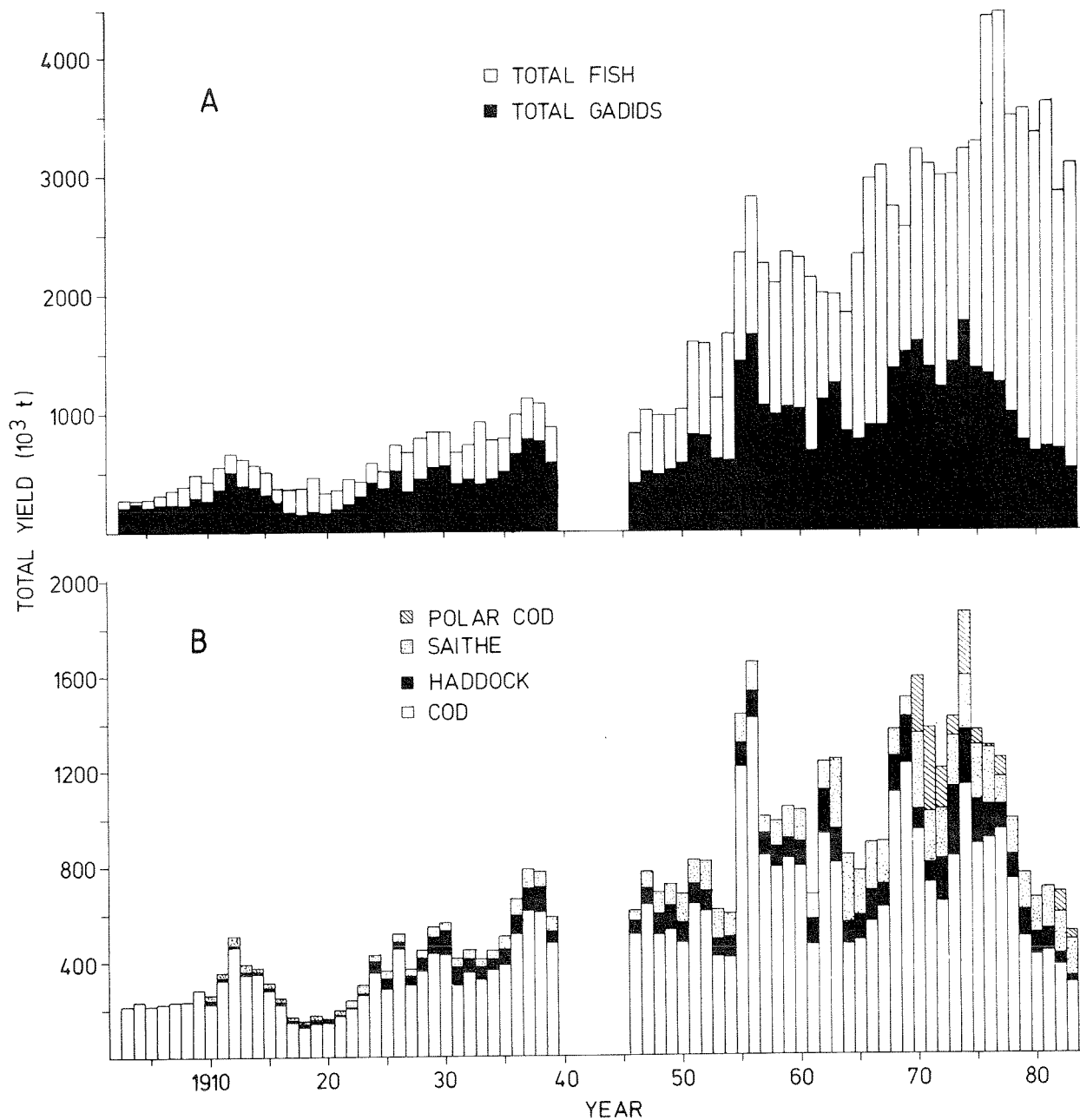


FIG. 5. Totalfangst av fisk nord for 62° N i Norskehavet og Barentshavet fra 1900 til 1983 og der andelen av torskefisk er markert med svart (A) mens (B) viser fordelingen av totalfangst av torskefisk på de enkelte artene der en vil legge merke til torskens klare dominans i hele prioden (Bergstad et al. 1987).

bestandene. Avslutningen av den lille istid rundt 1920 kan også ha gitt en viktig impuls til økt produksjon i de nordlige havområdene. Imidlertid har det de siste 12 årene vært åtte "kalde" år i Barentshavet, noe som illustrerer den dynamiske klimamodulasjonen i området (Loeng 1989).

Dersom den bedringen i temperaturen som nå observeres, vedvarer, kan den kanskje ha en forsterkende effekt på den bestandsoppbyggingen vi nå synes å se konturene av for enkelte arter. En bestandsoppbygging er høyst påkrevd etter at stående biomasse av fisk i nordområdene er redusert fra omlag 15 mill tonn i 1950 til dagens nivå på i underkant av 4 mill tonn (Anon. 1989). Er det noe systemet ikke trenger, så er det sterke forstyrrende elementer under denne prosessen. Her hviler det et tungt ansvar på de selskapene som skal stå for petroleumsvirksomheten i alle deler av våre havområder.

STRUKTURER I FISKEBESTANDENE I NORDOMRÅDENE

Alderssammensetning og bestandsstabilitet henger nøye sammen. I underbeskattete bestander vil gytebestanden normalt være sammensatt av mange årsklasser og tallrikheten av gammel fisk vil være relativt høy. Avhengigheten av én enkelt årsklasse for samlet biomasse er ikke betydelig, og bestanden vil samlet sett søke å ta ut all tilgjengelig føde for å styrke sin posisjon. I nedfiskete bestander slik en nå har i nordområdene for alle artene, vil *tallrikheten* kunne være på nivå med en stabil bestand, men enkeltfisken vil ha lav gjennomsnittsalder og -vekt. Én enkelt årsklasse vil ofte bære hovedtyngden av fiskepresset, samtidig med at den skal fungere som garantist for bestandens videre reproduksjon (Jørgensen 1989). Det siste er særlig bekymringsfullt da *førstegangsgytere* har få egg som i tillegg er små og derfor gir små larver (Kjesbu 1989). Slike larver vil stille svakt i kampen om mat. En kommer dermed i en hard konflikt mellom en sikring av gytebestanden og et høyt fiskepress på ungfisk. Ideelt sett ønsker en å sikre en stor andel eldre fisk. I disse avveiningene kommer beiting fra sjøpattedyr inn som et forstyrrende og kompliserende element. Deres *relative* uttak fra fiskebestandene har økt de siste 20-30 årene. Deres reelle biomasseuttak fra de fiskbare bestandene vil trolig fortsette å øke i tiden framover som et resultat av at sjøpattedyrbestandene er under videre oppbygging (Wig 1988b). Det er således et presset system forvalterne har ansvaret for.

De problemene som her er skissert, har i stor grad vært kamouflert av den sterke oppbyggingen av loddebestanden i Barentshavet

tidlig på 70-tallet (Hamre 1985). Denne bestanden erstattet delvis silden i næringskjeden i Barentshavet. Denne hendelsen illustrerer på en utmerket måte at for økosystemet er det i første rekke et spørsmål om effektiv energioverføring fra dyreplankton til de mange topp-predatorer (torsk, hyse og andre). Lodden fylte funksjonen som energioverfører utmerket i perioden 1970 til 1985 (Hamre 1988). Lodden er en opportunistart som raskt kan øke i tallrikhet når silden er ute av Barentshavet slik situasjonen i praksis var fra siste halvdel av 1960-årene og fram til 1983 (Hamre 1988). Det en har observert, er at så snart silden for alvor prøvde å tilkjempe seg sitt gamle hegemoni i Barentshavet gjennom den vellykte gytingen i 1983, førte dette til sterke forstyrrelser i den økologiske balansen i havet med svikt i rekrutteringen til loddebestanden i flere år på rad. Bestanden klappet nærmest sammen i 1986 fordi lodden mer enn noen annen fisk i nord, er avhengig av årlig nyrekruttering da gytefisken dør etter avsluttet parring (Hamre 1988). En mulig drivkraft bak forstyrrelsene kan være nedbeiting av loddelarver og -yngel fra eldre sild like fra silden metamorfoserer (Moksness and Øiestad 1987). Forstyrrelsene har vedvart i siste halvdel av 80-årene og systemets sårbarhet har kommet til syne gjennom omfattende sult hos torsk. Et stabilt bindeledd mellom dyreplankton og topp-predatorene mangler nå, og energioverføringen fungerer ikke effektivt lenger. Denne situasjonen vil vedvare så lenge én av de to krumtappartene i systemet, sild og lodde, ikke har etablert et solid overtak. Etthvert hegemoni kan være av kort varighet, selvom silden beholdt sitt fra 1904-1970. Turbulensen i økosystemet har mange andre bivirkninger som vi ikke har berørt og som bare skal nevnes stikkordsmessig: forsterket kannibalisme mellom torsk (Mehl 1989), omlegging av kostholdet hos sjøpattedyr mot torsk og andre topp-predatorer (Wiig 1988a og b), matsøkvandringer hos sel (Wiig 1988a) og omfattende nedgang i fuglebestander som har levd av lodde eller sildeyngel (Vader et al. 1989 og 1990).

Denne situasjonen skaper følbare forvaltningsproblemer fordi situasjonen er ustabil og skifter raskt slik at en samlet og langsiktig plan vanskelig lar seg utforme og gjennomføre. En vil derfor måtte legge opp til et mer bredspektret utvalg av virkemidler for å sikre en bærekraftig utvikling i regionen. Samtidig vil det være nødvendig å sikre seg mot bivirkninger fra annen industrivirksomhet som kan skade innsatsen for å få fiskeressursene i nordområdene til igjen å bli hjørnesteinen i regionens økonomi. Dette er et budskap med adresse til petroleumsvirksomheten i hele sin bredde.

OPPDRETTSNÆRINGEN

Regionens sterke avhengighet av fiske koblet med de store variasjonene dette gir i inntektsgrunnlaget, gjør det særlig aktuelt å bygge ut en differensiert oppdrettsnæring i nordområdene. Den tradisjonelle havbruksnæringen er ekstremt sårbar for oljeforurensning. Alle former for havbruk vil ha fordel av å kunne operere i sjøvann av høy kvalitet. Det er derfor påkrevd at en ikke tillater noen form for dumping i Kyststrømmen eller i fjordområdene som senere kan etterspores i havbruksproduktene. De spesifikke ressurser samfunnet setter inn mot forurensning bør gi dette prioritet *foran* standard kloakkrensning som i hovedsak sikter seg inn mot gjødselsstoffer.

I tillegg til at en må unngå mulighetene for biokonsentrering og bioakkumulering av uønskete stoffer i fisk, er det også et spørsmål om det bilde en ønsker å skape av norske sjøprodukter i folks bevissthet. Havbruksnæringen fordrer høye produktpriser, og en må derfor sikre næringens renommé som leverandør av høy kvalitet utfra ethvert kriterium.

Oppdrettsfisk er i hovedsak *fet* fisk. De fleste fremmedstoffer lagres i muskelfettet, og dette skjerper ytterligere kravene til vannkvaliteten med særlig adresse til petroleumsprodukter.

De nye formene for havbruk som etterhvert vil vokse fram med lukkede anlegg, landbaserte anlegg, kulturbetinget fiske og dressurbasert oppdrett, gir driftsformer som er mindre utsatt for katastrofer fra petroleumsvirksomhet. Foreløpig spiller disse en beskjeden rolle, men også disse driftsformene har behov for vann uten en høy basisbelastning av hydrokarboner.

DATAKILDER

Havforskningsinstituttet har gjennom de senere års egg- og larveprogram på kommersielle fiskearter (HELP), ajourført sine kunnskaper om fordeling og mengde av egg og larver i tid og rom og også utvidet sin kunnskap vesentlig for flere arters vedkommende. Dette er oppnådd både gjennom å intensivere analysene på innsamlet materiale, ved å utvide avsøkt område og særlig ved å utvide undersøkelsene i tid (FIG.6A-D). Særlig viktig i sammenheng med den aktuelle konsekvensvurderingen, er undersøkelsene i mai (FIG.6C; startet i 1985; Bjørke et al. 1987c) og i juni-august (FIG.6D; startet i 1986; Bjørke et al. 1987a) over hele sokkelområdet fra Møre til Troms. Undersøkelsene i

mai har avdekket meget klart fordelingen av sildelarver i vekst underveis til Barentshavet og seilarver (2-4 cm) på vandring inn fra Norskehavet til oppvekstområder langs Helgelandskysten (Nedreaas et al. 1989). Undersøkelsene i juni-august har avdekket at så godt som alle larver og all yngel har forlatt de åpne farvannene syd for Lofoten enten ved å ha trukket oppunder kysten eller ved å ha drevet nordover (Bjørke et al. 1989). Felles for begge undersøkelsene er det at de også har avdekket fordelingen og tallrikheten av andre viktige dyrearter som krill, blekksprutyngel og laksesild, arter som trolig spiller en viktig rolle i næringsnettets i området.

Gytefeltene for sei og hyse hadde ikke blitt dekket av de tradisjonelle egg- og larveundersøkelsene da disse var siktet inn mot torsk og sild. Under gjennomføringen av HELP har en kunnet utføre spesialundersøkelser siktet inn mot sei og hyse. Det har vist seg at begge artene i hovedsak har gytefelt som ligger på eggakanten og at egg og larver derfor er fordelt lengre fra kysten enn tilfellet er for torsk og sild (Bjørke et al. 1987b; Bjørke et al. 1988; Solemdal 1987; Solemdal et al. 1989). Den hyppigere og geografisk utvidete prøvetakingen gjør det nå mulig å følge forflytningen i tid og rom for den enkelte art.

De utvidete undersøkelsene har også gitt økt innsikt i livet til uer, en art som lever langt fra norskekysten og som formerer seg utenfor eggakanten (Bjørke et al. 1989). Larvene kommer delvis inn over norsk sokkel, men hovedtyngden står over dypt vann i Norskehavet. I det berørte området spiller arten liten rolle, og den vil derfor få liten omtale.

FYSISK-OSEANOGRAFISKE FORHOLD

Den berørte delen av norskekysten har en meget bred sokkel med store bankområder (FIG.2). Haltenbanken og Trænabanken er omkranset av dype renner med atlantisk vann mens Røstbanken er en direkte forlengelse av Lofotenplatået der Vestfjorden kiler seg inn på innsiden og der en normalt også finner atlantisk dypvann.

Kyststrømmen vil ha varierende mektighet gjennom året avhengig av tilførselene fra Kattegat og fra Tyskebukta langs Danmarks vestkyst (Sætre 1983). Ferskvannstilrenningen varierer også gjennom året. Vindretning og -styrke har betydning for kyststrømmens hastighet og bredde. Bunntopografien modulerer også strømbildet, og over bankområdene vil en ha virvler med lengre oppholdstid for vannet. Nord for NL VII smalner sokkelen kraftig av, og hastigheten på Kyststrømmen

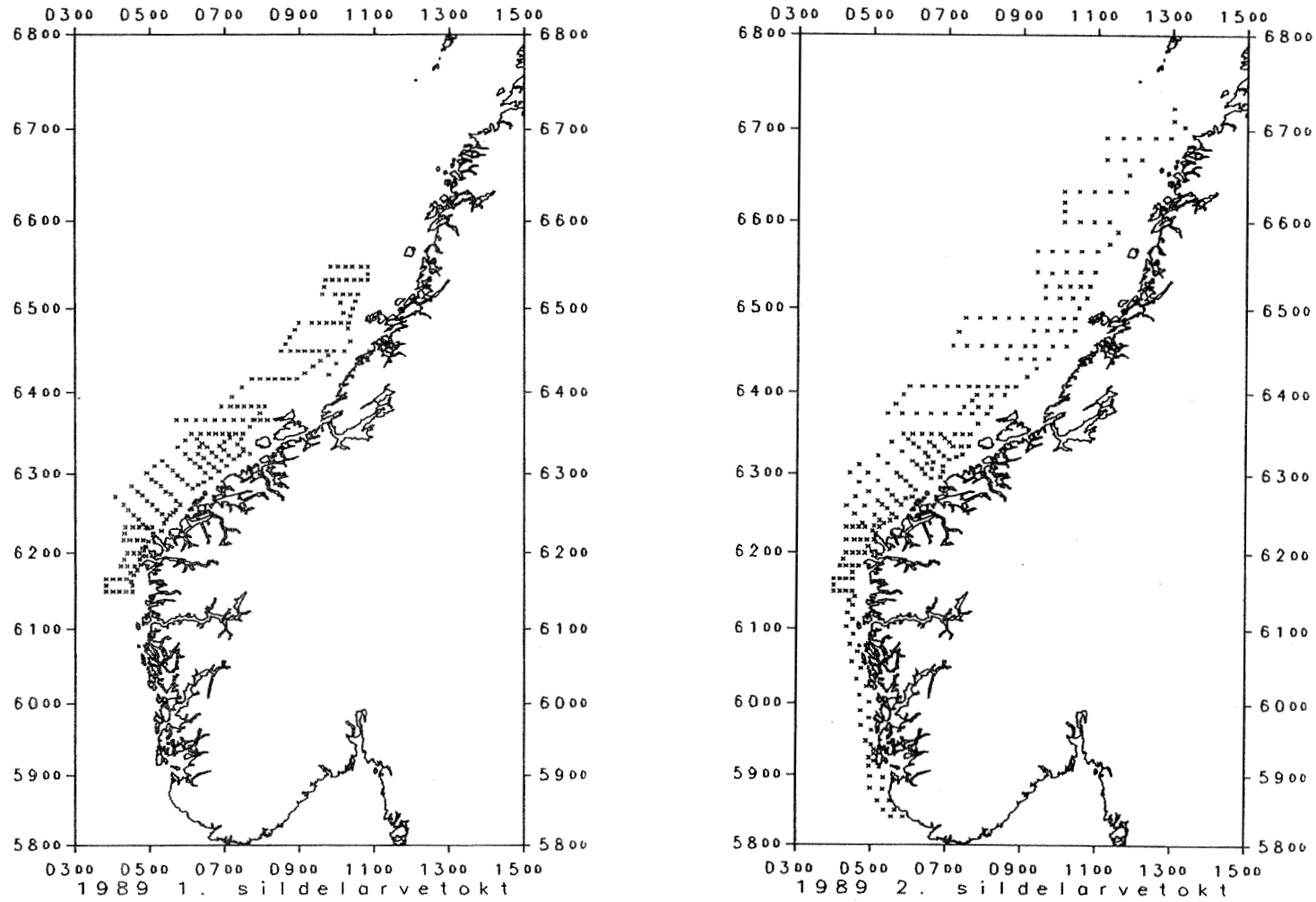


FIG. 6 A og B. Toktprogrammet innenfor HELP i 1989 er vist for å markere hvorledes avsøkt område økte utover i sesongen for å kunne dekke inn de stadig større områdene fiskeyngelen sprer seg over; (A) er første sildelarvetokt i mars-april og (B) er andre sildelarvetokt i midten av april der nyklekte sildelarver indikerte gyting på strekningen fra syd for Stavanger til Vikna nord for Haltenbanken.

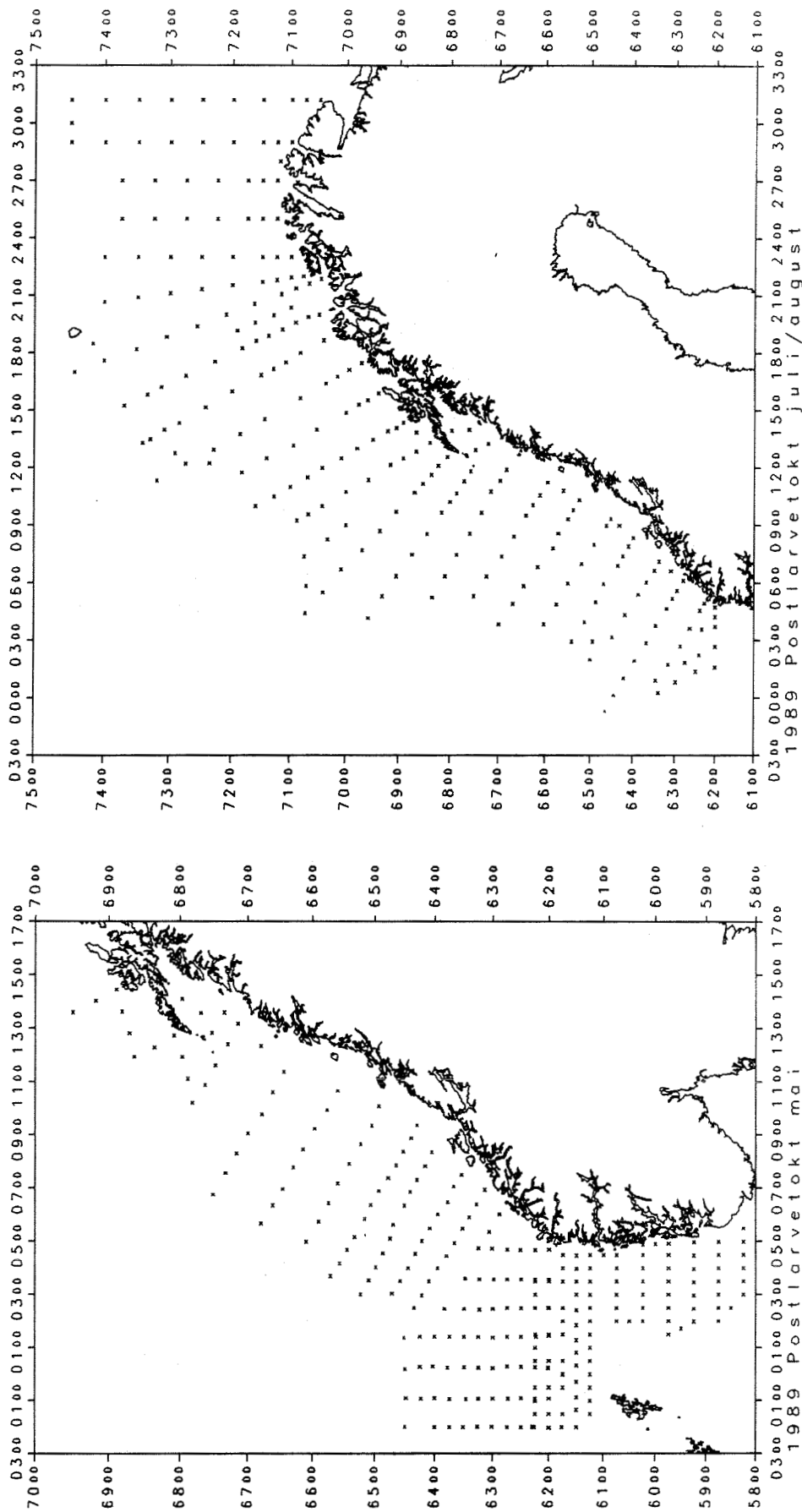


FIG. 6 C og D. Postlarvetoktene, ett i mai som strakte seg langt utenfor norsk sokkel (C) og ett i juli til august fra 62° N i syd til Bjørnøya i nord og Vardø i øst (D).

øker vesentlig sammenlignet med et generelt rolig meanderende strømningsbilde langs Helgelandskysten (Sætre 1983).

Vinterstid vil Kyststrømmen vanligvis være smalere og med en dypere kile langs land diktert av en framherskende vindretning fra syd. Om sommeren er bildet motsatt med en grunnere og langt bredere kyststrøm nå diktert av framherskende nordlig vind (Sætre 1983).

BIOLOGISKE FORHOLD

Hovedtyngden av all norsk-arktisk torsk, sei og hyse og av norsk vårgytende sild har en direkte eller indirekte tilknytning til de områdene som vurderes åpnet for petroleumsvirksomhet. Vi vil i det følgende omtale formen for tilknytning hos den enkelte arten. Det er i tillegg en rekke andre fiskebestander med beskjeden kommersiell betydning, som oppholder seg i området deler av sitt liv. Disse artene vil få liten eller ingen omtale, da en ikke finner grunn til å foreslå tiltak rettet mot disse som ikke allerede er tatt opp med tanke på hovedartene.

NORSK-ARKTISK TORSK

Langtidsutbyttet av norsk-arktisk torsk er vurdert til noe i underkant av 1 mill tonn hvorav Norge vil kunne fiske omlag 50% (FIG.5B). Det vil ta lang tid å bygge opp bestanden til et nivå som gjør et slikt fiske mulig, og det vil være behov for en rekke sterke årsklasser. Tallrike forhold har svekket sannsynligheten for slike årsklasser der noen er knyttet til alderssammensetningen av gytebestanden (der førstegangsgytere dominerer helt), andre til forholdene i Lofoten (synkende langtidstrend for sjøtemperaturen i overflaten) og atter andre til ernæringsforholdene i Barentshavet (lite mat som har ført til økt kannibalisme). Hva det siste angår, så kan den sterke årsklassen av lodde i 1989 gi håp om at produksjonsforholdene i Barentshavet er i bedring.

