

ØKOLOGISKE UNDERSØKELSER NÆR ISKANTEN I BARENTSHAVET SOMRENE 1979
OG 1980 [Ecological investigations in the marginal ice zone
in the Barents Sea the summers 1979 and 1980]

AV

BJØRNAR ELLERTSEN, ARNE HASSEL, HARALD LOENG,
FRANCISCO REY, SIGURD TJELMELAND
Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt
BERGEN

og

DAG SLAGSTAD
Institutt for reguleringsteknikk
Stiftelsen for Industriell og Teknisk Forskning
TRONDHEIM

ABSTRACT

ELLERTSEN, B., HASSEL, A., LOENG, H., REY, F., TJELMELAND, S. og
SLAGSTAD, D. 1982. Økologiske undersøkelser nær iskanten i
Barentshavet somrene 1979 og 1980. [Ecological investigations in
the marginal ice zone in the Barents Sea the summers 1979 and
1980]. Fisken Hav., 1982 (3): 31-83.

During the summers of 1979 and 1980, ecological investigations
were carried out in the marginal ice zone in the Barents Sea. In
the investigation an attempt is made to follow the development of
the production processes, from nutrients via phytoplankton and
zooplankton to capelin, in order to map the feeding conditions
for the capelin and its variations. The methods used in the field
work and most of the results obtained during the two summer
seasons are presented by ELLERTSEN *et al.* (1981). In the present
report we discuss and summarize the field results so far and
compare them with the results from a model.

The results show a close relationship between ice melting and recession and a phytoplankton bloom occurring at the ice edge. It seems that the decrease in salinity in the upper few meters due to ice melting produce a sharp increase in water stability. Thereby favourable conditions are created for an intense phytoplankton bloom. This bloom seems to occur somewhat earlier than the spring bloom in the areas of the Barents Sea not covered by ice, where water stability is mainly influenced by the warming of the upper layers.

Zooplankton development follows very close that of the phytoplankton, with a bloom starting near the ice edge. The biomass was found to increase with the distance from the edge. This tendency is most clear in the upper layers, where the zooplankton spawning and the development of the zooplankton larvae occur.

The main bulk of the zooplankton consisted of the copepod Calanus finmarchicus. The most numerous species was the small copepod Oithona similis.

There was a change in age composition of C. finmarchicus with the distance from the ice, the nauplii and the younger copepodite stages predominating in the north.

The younger stages (I-III) were most abundant in the surface layer where they had hatched earlier in the year, while the older stages (IV-V and adult females) had overwintered and predominated in the deeper layer.

The stomach contents of 12-18 cm capelin from several stations were investigated. The stomach filling seemed to be related to the plankton density in the sea, with highest filling in areas with much plankton. The species composition in the stomachs roughly corresponded with the plankton composition, with a tendency to a higher numeric percentage of euphausiids and chaetognaths in the stomachs than in the plankton. Near half of the contents, as weight, consisted of calanoid copepods, while the euphausiids, chaetognaths and amphipods made up 30, 10 and 6 per cent of the weight respectively.

A model describing the growth of phytoplankton and zooplankton along a north-south section in the Barents Sea is also briefly described. Using ice map data obtained via satellite, several simulation runs have been performed. The dynamics of the phytoplankton growth seems to agree with what we believe it should according to the available data. However, some discrepancies indicate areas that should be further investigated in order to increase our knowledge and improve the model. The zooplankton part of the model produces results that are more questionable. Variations in zooplankton biomass are reasonably calculated whereas the stage distribution does not fit our data. Reasons for this are discussed.

INNLEDNING

Prosjektet "Lodda på sommerbeite" ble startet ved Havforskningsinstituttet i 1979 med det mål å framskaffe data som bidrar til en bedre forståelse av de forhold som i løpet av sommeren påvirker loddebestandens vekst. Prosjektet tar utgangspunkt i de loddeundersøkelsene som HI har drevet i Barentshavet gjennom flere år, spesielt sommerloddetoktene som startet i 1973. Lodderegistreringene om sommeren syntes ofte å øke i tetthet etter som man kom nordover, men registreringene stoppet brått et stykke fra iskanten. Mellom lodderegistreringene og iskanten ble det observert varierende planktonmengde. Ut fra disse observasjonene ble det formulert en hypotese som kan uttrykkes slik:

I de deler av Barentshavet som er dekket av is foregår det ingen eller minimal produksjon. Når isgrensen trekker seg nordover er det til stede næringssalter og en foreldregenerasjon av ulike planktonorganismer. Straks lyset slipper til, begynner en oppblomstring, først av planteplankton, deretter av dyreplankton. Dersom isgrensens tilbaketrekning er noenlunde jevn, skal det derfor fra iskanten og sørover finnes ulike stadier i oppblomstringsprosessen; nærmest isen planteplanktonoppblomstring, deretter dyreplanktonoppblomstring og til slutt lodde som beiter på dyreplankton. I løpet av sommeren vil så hele dette produksjonssystemet forflytte seg nordover med isgrensen.

Forutsatt at hypotesen er riktig, skulle det fra iskanten og sørover være mulig å observere de ulike stadier i produksjonsprosessen som fører fra næringssalter og sollys fram til lodde. En slik kartlegging av ernæringsforholdene ville bidra til en bedre forståelse av de faktorer som påvirker loddebestandens vekst.

Med dette som utgangspunkt tar prosjektet sikte på:

- a) å verifisere den nevnte hypotesen,
- b) å gi en kvalitativ beskrivelse av produksjonssystemet i et begrenset område fra iskanten og sørover,
- c) å beskrive kvantitativt produksjonssystemet eller deler av dette i samme område,
- d) å undersøke om det med tilgjengelig metodikk kunne framskaffes data for en realistisk modellering av nevnte produksjonssystem, eventuelt avsløre på hvilke punkter metodikken måtte forbedres.

Gjennom prosjektets feltarbeid blir det samlet inn samtidige data for hydrografi, plante- og dyreplankton og lodde. Dette vil kunne bidra til en forståelse av den kvantitative sammenhengen mellom disse faktorene. Det langsiktige målet er å lage en modell som beskriver vekselvirkningen mellom disse faktorene så godt at en ved å måle et fåtall parametre om sommeren kan gi en brukbar prognose for loddas vekst utover høsten. De modellene som nå er i bruk i forvaltning er først og fremst antallsmodeller. Anslagene over loddas vekt blir basert på antagelser gjort i begynnelsen av oktober året før. Et oppdatert anslag om sommeren vil kunne få stor praktisk betydning for fisket og som et korrektiv til kvoten for høstloddefisket.

Våre feltundersøkelser i 1979 og 1980 ble hovedsaklig konsentrert i området rundt de to snittene som er vist i Fig. 1. Den første undersøkelsen ble avviklet i tidsrommet 9-19 juli 1979 og den andre i to perioder i 1980, 24-30 juni og 11-14 juli. En detaljert beskrivelse av datainnsamlingen sammen med de viktigste resultater fra toktene er gitt av ELLERTSEN, LOENG, REY og TJELMELAND (1981). Hensikten med denne rapporten er, på grunnlag

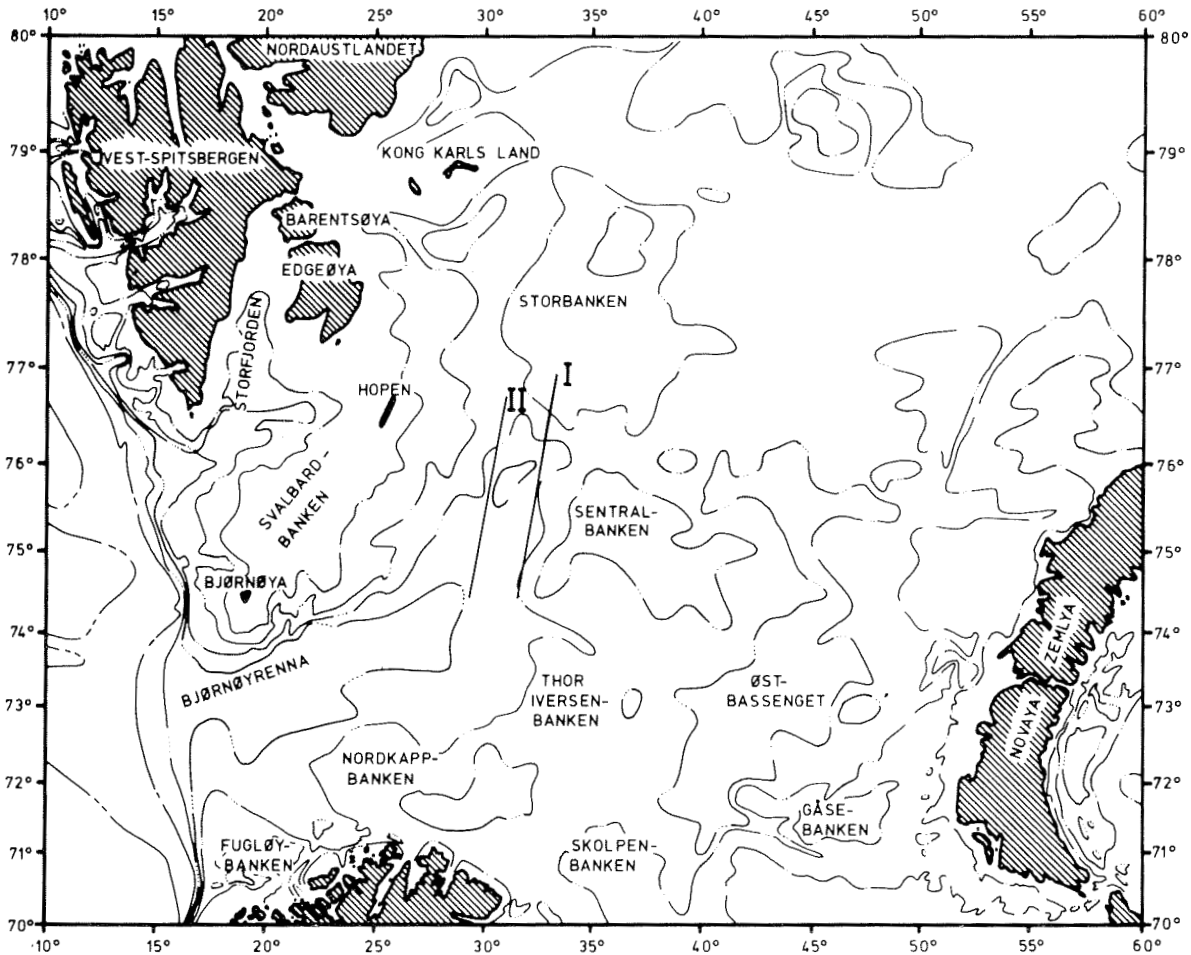


Fig. 1. Beliggenheten av snittene I og II under prosjektet "Lodda på sommerbeite". [The position of the sections I and II in 1979 and 1980].

av disse data, å trekke en sammenheng mellom resultatene fra de ulike fagområder og gi en status etter to års feltarbeid. I den sammenheng har vi funnet det riktig å trekke inn resultater fra planktonmodellen som er utviklet under prosjektet "Havbiomodeller" ved SINTEF. Mellom disse prosjektene har det vært et nært samarbeid for utveksling av erfaringer og resultater.

MATEMATISK MODELL

Matematisk modellering av marine økologiske systemer har i de senere år vært i en rivende utvikling. Det er to hovedårsaker til dette. Vår forståelse for noen av de grunnleggende mekanismer som er med å styre marine økosystemers dynamikk har økt slik at det har vært mulig å beskrive disse med matematiske ligninger. Data-teknikken har gjort det mulig å løse disse ligningene og presentere resultatene på en rask og lettfattelig måte.

Det skal her bare gis et meget kortfattet sammendrag av modellens oppbygning. For mer detaljerte opplysninger henvises til SLAGSTAD (1981, 1982).

Modellen består av tre undermodeller som beskriver dyre- og planteplanktonets vekst samt bruk, regenerering og vertikal transport av næringssalter. Blokkskjemaet i Fig. 2 viser de sammenhenger som er innebygd i modellen. Det er antatt at nitrogen er det næringssalt som begrenser produksjonen. Veksten av planteplanktonet er en funksjon av lysintensitet, adaptasjonsnivå, konsentrasjon av næringssalter (nitrogen), temperatur, beiting og respirasjon. Adaptasjonsnivået er en dynamisk funksjon av planteplanktonets lyserfaring som igjen avhenger av lysintensiteten på overflaten og vertikal blanding.

Dyreplanktonet er antatt å bestå av rauåte. Modellen beskriver vekst og reproduksjon som funksjon av størrelsessammensetning og mattilbud. Lysets innvirkning på den vertikale fordelingen av rauåta er også inkludert.

Modellen starter alltid kjøringene etter en vintersituasjon hvor vannmassene har vært gjennomblandet slik at næringssaltene er jevnt fordelt i vannsøylen. Når primærproduksjonen kommer igang forbrukes næringssaltene der hvor produksjonen finner sted (nær overflaten). Tilførsel av nye næringssalter via vertikal transport og regenerering er inkludert i modellen.

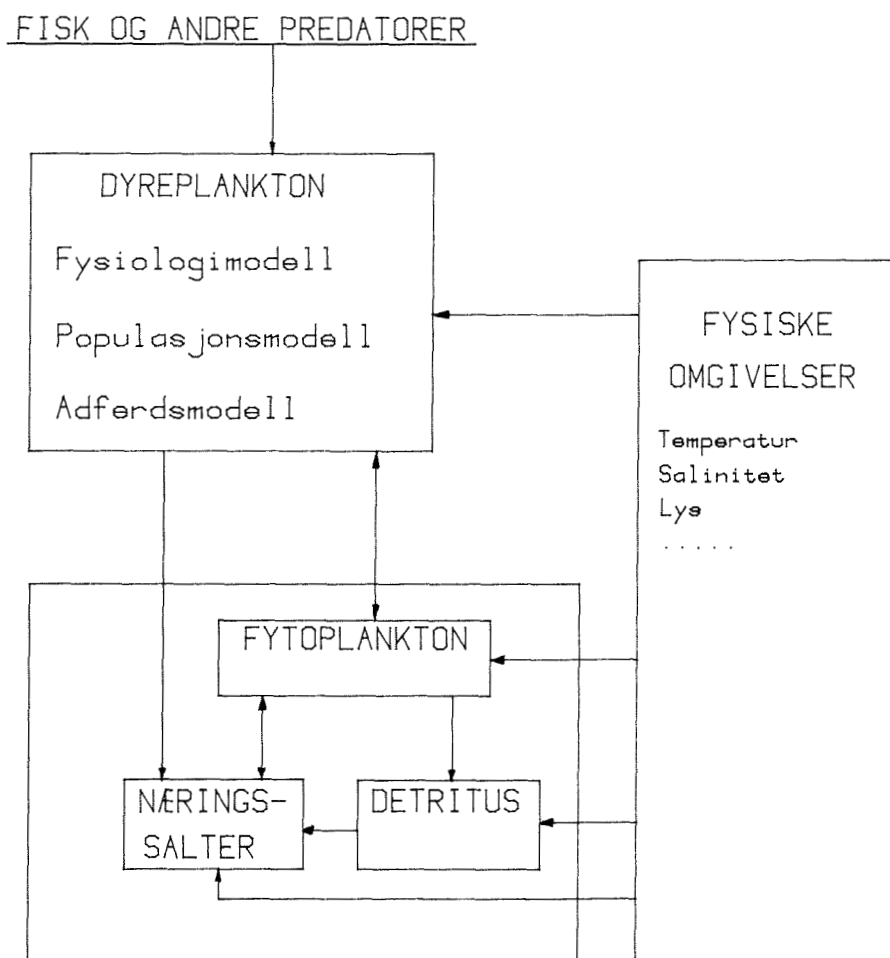


Fig. 2. Struktur av undermodeller som beskriver vekstdynamikken til dyreplankton, planteplankton og næringssalter. Pilene viser sammenhengen mellom undermodellene, og mellom deres omgivelser.