Gytebestanden er på under 200 000 tonn og ung (Anon. 1989). Den sterke årsklassen fra 1983 vil bidra noe til å øke gjennomsnittsalderen gjennom å øke andelen av fleregangsgytere i bestanden når den danner hovedstammen i gytebestanden fra tidlig i 1990-årene. Imidlertid er denne årsklassen allerede sterkt redusert før den har nådd kjønnsmoden alder (1 mld 3-åringer er blitt til 80 mill 6-åringer ved inngangen til 1990).

Gytingen hos torsk har i hovedsak funnet sted på strekningen fra

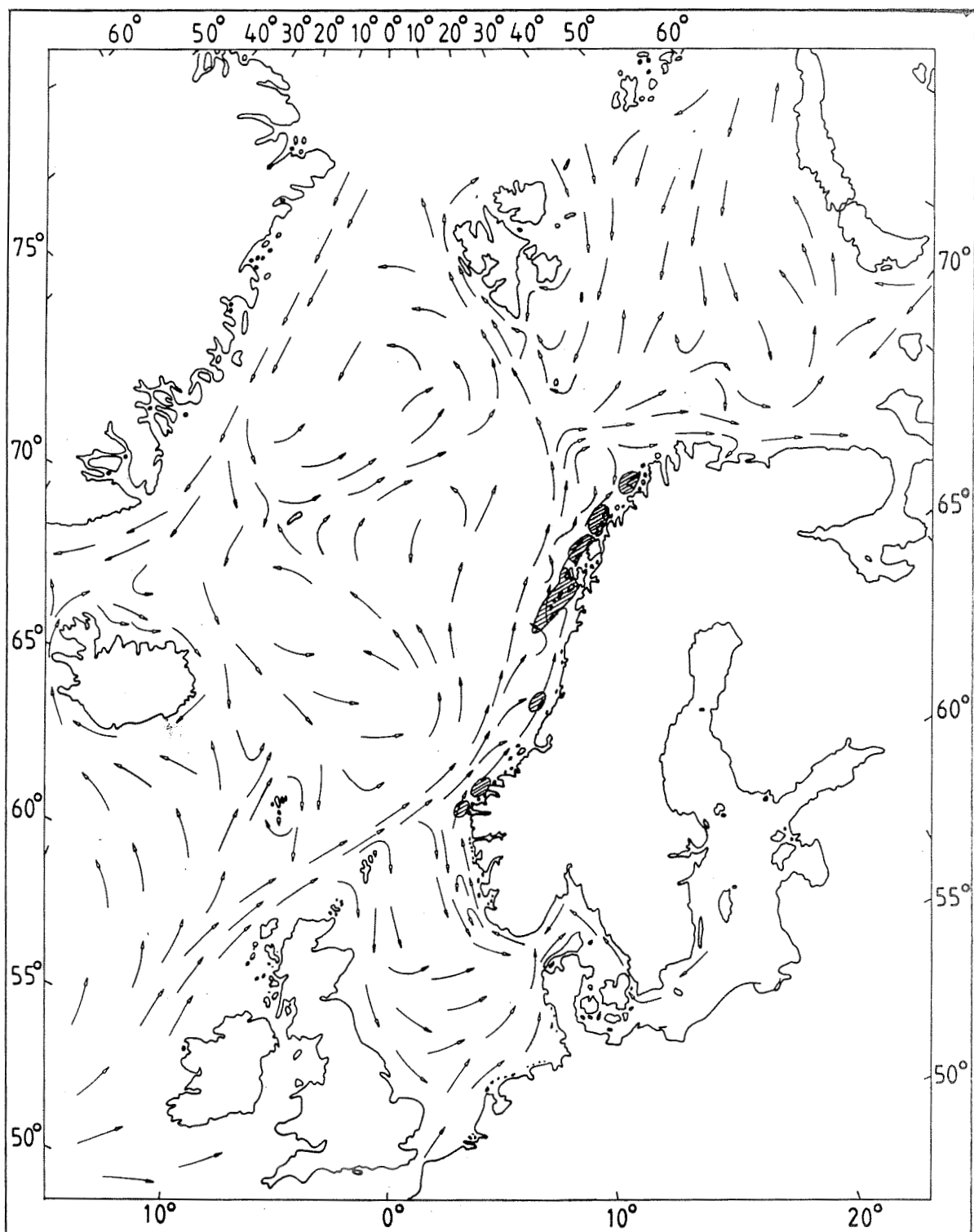


FIG. 7A. Viktige gytefelt i norske farvann for norsk-arktisk torsk. Betydningen av det enkelte gytefelt varierer fra år til år.

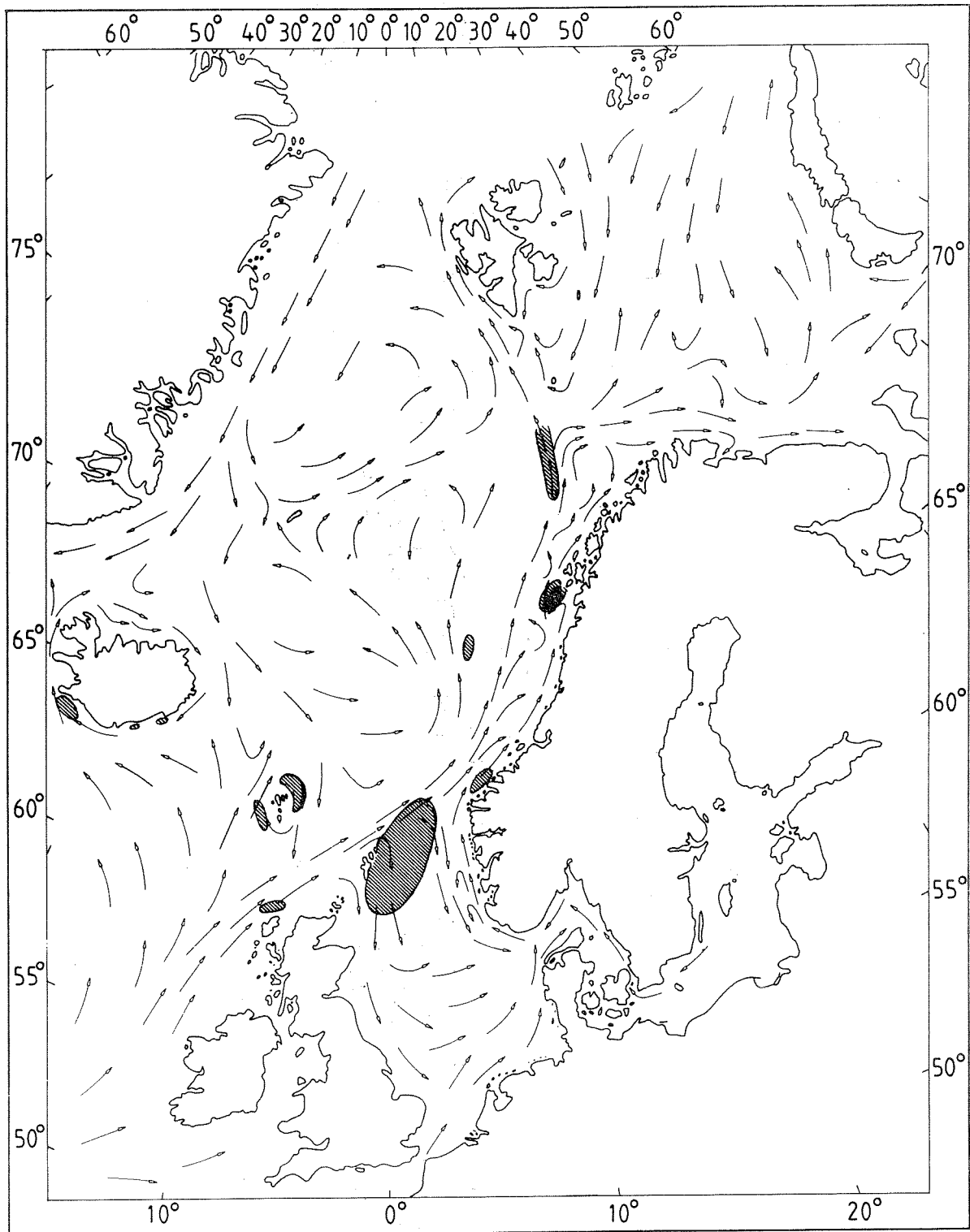


FIG. 7B. Viktige gytefelt i Nordøst-Atlanteren for norsk-arktisk hyse og andre hysebestander.

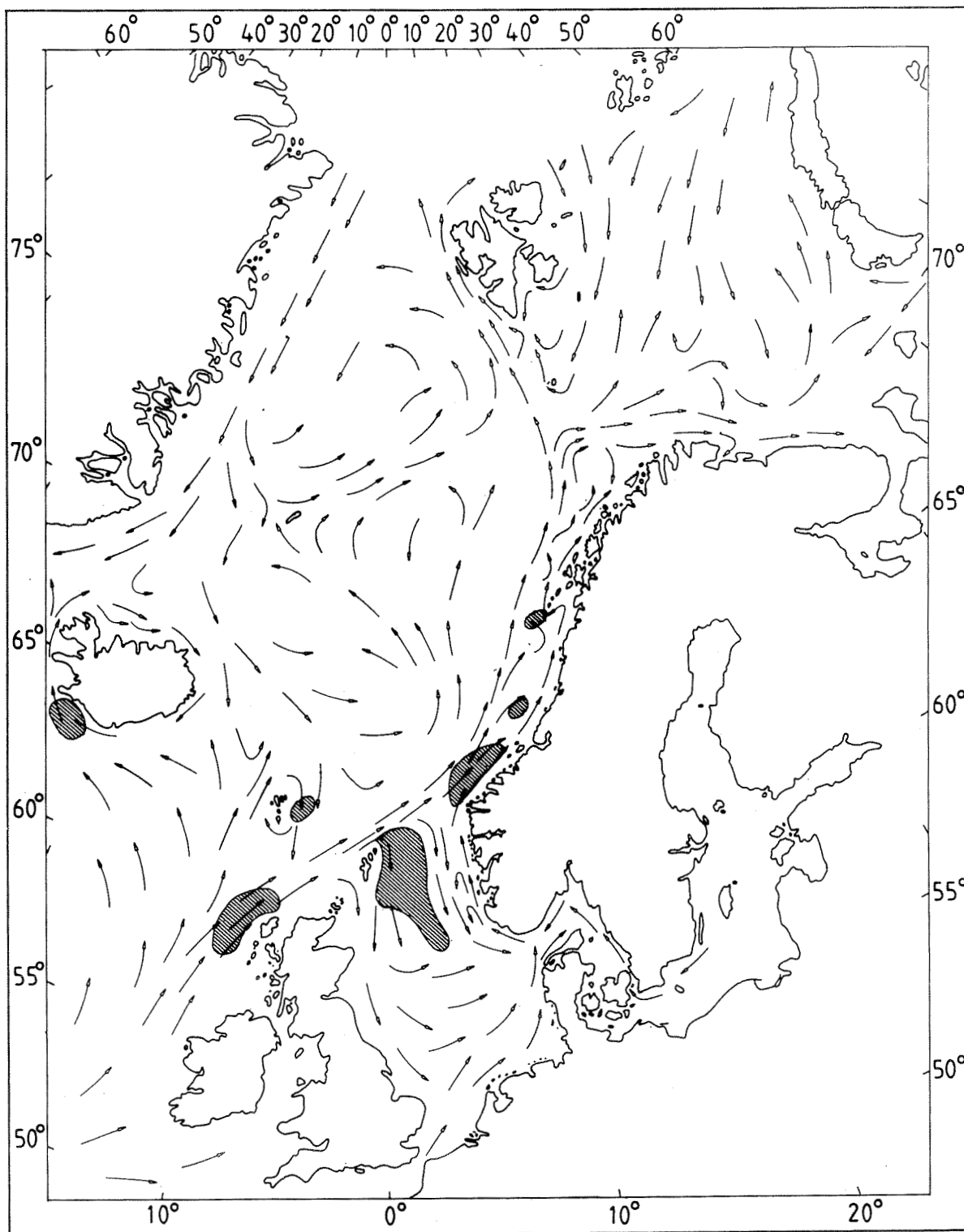


FIG. 7C. Viktige gytefelt i Nordøst-Atlanteren for norsk-arktisk sei og andre seibestander.

Vestfjorden og Røst (40% i 1984 og 1985) og nordover til Sørøya (FIG.7A; Sundby og Bratland 1987). Historisk har omlag 10% av gytetorsken vandret til Mørkysten. I perioder har andelen vært høyere (opptil 25%) eller lavere, og nå er vi inne i en periode med lav andel (Godø 1983 og 1984). Styrken av nye årsklasser vil nå avhenge av gunstige forhold på de nordlige gyteområdene.

Kysttorsk vil få en økt relativ betydning. Vi vil ikke gå i detalj på fordelingen av den, men bare si generelt at disse lokale bestandene gyter langs hele kyststrekningen og også i fjordene. Disse bestandene som lokalt kan bety en del for fisket, vil ha samme sårbarhetsperiode for sine egg og larver som hovedstammen av torsk.

NORSK-ARKTISK HYSE

Denne arten har et forventet fiske for 1989 på 100 000 tonn. Bestanden er inne i en langvarig nedadgående trend. På samme måte som for torsk, vandrer gytefisken som for 1990 er beregnet til 80 000 tonn, ut av Barentshavet, men bare en mindre del går syd for Tromsøflaket (Anon. 1989).

Hysen gyter hovedsakelig på meget dypt vann med en temperatur på 4-6°C langs kontinentalskråningen fra vest av Røst (67°N) og nordover (FIG.7B). Langt mindre omfattende gyting foregår syd for dette området, hovedsakelig av lokale bestander (Solemdal et al. 1989). Vi har valgt å konsentrere oppmerksomheten om det som pågår nord for 67°N. Gytingen har sin hovedtyngde i månedsskiftet april-mai, altså omlag én måned senere enn torsk i tilsvarende områder. Tette konsentrasjoner av egg og larver er langt mindre utpreget enn tilfellet er for torsk (Solemdal et al. 1989).

SEI NORD FOR 62°N

På samme måte som for torsk og hyse så forlater gytemoden sei Barentshavet mot slutten av året for å gyte på Møre og langs Helgelandskysten i februar-mars (FIG.7C; Bergstad et al. 1987). Gytebestanden er på omlag 250 000 tonn og når gytingen er avsluttet, returnerer den til Barentshavet mens den beiter (Anon. 1989). Samlet oppholdstid i det berørte området er kort også for denne arten.

Seien rekrutteres trolig i liten grad fra egg gytt på Helgelandskysten der gyting av noe omfang er påvist i Haltenbankenområdet og i Vestfjorden i månedsskiftet februar-mars (Bjørke et al. 1988). De store mengdene seieyngel i hele området i mai,

mai, skriver seg fra gyting lengre syd og vest i sydkanten av Norskehavet. Denne yngelen er i mai på vandring inn til kysten og står enkelte år spredt over hele sokkelområdet nord til Vestfjorden (Nedreaas et al. 1989). Undersøkelsene i juni-august avdekker at den da har kommet inn under kysten der den vokser opp og holder seg inntil den pånytt gir seg ut på lange vandringer som 2-3-åring (Bjørke et al. 1989).

NORSK VÅRGYTENDE SILD

Gytebestanden av sild består for 90%'s vedkommende av den sterke 1983-årsklassen. Bestanden som for tiden er på omlag 1,5 mill tonn, har de siste tre årene oppholdt seg langs Nordlandskysten. Etter avsluttet gyting i februar-mars, svømmer den til havstrekningen mellom 66° og 70°N der den står og beiter fra april til september (Røttingen 1990). Områdene NL V, VI og VII er således viktige beiteområder for hele stammen av voksen sild i 5-6 måneder. Om høsten og vinteren trekker silden inn i Vestfjorden og tilgrensende fjorder før den så på nytt gir seg på gytevandring til sokkelen utenfor Møre (FIG.7D). I 1989 gytte den også på strekningen Haltenbanken-Vikna, utenfor Karmøya og på Seiegrunnen ved Egersund (Røttingen 1990). Utvidelsen av gytefeltene mot syd gjør stammen mindre avhengig av resultatene fra gyting i ett enkelt område.

Det har forekommet gyting tidligere år i Lofotenområdet, bl.a. i 1964 og 1965 ved avslutningen av den siste sildeperioden (Dragesund 1970).

Mengden av sildelarver på de tradisjonelle gytefeltene har vært betydelig de senere årene og særlig i 1989 kan mengden sammenlignes med de årene da silden hadde en normal bestandsstørrelse (Bjørke et al. 1990). I mai måned fordeler larvene seg over hele det området som er åpnet og som er planlagt åpnet for petroleumsvirksomhet langs Nordlandskysten. På dette tidspunktet er de 30-50 mm og har begynt å danne slør og stimer (Nedreaas et al. 1989). Én måned senere finner en dem igjen over Tromsøflaket der de da går sammen med larver og yngel av en rekke andre arter, særlig av torsk, hyse, uer og enkelte år av lodde (Bjørke et al. 1989).

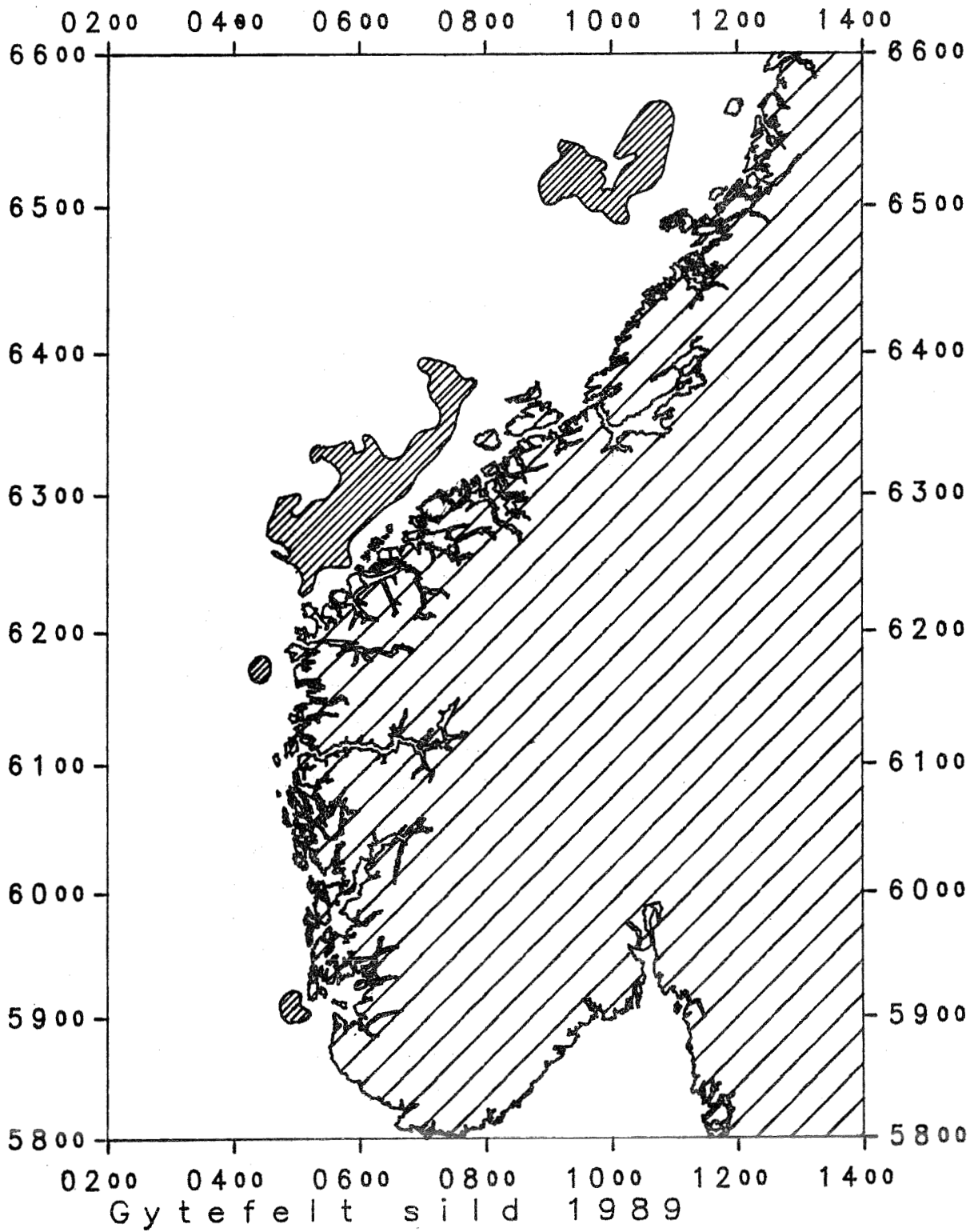


FIG. 7D. Viktige gytefelt for norsk vårgytende sild i 1989 (Råttingen 1990).

OLJEDRIFTSSCENARIER

GENERELT

Kyststrekningen Møre-Vesterålen utmerker seg ikke først og fremst ved å ha store permanente bestander av fisk. Områdenes vitale betydning henger sammen med at våre viktigste fiskebestander bruker strekningen som gyteområde. De kystnære farvannene fungerer derfor som fødestue og oppvekstområde for larver og yngel. Selvom det bare i perioder er høy biologisk aktivitet i området, vil de vannmassene som passerer, strømme inn over sokkelområdet i Barentshavet, og en vil derfor ha en *helårlig* påvirkning av våre fiskebestander i nord. Det er klart ugunstig at petroleumsvirksomheten pågår langs selve livsnerven for den biologiske produksjonen i nord. Det skjerper i høy grad kravene til kvaliteten på den virksomheten som allerede finner sted og den som skal settes igang.

EFFEKTSTUDIER PÅ EGG OG LARVER AV FISK

Vi skal omtale de virkninger hydrokarboner vil ha på fisk med ulike formeringsstrategier og på organismer som oppholder seg nær overflaten. Generelt vil fisk med egg som kleber til bunnen, som tilfellet er for sild og lodde, ha meget høye tettheter av plommeseckklarver i konsentrerte havområder. Det samme gjelder for uerartene som klekker eggene i kroppshulen og føder larver. Selv om bare en mindre del av larvene til enhver tid befinner seg i de øvre meterne, så vil de fleste larvene *periodevis* oppholde seg i overflaten i løpet av sine første to leveuker (Bjørke et al. 1990). De oljeeffektstudiene som er utført ved Havforskningsinstituttet og ved andre forskningsinstitusjoner, har vist at egg og larver av *sild* og *lodde* ikke påvirkes av de vannløselige komponentene fra olje ved sannsynlige konsentrasjoner (Carls 1987; Eldridge et al. 1977; Eldridge and Echeverria 1978; Føyn and Serigstad 1989; Gamble et al. 1987; Kocan et al. 1987; Lindén 1978; Westernhagen et al. 1987). Effektstudiene har omfattet larvenes organutvikling, oksygenopptak (aktivitet) og fødeopptak. En har imidlertid ennå ikke sett grundig på forhold som vekst og overleving eller på utvikling av stimadferd og fluktreaksjoner i forhold til predatorer.

Fisk med frittvevende egg (bl.a. torskefiskarter og flatfiskarter) vil ofte ha høye konsentrasjoner av nygytte egg, men vanligvis lave tettheter av larver spredt over store områder. Spredningen har ofte

pågått i tre uker fra gyting. Mange av disse arter har egg som svever høyt i vannet.

Effektstudiene har vist at embryoet i egget av *torsk* og *sei* ikke lar seg målbart påvirke av oljekomponenter ved sannsynlige konsentrasjoner selvom de konsentrerer opp hydrokarboner i embryoet fra sjøvannet. Larvene som klekkes, har imidlertid blitt skadd. Disse larvene vil ikke når de nærmer seg tiden for fødeopptak, ha normal aktivitet og beiteadferd. Skadene er like alvorlige om eksponeringen er kortvarig (24 timer) eller om den skjer på et tidlig larvestadium (Falk-Petersen et al. 1985; Gamble et al. 1987; Kjørsvik 1986; Kocan et al. 1987; Serigstad 1986, 1987a og 1987b; Solbakken et al. 1984; Tilseth et al. 1984). Hos larver i vekst og hos yngel har en ikke kunnet påvise en tilsvarende varig skade (Serigstad og Ellingsen 1989). Det gjenstår en betydelig innsats for å studere mer i detalj adferd og fødeopptak, og den resulterende vekst og overleving fra første næringsopptak og fram mot et stadium der yngelen blir mer mobil og kan unngå oljebelastet sjøvann (3-5 cm) (Bøhle 1986; Hellstrøm and Døvig 1983).

SUBLETALE EFFEKTER PÅ BIOLOGISK LIV

Det er gjennomført få langtidsstudier på subletale effekter av hydrokarboner på egg, larver og yngel av fisk (Carls 1987). Slike studier stiller store krav til instrumentering, metodikk og ikke minst krever det at en behersker det å skape realistiske forsøksbetingelser over en tilstrekkelig lang periode av fiskens liv (f.eks. fra egg til yngel noe som krever forsøk på 40-60 dagers varighet avhengig av art).