[Structure of submodels describing the dynamics of zooplankton, phytoplankton and nutrients. The arrows indicate the interactions between the sub-models and between their environment].

Mengden av nitrogen, som er det begrensende næringssalt, er satt lik 10 mM N m^{-3} . Den vertikale vannkolonne er delt inn i lag med dybde 5 m som hver for seg er antatt å være homogene under hele kjøringen. En vertikal blandingskoeffisient beskriver den turbulente blandingen mellom lagene. Denne blandingskoeffisienten avhenger av stabiliteten i vannmassene og vil bli omtalt senere (side 47). Det antas ingen horisontale vannbevegelser. Svekningskoeffisienten for lys i vann er satt lik $0,08 \text{ m}^{-1}$. Temperaturen er satt lik $2,5^{\circ}\text{C}$ gjennom hele vannkolonnen, uavhengig av tiden.

Lysintensiteten er kalkulert fra solas teoretiske høyde. Predasjon på dyreplanktonet antas å følge en tidsfunksjon. Planteplanktonet er målt i nitrogenenheter og startkonsentrasjonen er satt lik $0,01 \text{ mM N m}^{-3}$. Hvis vi antar et chl/N-forhold på 0,14 vil 1 mM N m^{-3} tilsvare ca 2 mg chl m^{-3} .

RESULTATER OG DISKUSJON

Variasjoner i isforhold og hydrografiske forhold fra et år til et annet vil kunne ha avgjørende betydning for utviklingen av de biologiske produksjonsprosesser. En noe generell beskrivelse av isforholdene og til dels de hydrografiske forhold er derfor nødvendig for å kunne sette resultatene fra feltundersøkelsene inn i den rette sammenheng.

Isforhold

Det årlige variasjonsmønster i isens utbredelse i Barentshavet er i store trekk likt fra år til år. Mest is er det i tidsrommet januar-mai, og innenfor denne perioden har også isen sin maksimale utbredelse. Issmeltingen starter gjerne i løpet av mai, men noen særlig fart i isens tilbaketrekning blir det ikke før i juni og juli. Minst is finner man vanligvis i månedene august og september da gjerne hele havet kan være isfritt. Tilfrysingen starter igjen rundt månedsskiftet september/oktober, og fram til januar beveger isgrensen seg forholdsvis raskt sørover til ca 76°N .

Til tross for dette ensartete variasjonsmønster kan isens beliggenhet innenfor den enkelte måned variere mye fra et år til et annet. Dette går tydelig fram av Fig. 3 som viser spredningen i isens beliggenhet i slutten av månedene april-juli for tidsrommet 1971-80. Hvor store områder som blir isfrie i løpet av sommeren er avhengig av hvor langt sør isen har vært om vinteren og hvor langt nord isgrensen kommer i løpet av sommeren. Lite is om vinteren og liten issmelting påfølgende sommer medfører andre fysiske og biologiske forhold i Barentshavet om sommeren enn en vinter med mye is og en påfølgende sommer med stor issmelting.

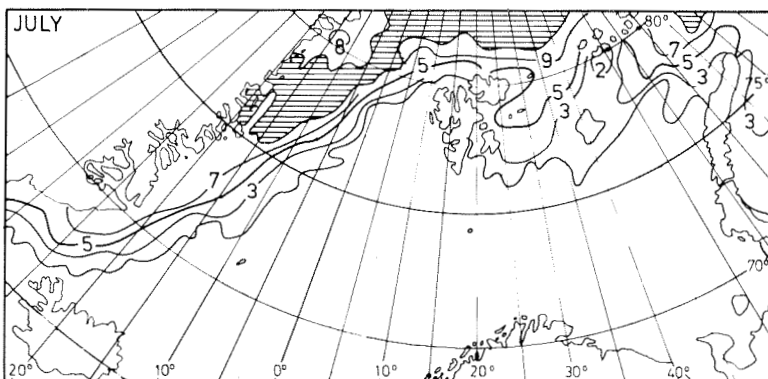
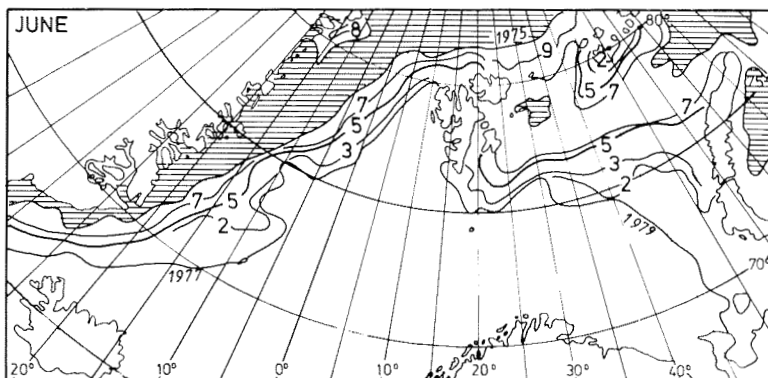
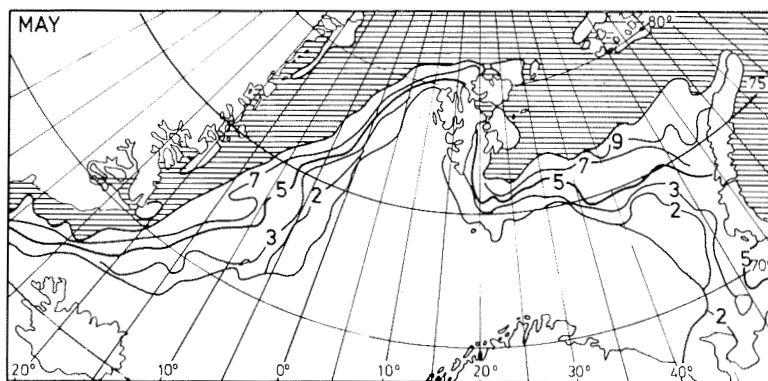
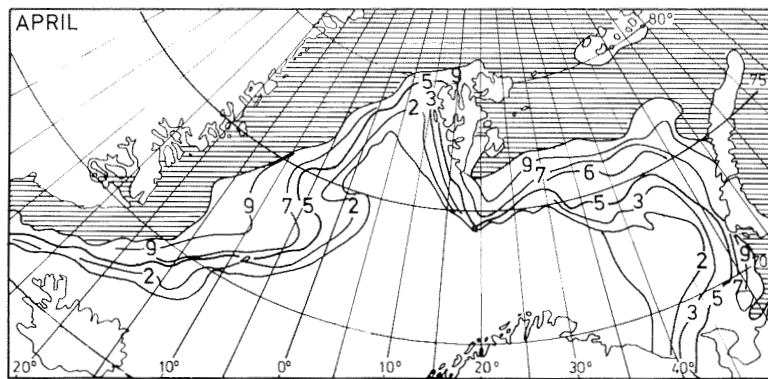


Fig. 3. Frekvensfordelingen av is i slutten av månedene april-juli i 10-årsperioden 1971-1980. Tallene angir antall år isgrensen har ligget sør for linjens posisjon. [Frequency distribution, given in tenth, of sea ice concentrations above 4/10 at the end of the months April-July, 1971-80]. (Etter VINJE 1982.)

Om vinteren er isen i Barentshavet ganske kompakt med få åpne områder. I den perioden isgrensen trekker seg nordover (mai-august) er iskonsentrasjonen gjerne mindre tett. Det er ofte større åpne råker bak isgrensen over lengre perioder, og isgrensen kan ofte være noe uklar (Fig. 4). Det er særlig vindforholdene som her er av stor betydning. Vind fra nord fører isen sørover inn i varmere vannmasser hvor den smelter. Isgrensen blir vanskelig å definere på grunn av spredd drivis, og innover i isen blir også konsentrasjonene mindre. Sørlige vinder fører til at isgrensen blir skjøvet nordover og at isen igjen blir mer kompakt, men sørlige vinder fører også med seg forholdsvis mild luft som forårsaker smelting langt bak isgrensen.

Som antydnet ovenfor kan isgrensens bevegelse nordover være svært ujevn. For kortere tidsrom kan isgrensen bevege seg sørover for så raskt å bevege seg nordover igjen dersom de rette forhold er til stede. Vi har under tokt observert at isgrensen flyttet seg nærmere 50 km nordover i løpet av et døgn, men vanligvis er hastigheten betydelig lavere. I den sterkeste smeltefasen forflyttes isgrensen mellom 100-200 km nordover i løpet av 14 dager (LOENG 1979) slik at variasjonene kan være store for de ulike år.

I månedene april-juni 1979 lå isgrensen mellom 75° - 76° N i undersøkelsesområdet. Det betyr at de sørligste stasjonene på snitt I periodevis var isfrie i dette tidsrommet, mens alle stasjoner nord for 76° N var dekket av is. Fra månedsskiftet juni/juli forflyttet isgrensen seg forholdsvis raskt nordover og i løpet av en uke fra 12 juli forflyttet isgrensen seg ca 60 km mot nord.

I 1980 lå isgrensen nesten en breddegrad lengre nord i tidsrommet april-juni. Begge snittene var således periodevis helt fri for is i dette tidsrommet slik at isforholdene langs snittene var vesentlig forskjellig fra 1979. I 1980 førte nordlige vinder i tidsrommet mellom de to dekningene til at isgrensen forflyttet seg ca 60 km sørover i løpet av to uker. Under siste dekning av snittene var isgrensen lite markert med åpen drivis (Fig. 4).

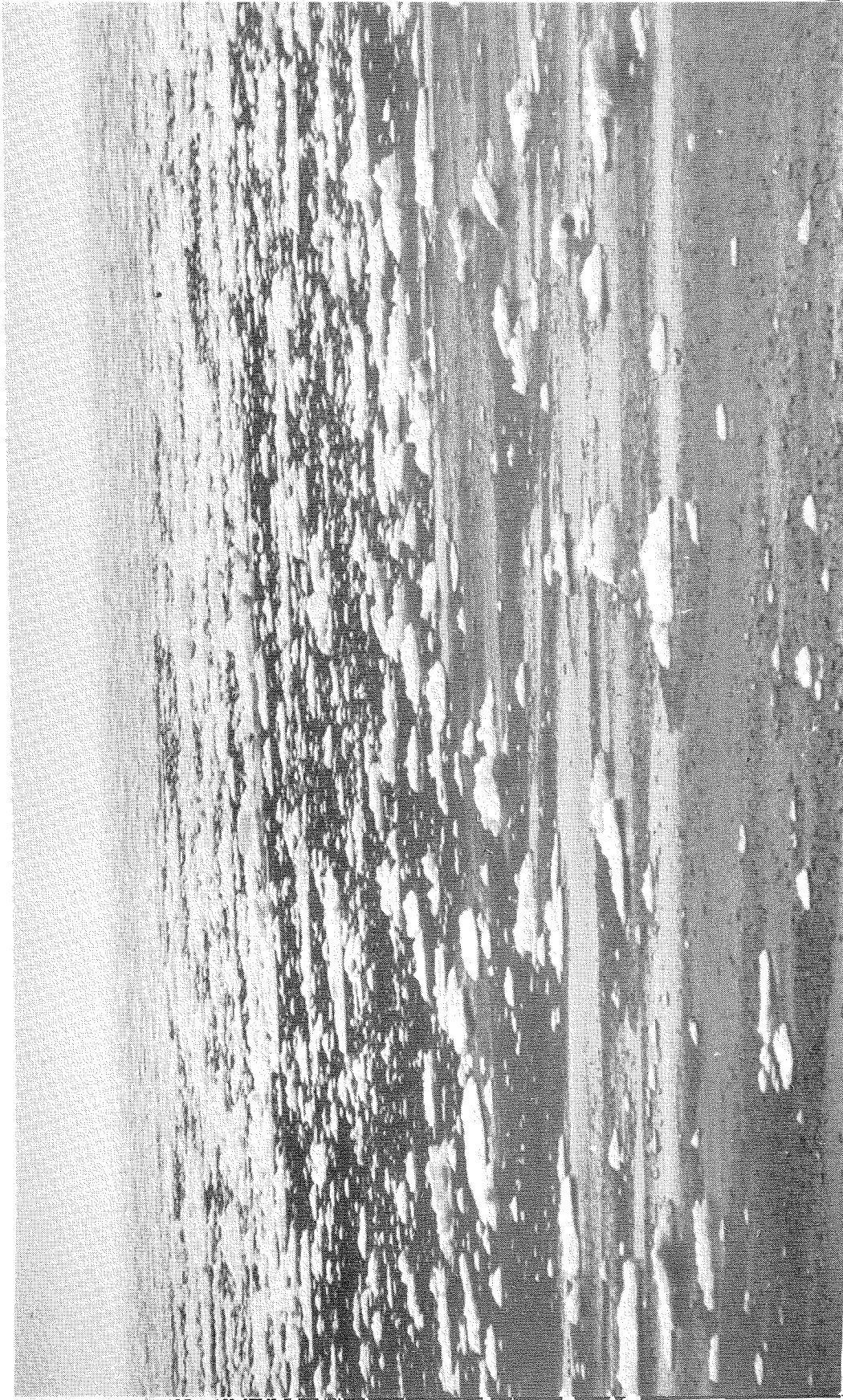


Fig. 4. Eksempel på uklar isgrense ved nordlige vinder. [Example of indistinct ice border].

Hydrografi

Resultatene presentert hos ELLERTSEN *et al.* (1981) viser at det er to hovedvannmasser i undersøkelsesområdet. Atlanterhavsvann finnes i hele renna mellom Svalbardbanken og Sentralbanken. I Fig. 5 ses dette vannet i den sydligste delen av snittet med saltholdighet høyere enn $34,85^{\circ}/\text{oo}$ og med positiv temperatur. Den noe lave saltholdigheten skyldes oppblanding med omliggende vannmasser, og dessuten lavere saltholdighet enn normalt på Atlanterhavsvannet som strømmer inn i Barentshavet (BLINDHEIM and LOENG 1981).

De Arktiske vannmasser finnes over de grunne bankområdene og er karakterisert med temperaturer under 0°C og med lavere saltholdighet enn Atlanterhavsvannet. De Arktiske vannmasser finnes også et stykke utover i renna, og i temperatursnittet i Fig. 5 ses de Arktiske vannmasser som en tunge med kjernen i ca 40 m.