Oljekomponenter vil kunne ha mange innfallsporter mot egg, larver og yngel like fra det at ungstadiene utsettes direkte for olje i sjøvann der oljen kan være under fotokjemisk og/eller mikrobiell nedbrytning til det å svømme i rent vann og spise dyreplankton som har vært oljepåvirket (Carls 1987; Eldridge and Echeverria 1978; Hardy et al. 1987; Kaïm-Malka et al. 1984). Dyreplanktonet kan i sin tur ha beitet på planteplankton som har vært utsatt for oljebelastning. Kombinasjoner av disse situasjonene er så igjen aktuelle. I slike tilfeller vil en ofte ikke se klare øyeblikkelige effekter, men i økologiske studier kan det vise seg ulike former for virkninger der særlig to vil være alvorlige:

- larvene og yngelen får nedsatt vekst og vil dermed være utsatt for predasjon over et lengre tidsrom enn ellers, noe som vil resultere i lavere overleving
- larvene får endret sin adferd slik at de i mindre grad unngår

predasjon, noe som vil gi redusert overleving

De økosystemstudier som er gjort internasjonalt på oljeeffekter på primær- og sekundærleddet, tyder på at en får endret artssammensetningen på begge nivåene (Dale 1987; Federle et al. 1979; Gordon and Prouse 1973; Hodson et al. 1977; Ignatiades and Mimicos 1977; Parsons et al. 1976; Skjoldal et al. 1982; Vargo et al. 1982). Endringen vil gå i retning av små planteplanktonarter (fra diatomeer til mikroflagellater) og små kopepodearter på bekostning av store arter som bl.a. raudåte (Berman and Heinle 1980; Corner et al. 1976; Cowles 1983; Cowles and Remillard 1983; Menzel 1977; Ott et al. 1978; Reeve et al. 1977). Dette vil i så fall ha effekter utover det som berører larver og yngel, da raudåte er hovedbyttedyret til voksen sild og lodde. Det kan derfor være behov for å klarlegge nærmere de omtalte relasjoner i eksperimentelle økosystemstudier. Metoden med eksperimentelle økosystemer er utviklet også med tanke på oljeforsøk, og den gjør det mulig å følge fiskelarver fra de klekker til de når yngelstadiet (metamorfoserer) og i mange tilfeller et stykke inn i yngelstadiet (Davies et al. 1980; Lee and Takahashi 1977; Pilson 1990). Dette skjer da i et naturlig system der plante- og dyreplankton gjennomfører sine generasjonsvekslinger og fiskelarvene kommer inn som et tredje ledd i en næringskjede. Slike forsøk er hittil gjennomført uten oljebelastning i en rekke forsøk med viktige arter som sild, torsk og lodde i regi av Havforskningsinstituttet (Ellertsen et al. 1981; Moksness and Øiestad 1987; Øiestad and Moksness 1981).

BASISFORUTSETNINGER FOR SCENARIENE

Det er en meget lang kyststrekning som er planlagt åpnet for petroleumsvirksomhet. I perioder av året oppholder hovedtyngden av flere gytebestander seg innenfor området. Dette har gyldighet for norsk-arktisk torsk og sei og for norsk vårgytende sild, men bare for en liten del av hysebestanden.

Vi har konsentrert omtalen om disse fire artene som alle har gytefelt i området. Det mest vitale gytefeltet er det for norsk-arktisk torsk mens både hyse, sild og sei har viktige gytefelt også utenfor området.

Det er valgt ut to utblåsningspunkter, ett syd for Røst og ett på innsiden av Haltenbanken og gjennomført oljedriftsscenarioer utfra dem. Alle scenariene er kjørt ved dataanlegget til OCEANOR i Trondheim basert på historiske vinddata fra Meteorologisk Institutt.

For alle scenariokjøringene har vi definert felles betingelser

angitt som en utblåsningssituasjon der det daglig tilføres 4 500 tonn olje til vannmassene i 20 dager. Utblåsningen kommer da under kontroll og brønnen lukkes. I løpet av de 20 dagene vil værforholdene endre seg flere ganger. Det er kjørt to scenarier fra Lofoten med ulike vindparametre. I det første scenariet rammes havområdet på utsiden av Lofoten. Dette er oppnådd ved å kjøre en vindsituasjon fra 27.1-15.2.77. I de første 10 dagene var det da vind fra syd med hastighet mellom 5-10 m/sek (FIG.A.4 i Appendiks). Kyststrømmen vil da akselerere mens med vind fra nord i de neste fem dagene av styrke mellom 0-7 m/sek, vil Kyststrømmen bremses opp og en vil få stuert opp store mengder olje som brer seg over et stort område. De siste fem dagene er vinden igjen fra syd, men svakere. I det andre scenariet fra Lofoten er det kjørt med vindforhold hentet fra perioden 28.2-20.3.77. Først var det da sterk vind fra nordvest fulgt av sterk vind fra syd og syd-vest avtagende i styrke sist i perioden. Disse vindforholdene gir stor bredde på flaket før det rammer innsiden av Lofoten etter først å ha dekket store deler av Vestfjorden.

Ved scenariet for det sydlige utblåsningspunktet på Haltenbanken har vi benyttet samme vindparametre som for det første scenariet i Lofoten. *Øyeblikksbilder* av oljefordelingen for de tre scenariene på hver femte dag er vist på zoomete situasjonskart for områdene (FIG. A.1-3 i Appendiks).

Råolje inneholder flyktige komponenter og disse er mer vannløselige enn de ikke-flyktige komponentene. De flyktige komponentene vil når de er løst i vann, oppkonsentreres meget lett i vevet hos organismer (biokonsentrering) og kan ha en giftvirkning på fysiologiske prosesser i organismen (Falk-Petersen and Lønning 1984; McKim 1977; Rosenthal and Alderdice 1976; Sharp et al. 1979). Fordelingen av den oljen som kommer i sjøen med hensyn på det som fordampes, det som blandes ned og det som forblir på overflaten, er vist for hvert område på FIG. A.5 og A.6 basert på verdiene i TABELLENE A.1 og A.2 i Appendiks. Olje som har vært i drift i 10-15 dager, vil inneholde lite flyktige komponenter og vurderes derfor å ha liten giftvirkning på fisk i alle utviklingsstadier (Barth 1984; Gundlach et al. 1983; Laake et al. 1984; Wakeham et al. 1986).

Oljefordelingskartene på FIG. 8, 10 og 16 vil vise de havområder som har vært dekket av olje fram til de fire tidspunktene som er angitt: dag 5, 10, 15 og 20. Selvom et område reelt bare har vært berørt i en kort periode, tror vi det gir en riktigere situasjonsbeskrivelse å bruke den *akkumulerte* framstillingen. Dette fordi selv *episodisk* opphold i olje for egg eller tidlige larver er fatalt for noen arter. Som en vil

legge merke til, kan det være store forskjeller mellom oljefordelingskartene på FIG. 8, 10 og 16 og kartene for den øyeblikkelige fordelingen som er gjengitt som FIG A.1-3 i Appendiks.

FØRSTE OG ANDRE SCENARIO: LOFOTEN

20.MARS TIL 10.APRIL

Disse scenariene beskriver forholdene under en utblåsning som rammer norsk-arktisk torsk og dens gyting i Vestfjorden og tilgrensende områder. Kildepunktet er på 66°50'N og 11°20'Ø. Tidspunktet 20.mars er valgt for å gi størst mulig oljebelastning i driftsruten ut fra gytefeltene. I det første scenariet vil oljeflaket driver nordover, men det går ikke inn i Vestfjorden (FIG.8). Derimot vil det dekke alle områdene egg og larver fra Vestfjorden *må* passere på vei mot Barentshavet. I tillegg vil flaket dekke gytefeltet ved Røst og gytefeltene på utsiden av Lofoten nord til Andenes (FIG.9; Sundby og Bratland 1987).

I det andre scenariet som er vist på FIG.10, rammes eggene allerede på gytefeltet inne i Vestfjorden foruten at det mot slutten av perioden kommer olje på utsiden av Lofoten. Gytefeltene på de ytre bankene vil ikke berøres (FIG.11).

Gytetorsken forlater Barentshavet i slutten av året og svømmer på relativt stort dyp (200-400 m) sydover mot kyststrekningen mellom Lofoten og Sørøya. Den delen av bestanden som når fram til Lofotenområdet i februar, trenger inn i Vestfjorden mens den hele tiden holder seg i det varme og salte Atlanterhavsvannet som oftest ligger fra 200 m dyp. Over dette vannet ligger det kalde og brakke Kyststrømvannet, og det er den vannmassen som vil være påvirket av olje fra utblåsningen. Gytetorsken vil således ikke få noe signal om at de vannmassene eggene vil havne i, er påvirket av oljekomponenter. Den vil gjennomføre sin gyting på vanlig måte fra tidlig i mars til midt i april. Deretter vil den trekke seg ut fra Lofoten og de andre gyteområdene og starte næringsvandring nordover mot Barentshavet.

Gytingen har sitt maksimum siste uke i mars og første uke i april (FIG.12). Dette tidsrommet har endret seg lite i de årene en har gode data (Sundby og Bratland 1987). De nybefruktete eggene vil stige fra 200 m dyp opp til overflaten i løpet av 1-2 døgn og der vil de blandes inn i de turbulente vannmassene nær overflaten. I begge scenariene vil vind fra syd føre til at vannmassene får kort oppholdstid i Vestfjorden, og strømmen vil bringe med seg eggene gjennom de tallrike sundene og gjennom Moskenesstrømmen ut på vestsiden av Lofoten. I det første

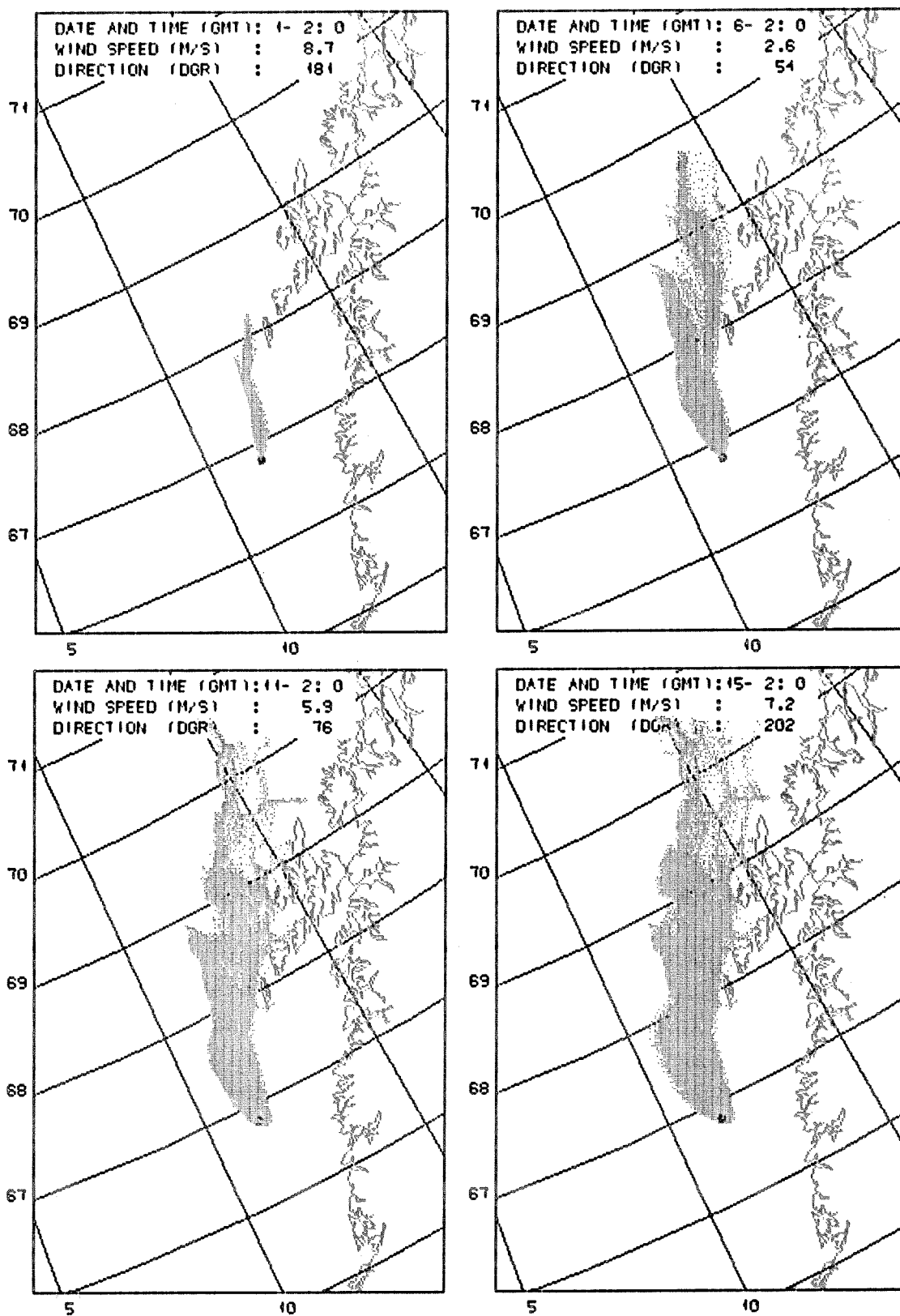


FIG. 8. Første scenario dekker Lofotenområdet med utblåsningspunkt syd for Røst på 66°50' N og 11° Ø. Med femdagers-intervall har en vist den gradvise økningen i det området som berøres eller har vært berørt av oljellaket.

scenariet er det først her de vil møte på oljeflaket (FIG.9) mens i det andre scenariet vil de forlenget ha vært utsatt for kontakt med hydrokarboner (FIG.11). Den vindgenererte turbulensen dempes noe av oljeflaket slik at eggene kommer høyere opp mot overflaten enn de normalt gjør under kraftig vind, og dette vil forsterke oljebelastningen. På den annen side vil sterkt vindpådrag gjøre at de mest giftige komponentene blåser lettere av. Den lave temperaturen (2-4°C) vil nedsette stoffenes flyktighet (Gearing and Gearing 1982).

Utblåsningen skjer ved starten av tidsrommet for hovedgytingen. Mesteparten av eggene som blir gytt i regionen, vil således drive inn i

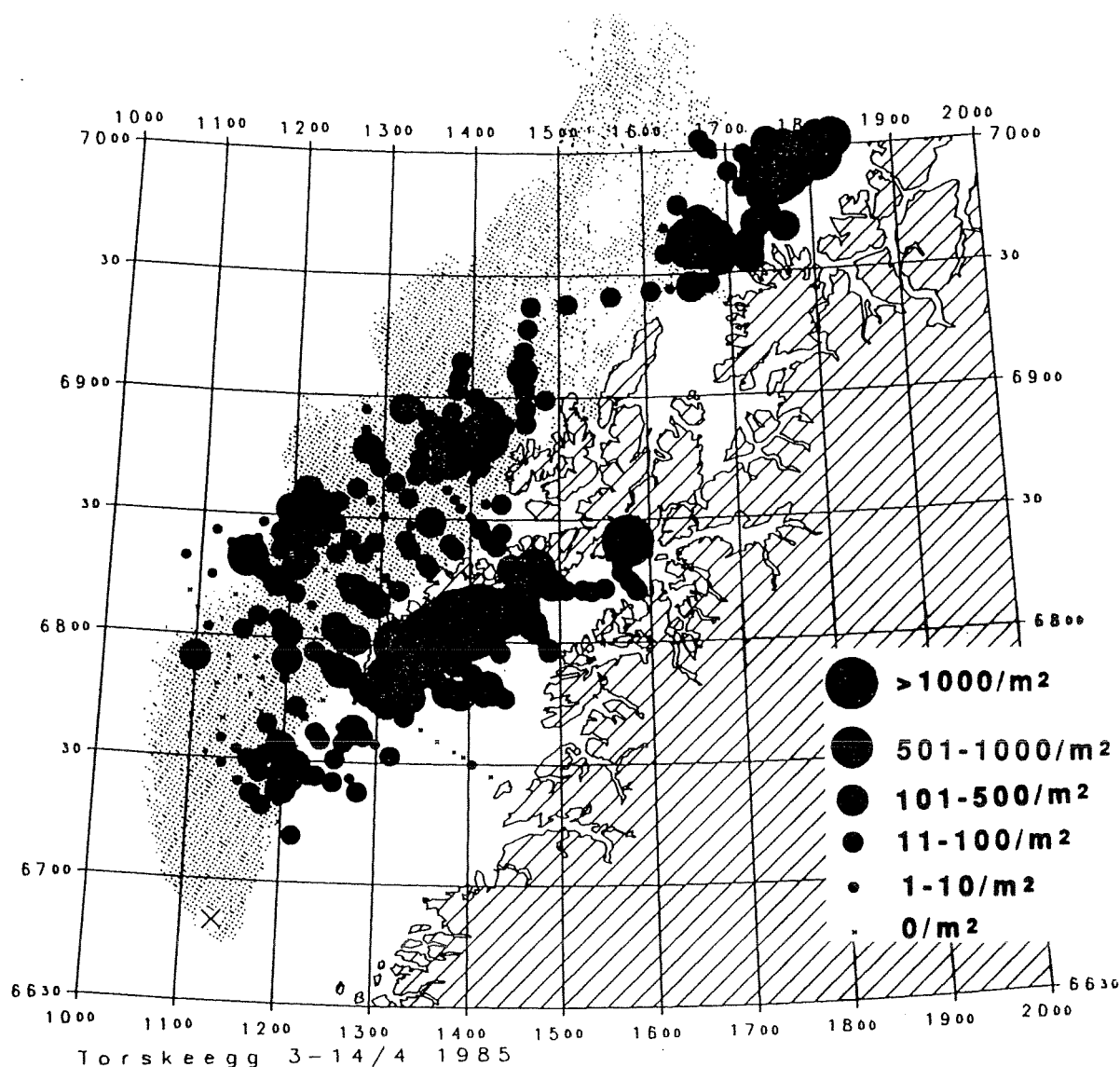


FIG. 9. Fordelingskartet for torskeegg tidlig i april 1985 med utbredelsen av oljeflaket fra første scenario markert på dag 20 etter utblåsningsstart som er satt til 20.mars (Sundby og Bratland 1987). Symbolbetydningen for skalaene er angitt.

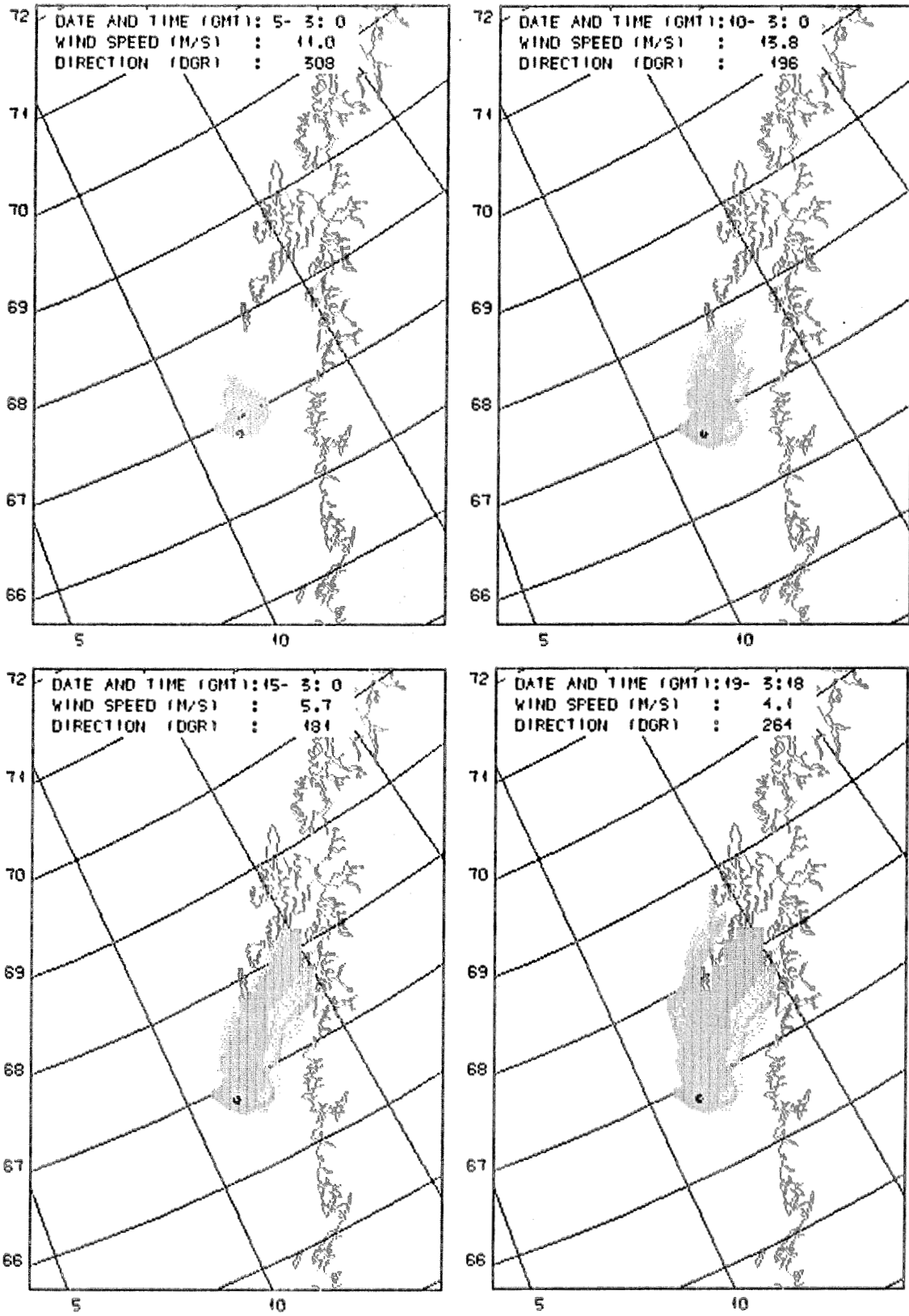


FIG.10. Andre scenario har samme kildepunkt som det første på Fig.8. Fem-dagers-intervallene viser hvorledes et stadig økende område blir berørt av oljellaket.

områder som er dekket av oljeflak. Eggene har en dynamisk vertikalfordeling, og de fleste eggene vil ha episodiske opphold (1-3 t) i sjøvann med høyt hydrokarboninnhold (>50 ppb) (Smedstad and Øiestad 1974; Sundby 1983). Laboratorieforsøk har simulert denne type belastning, og de har vist at storparten av disse eggene vil gi larver med nedsatt livskraft.

I Vestfjorden og ved Røst gytes omlag 40 % av eggene til norsk-arktisk torsk (Sundby og Bratland 1987). Disse eggene vil måtte passere områder dekket av oljeflak, og hovedtyngden av dem vil ikke gi levedyktige larver. På strekningen fra Møskenesgrunnen til Eggagrunnen gytes omlag 30 % av eggene (Sundby og Bratland 1987). Disse vil drive raskere ut av gyteområdet enn egg i Vestfjorden og vil rammes av for-

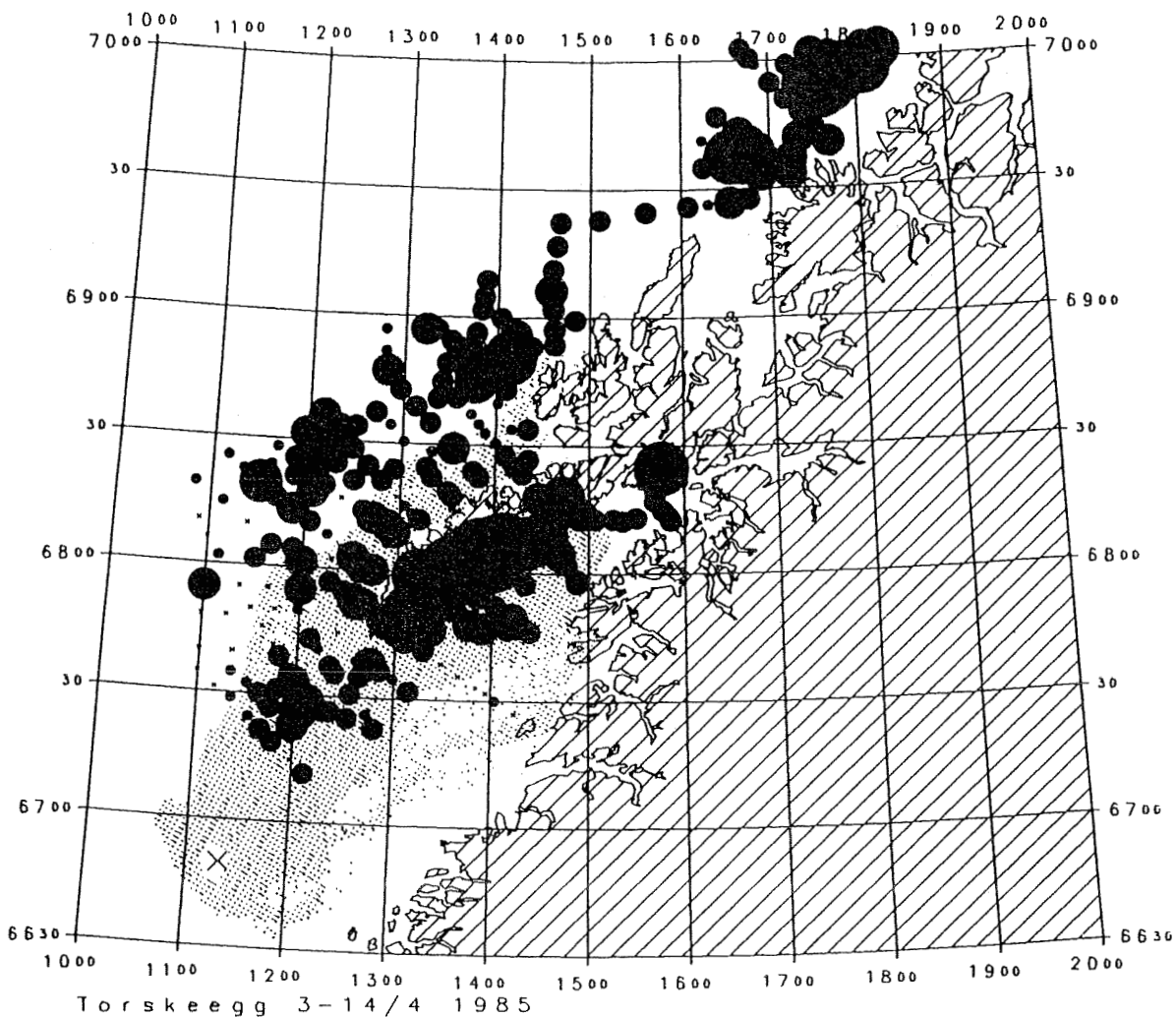


FIG.11. Fordeling av torskeegg tidlig i april 1985 med oljeflaket fra andre scenario tegnet inn på dag 20 etter utblåsningsstart (Sundby og Bratland 1987). Skala som på FIG.9.

vitret olje i det første scenariet og ikke i det hele tatt i det andre scenariet (FIG.9 og 11). En større andel av disse eggene vil derfor kunne gi normale larver. Den samlede effekten vil under de forhold som er beskrevet i disse scenariene, kunne gi tap på 30-50% av årsklassens styrke. Dersom egg gytt i Vestfjorden normalt bidrar relativt mer til årsklassen, vil effekten kunne bli større.