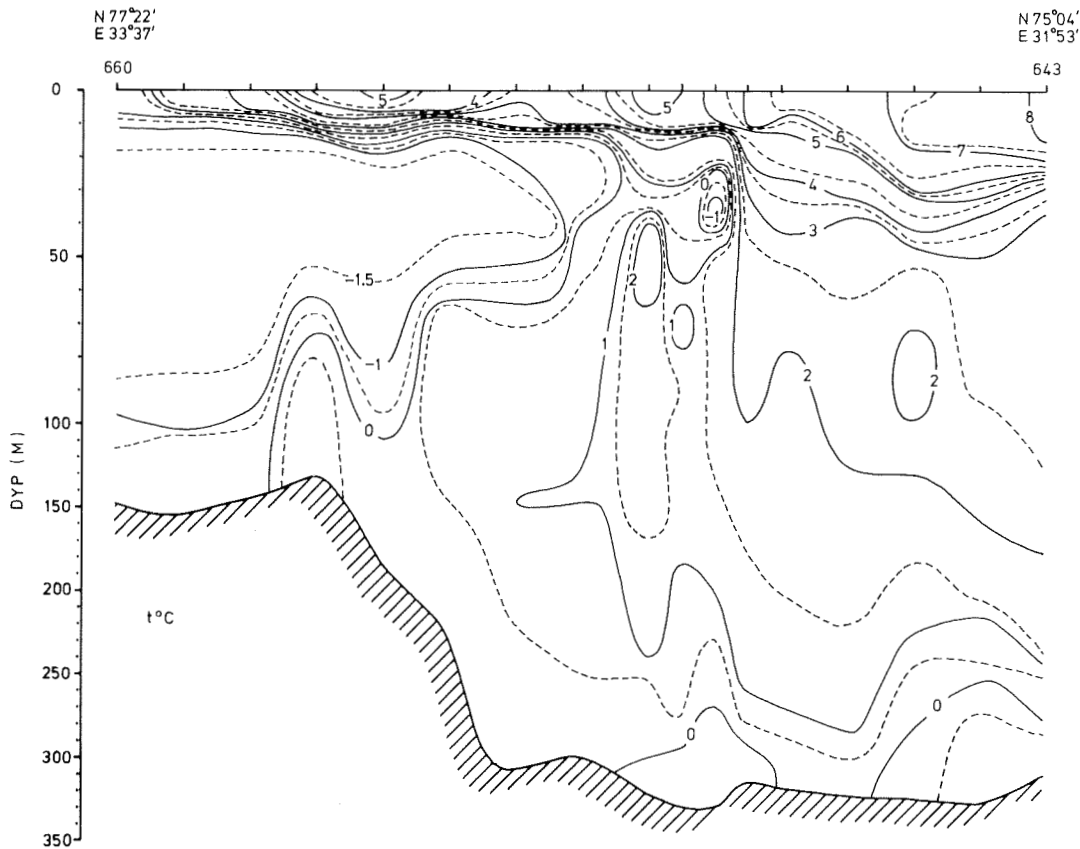


Fig. 5. Forts.

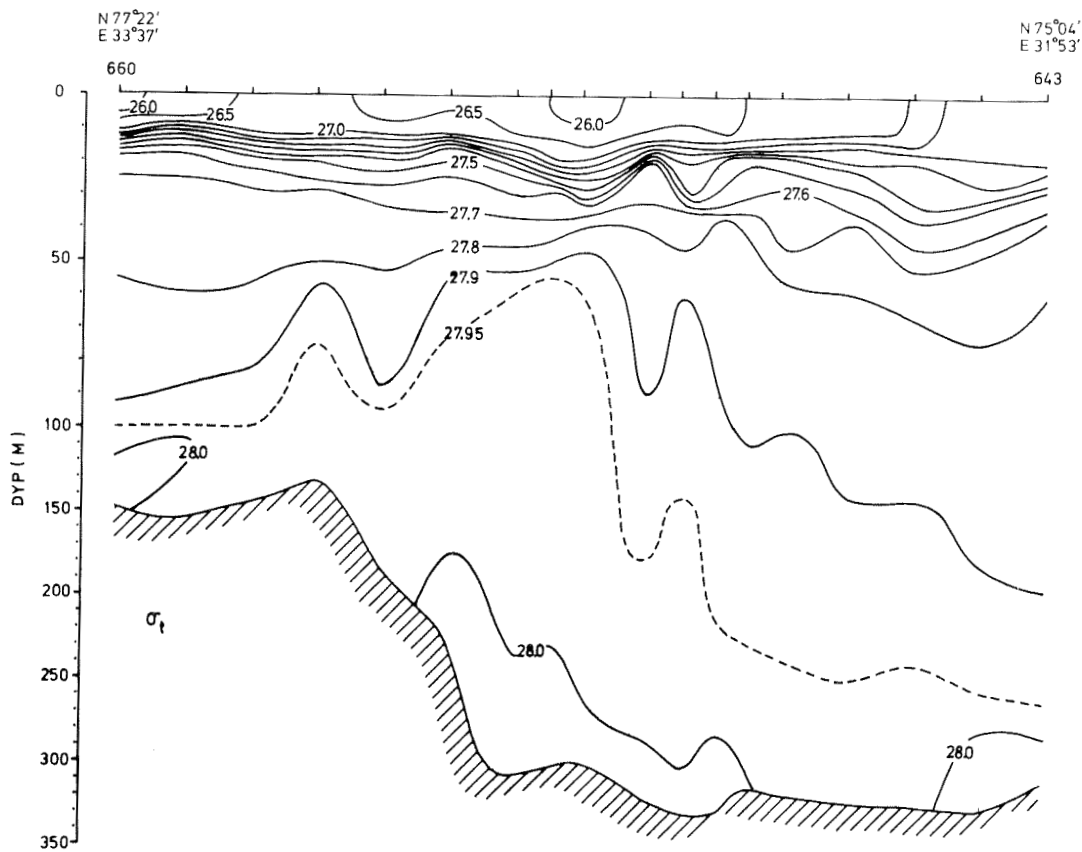
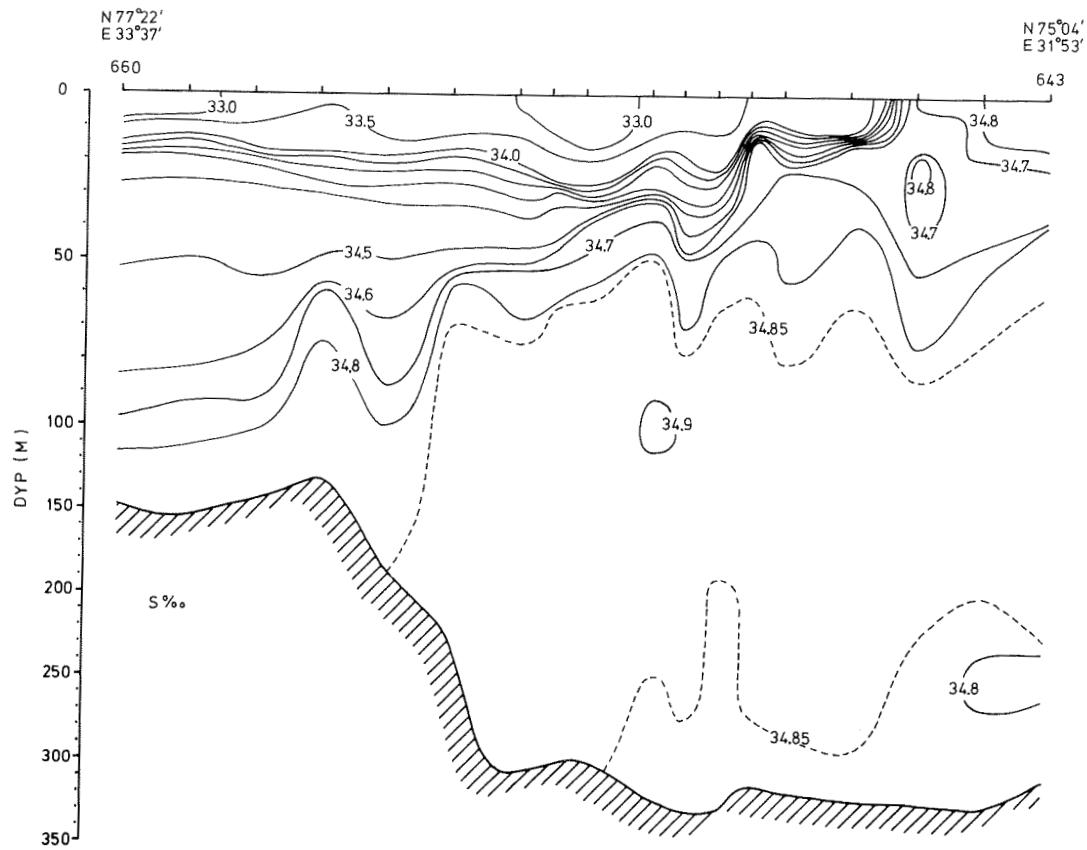


Fig. 5. Fordelingen av temperatur, saltholdighet og σ_t i snitt I, 17-19 juli 1979. [Distribution of temperature, salinity and σ_t in section I, 17-19 July 1979].

Disse to vannmassene finner man igjen i Fig. 6 som viser sam-
hørende verdier av temperatur og saltholdighet for samtlige
stasjoner i snitt I under andre dekning i 1979. I tillegg finnes
tre andre vannmasser som enten dannes ut fra de to hovedvannmas-
sene eller som bare finnes i deler av året. Bunnvannet dannes
over de grunne bankområdene om vinteren ved at Atlanterhavsvann
avkjøles. Saltholdigheten er derfor bare litt lavere enn på
Atlanterhavsvannet, men temperaturen ligger under ca $0,5^{\circ}\text{C}$. I
tillegg finnes to typer overflatevann som blir dannet om sommeren
og som blir nærmere beskrevet nedenfor.

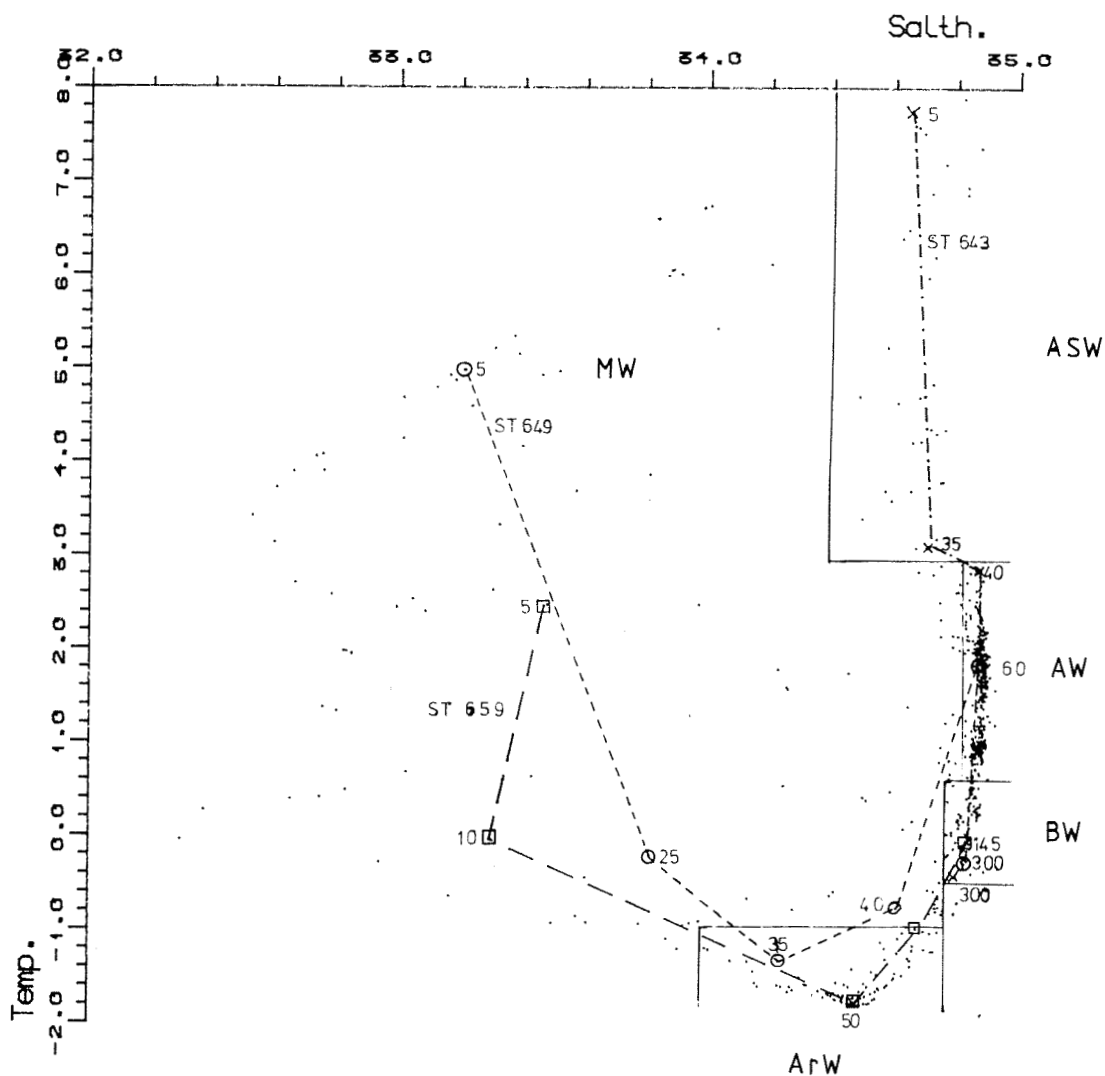


Fig. 6. tS-diagram for samtlige stasjoner langs snitt I
17-19 juli 1979. tS-kurvene for tre stasjoner langs snittet
er også tegnet inn. Tallene angir dyp. MW - Smeltevann,
ASW - Atlantisk overflatevann, AW - Atlanterhavsvann,
BW - Bunnvann, ArW - Arktisk vann. [tS-distribution for
all stations along section I. tS-curves for 3 stations are
indicated. MW - Melt Water, ASW - Atlantic Surface Water,
AW - Atlantic Water, BW - Bottom Water, ArW - Arctic Water].

For oppblomstringen av planteplankton er stabiliteten i vannmassene av stor betydning. Resultatene fra dette prosjektet viser at stabiliteten i vannmassene dannes på forskjellig måte i nordlige og sydlige del av området.

I de isfrie områder av Barentshavet er vannmassene om vinteren stort sett gjennomblandet ned til ca 100-150 m. Fra de isdekkete områdene finnes ikke observasjoner, men det er god grunn til å anta at også under isen er vannmassene gjennomblandet, det vil si at stabiliteten er lav.

Om våren og sommeren dannes stabiliteten i de isdekte områder på grunn av issmelting. Smeltevannet har saltholdighet lavere enn 34^o/oo og har dermed mindre tetthet enn de underliggende vannmasser. Sprangsjiktet dannes allerede i områder som er delvis islagt. Temperaturen er i disse delvis isdekkete områdene fremdeles under 0^oC, og oppvarmingen fra atmosfæren starter først når overflatelaget er isfritt. Oppvarmingen starter først etter at sprangsjiktet er dannet, og har således ingen betydning for dannelsen. Dette ses tydelig fra stasjonen nærmest isgrensen i 1979 (Fig. 5) hvor temperaturgradienten er forholdsvis svak i forhold til lengre sør, mens gradienten i saltholdighet er til stede. Den påfølgende oppvarming bidrar imidlertid til å opprettholde sprangsjiktet og delvis til å gjøre det ennå mer markert. tS-diagrammet (Fig. 6) viser at dette overflatevannet er svært uensartet, med stor variasjon både i saltholdighet og temperatur i de områder som har vært isdekket om vinteren.

I de områder som ikke har vært dekket av is, dannes sjiktningen ved at vannmassene blir oppvarmet fra atmosfæren. Saltholdigheten i overflatelaget er bare ubetydelig lavere enn i de dypere vannlag og har derfor liten betydning for dannelsen av den vertikale stabiliteten i disse områdene. Fig. 6 viser også en helt annen tS-karakteristikk for de stasjonene som ligger lengst sør på snittet (St. 643-648).

Variasjonene i den vertikale stabiliteten langs snittet er vist i Fig. 7 sammen med vertikalfordelingen av klorofyll a og nitrat-

gradienten. Stabiliteten er framstilt som kvadratet av Väisälä-Brunt frekvensen, N , og er gitt ved

$$N^2 = - \frac{g}{\bar{\rho}} \frac{\Delta\rho}{\Delta Z}$$

hvor g er tyngdens akselerasjon, $\bar{\rho}$ er den midlere tetthet innenfor ΔZ som er avstanden mellom to måledyp. $\Delta\rho$ er tetthetsforskjellen mellom de samme dyp.