10. APRIL TIL 1. MAI

Dersom utblåsningsstarten finner sted tre uker senere, fra 10.april, vil forholdene ha endret seg i Lofotenområdet. Fortsatt er det betydelige mengder torskéegg i Vestfjorden, men selve gytingen ernærmest over. I enkelte år vil store mengder egg bli holdt tilbake i Vestfjorden. Dette forekommer i perioder med stille vær. Tidevannet i kombinasjon med Kyststrømmen setter da opp flere virvler i Vestfjorden og disse holder tilbake egg slik at disse klekkes i området. Under alle omstendigheter vil det være betydelige mengder plommeseklarlarver og torskelarver i sitt første næringsopptak i de vannmassene som dekkes av oljeflaket (FIG.13A og B; Ellertsen et al. 1987). Disse larvene foretar vertikalvandring, men det er viktig å merke seg at denne adferden ikke er styrt av én enkelt faktor. Trolig er det et samspill mellom lysnivå og graden av turbulens som er mest

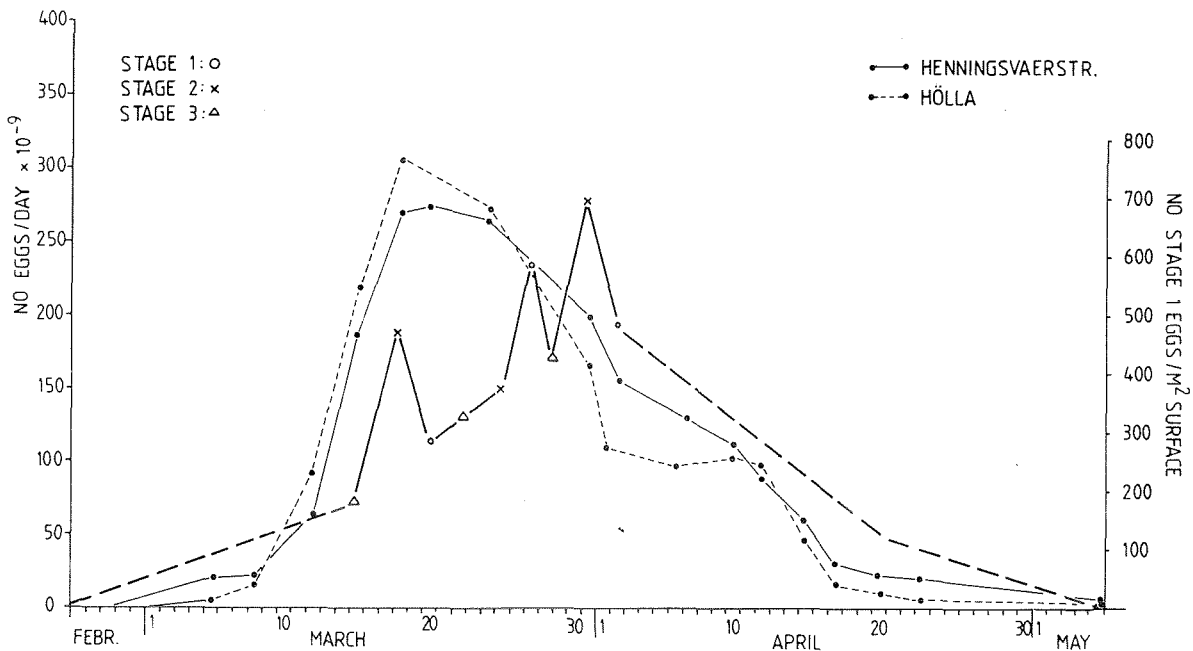


FIG.12. Gyteforløpet for torsk i Vestfjorden med hovedgyting mot slutten av mars og ved inngangen til april (Sundby og Bratland 1987). Stage 1: nygytte egg.

avgjørende idet larvene trolig vil unngår kraftig lys og kraftig turbulens. De første to ukene etter klekking vil trolig alle larvene i perioder oppholde seg nær overflaten, fortrinnsvis i den mørkeste delen av døgnet (Smedstad and Øiestad 1974). I de områdene som er berørt av utblåsningen, vil således samtlige larver ha hatt episodiske opphold (1-10 t) i belastet vann. En må fortsatt uttale seg med noe forbehold om betydningen av slike korttidsopphold, særlig for larver i vekst. Imidlertid synes det som også korttidsbelastete plommesecklarver får nedsatt sin aktivitet og blir delvis bedøvet (Føyn og Serigstad 1989; Serigstad og Ellingsen 1989). I så fall kan dette føre til et forlenget opphold i det oljebelastete vannet.

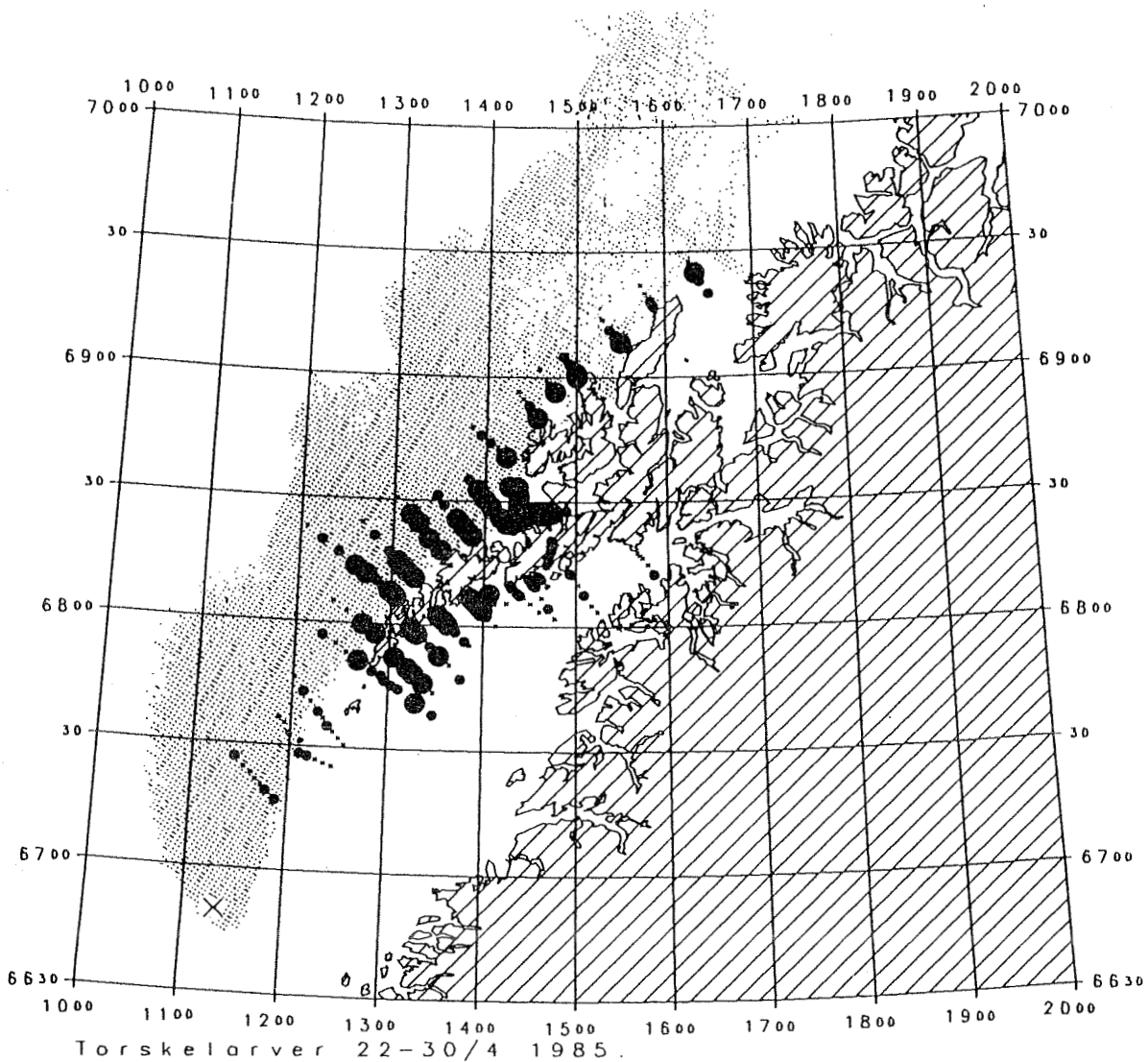


FIG. 13A. Torskelarver i Lofotenområdet i slutten av april under første scenario, nå med utblåsningsstart 10. april (Ellertsen et al. 1987). Skala som for FIG.9.

Eggene som gytes på strekningen Moskenes-Andenes vil knapt berøres av en slik sen utblåsning og den samlede effekten på dette tidspunktet for torsk sammenlignet med den fra 20.mars, vil være mer enn halvert og av størrelsesorden 10-20 %.

Norsk-arktisk hyse har sin hovedgyting knapt én måned etter torsken og rammes derfor med full tyngde av denne utblåsningen. Egg fra hyse som gyter i Vestfjorden, vil drive ut av fjorden og komme inn i områder som er berørt av utblåsningen (første scenario, FIG.14A) eller befinne seg i oljebelastet vann hele tiden (andre scenario, FIG.14B; Solemdal et al. 1989).

Det er foretatt få mengdeberegninger for egg og larver av hyse både i dette området og andre områder fordi forekomstene av egg og larver vanligvis er spredte og små. Arbeidet med eggene vanskelig-

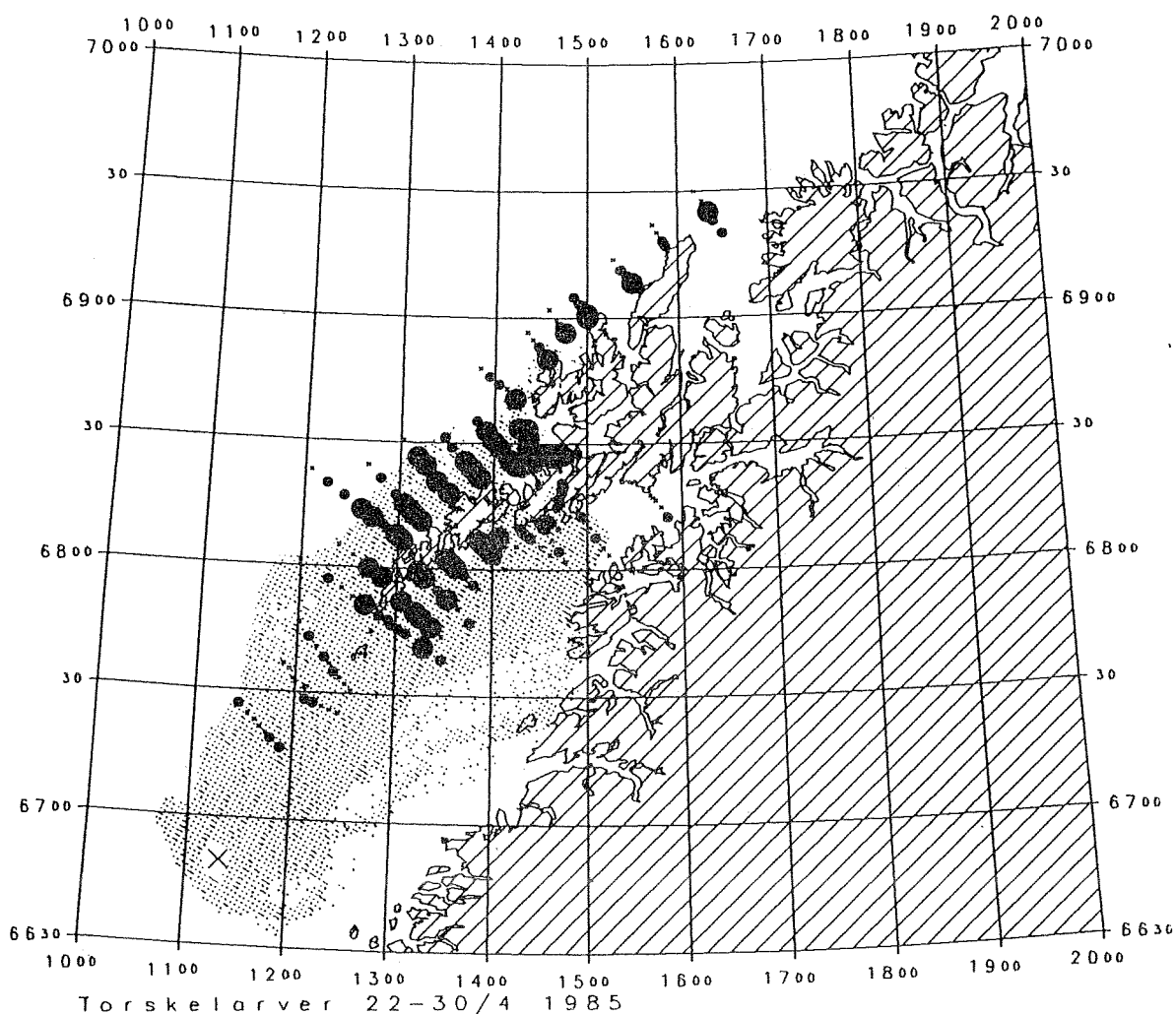


FIG. 13B. Torskelarver i Lofotenområdet i slutten av april under andre scenario, nå med utblåsningsstart 10.april (Ellertsen et al. 1987). Skala som for FIG.9.

gjøres dessuten av de metodiske problemene en har med å skille nygytte egg av torsk og hyse. Den metoden en benytter, er meget ressurskrevende (Solemdal et al. 1989).

Fordelingen av hyselarvene kjenner en mindre til enn eggene, men larvene har gjennomgående en dypere vertikalfordeling enn torskelarver. Vertikalvandring gjennom døgnet vil trolig bringe deler av larvebestanden nær overflaten om natten.

Utfra en vurdering av kjente gyteområder for norsk-arktisk hyse, vil under 20 % av eggene bli gytt i områder som bli berørt av utblåsningen (Solemdal et al. 1989). Hovedgytningen til hyse finner sted langs kontinentalskråningen utenfor Tromsøflaket og nordvestover i god

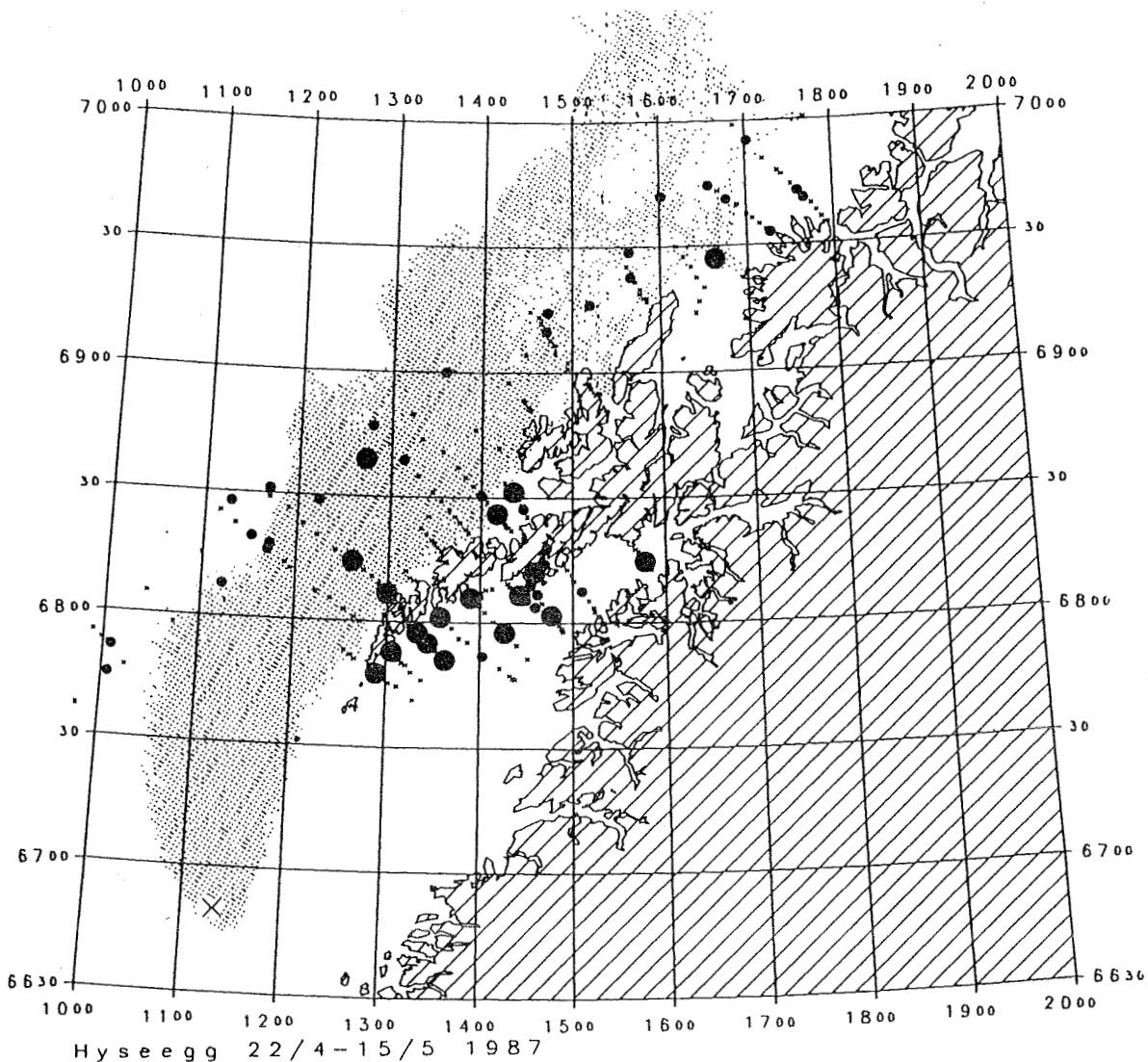


FIG. 14A. Hyseegg i Lofoten i slutten av april under første scenario med utblåsningsstart 10.april (Solemdal et al. 1989). Skala som for FIG.9.

avstand fra virkningene av utblåsningen. De eggene som berøres, vil gi larver med nedsatt vitalitet og disse kan derfor regnes som tapt. Dette utsagnet må taes med det forbeholdet at en ennå ikke kjenner sårbarheten til tidlige livsstadier av hyse overfor hydrokarboner. Vi har derfor foreløpig tatt utgangspunkt i resultatene fra torsk.

ANDRE ARTER BERØRT AV UTBLÅSNINGEN

Utblåsningene både den i mars-april og den i april-mai, vil berøre andre arter enn dem som er nevnt. Sei som gyter i Vestfjorden, vil lide tilsvarende eller større tap enn torsk da dens egg og larver synes enda mer sårbare enn torsk. Imidlertid synes seiens gyting i området å være av liten betydning for bestanden (Bjørke et al. 1988). Rødspette har

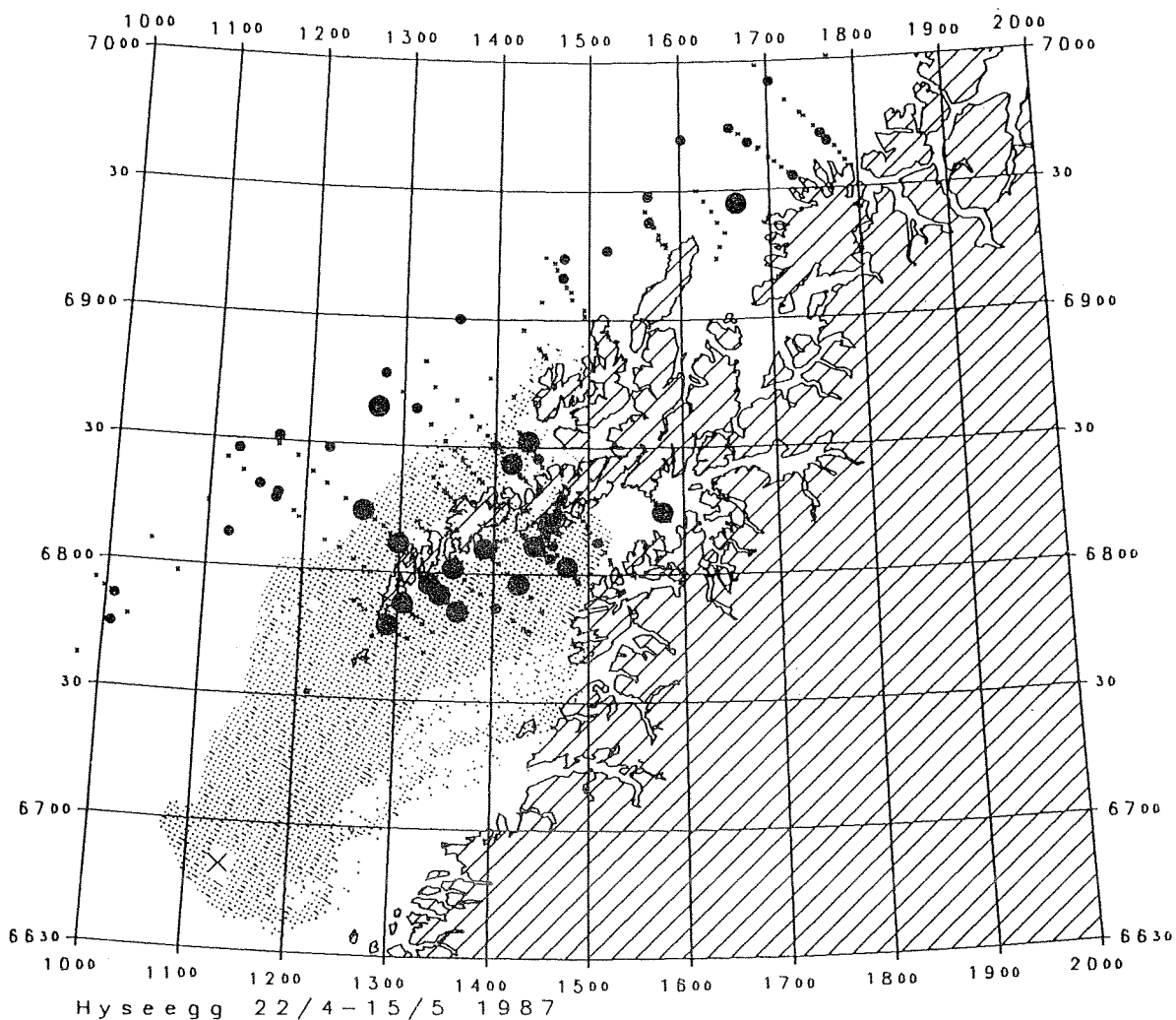


FIG. 14B. Hyseegg i Lofoten i slutten av april under første scenario med utblåsningsstart 10.april (Solemdal et al. 1989). Skala som for FIG.9.

også gytefelt i området i samme tidsrom, men effekten på larver av oljekomponenter er ikke klarlagt (Bjørke et al. 1988).