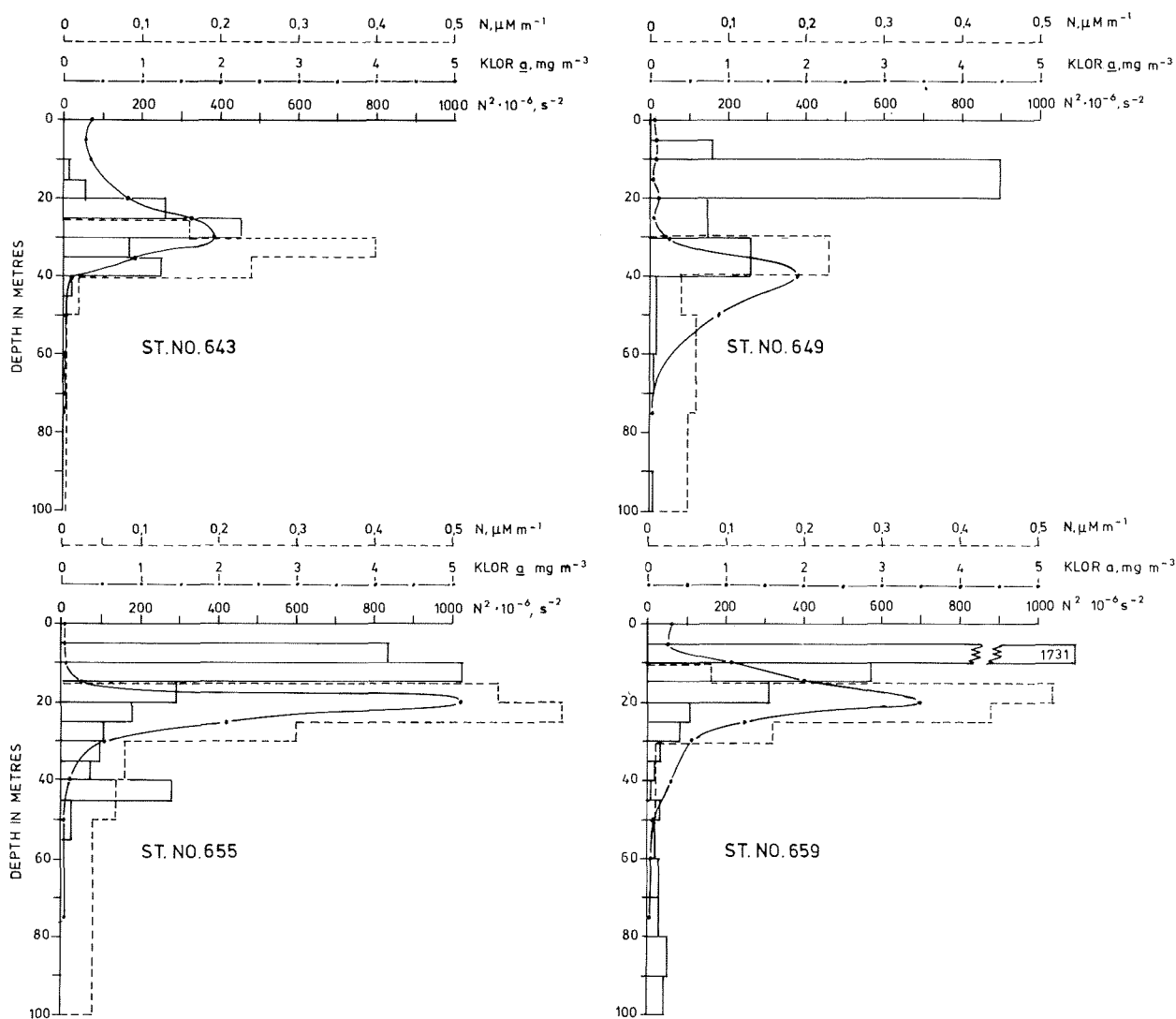


Fig. 7. Vertikalfordeling av stabilitet, klorofyll *a* og nitratgradienten ved utvalgte stasjoner langs et snitt fra iskanten (st. nr. 659) og sørover. [Vertical distribution of stability, chlorophyll *a* and nitrate gradient at some stations along a section from the ice edge (St.no 659) and southwards].

Fig. 7 viser at stabiliteten er liten i de øverste 5-10 m, og at tetthetsgradienten ligger nærmere overflaten dess nærmere iskanten man kommer samtidig som den blir skarpere. Dette har sammenheng med de ulike vannmasser som finnes langs snittet. Fig. 7 indikerer også at sprangsjiktet lengst sør gradvis kommer dypere, blir tykkere og mindre skarpt på grunn av vertikal blanding.

I modellen er den vertikale blandingskoeffisienten forsøkt gitt slik at stabiliteten blir mest mulig lik det som er beskrevet ovenfor. Det atlantiske vannet antas å ha forholdsvis stor vertikal blanding før soloppvarmingen tar til i slutten av mai. Fra dette tidspunkt dannes det en pycnoklin som øker i dybde og styrke utover sommeren. Bak iskanten antas blandingen om vinteren å nå ned til ca. 60 m, men denne er ikke særlig kraftig da vind og bølger ikke påvirker overflaten. Stabilitet i disse vannmassene oppnås når isen begynner å smelte. Når dette skjer er sterkt avhengig av åpne råker og innstrømmet energi. I modellen antar vi at isen begynner å smelte ca 1 mai slik at brakkvann dannes. Hvis det er forholdsvis lite råker antar vi at brakkvannslaget når ned til ca 5 m. Der det er flere råker, antar vi at vind og bølger får bedre tak slik at blandingen når ned til ca 10 m. Isen vil således ha stor innflytelse på den vertikale blandingen, og årlige variasjoner i isdekket område vil derfor føre til tilsvarende variasjoner i stabilitetsforholdene i modellen.

Døgnstasjonene fra både 1979 og 80 viste at det var små variasjoner i de hydrografiske forhold gjennom døgnet. Dette betyr at snittene som ble tatt i løpet av et døgn, gir et tilnærmet synoptisk bilde av situasjonen. Mye av årsaken til disse små døgnvariasjonene skyldtes at det var rolige vindforhold, laber bris eller mindre. Dette medførte minimal blanding av vannmassene i de øvre vannlag.

Strømforhold

På begge døgnstasjonene i 1979 ble det målt strøm med Gytre-minimalere ned til 125 m. Disse strømmålingene hadde en del

fellestrekk. De vertikale hastighetsgradientene var små og strømretningen varierte svært lite gjennom vannsøylen (Tabell 1). Tidevannsstrømmene var tydelig i alle strømmålingene selv om de var forholdsvis svake. I den sørligste posisjonen var den nordlige reststrømmen (total strøm minus tidevannsstrøm) av samme styrke som tidevannet slik at strømmen bare sjelden hadde en sørlig komponent. I den sørligste posisjonen synes strømmen å følge bunntopografien langs Sentralbanken nordover.

Tabell 1. Midlere strømhastighet (\bar{V}_h), midlere strømretning og middelfart (\bar{V}_f) ved dognstasjon I (til venstre) og dognstasjon II (til høyre) i 1979. Verdiene er midlet over et døgn. Dyp merket 1): Verdiene midlet over 12 t. [Average velocity (\bar{V}_h), average direction and average speed (\bar{V}_f) at anchor station I (left) and anchor station II (right). Averaging period 24 h. Depth marked 1): Averaging period 12 h].

Dyp m	\bar{V}_h cm s ⁻¹	Retning o	\bar{V}_f cm s ⁻¹	Dyp m	\bar{V}_h cm s ⁻¹	Retning o	\bar{V}_f cm s ⁻¹
5	6,6	196	14,3	5	8,3	54	10,1
10	6,8	224	11,9	10	6,3	49	11,5
15	5,5	193	12,9	15	7,5	44	10,6
20	4,9	177	14,1	20	7,3	34	10,5
30	3,5	192	14,2	30	8,2	34	11,9
40	2,2	224	13,7	40	8,9	14	11,9
50	3,0	240	13,6	50	8,8	28	11,4
60	4,8	272	14,0	60	8,4	25	11,5
75 ¹⁾	7,5	244	15,6	75	10,4	24	12,5
100 ¹⁾	6,6	269	16,3	100	10,1	18	11,9
125 ¹⁾	3,5	255	12,3	125	9,9	23	11,3

På den nordligste dognstasjon hadde reststrømmen i alle dyp ned til 125 m en sørlig komponent. Det betyr at det her hele tiden var tilførsel av Arktisk vann fra nord.

Alle observasjoner ble gjort under svake vinder. Sterke vinder kunne gitt andre strømprofiler, særlig i de øverste 20-30 m.

Primærproduksjon

Plantep planktonets våroppblomstring

Dersom det finnes tilstrekkelig med næringsalter, er starttidspunktet for plantep planktonoppblomstringen avhengig av to hoved-

faktorer: lysforholdene og vannets vertikale stabilitet. I de norske fjorder og kystområder hvor det er en viss vertikal stabilitet gjennom hele året, er oppblomstringen mest avhengig av lysforholdene, og man har funnet at denne tar til når globalstrålingen (bølgelengde mellom 0,3 - 3 μm) oppnår verdier større enn ca 100-120 langley $\cdot\text{dag}^{-1}$ (ca 50 $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$).

I det undersøkte området er vannmassene om vinteren stort sett vertikalt homogene ned til ca 100-150 meter, med lav stabilitet. Disse forholdene finner man helt ut april måned før ismeltingen starter. Globalstrålingen målt ved Bjørnøya i perioden 1970-79 (Fig. 8) viser at gjennomsnittsverdier i april måned er langt

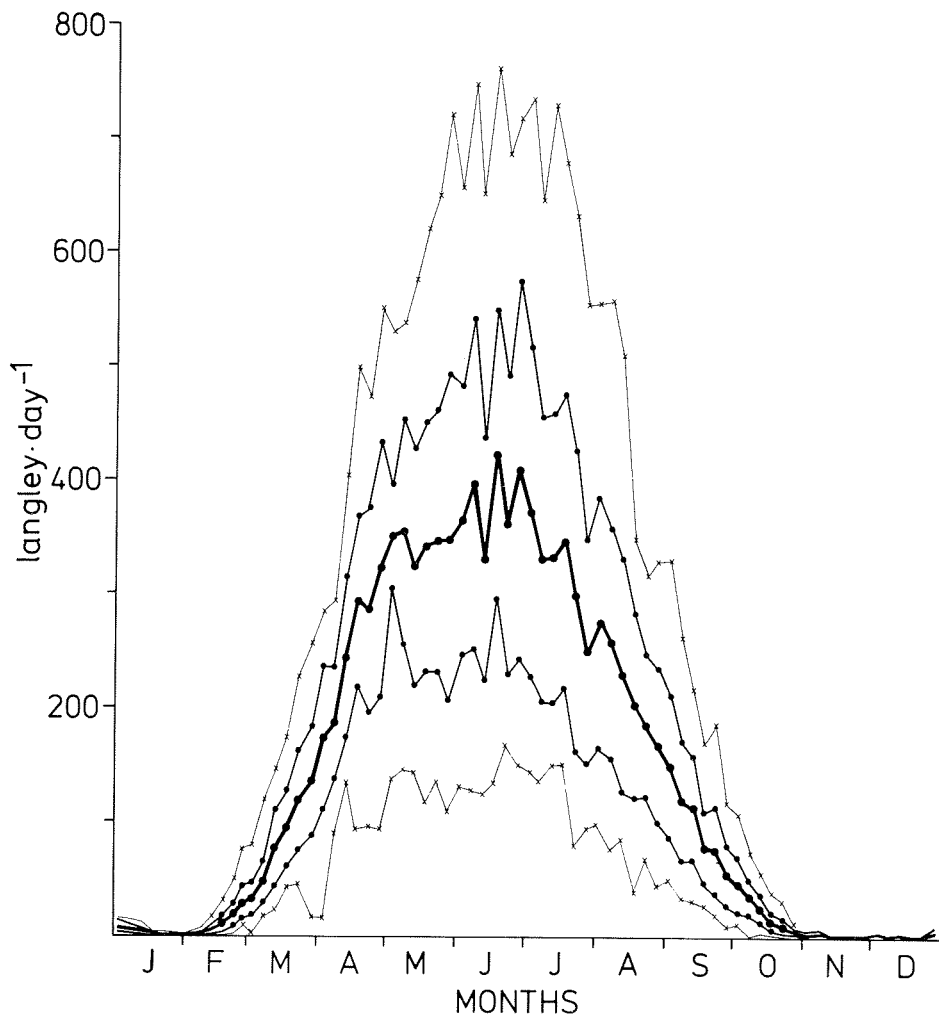


Fig. 8. Globalstråling ved Bjørnøya i tidsrommet 1970-1979. (●—●: gjennomsnitt av 5-døgnperioden; · — ·: standard avvik fra 5-døgnperioden; x — x: største og minste målte verdier i 5-døgnperioden). [Globalradiation at Bear Island in the period 1970-1979. (●—●: average of 5 days period; · — ·: standard deviation of 5 days period; x — x: largest and smallest measured value in 5 days period)].

over 100-120 langley·dag⁻¹, slik at den begrensende faktor for oppblomstringen først og fremst er den vertikale stabilitet. Hvordan den nødvendige stabilitet dannes, er avhengig av om området har vært isdekket eller ikke (se side 45).

Undersøkelsene i 1979 og 1980 viser tydelig at man i et snitt fra iskanten og sørover kan finne forskjellige faser i planteplanktonets utvikling. Fig. 9 viser planteplanktonets biomasse, uttrykt som klorofyll a i et slikt snitt, under to dekninger foretatt med en ukes mellomrom. Under den første dekingen var det lave konsentrasjoner av klorofyll i den sørligste del av snittet, særlig i de øverste 20 meter, men med små maksima ved ca 30 meter. Her var oppblomstringen over da denne del av snittet har vært isfritt helt fra mai måned, og man kan derfor betrakte planteplanktonet her som rester av oppblomstringen ved iskanten tidlig i sesongen. Det samme gjelder for den midtre del av snittet hvor man finner et noe større maksimum ved 30-40 m. Dette maksimum ser ut til å være innestengt i tunga med polarvann som strekker seg sørover (Fig. 5). I den nordlige del av snittet finner man en typisk fordeling av planteplanktonet i områder som nylig har vært dekket av is. Her ligger et større maksimum i klorofyll a ved ca 20-25 m dyp.

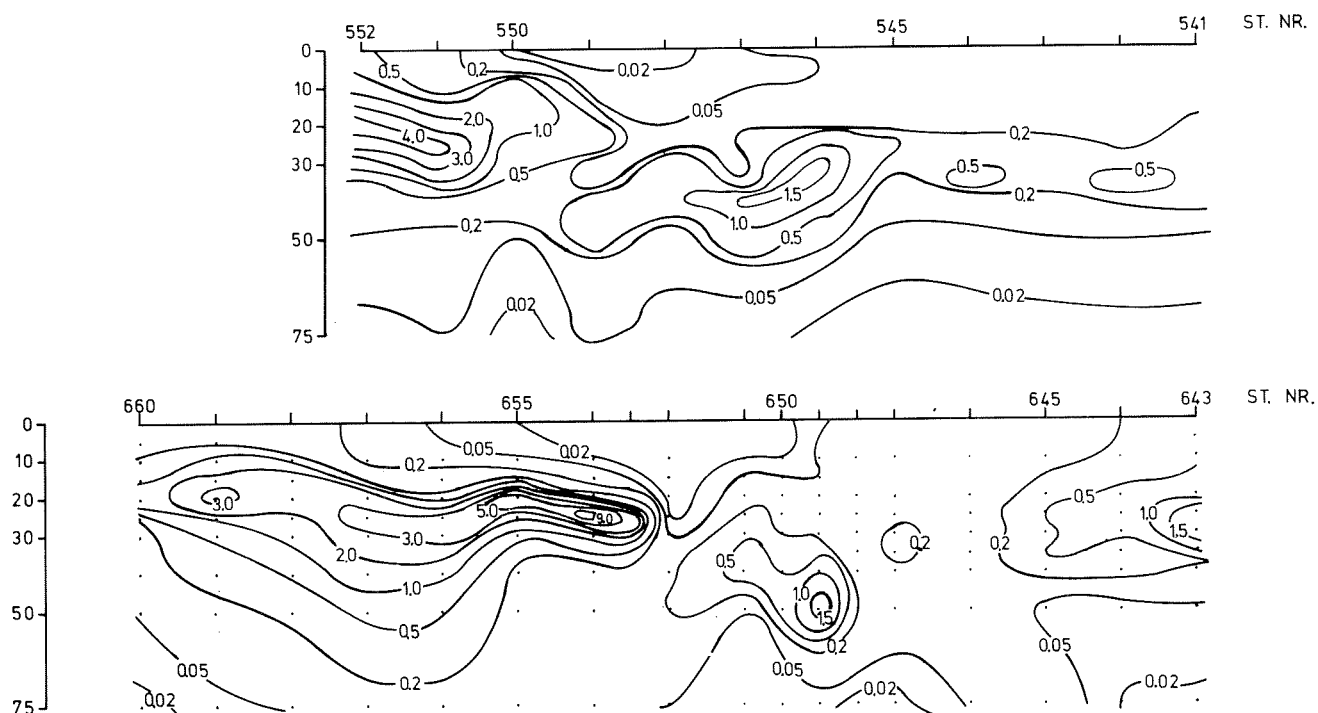


Fig. 9. Vertikalfordeling av klorofyll a ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$) langs snitt I, 11-12 juli (øverst) og 17-19 juli 1979. [Vertical distribution of chlorophyll a ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$) along section I, 11-12 July (upper) and 17-19 July 1979].

Under den andre dekningen av snittet ble et relativt stort maksimum i klorofyll a observert ved den sørligste stasjon i snittet. Da det skjer en innstrømning av Atlanterhavsvann i dette området, er det sannsynlig at dette maksimum har sin opprinnelse i oppblomstringen i Atlanterhavsvann som ikke har vært dekket av isen. Det maksimum som ble funnet i den midtre del av snittet under første dekning, har nå blitt mer begrenset. Dette skyldes at den del av vannmassene som maksimumet lå i, hadde begynt å rive seg løs fra hovedtungta (Fig. 5). I den nordlige del av snittet er planteplanktonets fordeling noenlunde lik den som ble funnet under den første dekningen. I det ca 30 nautiske mil lange området som en uke før hadde vært dekket av isen, ble det funnet forholdsvis lave klorofyll a-konsentrasjoner i overflatelaget og en oppblomstring ved ca 20 m dyp. Forklaringen finner man i at isen, i den perioden den trekker seg nordover, er mindre tett med flere råker som tillater lyset å slippe ned i vannet. Samtidig gir ismeltingen den nødvendige stabilitet for at oppblomstringen kan ta til i overflatelaget. Innen området er isfritt er imidlertid nærings-saltene i det grunne overflatelaget brukt opp, og oppblomstringen er over. Når isen er borte, ligger så forholdene til rette for en oppblomstring like under overflatelaget.

Fig. 10 viser konsentrasjonen av planteplankton langs snitt I ved forskjellige tidspunkter slik som modellen beregner den. Inputdata her er iskart fra Meteorologisk institutt. Isen påvirker som nevnt produksjon av planteplanktonet gjennom sin innvirkning på den vertikale stabilitet og lysforholdene i vannet.

I modellen starter oppblomstringen langs iskanten i midten av april. I 1979 lå iskanten rundt 75°N ved dette tidspunkt. En gradvis økning i vertikal stabilitet er antatt å finne sted i de atlantiske vannmassene i løpet av mai. Innenfor iskanten er isen kompakt (7/8-8/8 isdekke). Det er i modellen antatt at ca 1% av lyset på overflata trenger gjennom 7/8 isdekke til de underliggende vannmasser. Planteplanktonet som har et lavt innhold av klorofyll etter den lange vinteren (HEGSETH og SAKSHAUG 1982) vil sannsynligvis vokse svært langsomt ved så lave lysintensiteter.

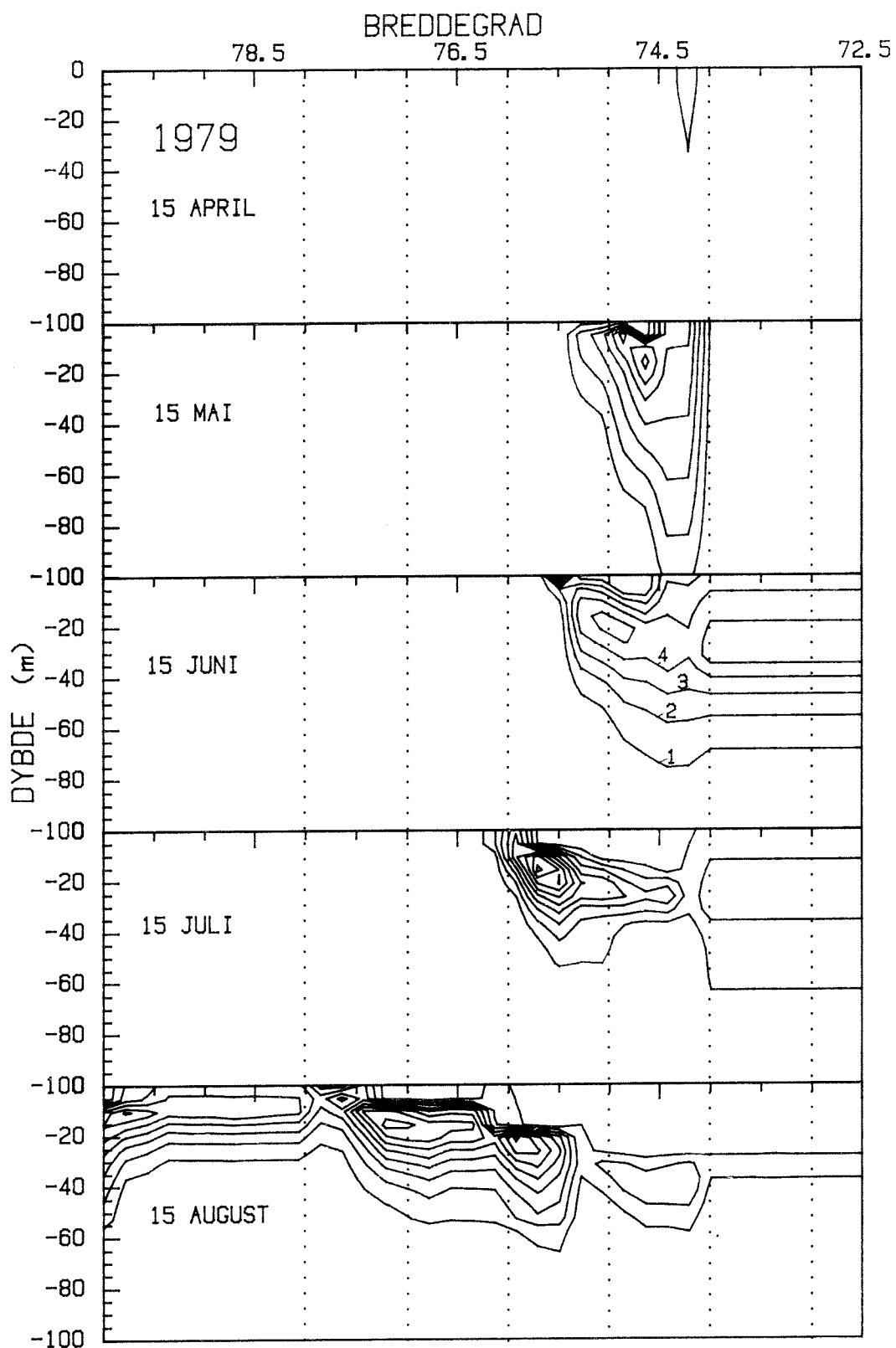


Fig. 10. Simulert vertikal fordeling av planteplankton (mM N m^{-3}) langs snitt I ved forskjellige tidspunkter våren og sommeren 1979. [Simulated vertical distribution of phytoplankton (mM N m^{-3}) along section I, at different times during the spring and summer 1979].

Isen ligger fremdeles langt sør i månedsskiftet juni/juli. Oppblomstringen er nå over i det Atlantiske vannet og konsentrasjonen av planteplankton er på retur. Langs iskanten avdekkes stadig nye områder med høyt næringssaltinnhold hvor primærproduksjonen kommer igang.

Fra 1 juli til ca 18 juli trekker isen seg kraftig tilbake. Områder som tidligere har vært dekket av kompakt is (type 7/8 og 8/8) blir åpne. Modellens beregninger antyder at produksjonen av planteplankton raskt kommer igang nær overflate hvor nærings-saltene skulle vært tilgjengelige. Data fra disse områdene (Fig. 15) viser imidlertid at næringssaltene allerede er oppbrukt i de øverste 10 meter av vannsøylen. Dette viser at produksjonen må ha funnet sted inne i isen selv om denne ifølge isdataene har vært meget kompakt.

I august forsvinner stort sett den resterende del av isen, og ytterligere nye områder blir avdekket. Modellens beregninger indikerer at primærproduksjonen i de nordligste områder først kommer igang i begynnelsen av august. Hvis dette skulle være riktig, betyr det at rauåta her ikke rekker å få fram en ny generasjon før vinteren kommer.

For å illustrere forskjellen i produksjonsdynamikken mellom Atlanterhavsvann, iskant og Arktiske vannmasser er simulert konsentrasjon av planteplankton som funksjon av tiden plottet for forskjellige dyp i Fig. 11.

Oppblomstringen i det Atlantiske vannet tar til når tilstrekkelig stabilitet er oppnådd. Det gjennomblandede overflatelaget er forholdsvis dypt slik at konsentrasjonen av planteplankton er omtrent den samme ved 5 og 25 meters dyp.

I modellen vil produksjonen nær iskanten være styrt av isens bevegelser. Fig. 11 (midten) viser hvordan isdekket kan variere på et slikt sted. Oppblomstringen tar til nær overflaten og kulminerer i begynnelsen av mai p.g.a. næringsmangel. Den økende konsentrasjon i 25 m skyldes synkning av planteplankton ovenfra.

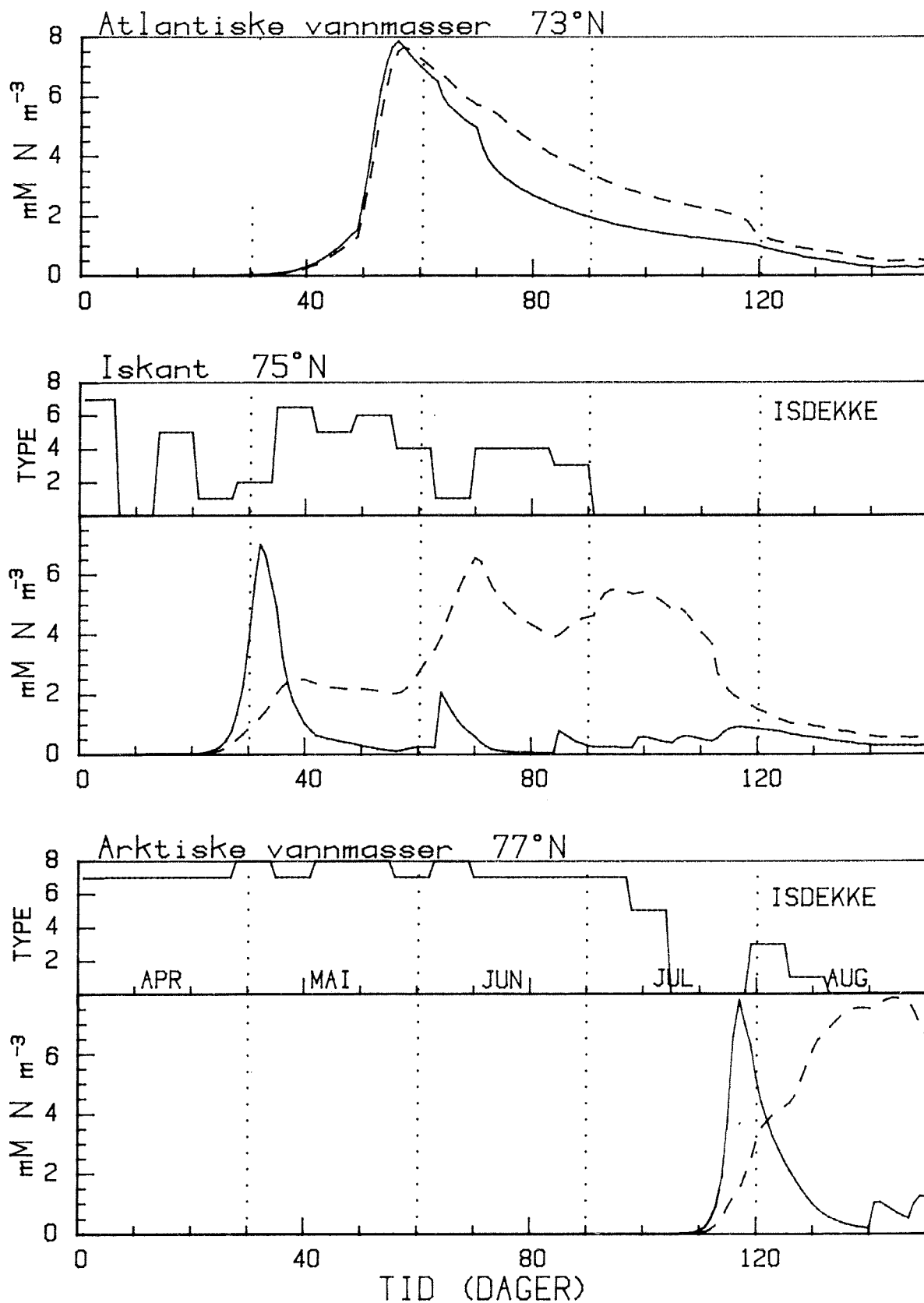


Fig. 11. Simulert konsentrasjon av planteplankton i 5 m (heltrukken linje) og i 25 m (streket linje) som funksjon av tiden i tre typiske vannmasser. [Simulated concentration of phytoplankton in 5 m (solid line) and in 25 m (broken line) as a function of time in three typical water masses found in the Barents Sea].

I mai kommer en periode med forholdsvis tett isdekke. Produksjonen avtar sterkt, og planteplanktonets biomasse reduseres. I begynnelsen av juni blir området igjen nesten isfritt, og vi får en ny oppblomstring nær overflata. Denne oppblomstringen kulminerer etter bare noen dager da næringssaltene som ble frigjort i løpet av mai raskt blir oppbrukt. Under sprangsjiktet (ved ca 10 m) er det ennå rikelige mengder med næringssalter. Siden næringssaltene er oppbrukt over sprangsjiktet, avtar planteplanktonkonsentrasjonen ved gjennomsynkning og beiting fra dyreplanktonet. Tilstrekkelige mengder lys kan nå trenge gjennom dette vannlaget slik at oppblomstring kan finne sted i de dypere vannmasser (20-40 m).