I de to periodene som er omtalt og særlig i den siste, vil larver i vekst særlig av sild (30-50 mm), drive gjennom området fra gyting lengre syd (FIG.A.8 i Appendiks; Nedreaas et al. 1989). Disse larvene vil ikke direkte berøres av utblåsningen, men om natten vil de oppholde seg i de øvre vannlag sammen med en rekke andre fisk der de sammen beiter på raudåte. Voksen sild i området, særlig på utsiden av Lofoten og sydoover, vil trolig også beite på krill og på fiskeegg og -larver som

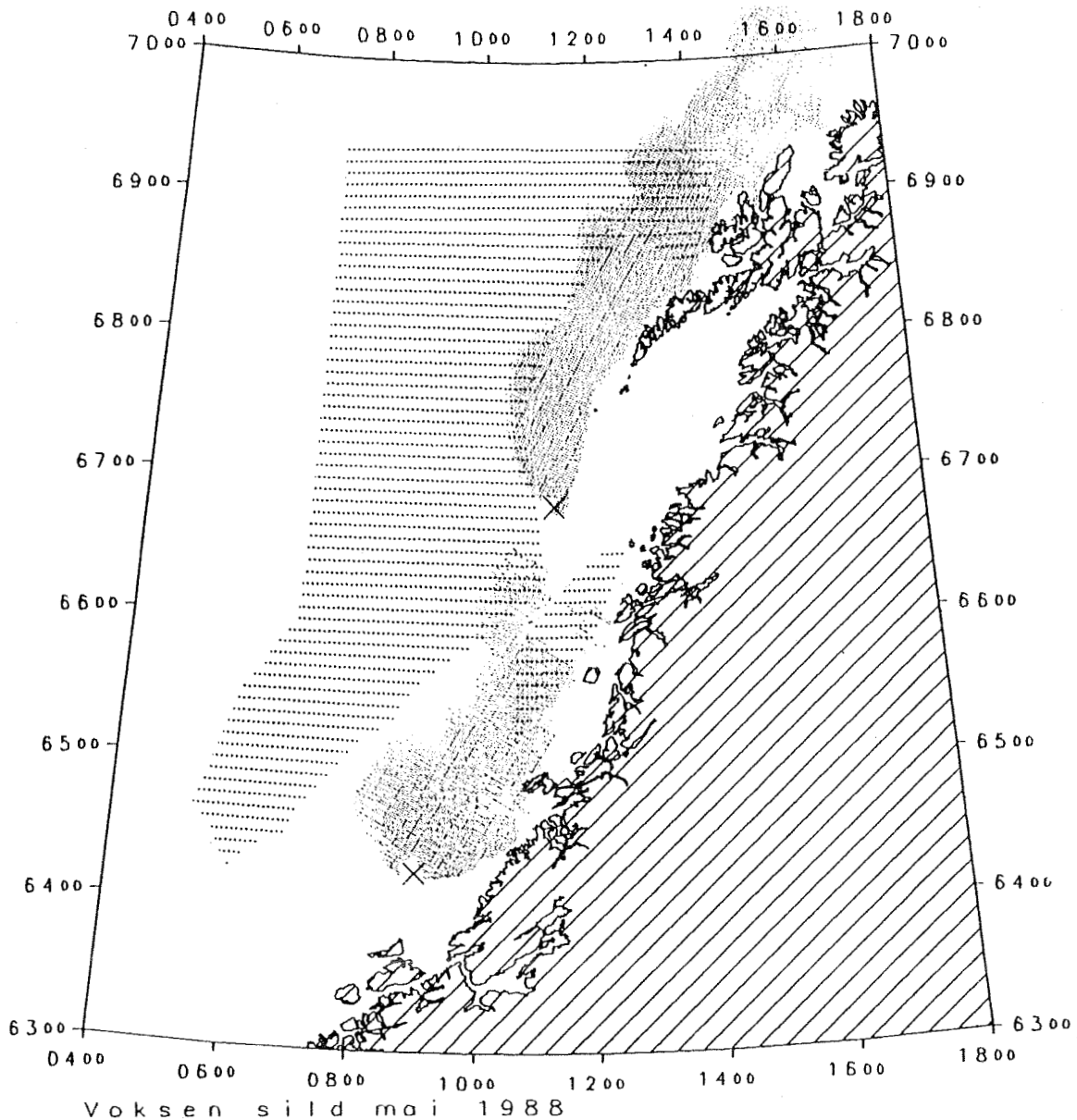


FIG. 15. Fordelingen av voksen sild på Helgelandskysten i mai 1988 med oljeflaket fra første og tredje scenario markert for dag 20 etter utblåsningsstart (Røttingen 1990).

driver forbi (FIG.15; Røttingen 1990). Uten å berøre dette nærmere vil en kunne få oljesmak på fisk og særlig fet fisk (sild og laks) som beiter i et slikt område.

Fordelingen av oljeflaket i det første scenariet (FIG.8) gjør at en også vil berøre larver av uer. Ueren som føder allerede klekte larver, formerer seg i området utenfor Lofoten og nordover, men som før nevnt er det en svært liten del av bestanden som holder til så langt syd og øst (Bjørke et al. 1989). Det kan tenkes at det i området er hovedvekt av én av de fire uerartene, men dette vil kreve relativt stor innsats å avklare og oppleves ikke som viktig.

I de samme områdene vil det også være betydelige mengder av blekkspruttyngel, krill og laksesild og om natten oppholder de to sistnevnte seg i de øvre vannlag (Nedreaas et al. 1989). De vil kunne bidra til å bringe oljekomponenter ned i dypet slik at bunnfisk og annen fisk indirekte kommer i berøring med oljeutblåsningen gjennom å beite på disse dyrene.

TREDJE SCENARIO: DEN SYDLIGSTE BLOKKEN

I det sydligste området (TR I/Ø) er det lokalisert gytefelt for sild og sei (Bjørke et al. 1988; Røttingen 1990). Feltet for sild er trolig av beskjedent betydning mens viktigheten av feltet for sei ikke er klarlagt.

Et oljeflak fra en utblåsning 1.mars med kildepunkt 64°15' N og 9° Ø, vil dekke det området der en finner egg av sei (FIG.16 og 17). Det er rimelig grunn til å anta at eggene vil oppholde seg episodisk i sjøvann med høyt innhold av hydrokarboner (50-100 ppb). Seiegg har vist seg å være meget følsomme for selv lave konsentrasjoner av hydrokarboner (under 20 ppb), og vi vurderer det som sannsynlig av berørte egg vil gi livsudugelige larver (Føyn and Serigstad 1989). Langt mer enn 50% av eggene gytt i området vil berøres, og dette gytefeltet vil ikke kunne bidra av betydning med rekrutter til seibestanden. Da en ikke kjenner til den relative styrken av feltet, kan en ikke si noe om hvor alvorlig dette vil være for bestanden av norsk-arktisk sei, men den er trolig under 10%.

Dersom utblåsningen finner sted 1.april, vil larvestadier av sei være ute av området mens sildeeggene vil begynne å klekke. Det er nå disse larvene som vil komme i betydelig kontakt med oljebelastet vann (FIG.18). Nesten 200 000 tonn sild hadde sitt gytefelt i området i 1989, og det utgjorde omlag 13 % av samlet eggproduksjon for arten (Røttingen 1990). Ettersom det ikke kan påvises direkte skadelige effekt av sjøvann med høyt innhold av hydrokarboner på sildelarver, blir

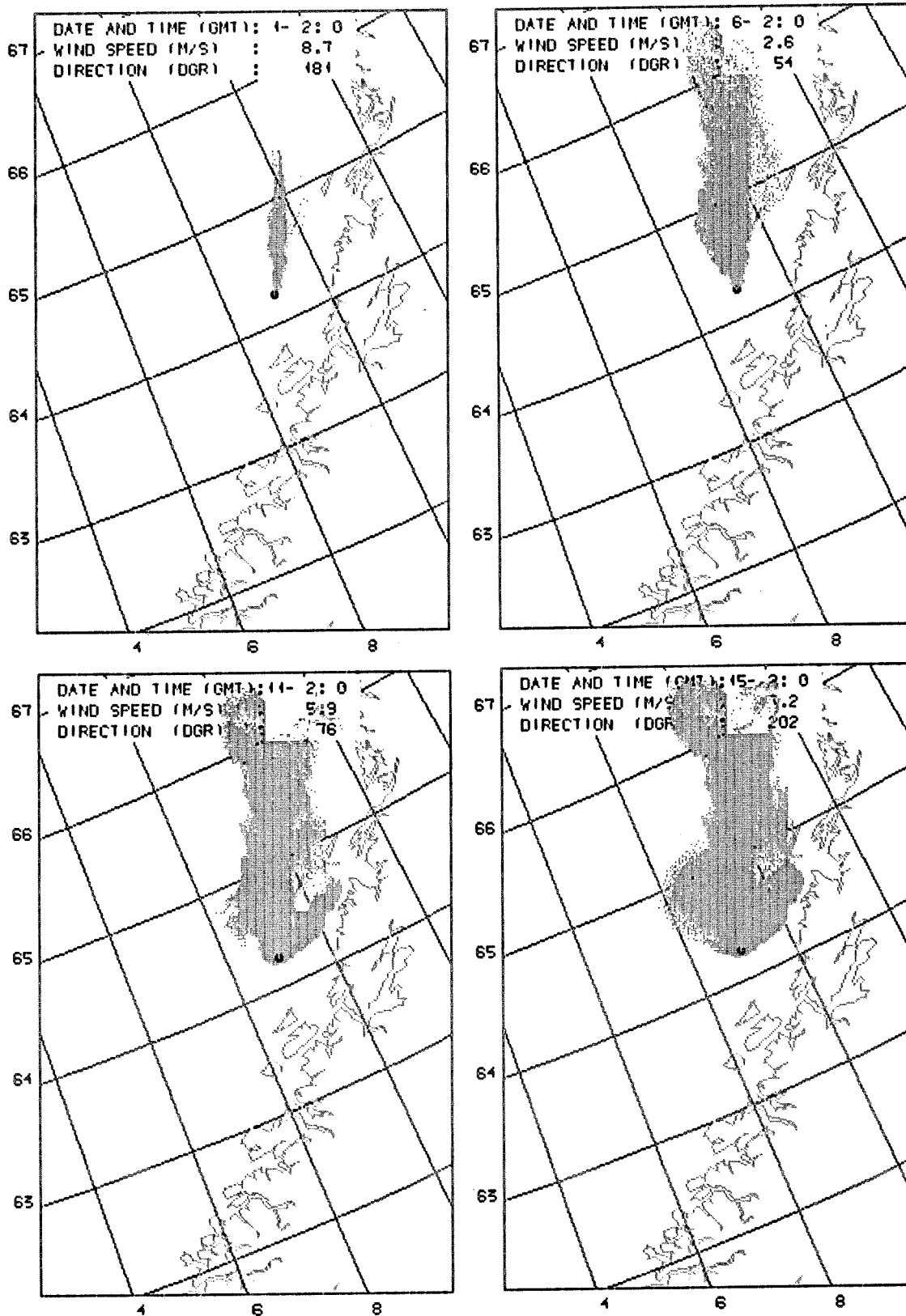


FIG. 16. Tredje scenario dekker området nord for Hattenbanken med utblåsningspunkt på 64° 15' N og 9° Ø. Fem-dagers-intervallene viser den gradvise økningen av det området som ble dekket av oljeflaket.

spørsmålet om hvor stor andel av sildestammen som gyter i området, kanskje av liten betydning (Serigstad og Ellingsen 1989). Imidlertid skal en ikke se bort fra de mulige indirekte effektene via næringskjeden og da særlig ved at tilgangen på føde dyr avtar. Dette kan få konsekvenser for tilveksten og i siste omgang for overleving da faren for nedbeiting vil øke.

Dersom utblåsningen finner sted i mai, vil det ikke være egg eller

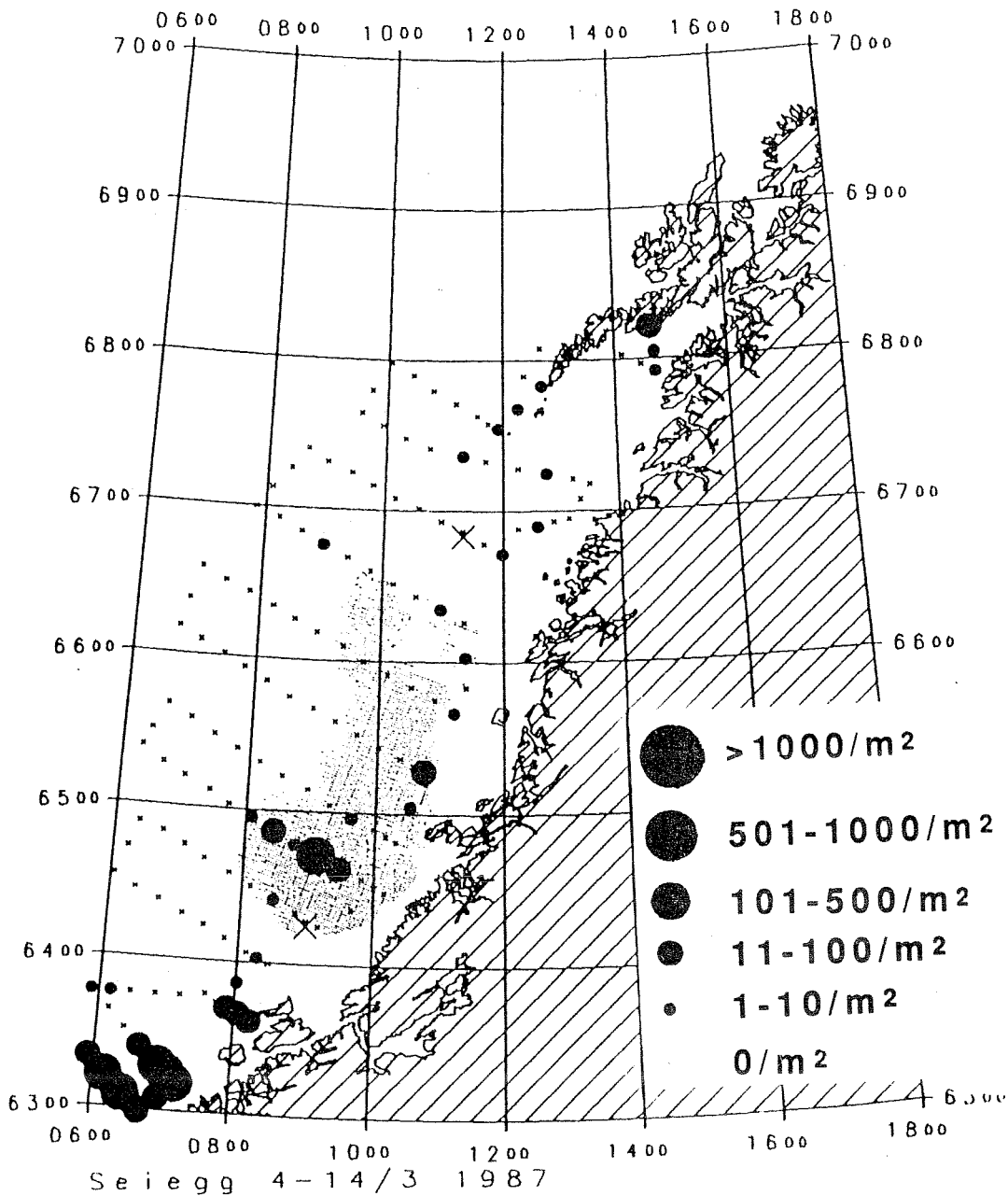


FIG. 17. Fordelingen av seiegg i mars 1987 med oljeflaket fra tredje scenario inntegnet 20 dager etter utblåsningsstart satt til 20.februar (Bjørke et al. 1988). Symbolbetydningen for skalaene er gitt.

unge larver av kommersielt viktige arter i området. Derimot vil det være store mengder eldre larver, først og fremst av sild og sei (FIG.A.8 og A.9 i Appendiks). Sildelarvene vil være 30-50 mm og er under passering fra sydligere gytefelt på vei mot Barentshavet (FIG.A.8 i Appendiks). Sei yngelen (20-40 mm) vil være på innsig fra Norskehavet (FIG.A.9. i Appendiks). Gytefeltene som denne yngelen kommer fra,

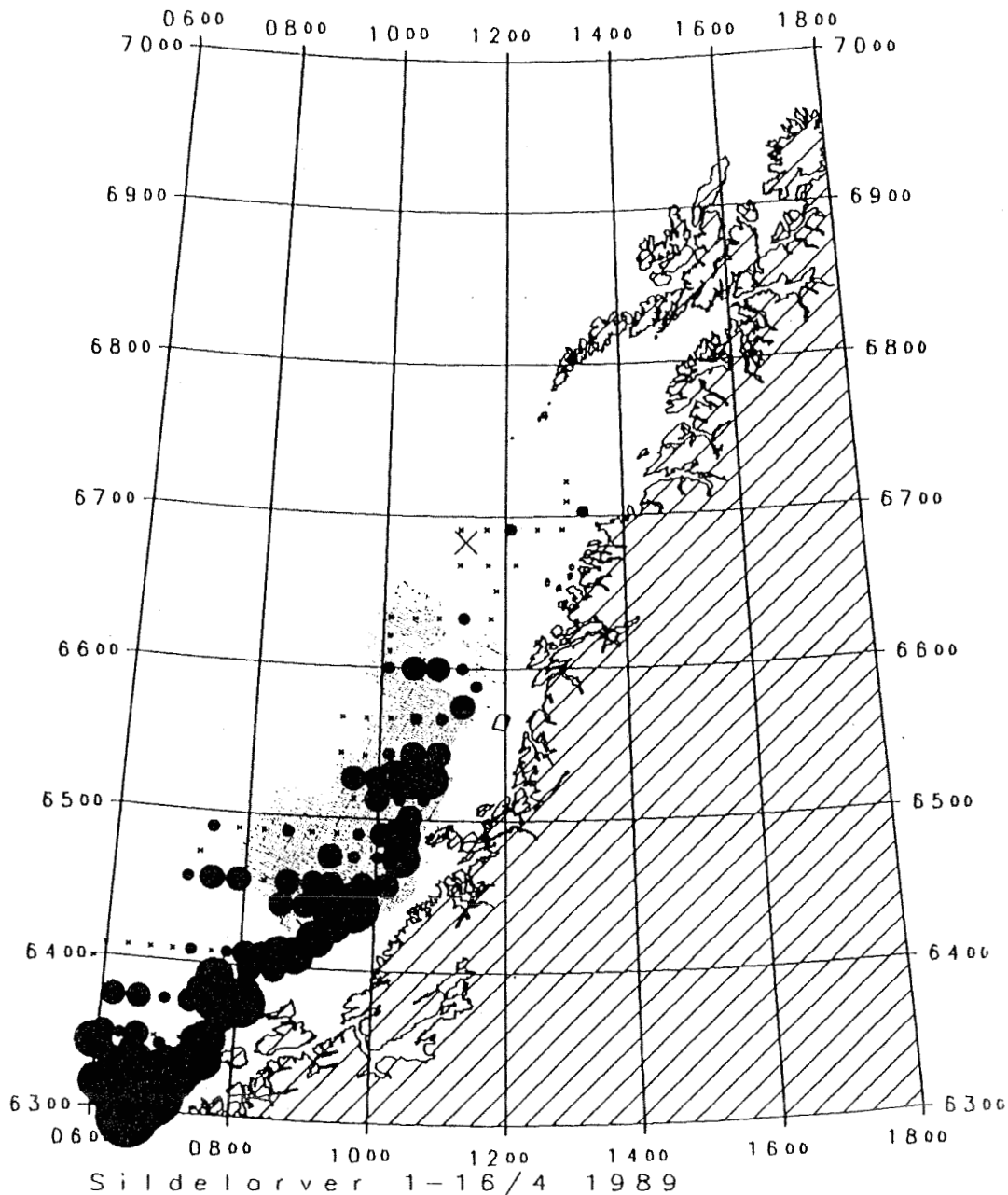


FIG. 18. Fordeling av sildelarver på strekningen fra Buagrunden og nordover i siste halvdel av april 1989 med oljeflaket fra tredje scenario inntegnet 20 dager etter utblåsningsstart, nå satt til 1.april. Skala som for FIG.17.

ligger trolig utenfor Møre og på skråningen mellom Norskehavet og Nordsjøen (FIG.7C). Denne yngelen vil i stor grad søke seg inn til Helgelandskysten (Nedreaas et al. 1989). Som beskrevet foran, vil neppe noen av disse bestandene kunne skades direkte av oljeflaket, men deres livsmiljø og fødetilgang vil kunne forringes og derigjennom vil bestandene kunne skades. En slik eventuell skadevirkning lar seg vanskelig kvantifisere utfra dagens kunnskapsnivå.

KONSEKVENSER FOR AKTIVITETEN AVBØTENDE TILTAK

VERNESONE OG BUFFERSONE

Den kunnskapen en har om gytefeltene for norsk-arktisk torsk og hyse tilsier at en etablerer en *vernesone* som dekker viktige deler av artenes gytefeltet. Vi foreslår at sonen avgrenses i vest av 500-m-koten, i syd av 67°20'N og i nord av 70°N (FIG.19). Dette innebærer i praksis at hele NL VII, store deler av NL VI og en liten del av NL V erklæres som vernesone. Inn i vernesonen skal det ikke kunne komme oljebelastet vann som er yngre enn 10 dager gammelt i en viss periode av året.

Konsekvensen av en slik bestemmelse vil være at det opprettes en *bufferzone*. Denne vil i praksis ligge syd for vernesonen og utstrekningen vil være den distansen et oljeflak kan tilbakelegge på 10 dager. Utfra drivtidsberegninger for olje og data fra drivlegemer, vil vi foreslå å avgrense bufferzonen i syd ved 65°N og i vest til 500-m-dybdekoten (Nedreaas et al. 1989). Det vil være naturlig å gjøre bufferzonen gjeldende også for områder innen sonen som tidligere er åpnet for petroleumsvirksomhet.

AKTIVITETSPERIODER

Vi foreslår at tidsrommet da det ikke kan drives prøveboring hverken i vernesonen eller bufferzonen, settes fra **1.februar til 1.juni**. Dette begrunnes utfra at det i hele området er en stor biologisk aktivitet om våren og forsommeren. Det er derfor naturlig å vurdere om stopp i prøveboring også bør omfatte de områdene som tidligere er åpnet for petroleumsvirksomhet.

Dersom det skjer en massiv utblåsning 1.februar syd for bufferzonen og med en varighet på 20 dager, vil det innebære at gyteområdene vil være belastet med gammel olje gjennom hele gytingen og klekkingen. Verre er det trolig at hele våroppblomstringen og reproduksjonen hos fødedyrene til fiskelarvene (kopepodene) finner sted i oljebelastet vann. Fiskelarver av enhver art vil da måtte beite på dyreplankton som har oppholdt seg i sjøvann med høyt hydrokarboninnhold. Selvom de mest giftige komponentene er vekke fra vannmassene, vil noen være akkumulert i næringskjeden slik at larvene

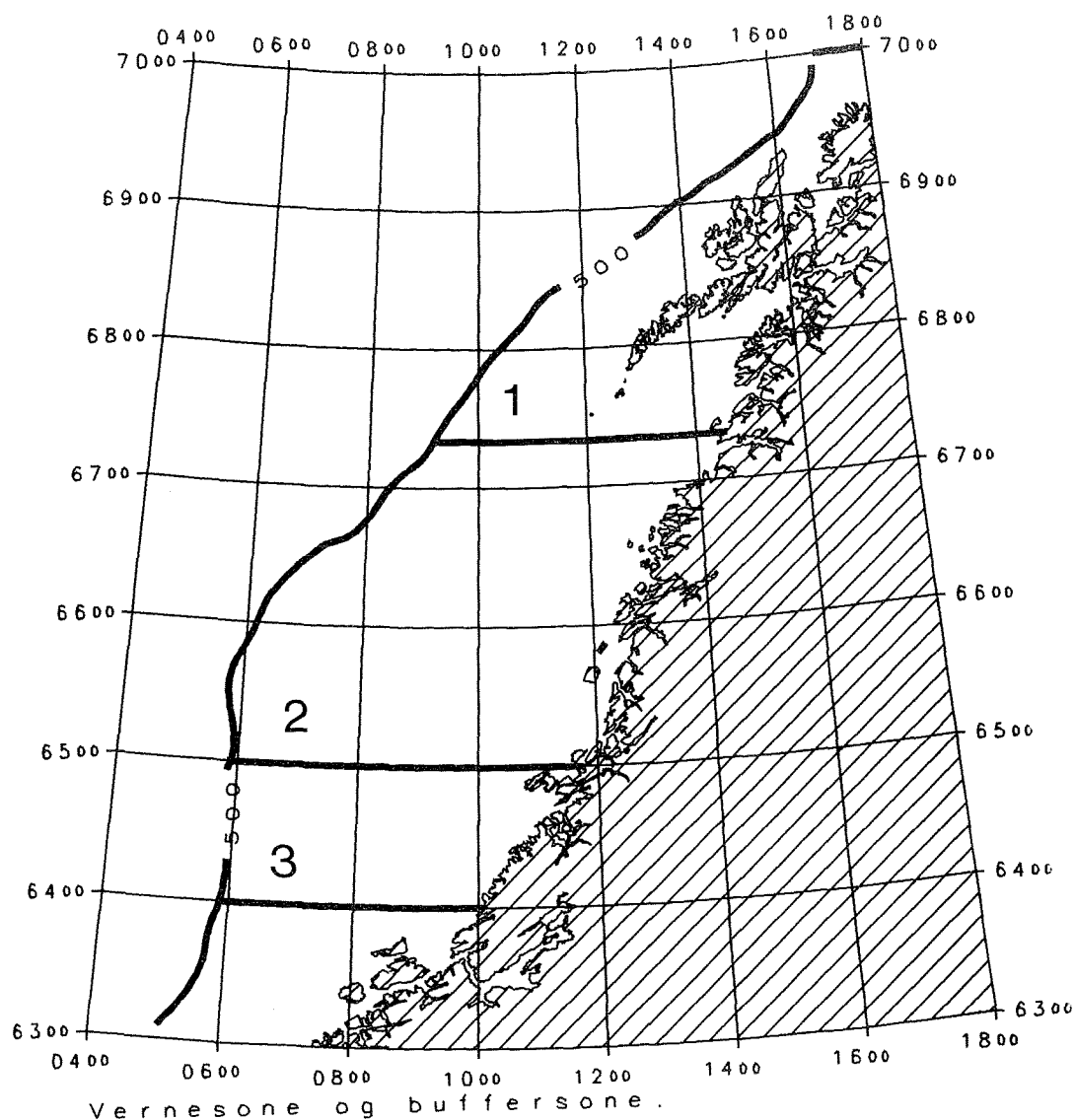


FIG. 19. Den foreslåtte vernesonen (1) og buffersonen (2) er inntegnet for det aktuelle området. I tillegg er et lavaktivetsområde syd for buffersonen markert (3). Alle sonene er begrenset i vest av 500-m-koten.

får dem i seg. Dette forholdet vil kunne sette spor etter seg i de fiskebestandene som har de mest følsomme larvene såsom sei og torsk.