Lengre nord, i de Arktiske vannmasser, ligger isen tett utover sommeren (Fig. 11, nederst). Oppblomstringen vil her foregå på lignende måte som langs iskanten. Produksjonen starter nær overflaten for så å forflytte seg under sprangsjiktet. Simuleringsforsøkene viser at jo mer markert dette sprangsjiktet er, jo kraftigere blir oppblomstringen.

Som tidligere påpekt, er vannets vertikale stabilitet en av de hovedfaktorer som påvirker planteplanktonets vekst. Om sommeren spiller også stabiliteten en vesentlig rolle i planteplanktonets vertikale fordeling og dets evne til å opprettholde en viss produksjon. Fig. 7 viser variasjonene i den vertikale stabilitet ved utvalgte stasjoner sammen med vertikalfordelingen av klorofyll a og gradientene i nitratkonsentrasjoner

$$\frac{\Delta(\text{NO}_3)}{\Delta Z}$$

ved forskjellige dybdeintervaller. Maksimum i klorofyll a finnes alltid like under den skarpeste gradient i stabiliteten, men i samme dyp hvor den største gradienten i næringssaltene forekommer. Dette antyder at maksimum i planteplankton om sommeren er like avhengig av biologiske som fysiske faktorer.

Døgnstasjonene fra 1979 viste at det var små variasjoner i vertikalfordelingen av klorofyll a gjennom døgnet, sannsynligvis på grunn av rolige vindforhold. I 1980, med kraftig vind fra nord

mellom de to dekningene av hovedsnittet, forekom det imidlertid store forandringer i den vertikale fordeling av planteplanktonet. Vinden ser ut til å ha to hovedvirkninger på planteplanktonfordelingen - på den ene siden bidrar vinden til en blanding av planteplankton i det øverste lag, på den andre siden blir maksimum i planteplanktonkonsentrasjonen presset ned fra 20 til ca 50 m. Dette kan ha en negativ virkning på produksjonen siden lysforholdene i dypet er mindre gunstig. Om planteplanktonet kan opprettholde veksten i sitt nye miljø er avhengig av hvor fort det kan tilpasse seg til de lavere lysnivåer og til hvilken grad beiting av dyreplanktonet øker.

Planteplanktonets artssammensetning

Under undersøkelsene i 1979 ble det funnet at planteplanktonet besto nesten utelukkende av diatoméer. I 1980 var diatoméene igjen den dominerende gruppen, men det ble også funnet en del forskjellige flagellater. Tabell 2 viser fordeling i antall celler pr. ml av de 3 viktigste planteplanktongrupper ved utvalgte stasjoner ved de to deknings snitt I og II sommeren 1980. Mens mengdeforholdene mellom de tre hovedgruppene var noenlunde lik for begge snitt, var det en klar forskjell i forholdet mellom sentriske og pennate diatoméer. Ved snitt I var det en klar dominans av pennate diatoméer ved begge deknings snitt. Disse var representert hovedsaklig av en uidentifisert art av Nitzschia-slekten med en apikalakse mellom 15-20 μm , men det var også en god del av Nitzschia delicatissima. Ved snitt II var denne dominansen ikke så klar, og på enkelte stasjoner var sentriske diatoméer i flertall. Blant pennate diatoméer var igjen Nitzschia-slekten den dominerende og blant sentriske diatoméer flere Chaetoceros og Thalassiosira poroseriata.

Forskjellige flagellater utgjorde den andre viktige gruppen i planteplanktonet. Tallene gir kun en grov idé om gruppens størrelse siden det er kjent at fikseringsmetoden med formalin ødelegger de mest fragile celler og vanskeliggjør deres identifikasjon. De mest vanlige flagellater som forekom på nesten samtlige stasjoner var Monosiga marina i sine to varianter,

Tabell 2. Planteplanktonets gruppesammensetning (i celler pr. ml) i 1980 ved:
 A) Snitt I første dekning, B) Snitt I andre dekning, C) Snitt II første dekning,
 D) Snitt II andre dekning. [Group composition of phytoplankton (cells per ml)
 in 1980. A) Section I, first coverage, B) section I, second coverage,
 C) section II, first coverage, D) section II, second coverage].

SNITT I

A	76°40'N		76°00'N		75°30'N		75°00'N		74°40'N	
	St. 624		St. 627		St. 630		St. 633		St. 635	
	0 m	17 m	0 m	25 m	0 m	25 m	0 m	20 m	0 m	20 m
Diatomeer										
Sentriske	1.4	43.4	3.0	246.9	36.8	625.2	0.4	221.7	0.0	32.7
Pennater	1.0	45.8	19.3	10023.0	14923.0	14737.7	5035.6	6093.3	4075.9	10193.6
Dinoflagellater	8.8	2.0	1.4	0.0	1.6	2.0	2.2	.4	2.0	13.0
Flagellater	9.2	73.9	204.6	1166.1	1372.3	1677.4	357.4	535.7	351.9	1621.7
Total	20.4	165.1	228.3	11436.0	16333.7	17032.3	5395.6	6851.1	4429.8	11861.0

B	St. 707		St. 701	
	0 m	25 m	0 m	40 m
	Diatomeer			
Sentriske		0.0		0.0
Pennater		2338.0		6928.1
Dinoflagellater		0.0		0.2
Flagellater		216.6		1078.3
Total		2554.6		8006.6

SNITT II

C	76°40'N		76°10'N		75°40'N		75°10'N		74°40'N	
	St. 606		St. 603		St. 600		St. 597		St. 594	
	0 m	30 m	0 m	30 m	0 m	25 m	0 m	20 m	0 m	30 m
Diatomeer										
Sentriske	0.0	30.0	145.7	1280.5	519.3	1300.7	324.6	1028.9	47.0	130.7
Pennater	0.0	1.0	119.6	772.4	800.5	2662.8	75.5	596.3	1068.0	1308.9
Dinoflagellater	13.8	8.0	0.4	4.1	.4	.2	3.2	.4	0.4	0.8
Flagellater	11.6	35.6	249.0	490.1	89.8	449.2	67.4	253.2	469.9	669.8
Total	25.4	74.6	514.7	2547.1	1410.0	4412.9	470.7	1878.8	1585.3	2110.2

D	St. 708		St. 714		St. 719	
	0 m	40 m	0 m	35 m		
	Diatomeer					
Sentriske	0.0	339.6	1.8	119.6	0.0	479.0
Pennater	35.3	43.2	42.1	3324.3	8.9	682.1
Dinoflagellater	3.8	57.4	4.4	46.9	84.8	67.2
Flagellater	91.2	56.1	110.7	131.0	229.2	262.2
Total	130.3	556.3	159.0	3621.8	322.9	1490.5

marina og minima og Dinobryon balticum som ble funnet i forholdsvis store mengder på stasjonene nærmest iskanten.

Dinoflagellater ble kun funnet i små mengder. Bare i den andre dekning av snitt II ble funnet merkbare konsentrasjoner som hovedsaklig besto av Mesoporus perforatus og uidentifiserte athecate dinoflagellater mindre enn 25 μm .

Antall celler pr. volumenhet gir ikke noe riktig bilde av planteplanktonets biomasse siden størrelsen på de enkelte celler kan variere mye. For eksempel har en typisk N. delicatissima, en av de vanligste artene i området, et volum på ca 300 μ^3 . Thalassiosira poroseriata, en av de vanligste sentriske diatoméer funnet i 1980, har et volum på over 8000 μ^3 , ca 25 ganger større enn en N. delicatissima. Den store forskjell i volum forklarer for eksempel hvorfor man under første dekning av snitt I og II fant de største konsentrasjoner av klorofyll a ved snitt II hvor det ble målt lavere planteplanktonkonsentrasjoner som celler pr. ml enn ved snitt I. Ved snitt II utgjorde nemlig store sentriske diatoméer en vesentlig del av planteplanktonets biomasse.

Primærproduksjonen

Primærproduksjonen i 1979 ble målt "in situ" med 24 timers inkubasjon ved to stasjoner, en ved iskanten ($76^{\circ}42'N$; $33^{\circ}07'\text{Ø}$) og en ved den sørlige del av snitt I ($75^{\circ}15'N$; $31^{\circ}58'\text{Ø}$). Vertikalfordelingen av primærproduksjonshastigheten og klorofyll a er vist i Fig. 12. Det er en klar forskjell mellom de to stasjoner både i produksjonens størrelse og fordeling med dypet. På stasjonen nær iskanten var den døgnlige produksjon ca $2,53 \text{ gC} \cdot \text{m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$, på den sørlige stasjon var den vesentlig lavere, ca $0,55 \text{ gC} \cdot \text{m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$. Ved iskanten var produksjonshastigheten noenlunde jevn og moderat i overflatelaget for så å øke kraftig med dypet og oppnå sitt maksimum ved 25 m. Under maksimumet var produksjonen meget lav til tross for at klorofyll a-konsentrasjonene fortsatt var høye. Dette kan ha sin forklaring i den kraftige reduksjon av lyset som blir forårsaket av de store planteplanktonkonsentrasjonene ved maksimumsdypet. Ved den sørlige stasjonen fant man et lite maksi-

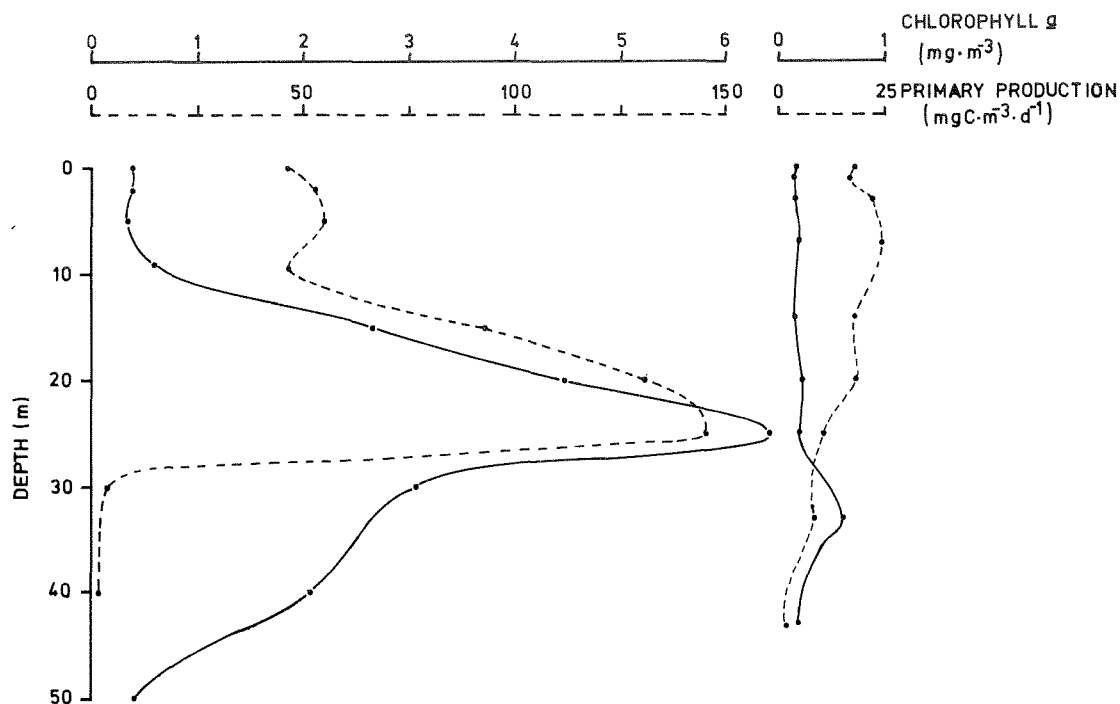


Fig. 12. Vertikal fordeling av klorofyll a og primærproduksjonen ved iskanten (til venstre) og ca 90 nautiske mil sør for iskanten. [Vertical distribution of chlorophyll a and primary production at the ice edge (left) and 90 nautical mile south of the ice edge (right)].

mum i klorofyll a ved 35 m, men ellers var konsentrasjonene ganske lave. Primærproduksjonen var lav uten topper i de øverste 20 meter, og ble enda mindre videre ned i dypet.

Simuleringsresultatene viser en tilsvarende variasjon i primærproduksjonen. Høy produksjon er mulig i en kort periode (6-10 dager) etter at isen er blitt borte. Størst total primærproduksjon synes det å være i områder hvor iskanten befinner seg om våren. I det arktiske vannet hvor isen ikke forsvinner før ut på sommeren, kan nok primærproduksjonshastigheten være meget stor for en kort periode, men den totale produksjon er betydelig mindre enn lengre sør. Dette skyldes kortere vekstsesong i nord.

Den store produksjon under overflatelaget (smeltevannet) var et karakteristisk trekk ved produksjonsforholdene både i 1979 og 1980. Siden de store konsentrasjonene av planteplankton, som finnes under det sterke sprangsjiktet, bare har begrensede muligheter for å komme opp i overflatelaget, er det naturlig å anta at det må være adaptert til de lavere lysforholdene. I 1980 ble det gjennomført en serie forsøk med å inkubere planteplankton fra 5,

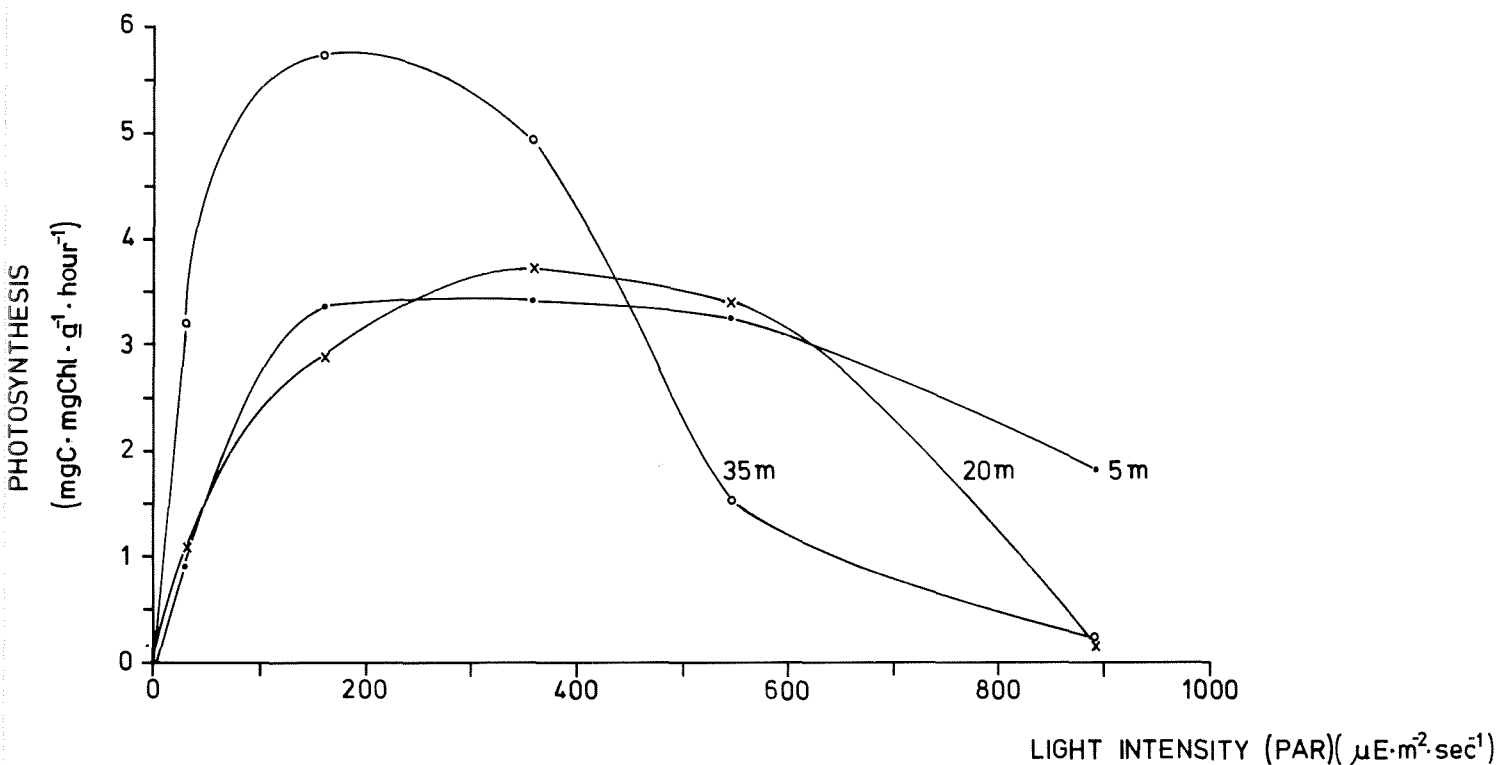


Fig. 13. Fotosyntese-lyskurver for tre forskjellige planteplanktonsamfunn i nærheten av iskanten. [Photosynthesis-light curves of three different phytoplanktonpopulations near the ice edge].

20 og 35 meters dyp under forskjellige lysintensiteter. Resultatene er vist i Fig. 13. Produksjonslyskurver fra 5 og 20 meter er ganske like og kan betraktes som typisk for det blandede overflatelaget hvor begge prøver kommer fra. To parametre fra produksjonslyskurven som brukes for å karakterisere planteplanktonets tilpasning til miljøet er kurvestigningen ($\Delta P/\Delta I$) også kalt produksjonskapasiteten, α , og den maksimale produksjon, P_{max} . I blandingslaget er

$$\alpha = 0,035 \text{ mgC} \cdot \text{mg}^{-1} \text{ klor} \cdot \underline{a} \cdot \text{time}^{-1} \cdot (\mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sek}^{-1})^{-1}$$

$$P_{max} = 3,50 \text{ mgC} \cdot \text{mg}^{-1} \text{ klor} \cdot \underline{a} \cdot \text{time}^{-1}$$

Planteplanktonet fra 35 meter ga verdiene

$$\alpha = 0,115 \text{ mgC} \cdot \text{mg}^{-1} \text{ klor} \cdot \underline{a} \cdot \text{time}^{-1} (\mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sek}^{-1})^{-1} \text{ og}$$

$$P_{max} = 5,75 \text{ mgC} \cdot \text{mg}^{-1} \text{ klor} \cdot \underline{a} \cdot \text{time}^{-1}$$

Dette betyr at planteplanktonet fra 35 meter er blitt tilpasset

de lavere lysforholdene som man finner i dette dyp, samtidig som det har bedre vekstbetingelser enn planteplankton fra overflate- laget. Det siste bekreftes ved at man i 35 m også fant overgangen til vannmasser med høyere næringssaltinnhold.

Et annet særtrekk ved arktiske områder er at det om sommeren kan være sollys gjennom hele døgnet. Derfor bør man vente at primærproduksjonen foregår noenlunde kontinuerlig. I 1980 ble det gjort et forsøk med å måle primærproduksjon "in situ" i to lysperioder fra kl. 0730 om morgenen til kl. 1930 om etter-middagen og fra 1930 til kl. 0730 neste morgen. Resultatene fra forsøket er vist i Fig. 14. Planteplanktonbiomassen var noenlunde likt fordelt med dypet under begge inkubasjoner, og den integrerte biomasse var henholdsvis $33,1 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2}$ og $24,2 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2}$ for "dag"- og "natt"-inkubasjoner, mens primærproduksjonen for inkubasjonsperiodene var henholdsvis $99,5$ og $66,8 \text{ mgC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot 12 \text{ timer}$. Dette viser at ca 40% av døgnets produksjon forekommer i løpet av den "arktiske natten". Den vertikale fordeling av produksjonshastigheten viser at den er større om natten enn om dagen i de øverste 5 m, noe som peker mot en eventuell lysinhibering av produksjonen om dagen. I dybdeintervallet 10-25 meter var produksjonen om dagen vesentlig

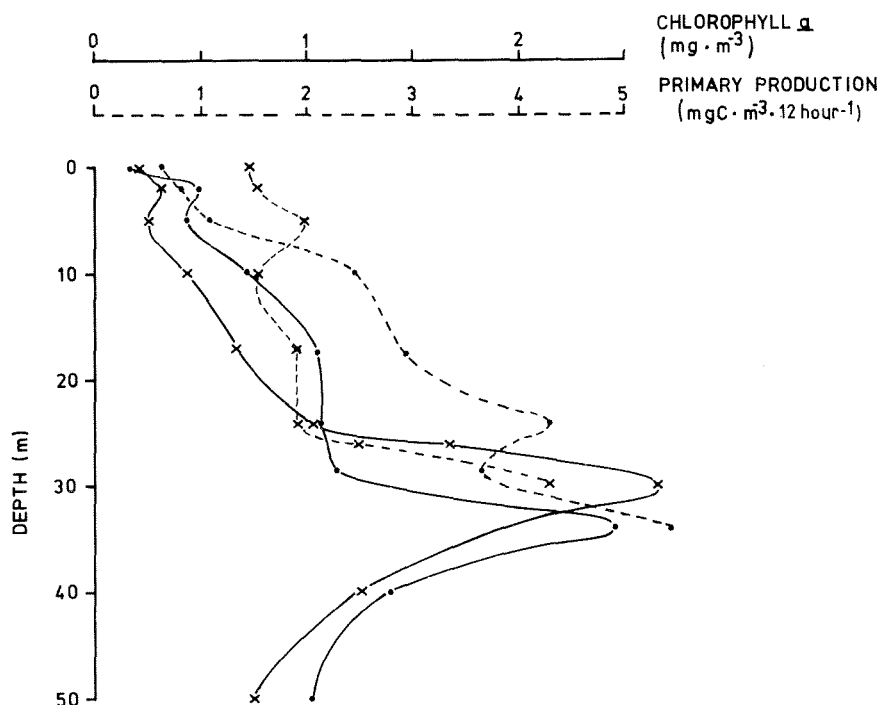


Fig. 14. Vertikalfordeling av klorofyll a (—) og primærproduksjonen (---) under to forskjellige inkubasjonsperioder (• fra 0730 til 1930; x fra 1930 til 0730). [Vertical distribution of chlorophyll a (—) and primary production (---) from two different incubation periods (• from 0730 to 1930; x from 1930 to 0730)].

større enn om natten. I dypet med maksimum biomasse (25-35 m), så det ut til at produksjonen var omtrent like stor både dag og natt.

Næringssalter

Fordelingen av næringssalter i havet er avhengig av både fysiske prosesser og av planteplanktonets vekst. Den siste faktoren påvirker næringssaltene særlig i det øverste lag, den såkalte fotiske sone som i Barentshavet strekker seg fra overflaten til ca 50 meters dyp. Under den fotiske sone er det de fysiske prosesser som har størst innflytelse på fordelingen av næringssalter.

Under feltundersøkelsene i 1979 og 1980 ble det funnet at overflatelaget var uttømt for nitrat og silikat og hadde lave konsentrasjoner av fosfat (Fig. 15). Dette tyder på en ganske produktiv biologisk sesong over hele det undersøkte området. Mellom dette næringsfattige overflatelaget og de underliggende vannmasser ble det funnet en gradient i næringssalter som var

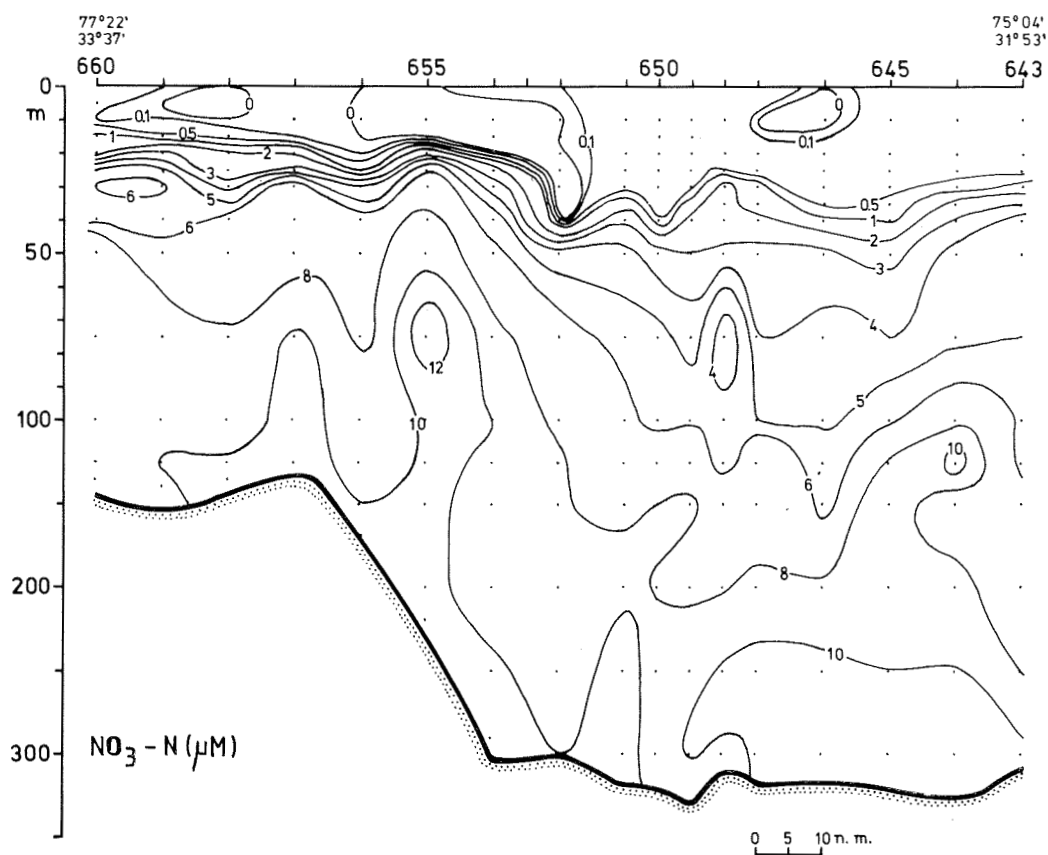


Fig. 15. Forts.

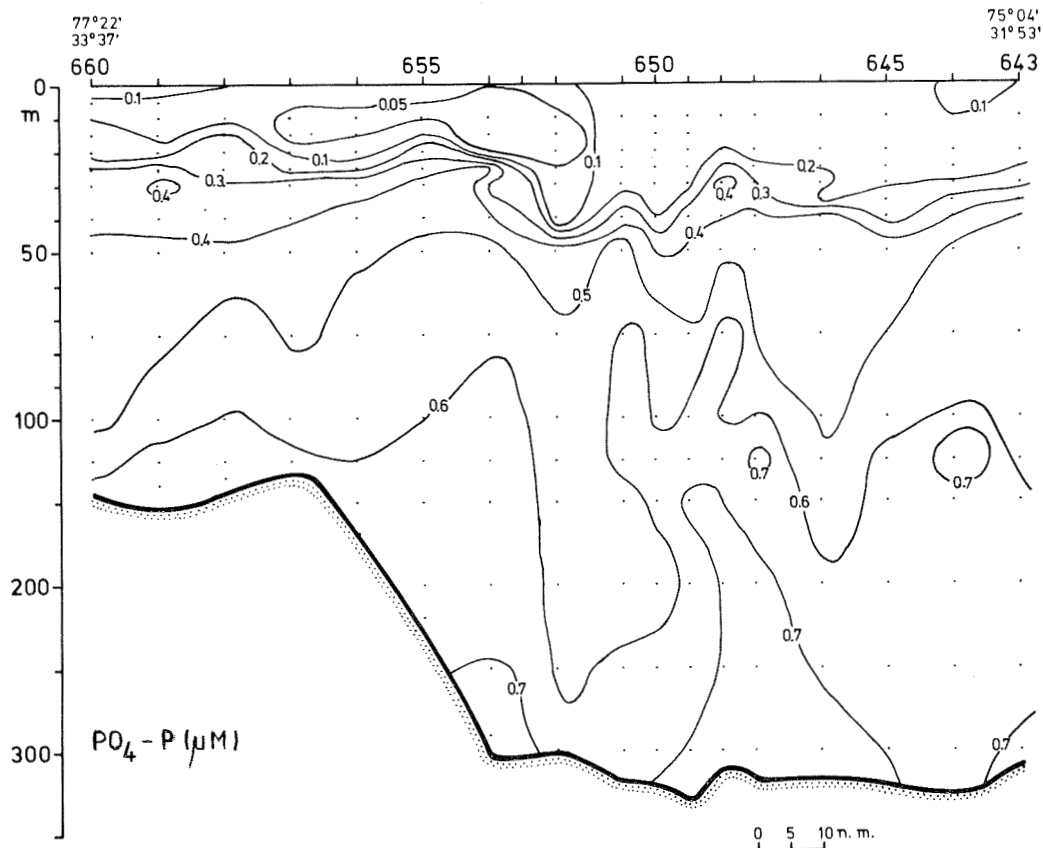
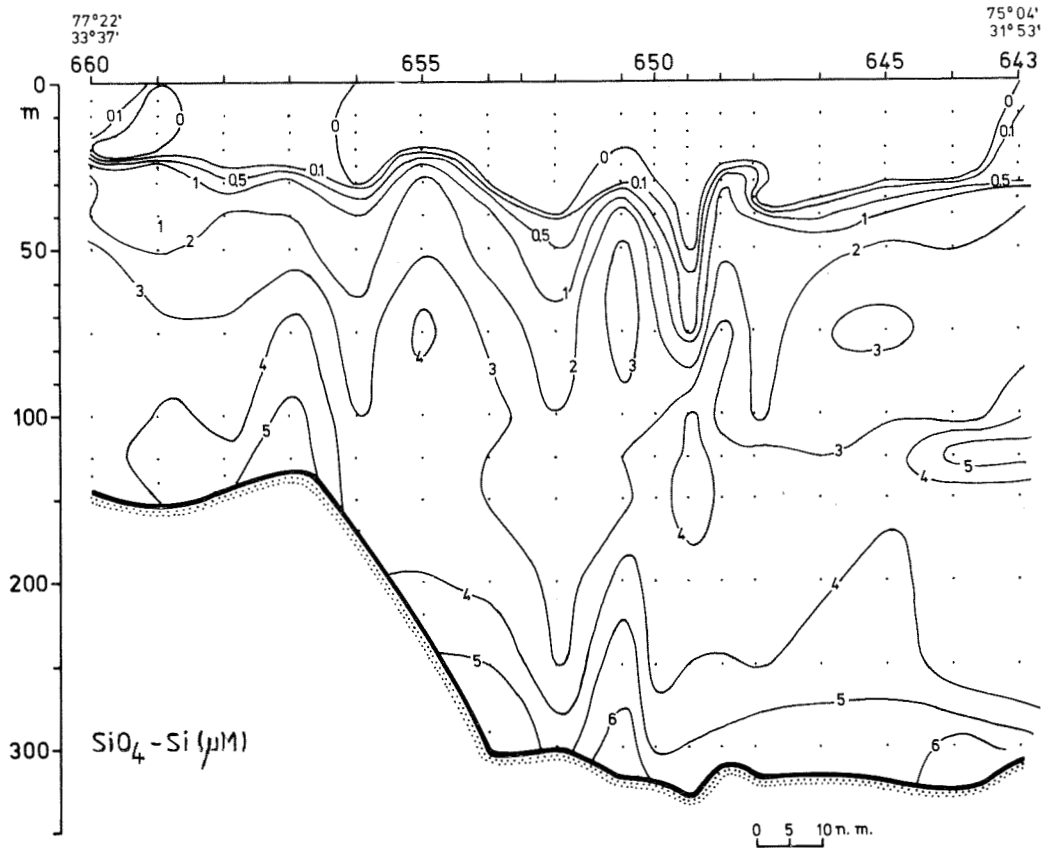


Fig. 15. Vertikalfordeling av nitrat, silikat og fosfat ved et snitt fra iskanten og sørover om sommeren. [Vertical distribution of nitrate, silicate and phosphate at a section from the ice edge and southwards during summer].

sterkere og grunnere dess nærmere man kom iskanten (Fig. 7). Denne gradienten ble alltid funnet like under sprangsjiktet og i de fleste tilfeller i samme dyp som maksimum i planteplanktonets biomasse.