Mot denne bakgrunnen vurderer vi det som tilrådelig å lukke også områdene syd for buffersonen ned til 64°N, men da bare i månedene **februar og mars**.

Langs norskekysten lever det ialt 180 forskjellige fiskeslag. Bare noen av disse har kommersiell betydning. Av disse er det hittil bare noen få arter som har blitt utsatt for oljebelastningsstudier i Norge og internasjonalt. De fleste artene formerer seg på den tiden vi foreslår å

stoppe prøveboring og en har dermed bidratt til å redusere risikoen *en bloc* også for fiskearter som kan være enda mer sårbare enn torsk og sei.

SEISMIKK

Seismikk er en viktig del av oljeleting og kan ikke unnværes. Det synes klart at visse metoder for seismikk har større konsekvenser enn andre for livet i havet, og en må tilstrebe metoder som gir minst miljøeffekt. Det er fortsatt knyttet stor usikkerhet til de virkninger seismikkskyting har på marint liv. Det en er særlig bekymret for, er langtidsvirkninger som kan manifestere seg hos fisk som har oppholdt seg i det en hittil har vurdert som "betryggende" avstand fra skytetraséen. I tillegg må en avklare nærmere om fisk på gytevandring forstyrres i sin naturlige adferd av trykkbølgene, noe som vil kunne få følger for reproduksjonsresultatet. Særlig innsats vil bli satt inn fra Havforskningsinstituttet for å finne svar på disse spørsmålene. I påvente av resultatene vil det være naturlig å innta en restriktiv holdning. Vi vil derfor tilråd at en benytter de samme sperrefrister for seismikkskyting som for leteboring i verne- og buffersonen, altså fra 1.februar til 1.juni og i månedene februar og mars i området syd for buffersonen. Dette vil beskytte gytende sild og sei i området.

Det er sterke grunner for å skjerme gytefisken fra stress og det samme kan sies for larver og yngel der særlig larver med svømmeblære vil være sårbare for trykksjokkene (torsk, hyse og sei fra 5 mm lengde, sild fra 20 mm).

HOVEDPUNKTER OG TILRÅDINGER

De områdene som er tenkt åpnet for petroleumsvirksomhet, spiller en nøkkelrolle i livssyklusen til norsk-arktisk torsk, hyse og sei og til norsk vårgytende sild. Alle disse bestandene er for tiden langt mindre enn deres høyeste nivå fra dette århundret. Det er en høyt prioritert oppgave å bygge bestandene opp igjen. Dersom en lykkes i et slikt arbeid, vil langtidsutbyttet fra fisket på disse bestandene øke med flere milliarder kroner pr. år.

Parallelt med at fiskebestandene gies en mulighet til å bygges opp, vil det være behov for å sette igang supplerende næringsvirksomhet i regionen. I første omgang vil en føle et behov for å kartlegge de petroleumssressursene en har på sokkelen. Imidlertid må en under dette arbeidet vektlegge i enda større grad enn tidligere

sikkerhetsrutiner og driftsrutiner. Disse må være av en slik karakter at en kan unngå enhver form for utslipp av hydrokarboner til det marine miljøet. Det er alltid billigere å forebygge enn å reparere. Særlig viktige blir slike tiltak når en vurderer dem opp mot prissetting av marine kvalitetsprodukter. I en verden der marine produkter i økende grad får i seg miljøgifter, må en opprettholde den høye standarden på produktene fra disse farvannene. Dette vil betale seg både gjennom økt pris og økt markedstilgang. En har også en forpliktelse overfor annet marint liv inkludert sjøfugl og sjøpattedyr.

Foreløbige undersøkelser på effekten av hydrokarboner på tidlige livsstadier hos noen av de viktige kommersielle artene, tyder på at torskefisk (torsk og sei) lett tar skade. Dersom en legger til grunn et verst tenkelig tilfelle, vil en betydelig del av årsklassen av torsk kunne gå tapt, men bare en mindre del av bestandene til hyse og sei. I denne vurderingen har en lagt til grunn en dynamisk modell av vertikalfordelingen av egg og larver. All forskning tyder på at en dynamisk modell der aktiv vertikalvandring hos fiskelarver spiller en viktig rolle, gir et riktig bilde av det som vil kunne skjer under et oljeflak.

Det gjenstår ennå et betydelig arbeid for å kartlegge både direkte og indirekte effekter av hydrokarboner på det marine liv. Eksperimentelle økosystemer vil her kunne gi langt sikrere informasjon og bedre kunne definere og kvantifisere effektene gjennom de trofiske nivåene opp til fisken som topp-predator.

Utfra hensynet til våre fornybare ressurser, tilrår en å etablere en vernesone rundt Lofoten og en buffersoner syd for denne. I disse sonene tar all oljeaktivitet pause fra 1.februar til 1.juni. Dette gjelder også seismikkskyting. I den delen av det omsøkte området som ligger syd for buffersonen, tilrår en at virksomheten tar en pause i februar og mars, og da særlig under henvisning til mulige subletale effekter i verne- og buffersonen fra en utblåsning. Mindre viktige gytefelt for sei og sild vil da samtidig beskyttes mot oljeutslipp og gytefisker i disse området vil være beskyttet mot seismikkskyting.

LITTERATURHENVISNINGER

- ANON., 1989. Ressursoversikt for 1989 og miljørapport for 1988. Fisken Hav., Særunummer 1:1-99
- AURE, J. . 1989b. Miljøeffekter av næringsalter og organisk materiale fra fiskeoppdrett. I: Bertelsen, B. og B. Braaten (eds.), "Forurensning fra fiskeoppdrett", Os, Norge, 13.-14.6.1989. Oslo, Miljøverndep. rapportserie nr. T-726, pp. 46-52
- AURE, J. . 1989a. Bidrag av næringsalter (TotN) fra fiskeoppdrett og land i forhold til transport i kyststrømmen og i fjordene. I: Berthelsen, B. og B. Braaten (eds.), "Forurensning fra fiskeoppdrett", Os, Norge, 13.-14.6.1989. Oslo, Miljøverndept. rapp. ser. nr. T-726, pp. 27-36
- AURE, J. OG A. STIGEBRANDT, 1989. Fiskeoppdrett og fjorder. En konsekvensanalyse av miljøbelastning for 30 fjorder i Møre og Romsdal. Havforskningsinstituttet Rapport FO 8803,1-106
- BARTH, T., 1984. Weathering of crude oil in nature marine environments: The concentration of polar degradation products in water under oil as measured in several field studies. Chemosphere, 13:67-86
- BERGSTAD, O. A. , T. JØRGENSEN AND O. DRAGESUND, 1987. Life history and ecology of the gadoid resources of the Barents Sea. Fish. Res., 5:119-161
- BERMAN, M. S. AND D.R. HEINE, 1980. Modification of the feeding behavior of marine copepods by sub-lethal concentrations of water-accommodated fuel oil. Mar. Biol., 56:59-64
- BJØRKE, H. B. ELLERTSEN, K. HANSEN OG K. BAKKEPLASS, 1989. Yngelundersøkelser i juli-august i 1988 og 1989 utenfor norskekysten. HELP (Havforskningsinstituttets Egg- og Larveprogram)., 28:1-79
- BJØRKE, H. B. ELLERTSEN, P. FOSSUM OG R. SÆTRE, 1990. Sildeklarveundersøkelsene 1988. HELP (Havforskningsinstituttets Egg- og Larveprogram), 32:1-12
- BJØRKE, H. K. BAKKEPLASS OG K. HANSEN, 1988. Forekomsten av fiskeegg fra Stad til Gimsøy i februar-april 1987. HELP (Havforskningsinstituttets Egg- og Larveprogram), 16:1-44
- BJØRKE, H. K. HANSEN OG S. SUNDBY, 1987a. Postlarveundersøkelser i 1986. HELP (Havforskningsinstituttets Egg- og Larveprogram), 3:1-18
- BJØRKE, H. K. HANSEN OG W. MELLE, 1987b. Sildeklekking og seiegyting på Møre 1986. HELP (Havforskningsinstituttets Egg- og Larveprogram)., 4:1-15
- BJØRKE, H. P. FOSSUM, K. NEDREAAS OG R. SÆTRE, 1987c. Yngelundersøkelser - 1985. HELP (Havforskningsinstituttets Egg- og Larveprogram), 12:1-74

- BOECK, A., 1871. Det norske Vaarsildfiske. Silden og sildefiskerierne. , Det Kgl. Departement for det Indre, Christiania,136s.
- BØHLE, B., 1986. Avoidance of petroleum hydrocarbons by the cod (*Gadus morhua*). FiskDir. Skr. Ser. HavUnders., 18:97-112
- CARLS, M. G., 1987. Effects of dietary and water-borne oil exposure on larval Pacific herring (*Clupea harengus pallasii*). Mar.Environ.Res., 22:253-270
- CORNER, E. D. S., R.P. HARRIS, C.C. KILVINGTON AND S.C.M. O'HARA, 1976. Petroleum compounds in the marine food web: short-term experiments on the fate of naphthalene in Calanus. J.mar.biol. Ass. U.K., 56:121-133
- COWLES. T.J., 1983. Effects of exposure to sublethal concentrations of crude oil on the copepod *Centropages hamatus*. Mar.Biol., 78:53-57
- COWLES, T. J. AND J.F. REMILLARD, 1983. Effects of exposure to sublethal concentrations of crude oil on the copepod *Centropages hamatus*. Mar.Biol., 78: 45 - 51
- CUSHING, D. H., 1982. Climate and Fisheries. Academic Press, London,373pp.
- DALE, T., 1987. Oil pollution and plankton dynamics. II. Abundance pattern of ciliates inside and outside enclosures and the responses of ciliates to oil during the 1980 spring bloom in Lindåspollene, Norway. Sarsia, 72:197-202
- DAVIES, J. M. , I.E. BAIRD, L.C. MASSIE, S.J. HAY AND A.P. WARD, 1980. Some effects of oil-derived hydrocarbons on a pelagic food web from observations in an enclosed ecosystem and a consideration of their implications for monitoring. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer., 179:201-211
- DEVOLD, F., 1959. Otto Pettersens teori om de skandinaviske sildeperioder sett i sammenheng med de senere års undersøkelser over den atlanto-skandinaviske sild. Naturen, 100:83-92
- DRAGESUND, O., 1970. Factors influencing year-class strength of Norwegian spring spawning herring. FiskDir. Skr. Ser. HavUnders., 15:381-450
- ELDRIDGE, M. B. AND T. ECHEVERRIA., 1978. Fate of C-benzene in eggs and larvae of Pacific herring. J. Fish.Res.Board Can., 35:861-865
- ELDRIDGE, M. B. , T. ECHEVERRIA AND J.A. WHIPPLE, 1977. Energetics of Pacific herring (*Clupea harengus pallasii*) embryos and larvae exposed to low concentrations of benzene, a monoaromatic component of crude oil. Trans. Am. Fish. Soc., 106: 452 - 461
- ELLERTSEN, B. E. MOKSNESS, P. SOLEMDAL, S. TILSETH, T. WESTGÅRD AND V. ØIESTAD, 1981. Growth and survival of three larval populations of cod (*Gadus morhua* L) in an enclosure. Experiments and a mathematical model. Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer, 178:45-57

- ELLERTSEN, B. P. FOSSUM, P. SOLEMDAL AND SUNDBY, S., 1987. The effect of biological and physical factors on the survival of Arcto-Norwegian cod and the influence on recruitment variability. In: Loeng, H. (ed.), "The effect of oceanographic conditions on distribution, and population dynamics of commercial fish stocks in the Barents Sea". , Proceedings of the third Soviet-Norwegian Symposium, May 26-28, 1986, Murmansk, pp. 101-126
- FALK-PETERSEN, I. B. AND S. LØNNING, 1984. Effects of hydrocarbons on eggs and larvae of marine organisms. State Univ. Ghent and Inst. Mar. Scient. Res., 2:197-216
- FALK-PETERSEN, I. B. , E. KJØRSVIK, S. LØNNING, A. M. NALEY AND L.K. SYDNES, 1985. Toxic effects of hydroxylated aromatic hydrocarbons on marine embryos. Sarsia, 70:11-16
- FEDERLE, T. W. , J.R. VESTAL, G.R. HATER AND M.C. MILLER, 1979. Effects of Prudhoe Bay Crude Oil on primary production and zooplankton in arctic tundra thaw ponds. Mar. Environ. Res., 2:3-19
- FØYN, L. AND B. SERIGSTAD, 1989. Fish stock vulnerability and ecological evaluations in light of recent research. Petropiscis symposium, Bergen, 23.-25. October 1989.,
- FØYN, L. S. SUNDBY OG R. SÆTRE, 1977. Fiskeressursene og deres miljø i farvannene utenfor Møre-Helgeland. Fisken Hav. Serie B, 6:1-72
- GAMBLE, J. C. , J.M. DAVIES, S.J. HAY AND F.K. DOW, 1987. Mesocosm experiments on the effects of produced water discharges from offshore oil platforms in the northern North Sea. Sarsia, 72:383-386
- GARROD, J., North Atlantic cod; Fisheries and management up to 1986. In: Gulland, J. A. (ed.), "Fish population dynamics". , John Wiley & Sons, New York.,
- GEARING, P. J. AND J.N. GEARING, 1982. Behaviour of no. 2 fuel oil in the water column of controlled ecosystems. Mar. Environ. Res., 6:115-132
- GJØSÆTER, H. AND LOENG, H, 1987. Growth of the Barents Sea capelin, *Mallotus villosus*, in relation to climate. Environ. Biol. Fishes, 20:293-300
- GODØ, O. R., 1983. Forskjeller i gytepopulasjonene av norsk-arktisk torsk på Mørekysten og i Lofoten. Fisken Hav., 1:29-35
- GODØ, O. R. . 1984. Migration, mingling and homing of North-East Arctic cod from two separated spawning grounds. In: Godø, O. R. and S. Tilseth (eds.), "Proc. Soviet-Norwegian symp. Reproduction and Recruitment of Arctic cod", Leningrad, 25-30 September. Institute of Marine Research, Bergen, pp. 289-303
- GORDON, D. C. JR. AND N.J. PROUSE, 1973. The effects of three oils on marine phytoplankton photosynthesis. Mar. Biol., 22:329-333
- GUNDLACH, E. R. , P.D. BOEHM, M. MARCHAND, R.M. ATLAS, D.M. WARD AND D.A. WOLFE, 1983. The fate of Amoco Cadiz Oil. Science, 221:122-129

- HAMRE, J., 1985. Assessment and management of Barents Sea capelin. In: Gjøsæter, H. (ed.), "The Barents Sea capelin". , The proceedings of the Soviet-Norwegian symposium. August 14-19, 1984, Bergen, pp. 5-24
- HAMRE, J. . 1988. Om fiskebestandenes betydning for økologien i norske kystfarvann nord for 62 Nord
. I: Marin kystøkologi, Trondheim, 9.-10. mars 1988. Direktoratet for naturforvaltning, Trondheim, pp. 27-41
- HARDY, J. S. KIESSER, L. ANTRIM, A. STUBIN, R. KOCAN AND J. STRAND, 1987. The sea-surface microlayer of Puget Sound: Part 1. Toxic effects on fish eggs and larvae. *Mar. Environ. Res.*, 23:227-249
- HELLSTRØM, T. AND K.B. DØVING, 1983. Perception of diesel oil by cod (*Gadus morhua* L.). *Aquatic Toxicology*, 4:303-315
- HJORT, J., 1903. Aarsberetning vedkommende Norges Fiskerier. 1:29-35
- HJORT, J., 1914. Vekslingerne i de store Fiskerier. Aschehoug & Co., Kristiania, 267s.
- HODSON, R. E. , F. AZAM AND R.F. LEE, 1977. Effects of four oils on marine bacterial populations: controlled ecosystem pollution experiment. *Bull.mar.Sci.*, 27: 119-126
- IGNATIADES, L. AND N. MIMICOS, 1977. Ecological responses of phytoplankton on chronic oil pollution. *Environ. Pollut.*, 13:109-118
- JØRGENSEN, T., 1989. Ecology of the gadoids in the Barents Sea with special reference to long-term changes in growth and age at maturity of Northeast Arctic Cod. Dr.Scient. Thesis , Department of Fisheries Biology, Univ. of Bergen, Bergen, 149pp.
- KAARTVEDT, S., 1985. Fiskeegg og larver på Møre I og Troms II og muligheter for sammenfallende fordeling ved eventuelle oljeforurensninger. Havforskningsinstituttet, Rapport, BKO 8501,1-46
- KAIM-MALKA, A. S. S. JACOB, G. BELLAN AND G. STORA, 1984. Influence of environmental pollutants on links of a food chain: Ecotoxicological tests on *Idotea balthica basteri* (Crustacea, Isopoda) and *Scorpaena notata* (Pisces : Scorpaenidae). *Ecotoxicological testing for the marine environment*, 2:85-97
- KJESBU, O. S., 1989. The spawning activity of cod, *Gadus morhua* L. *J. Fish Biol.*, 34:195-206
- KJØRSVIK, E., 1986. Morphological and ultrastructural effects of xylenes upon the embryonic development of the cod (*Gadus morhua* L.). *Sarsia*, 71:65-71

- KOCAN, R. M. , H. VON WESTERNHAGEN, M.L. LANDOLT AND G. FÜRSTENBERG., 1987. Toxicity of sea-surface microlayer: effects of hexane extract on Baltic herring (*Clupea harengus*) and Atlantic cod (*Gadus morhua*) embryos. *Mar. Environ. Res.*, 23: 291-305
- LAAKE, M. K. TJESSEM AND K. REIN, 1984. Fate of tritiated Ekofisk Crude Oil in a controlled ecosystem experiment with North Sea plankton. *Environ. Sci. Technol.*, 18:641-647
- LAMB, H. H., 1977. Climatic: History and the future. In: Lamb, H. H. "Climate present, past and future". , Methuen & Co., London, 835 pp.
- LAW, R. J. , M. MARCHAND, G. DAHLMANN AND T.W. FILEMAN, 1987. Results of two bilateral comparisons of the determination of hydrocarbon concentrations in coastal seawater by fluorescence spectroscopy. *Mar. Pollut. Bull.*, 18:486-489
- LEA, E., 1949. "Silda". *Norges Dyreliv*, 3:120-146
- LEE, R. F. AND M. TAKAHASHI, 1977. The fate and effect of petroleum in controlled ecosystem enclosures. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer*, 171:150-156
- LINDÉN, O., 1978. Biological effects of oil on early development of the Baltic herring *Clupea harengus membras*. *Mar. Biol.*, 45:273-283
- LJØEN, R., 1981. Seasonal variations in inflow of different water masses to the Skagerrak. In: Sætre, R. and M. Mork (eds.), "The Norwegian Coastal Current". , University of Bergen, Bergen, 1:357-369
- LOENG, H. . 1989. Ecological features of the Barents Sea. In: Rey, L. and V. Alexander (eds.), "Proceedings of the sixth conference of the comité arctique international, 13-15 May 1985", Fairbanks, Alaska, 13-15 May 1985. Brill, E.J., Leiden, pp. 327-365
- MCKIM, J. M., 1977. Evaluation of tests with early life stages of fish for predicting long-term toxicity. *J. Fish. Res. Board Can.*, 34:1148-1154
- MEHL, S., 1989. The Northeast Arctic cod stocks' consumption of commercially exploited prey species in 1984-1986. *Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer*, 188:185-205
- MEHL, S. AND K. SUNNANÅ, 1990. Changes in growth of Northeast Arctic cod related to food consumption in 1984-1988. *Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer*, (in press).
- MENZEL, D. W., 1977. Summary of experimental results: Controlled ecosystem pollution experiment. *Bull. mar. Sci.*, 27:142-145
- MOKSNESS, E. AND V. ØIESTAD, 1987. Interaction of Norwegian spring spawning herring larvae (*Clupea harengus*) and Barents Sea capelin larvae (*Mallotus villosus*) in a mesocosm study. *J. Cons. int. Explor. Mer*, 44:32-42

- NAKKEN, O., 1988. Fangsthistorikk. Fiskets Gang, 6/7:14-15
- NEDREAAS, K. H. SENNESET OG O.M. SMEDSTAD, 1989. Kartlegging av 0-gruppe fisk utanfor norskekysten i april-mai 1989. HELP (Havforskningsinstituttets Egg- og Larveprogram), 27:1-11
- OTT, F. S. , R.P. HARRIS AND S.C.M. O'HARA, 1978. Acute and sublethal toxicity of naphthalene and three methylated derivatives to the estuarine copepod, *Eurytemora affinis*. Mar.Environ. Res., 1:49-58
- OTTESTAD, P., 1942. On periodical variations in the yield of the great sea fisheries and the possibility of establishing yield prognoses. FiskDir. Skr. Ser. HavUnders., 7(5):1-11
- PARSONS, T. R. , W.K.W. LI AND R. WATERS, 1976. Some preliminary observations on the enhancement of phytoplankton growth by low levels of mineral hydrocarbons. Hydrobiologia, 51:85-89
- PILSON, M. E. Q., 1990. Application of mesocosms for solving problems in pollution research. In: Parsons, T. (ed.), "Application of mesocosms". ,(in press).
- REEVE, M. R. , M.A. WALTER, K.DARCY AND T. IKEDA, 1977. Evaluation of potential indicators of sub-lethal toxic stress on marine zooplankton (Feeding, fecundity, respiration, and excretion): Controlled ecosystem pollution experiment. Bull.mar.Sci., 27:105-113
- REY, F. H. R. SKJOLDAL AND D. SLAGSTAD . 1987. Primary production in relation to climatic changes in the Barents Sea. In: Loeng, H. (ed.), "Proceedings of the third Soviet-Norwegian Symposium", Murmansk, 26-28 May. Institute of Marine Research, Bergen, 29-45
- ROLLEFSEN, G. . 1948. Vekslingene i torskefisket og sildefisket. I: "Vekslingene i de norske fiskerier og deres årsaker", Bergen, 20.-21. mai 1948. A.S. John Griegs Boktrykkeri, Bergen, pp. 3-10
- ROSENTHAL, H. AND D.F. ALDERDICE, 1976. Sublethal effects of environmental stressors, natural and pollutional, on marine fish eggs and larvae. J. Fish. Res. Board Can., 33:2047-2065
- RUDDIMAN, W. F. AND A. MCINTYRE, 1981. The North Atlantic Ocean during the last deglaciation. Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeocol., 35:145-214
- RØTTINGEN, I. . 1990. The 1983 year class of Norwegian spring spawning herring as juveniles and recruit spawners. In: IV USSR-Norwegian symposium on "Biology of Fisheries of the Norwegian spring spawning herring and blue whiting in the Northeast Atlantic", Bergen, June 1989. pp. 1-18 (in press).
- SERIGSTAD, B., 1986. The effect of oil exposure on the oxygen uptake of eggs and larvae of cod (*Gadus morhua* L.). Final report,203-251

- SERIGSTAD, B., 1987a. Effects of oil exposure on the oxygen uptake of cod (*Gadus morhua* L.) eggs and larvae. *Sarsia*, 72:401-403
- SERIGSTAD, B., 1987b. Oxygen uptake of developing fish eggs and larvae. *Sarsia*, 72: 369-371
- SERIGSTAD, B. OG T. ELLINGSEN., 1989. Eksperimentelle undersøkelser av oljens virkning på fisk. Rapport AKUP prosjekt 3.4.,1-53
- SHARP, J. R. , K.W. FUCIK AND J.M. NEFF, 1979. Physiological basis of differential sensitivity of fish embryonic stages to oil pollution. In: Vernberg et al. (eds.), *Marine Pollution:Functional Responses. , Scientific Applications, Inc., Colorado*, pp. 85-108
- SINCLAIR, M. AND T.D. ILES, 1988. Population richness of marine fish species. *Aquat. Living Resour.*, 1:71-83
- SKJOLDAL, H. R. AND F. REY, 1989. Pelagic production and variability of the Barents Sea ecosystem. In: Sherman, K. and Alexander, M. (eds.), "Biomass yields and geography of large marine ecosystems". , American Association for the Advancement of Science, 9:241-286
- SKJOLDAL, H. R. , H. GJØSÆTER, A. HASSEL, S. MEHL AND H. LOENG, 1990. Fluctuation in the Barents Sea ecosystem in the 1980's: Role of climatic variability and biological interactions. (in prep. for *Pro Mare*),
- SKJOLDAL, H. R. , T.DALE, H. HALDORSEN, B. PENDERUD, T.F. THINGSTAD, K. TJESSEM AND A. AABERG, 1982. Oil pollution and plankton dynamics 1. Controlled ecosystem experiment during the 1980 spring bloom in Lindåspollene, Norway. *Neth. J. Sea Res.*, 16:511-523
- SMEDSTAD, O. M. AND V. ØIESTAD, 1974. Preliminary report of investigations of cod-eggs and larvae in the Lofoten area in the years 1968-1972. *Int. Coun. Explor. Sea. Coop. Res. Rep.*, F(37):1-18
- SOLBAKKEN, J. E. , S. TILSETH AND K.H. PALMORK, 1984. Uptake and elimination of aromatic hydrocarbons and a chlorinated biphenyl in eggs and larvae of cod *Gadus morhua*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 16:297-301
- SOLEMDAL, P., 1987. Gytefelt og gyteperiode hos norsk-arktisk hyse. HELP (Havforskningsinstituttets Egg- og Larveprogram), 10:1-21
- SOLEMDAL, P., 1989. Torskelarveprosjektene 1975-1988. Havforskningsinstituttet, Rapport; 1989; BKO 8903,1-108
- SOLEMDAL, P. T. KNUTSEN AND H. BJØRKE, 1989. Spawning areas and spawning period of the Arcto-Norwegian haddock (*Melanogrammus aeglefinus* L.). HELP (Havforskningsinstituttets Egg- og Larveprogram, 1989., 25:1-40

- SUNDBY, S., 1983. A one dimensional model for the vertical distribution of pelagic fish eggs in mixed layers. *Deep Sea Res.*, 30:645-661
- SUNDBY, S. OG P. BRATLAND, 1987. Kartlegging av gytefeltene for norsk-arktisk torsk i Nord-Norge og beregning av eggproduksjon i årene 1983-1985. *Fisken Hav.*, 1: 1 - 58
- SÆTERSDAL, G. AND A. HYLEN, 1964. The decline of the skrei fisheries. *FiskDir.Skr.Ser.HavUnders.*, 13(7):56-69
- SÆTERSDAL, G. AND H. LOENG, 1987. Ecological adaptation of reproduction in Northeast Arctic cod. *Fish. Res.*, 5:253-270
- SÆTRE, R., 1983. Strømforholdene i øvre vannlag utenfor Norge. Havforskningsinstituttet Rapport (FO 8306),1-34
- SÆTRE, R. OG H. BJØRKE, 1988. Oljevirkosomhet på Møre. Konsekvenser for fiskeressursene. HELP (Havforskningsinstituttets Egg- og Larveprogram), 19: 1 - 25
- TILSETH, S. T. S. SOLBERG & K. WESTRHEIM, 1984. Sublethal effects of the water-soluble fraction of Ekofisk Crude Oil on the early larval stages of cod (*Gadus morhua* L.). *Mar. Environ. Res.*, 11:1-16
- VADER, W. R. T. BARRETT, K.E. ERIKSTAD AND K.B. STRANN, 1990. Differential responses of common and thick-billed murre *Uria* spp. to a crash in the capelin stock in the southern Barents Sea. *Studies in Avian Biology*, (in press).
- VADER, W. T. ANKER-NILSSEN, V. BAKKEN, R. BARRET AND K.B. STRANN, 1989. Regional and temporal differences in breeding success and population development of fish-eating seabirds in Norway after collapses of herring and capelin stocks. Tromsø Museum, Univ. i Tromsø, 8pp. (mimeo).
- VARGO, G. A. , M. HUTCHINS AND G. ALMQUIST, 1982. The effect of low, chronic levels of no. 2 fuel oil on natural phytoplankton assemblages in microcosms: 1. Species composition and seasonal succession. *Mar. Environ. Res.*, 6:245-264
- WAKEHAM, S. G. , E.A. CANUEL AND P.H. DOERING, 1986. Behaviour of aliphatic hydrocarbons in coastal seawater: Mesocosm experiments with (14C)octadecane and (14C)decane. *Environ. Sci. Technol.*, 20:574-580
- WESTERNHAGEN, H. VON , M. LANDOLT, R. KOCAN, G. FÜRSTENBERG, D. JANSSEN AND K. KREMLING., 1987. Toxicity of sea-surface microlayer: effects on herring and turbot embryos. *Mar. Environ. Res.*, 23:273-290
- WIIG, Ø., 1988a. Grønlandssel og selinvasjon. *Naturen*, 2:35-41
- WIIG, Ø., 1988b. Selenes næringsopptak og konsum. *Fiskets Gang*, 6/7:12-13
- ØIESTAD, V. AND E. MOKSNESS, 1981. Study of growth and survival of herring larvae (*Glupea harengus* L.) using plastic bag and concrete enclosure methods combined. *Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer*, 178:144-149

APPENDIKS

FIG.A.1.	SCENARIO 1: ØYEBLIKKELIG OLJEFORDELING HVER 5.DAG.....	58
FIG.A.2.	SCENARIO 2: ØYEBLIKKELIG OLJEFORDELING HVER 5.DAG.....	59
FIG.A.3.	SCENARIO 3: ØYEBLIKKELIG OLJEFORDELING HVER 5.DAG.....	60
FIG.A.4.	VINDDATA FOR SCENARIO 1 OG 3.....	61
TABELL A.1.	SCENARIO 1: MASSEBALANSE AV OLJE.....	62
FIG.A.5.	SCENARIO 1: MASSEBALANSE AV OLJE OVER 20 DAGER.....	62
TABELL A.2.	SCENARIO 3: MASSEBALANSE AV OLJE.....	63
FIG.A.6.	SCENARIO 3: MASSEBALANSE AV OLJE OVER 20 DAGER.....	63
FIG.A.7.	BIOMASSE AV LODDE I BARENTSHAVET FRA 1973-88.....	64
FIG.A.8.	SILDELARVER I VEKST PÅ HELGELANDSKYSTEN I MAI.....	65
FIG.A.9.	SEIYNGEL PÅ HELGELANDSKYSTEN I MAI.....	66

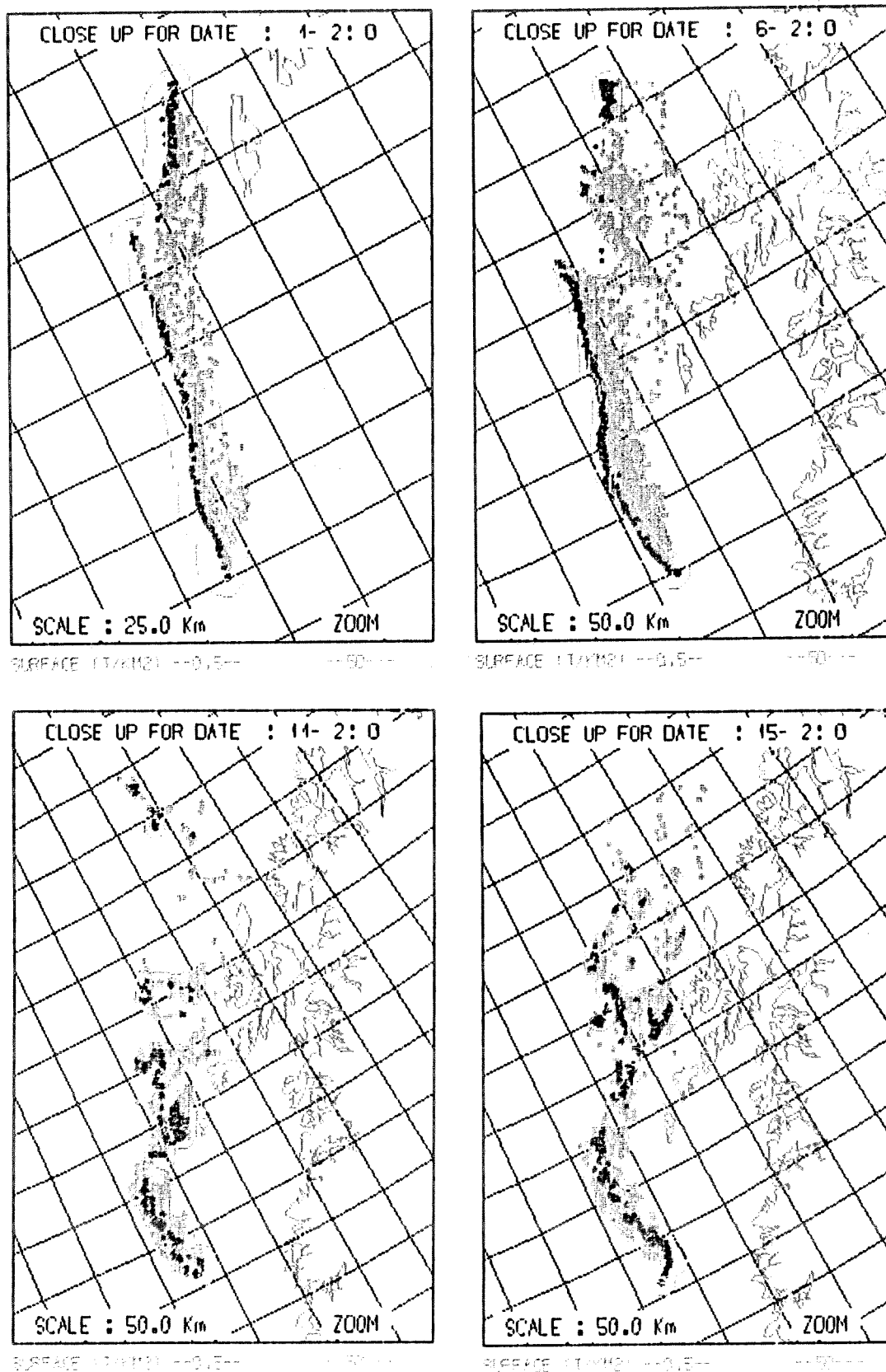


FIG. A.1. Scenario 1; utbredelse og fordeling av olje etter 5, 10, 15 og 19 døgn med vind som vist i FIG. A.4. Kontinuerlig utslipp skjer av 4800 tonn råolje pr. døgn med tetthet 850 kg/m³. Blå partikler angir nedblandet olje, lysebrune partikler angir overflateolje, og mørkebrune partikler angir emulsjon. Konsentrasjonslinjer for 0,5, 5 og 50 tonn pr. km² er inntegnet.

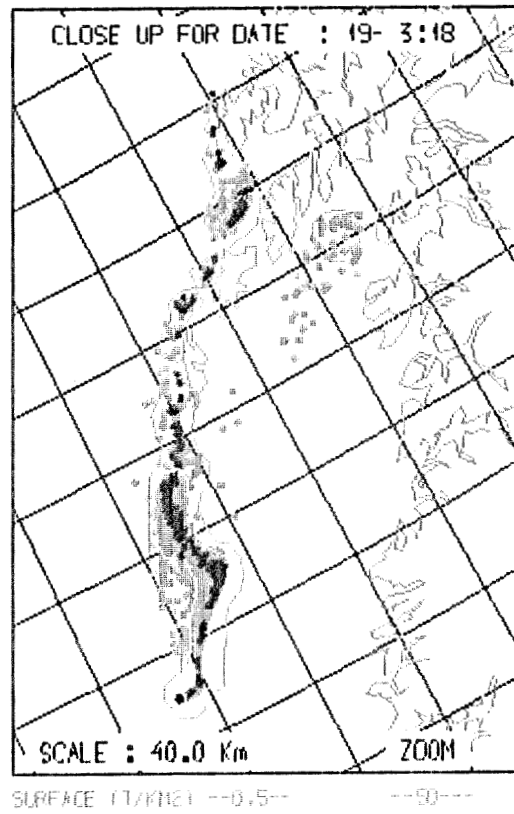
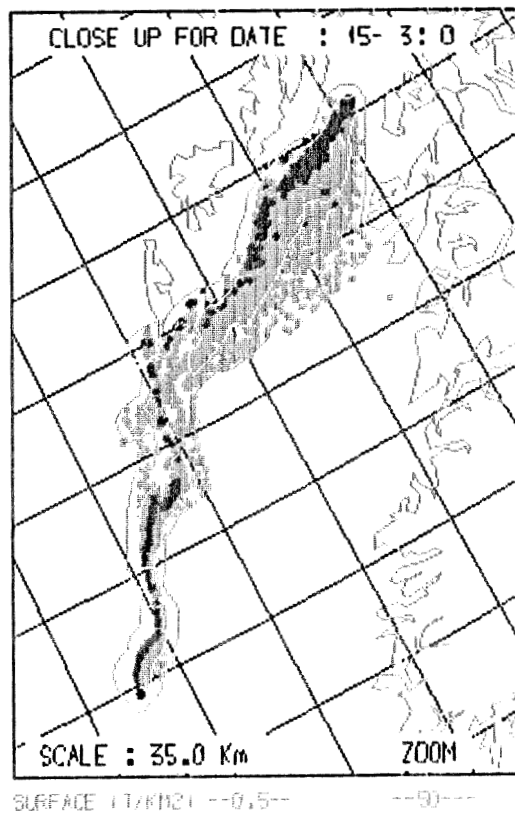
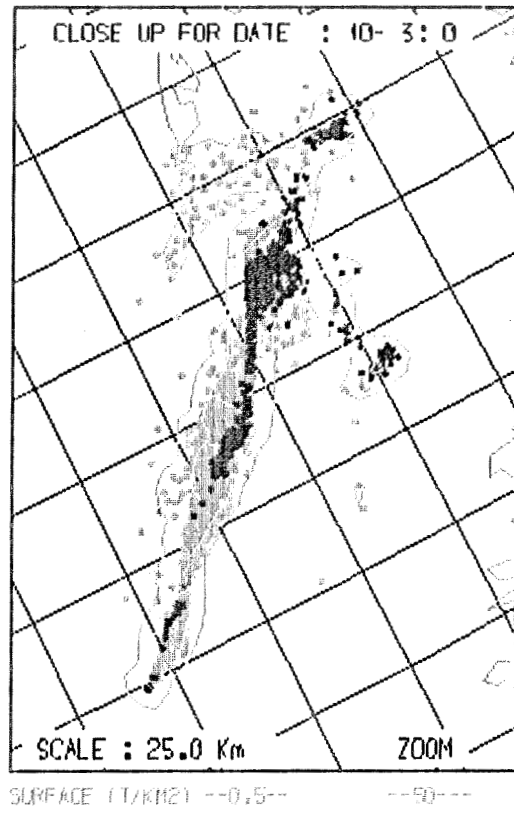
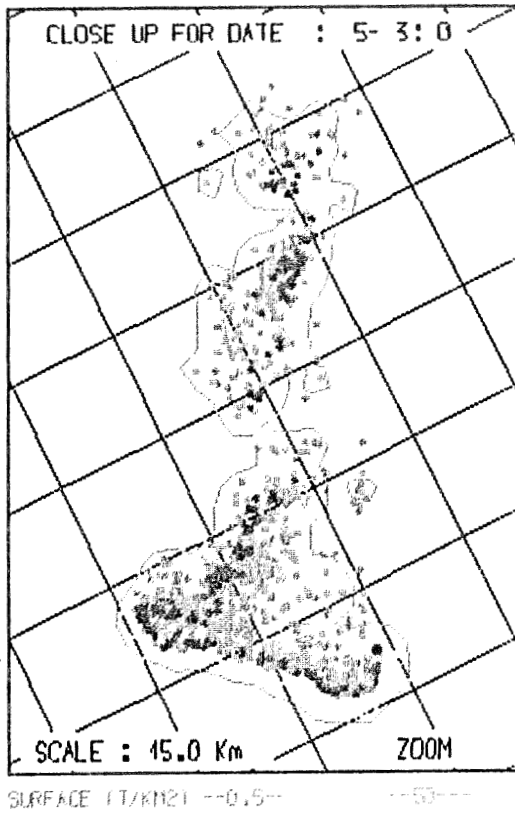


FIG. A.2. Scenario 2; utbredelse og fordeling av olje etter 5, 10, 15 og 19 døgn. Vinddata er angitt for de aktuelle dagene i Fig. 10. Kvantum og fargekoder som for FIG. A.1.

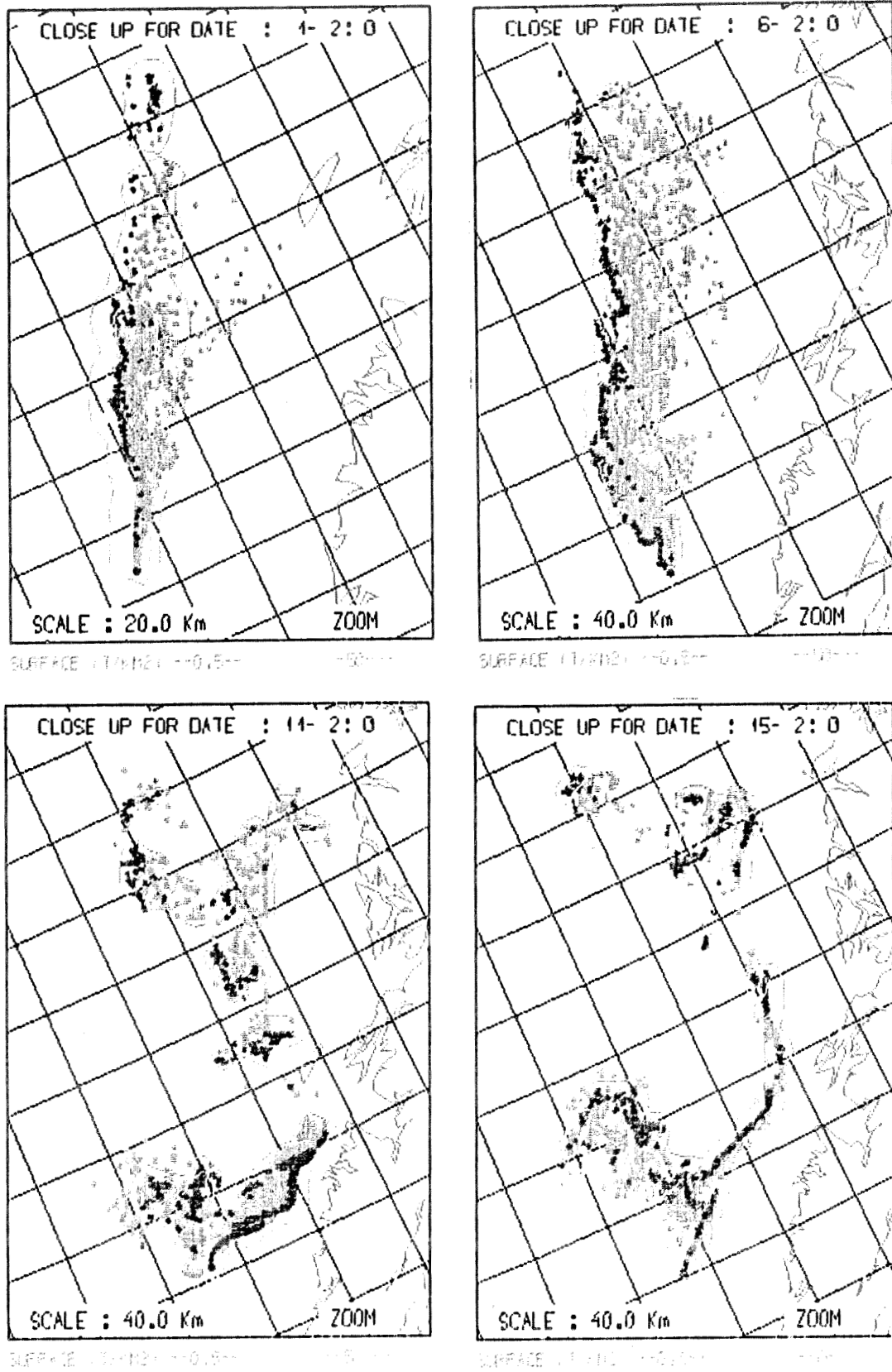


FIG. A.3. Scenario 3; utbredelse og fordeling av olje etter 5, 10, 15 og 19 døgn med vind som vist i FIG. A.4. Kvantum og fargekoder som for FIG. A.1.

VINDDATA OLJEDRIFTBEREGNINGER

PERIOD : 27 January 1977 - 15 February 1977

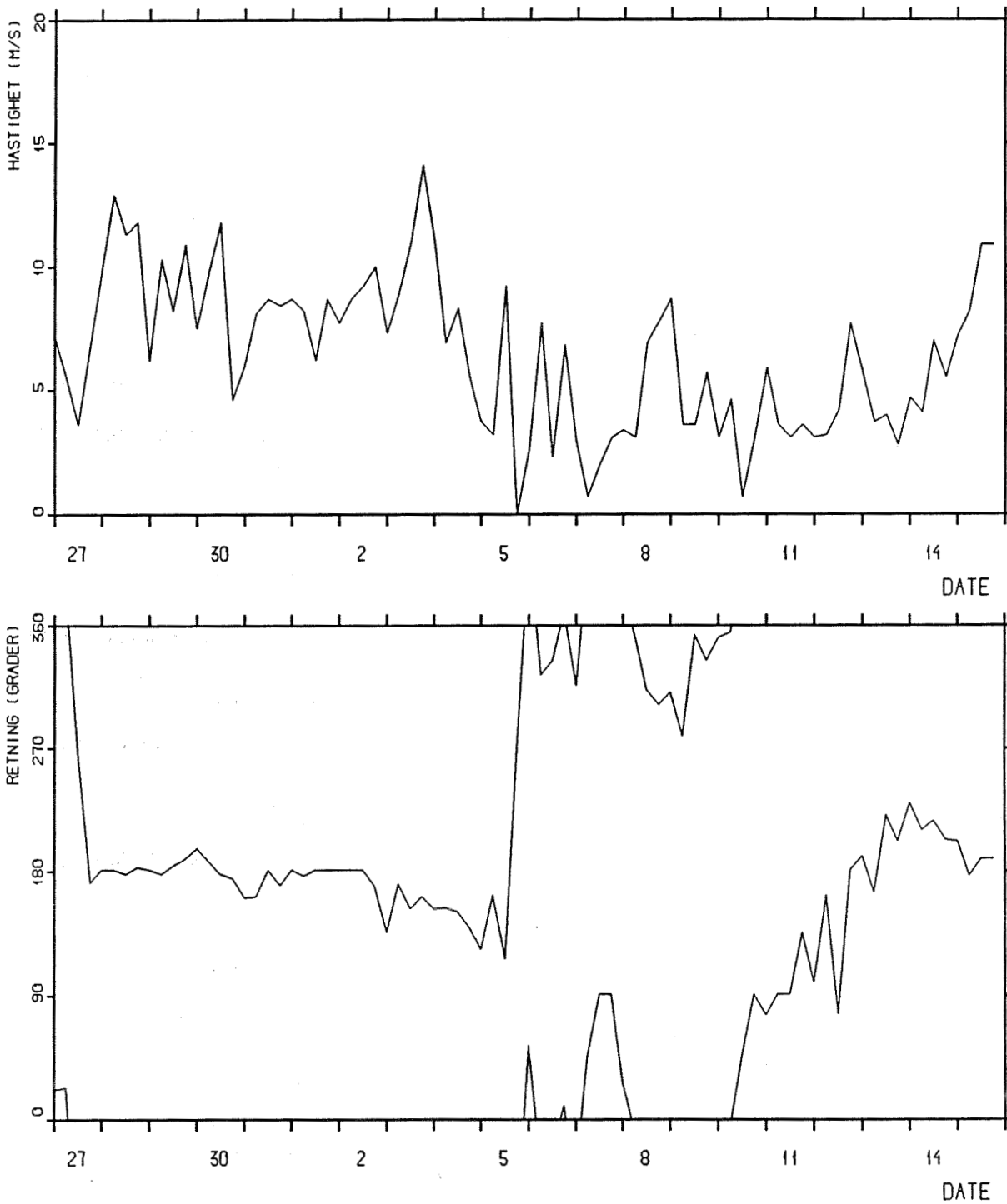


FIG. A.4. Vinddata for oljedriftsberegningene i første og tredje scenario.

	UTSLIPP	OVERFLATE	NEDBLANDET	FORDAMPET	STRANDET	DISSIPERT
+ 1	4800	3267	413	1120	-	-
+ 2	9600	4133	2827	2640	-	-
+ 3	14400	5987	4413	4000	-	-
+ 4	19200	10267	3587	5346	-	-
+ 5	24000	11467	5693	6840	-	-
+ 6	28800	14200	6227	8373	-	-
+ 7	33600	14880	8640	10080	-	-
+ 8	38400	13120	13667	11613	-	-
+ 9	43200	21520	8560	13120	-	-
+10	48000	26907	6667	14421	-	-
+11	52800	27147	9667	15973	13	-
+12	57600	34560	5800	17227	13	-
+13	62400	31800	11720	18840	40	-
+14	67200	36293	10093	20561	253	-
+15	72000	42093	7680	21920	307	-
+16	76800	44427	8000	23760	307	306
+17	81600	41720	12573	25680	373	1254
+18	86400	48907	8533	27080	560	1320
+19	91200	48800	11640	28787	587	1386

TABELL A.1. Scenario 1; massebalanse for olje 1-19 døgn etter at utslippet startet med kontinuerlig utslipp av 4800 tonn råolje pr. døgn med tetthet 850 kg/m³.

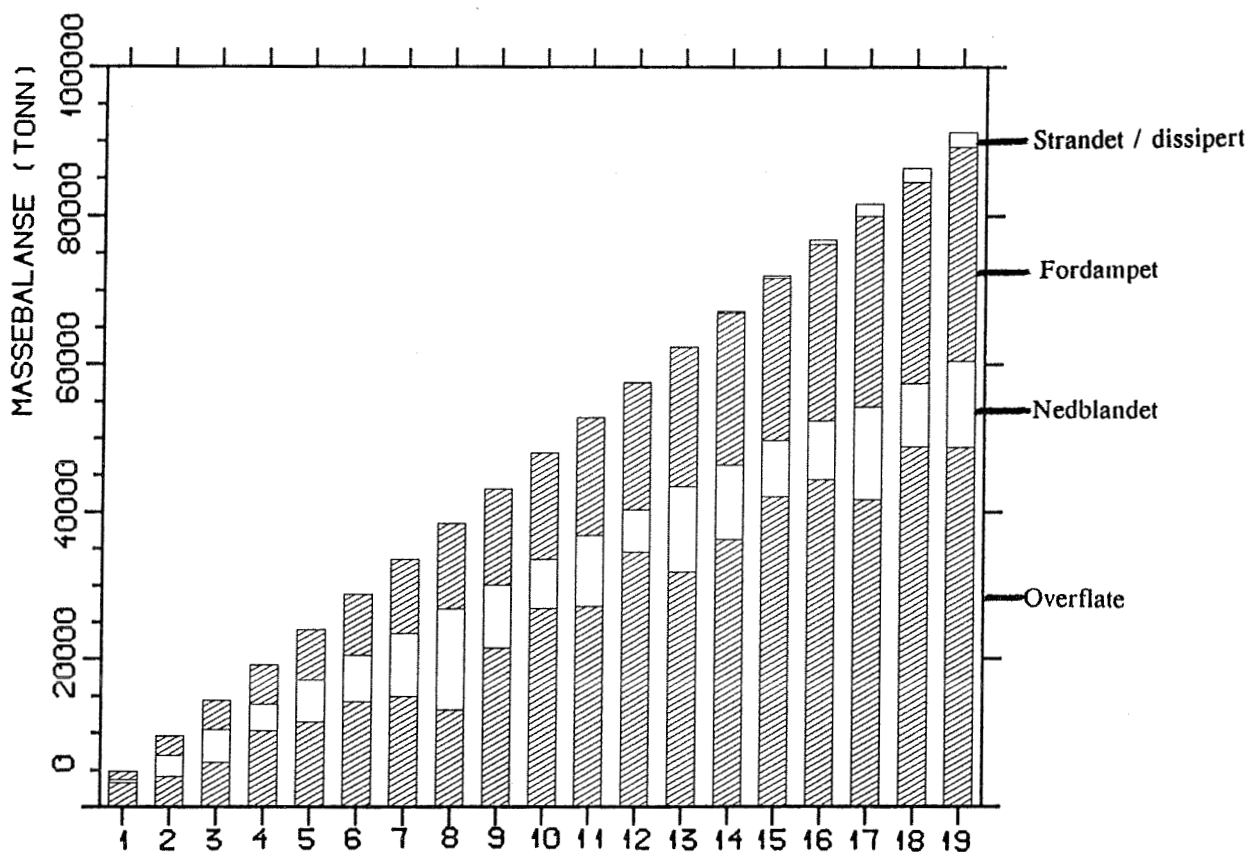


FIG. A.5. Scenario 1; grafisk framstilling av massebalanse i TABELL A.1. Strandet og dissipert olje er slått sammen.

	UTSLIPP	OVERFLATE	NEDBLANDET	FORDAMPET	STRANDET	DISSIPERT
+ 1	4800	3293	347	1160	-	-
+ 2	9600	4053	3040	2507	-	-
+ 3	14400	6080	4280	4040	-	-
+ 4	19200	9893	3880	5427	-	-
+ 5	24000	11186	5867	6947	-	-
+ 6	28800	13507	6813	8480	-	-
+ 7	33600	14614	8853	10133	-	-
+ 8	38400	12520	14053	11827	-	-
+ 9	43200	21133	8480	13013	520	54
+10	48000	26067	6867	14427	533	106
+11	52800	26880	9227	16040	547	106
+12	57600	33640	5987	17320	547	106
+13	62400	30613	12187	18920	573	107
+14	67200	35307	10440	20640	680	133
+15	72000	40560	7947	21973	1387	133
+16	76800	42333	8653	23920	1733	161
+17	81600	39413	14053	25547	2320	267
+18	86400	47213	8787	27400	2347	653
+19	91200	44240	12653	29333	4067	907

TABELL A.2. Scenario 3; massebalanse for olje 1-19 døgn etter at utslipp startet med et kontinuerlig utslipp av 4800 tonn råolje pr. døgn med en tetthet av 850 kg/m³.

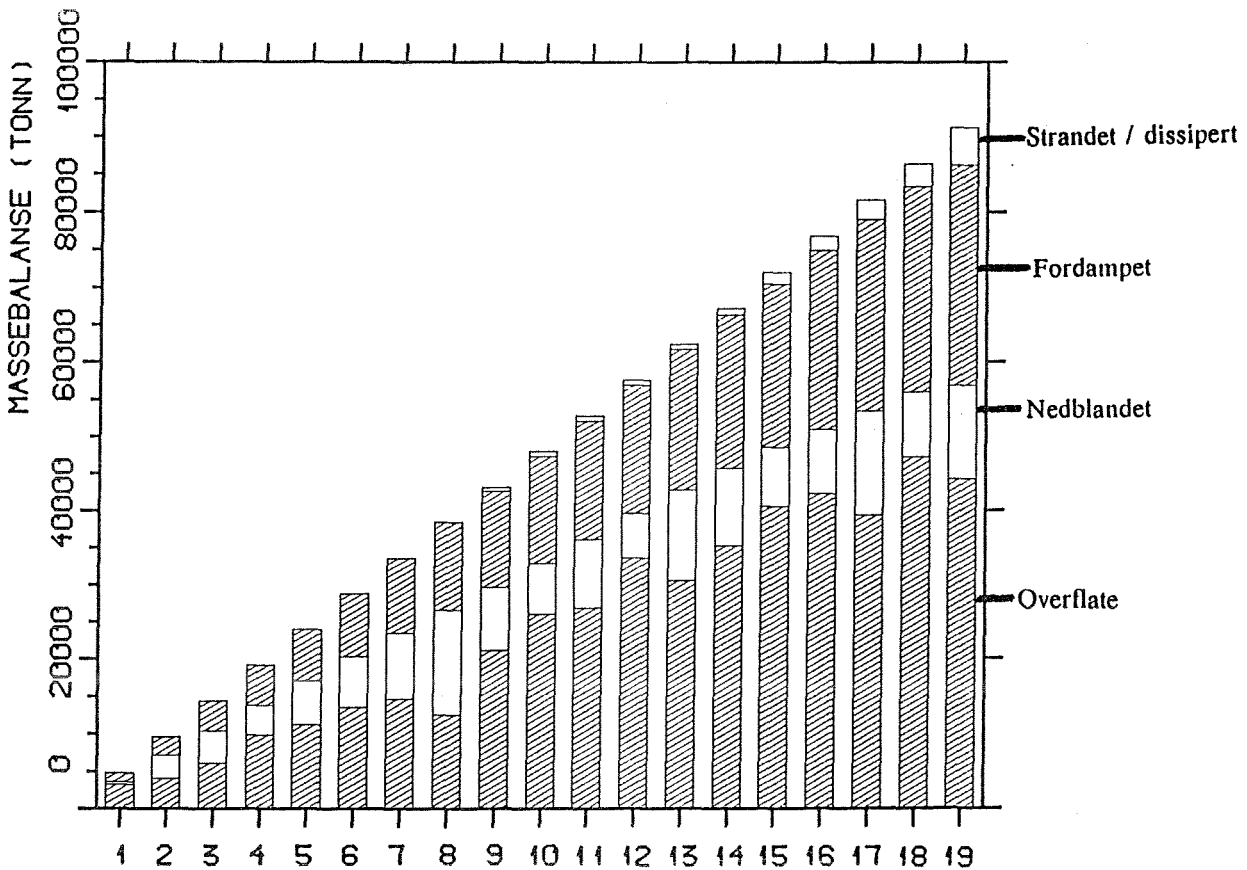


FIG. A.6. Scenario 3; grafisk framstilling av massebalanse i TABELL A.2. Strandet og dissipert olje er slått sammen.

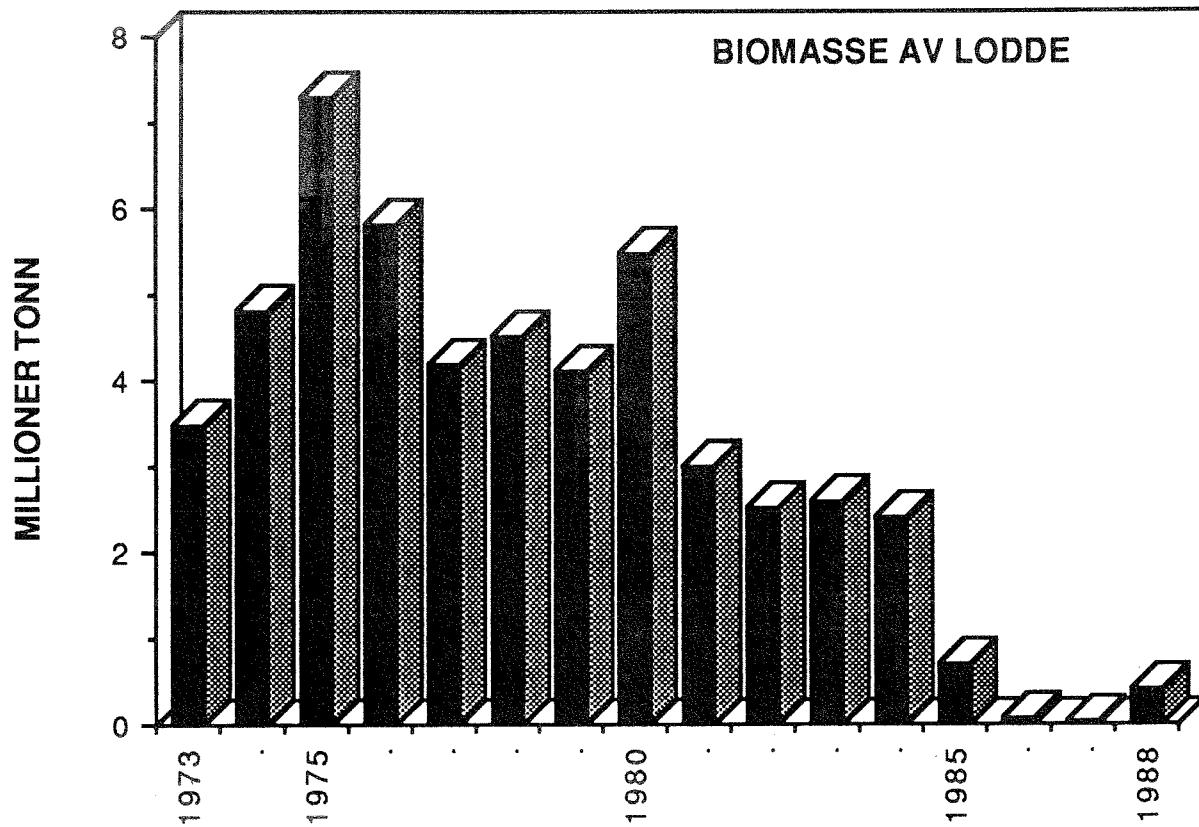


FIG. A.7. Årlig beregnet stående biomasse av lodde i Barentshavet fra 1973-1988; bare fisk på 2 år og eldre er medregnet.

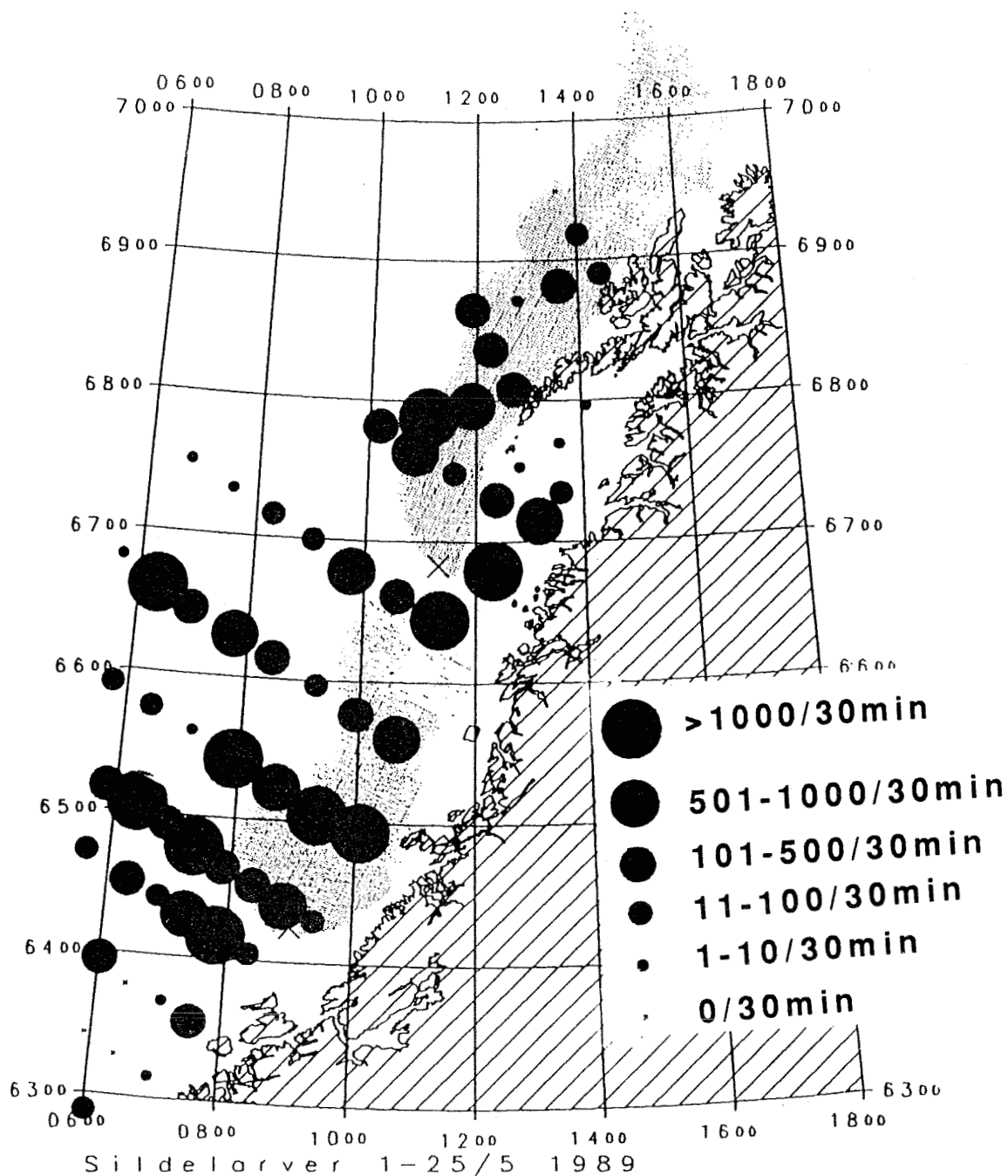


FIG. A.8. Fordelingen av sildelarver i vekst utenfor Nordland i mai 1989 og med oljeflakene fra første og tredje scenario markert 20 dager etter utblåsningsstart (Nedreaas et al. 1989). Ny skala er angitt for symbolene.

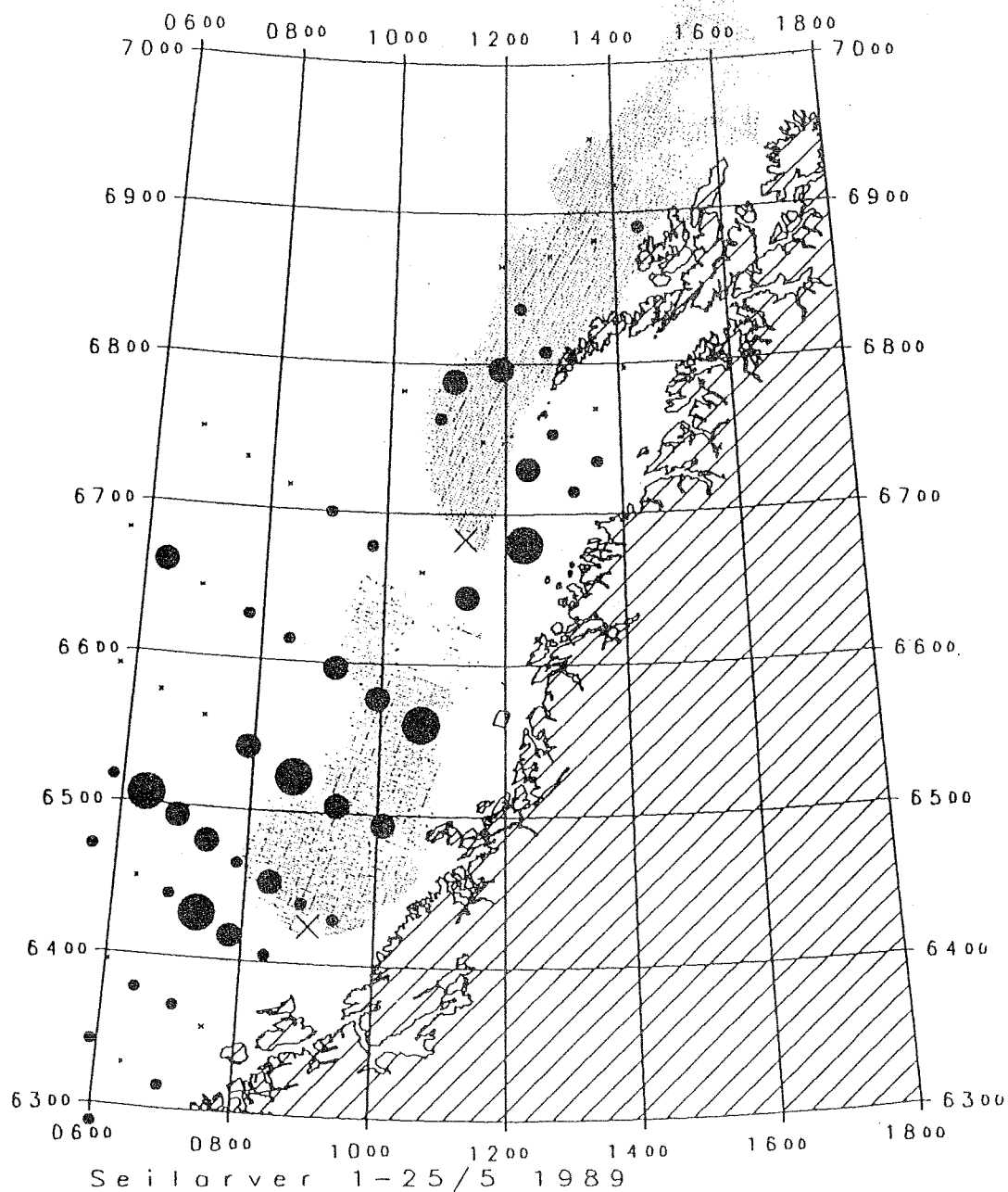


FIG. A.9. Fordelingen av seiyngel utenfor Nordland i mai 1989 og med oljeflakene fra første og tredje scenario markert 20 dager etter utblåsningsstart (Nedreaas et al. 1989). Skala som for FIG. A.8.

Oversikt over tidligere utkomne rapporter.

1987

- Nr. 1 P. Solemdal og P. Bratland: Klekkeforløp for lodde i Varangerfjorden 1986.
- Nr. 2 T. Haug og S. Sundby: Kveitelarver og miljø. Undersøkelser på gytefeltene ved Sørøya.
- Nr. 3 H. Bjørke, K. Hansen og S. Sundby: Postlarveundersøkelser i 1986.
- Nr. 4 H. Bjørke, K. Hansen og W. Melle: Sildeklekking og seigtyting på Møre 1986.
- Nr. 5 H. Bjørke and S. Sundby: Abundance indices for the Arcto-Norwegian cod in 1979-1986 based on larvae investigations.
- Nr. 6 P. Fossum: Sult under larvestadiet - en viktig rekrutteringsmekanisme?
- Nr. 7 P. Fossum og S. Tuene: Loddelarveundersøkelsene 1987.
- Nr. 8 P. Fossum, H. Bjørke and R. Sætre: Studies on herring larvae off western Norway in 1986.
- Nr. 9 K. Nedreaas and O.M. Smestad: 0-group saithe and herring off the Norwegian coast in 1986 and 1987.
- Nr. 10 P. Solemdal: Gytefelt og gyteperiode hos norsk-arktisk hyse.
- Nr. 11 B. Ellertsen: Kopepodnauplier på Møre våren 1986 - nærings-tilbudet til sildelarver.
- Nr. 12 H. Bjørke, P. Fossum, K. Nedreaas og R. Sætre: Yngelundersøkelser - 1985.
- Nr. 13 Faglig profil og aktivitetene i 1986-87.

1988

- Nr. 14 H. Bjørke, K. Hansen, M. Johannessen og S. Sundby: Postlarveundersøkelser - juni/juli 1987.
- Nr. 15 H. Bjørke: Sildeklekking på Møre i 1986-87.
- Nr. 16 H. Bjørke, K. Bakkeplass og K. Hansen: Forekomster av fiskeegg fra Stad til Gimsøy i februar-april 1987.
- Nr. 17 T. Westgård: A model of the vertical distribution of pelagic fish eggs.
A computer realization.
- Nr. 18 T. Westgård, A. Christiansen og T. Knudsen: Forskerkart. EDB-presentasjon av marine data.
- Nr. 19 R. Sætre og H. Bjørke: Oljevirkosomhet på Møre. Konsekvenser for fiskeressursene.

Denne rapportserien har begrenset distribusjon. Opplysninger om programmet og rapportene kan rettes til

Programledelsen for HELP
Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt
Postboks 1870
5024 Bergen

Nr. 20 S. Mehl, K. Nedreaas, O.M. Smedstad and T. Westgård: O-group saithe and herring off the Norwegian coast in April-May 1988.

Nr. 21 P. Fossum: Loddelarveundersøkelsene 1988.

Nr. 22 R. Sætre, H. Bjørke and P. Fossum: Studies on herring larvae off western Norway in 1987.

1989

Nr. 23 Aktivitetene i 1988

Nr. 24 S. Olsen and A. Vold Soldal: Coastal concentrations of O-group NE-Arctic cod.

Nr. 25 P. Solemdal, T. Knutsen and H. Bjørke: Spawning areas and spawning period of the North-East Arctic haddock (Melanogrammus aeglefinus L.).

Nr. 26 P. Fossum og K.G. Bakkeplass: Loddelarveundersøkelsene 1989.

Nr. 27 K. Nedreaas, H. Senneset og O.M. Smedstad: Kartlegging av O-gruppe fisk utanfor norskekysten i april-mai 1989.

Nr. 28 H. Bjørke, B. Ellertsen, K. Hansen og K. Bakkeplass: Yngelundersøkelser i juli-august i 1988 og 1989 utenfor Norskekysten.

Nr. 29 S. Sundby and P. Fossum: Feeding conditions of Arcto-norwegian cod larvae compared to the Rotschild-Osborn theory on small-scale turbulence and plankton contact rates.

1990

Nr. 30 Aktivitetene i 1989

Nr. 31 P. Fossum: The condition of the herring larvae off Western Norway in the period 1985-87.

Nr. 32 H. Bjørke, B. Ellertsen, P. Fossum og R. Sætre: Sildelarveundersøkelsene i 1988.