Næringssaltfordelingen tyder på at forbruket av nitrat og silikat er hovedfaktorer som kontrollerer våroppblomstringen. Dette er i overensstemmelse med planteplanktonsammensetningen som viser at diatoméer, som trenger silikat for sin vekst, er den dominerende gruppe i planteplanktonsamfunnet i området. Før våroppblomstringen tar til er nitrat og silikat noenlunde jevnt fordelt med dypet i de øverste 100-150 meter (9-10 μM nitrat og 4-5 μM silikat).

I de dypere vannmasser (under 150 meter) ble det funnet at mens konsentrasjonene av fosfat og silikat holdt seg på noenlunde samme nivå langs hele snittet fra de sentrale deler av Barentshavet til iskanten, skjedde det en tydelig økning i nitratkonsentrasjonen mot nord, særlig områdene dominert av Arktisk vann. Dette fenomen vises tydelig i Fig. 16 hvor nitrat er plottet sammen med silikat for et av de undersøkte snitt.

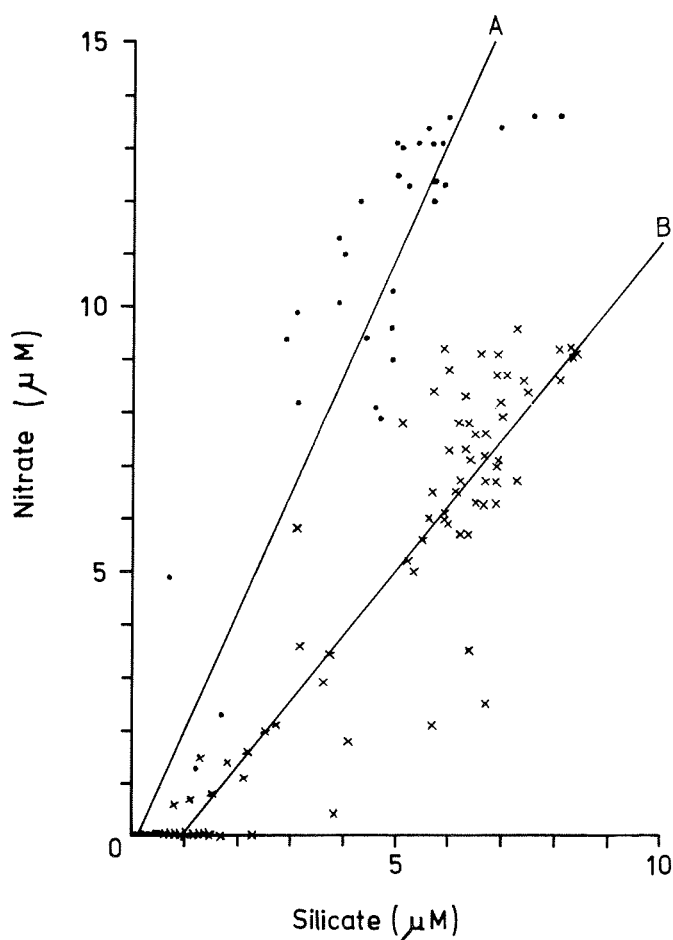


Fig. 16. Forholdet mellom nitrat og silikat i de sentrale deler av Barentshavet. a) nord for 76°N , b) sør for 76°N . [Relationship between nitrate and silicate in the central Barents Sea. a) north of 76°N , b) south of 76°N].

Dyreplankton

Dyreplanktonet i Barentshavet er, som arktisk plankton generelt, ganske artsfattig. Viktige arter er kopepoden Calanus finmarchicus (rauåte) og krillartene Thysanoessa inermis, T. raschii og T. longicaudata.

MANTEUFEL (1939) har gitt en generell beskrivelse av utviklingen gjennom året i Barentshavet. I mars, når det er vinterforhold, oppholder rauåta seg i dypet som kopepodittstadiene IV og V. Primærproduksjonen tar til i sørlige deler av havet i april i de områdene som ikke er isdekket, og endel yngel av rauåte kommer drivende sørfra. I april/mai vil rauåta bevege seg mot overflaten og utvikle seg til voksne, gyteferdige individer. I sørlige del av havet er utviklingen av rauåta kommet godt i gang på dette tidspunkt. I juni/juli finnes forskjellige utviklingstrinn av rauåte og krill over størstedelen av det isfrie havet, samtidig med at planteplanktonet blomstrer opp ved iskanten i nord. I august/september vil rauåta i sentrale og sørlige deler av havet trekke mot dypet for å overvintre, mens utviklingen fortsatt er i gang i nordlige og nordøstlige deler av havet. Senere på høsten er det lite plankton i overflatelagene mens det overvintrende planktonet står nær bunnen.

Den antatte sekundærproduksjonen i hele Barentshavet er beregnet til 65-130 mill. tonn (WIBORG, pers. medd.). Denne produksjonen går i stor grad til næring for fisk.

Produksjonen av dyreplankton er i hovedsak avhengig av at der er næring til stede, det vil si planteplankton. Undersøkelsene i 1979 og -80 viser at man i snitt fra iskanten og sørover finner forskjellige faser i planteplanktonets utvikling. Dette gjenspeiler seg også i utviklingen av dyreplanktonet.

Ved første dekning av snitt I i 1979 var det en tendens til at planktonvolumene økte jo lengre fra iskanten en kom. Dette forholdet var i hovedsak bestemt av forekomstene av rauåte og gjorde seg spesielt gjeldende i trekk fra 50-0 meter, mens det var mindre variasjoner i 200-50 meter. Rauåta dominerte både i bio-

masse og antall i prøver tatt med 500 μm håv, mens den adskillig mindre kopepoden Oithona similis ofte var den hyppigst forekommende i prøver tatt med 180 μm håv. Kopepoden Metridia longa var også ganske tallrik, men denne arten forekom kun på dypere vann.

Stadiefordelingen av rauåta var noe forskjellig i de grunne og dype trekkene, en forskjell som ikke skyldtes bruk av ulike redskaper. I de grunne trekkene var det i forhold til de dypere trekkene et relativt stort innslag av kopepodittstadium I langs hele snittet, økende mot nord. Sør for st. 548 ($76^{\circ}13'N$) dominerte kopepodittstadium I og IV, nord for denne stasjonen stadium V, mens voksne hunner i overflatetrekkene kun ble funnet nord for denne posisjonen (Fig. 17). De hydrografiske observasjonene viste at det omtrent i dette området gikk et skille mellom Arktiske og Atlantiske vannmasser (Fig. 5).

Utviklingstiden til rauåta er i hovedsak avhengig av temperaturforholdene (mattilbudet kan også bety noe), jo lavere temperatur, dess lengre utviklingstid. Ved en temperatur på ca 5°C tar utviklingen fra egg til voksen ca 85 dager (TANDE 1981). Det tar ca 20 dager å nå stadium I, mens stadium IV nåes etter ca 50 dager. Hvis utviklingen av rauåta følger isens tilbaketrekning, er det naturlig å finne mange ungstadier nord ved iskanten, med en økende dominans av eldre stadier lenger sør. Dette mønsteret ble stort sett funnet både i 1979 og 1980.

Vannmassene i sørlige del av snitt I i 1979 holdt en temperatur på $4-5^{\circ}\text{C}$ i de øvre 40 m. Det er nærliggende å anta at i det minste kopepodittstadium I-IV i sørlige del er av årets produksjon som da skulle ha vært i gang i midten av mai.

I den nordlige delen av snittet, nærmere iskanten og med tildels negative temperaturer, vil utviklingen ta lengre tid. Rauåta var her dominert av stadium V og voksne hunner som har overvintret på dypet, det vil si at de er produsert året før. De øverste 10 meter i nordlige del, hvor det var smeltevann, inneholdt relativt store mengder stadium I av årets produksjon. Det er nettopp i dette smeltevannet primærproduksjonen starter når isen trekker nordover.

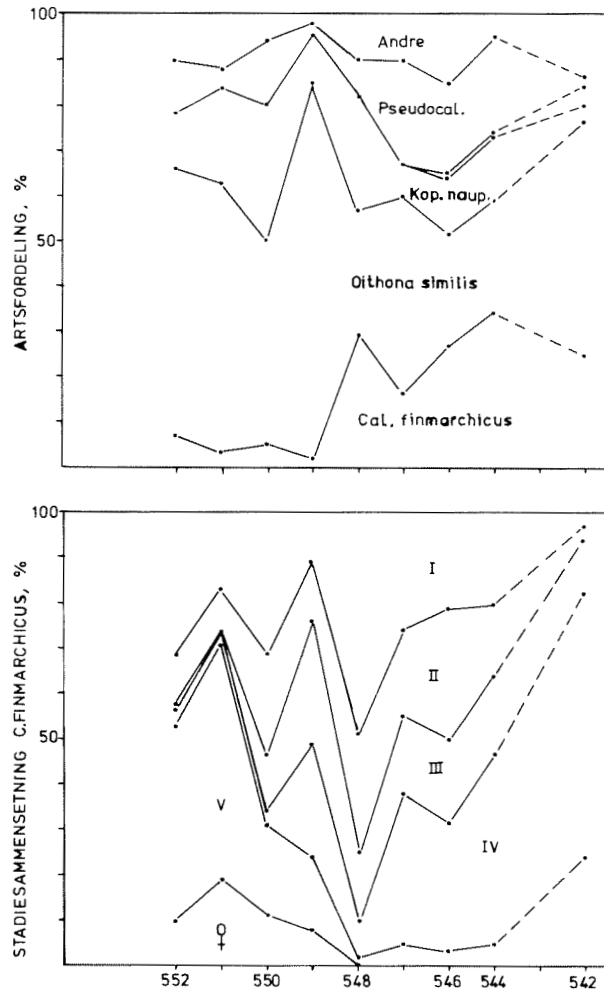


Fig. 17a. Artsfordeling og stadiesammensetning av *C. finmarchicus* langs snitt I, 11-12 juli 1979 med Juday 36 40-0 m. [Plankton species distribution and stage composition of *C. finmarchicus* along section I, 11-12 July 1979 taken with Juday 36 from 40-0 m].

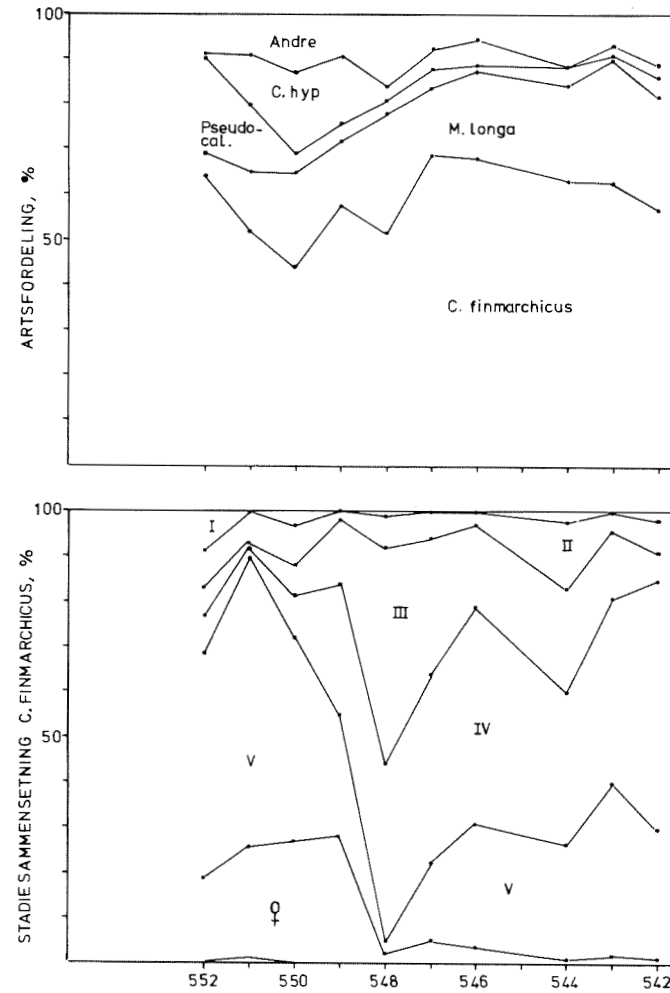


Fig. 17b. Artsfordeling og stadiesammensetning av *C. finmarchicus* langs snitt I, 1. dekning, 11-12 juli 1979 med Juday 80 bunn-0 m. [Plankton species distribution and stage composition of *C. finmarchicus* along section I, first coverage, 11-12 July 1979, taken with Juday 80 from bottom to surface].

I 1980 fant en i hovedtrekkene samme fordelingen av rauåtestadiene langs snittene, spesielt under første dekning da den nordligste delen ikke var dekket av is.

Allerede i mars 1980 var det enkelte dager med nesten isfrie forhold i området. Snitt I ble isfritt i siste halvdel av april, snitt II noe tidligere. I mai varierte isgrensen endel, og de nordligste stasjonene var isdekket fram til slutten av juni. Hva lyset (isdekket) angår skulle betingelsene for en primær- og sekundærproduksjon være til stede i april.

Bortsett fra de tre nordligste stasjonene på snitt I hvor det ble funnet kaldt Arktisk vann, var temperaturen på snittene stort sett $1-5^{\circ}\text{C}$ i de øverste vannlagene. Under slike forhold vil utviklingstiden for rauåte fram til stadium IV være ca 60-70 dager, og i sør må gytingen derfor ha funnet sted en gang i midten av april, kanskje noe tidligere på snitt II enn på snitt I. Et stort innslag av kopepodnauplier på den nordligste stasjonen viste at gytingen var i full gang. Stadiefordelingen av rauåte var forskjellig i de dype og grunne trekkene, i 50-0 m-trekkene var det et relativt stort innslag av stadium I og II i forhold til 200-50 m-trekkene der stadium IV og V hadde en tilsvarende høy dominans (Fig. 18).

De hydrografiske forholdene var noe endret ved andre dekning av snitt I i 1980. Isen hadde trukket sørover til ca 76°N , og de Arktiske vannmassene var dermed fullstendig isdekket.

I løpet av de 12-16 dagene hadde dyreplanktonmengdene i de øverste 50 m tydelig øket nær iskanten, særlig på snitt I. Også i 200-50 m-trekkene var volumene høyere enn tidligere. Klorofyllkonsentrasjonen hadde avtatt øverst i vannsøylen, men på større dyp ble det registrert en økning. Dette skyldes, som nevnt tidligere, en blanding av vannmassene mellom dekningene. En kan likevel ikke se bort fra en viss beiteeffekt.

Tidsforskjellen mellom første og andre dekning gjenspeiler seg også i stadiefordelingen av rauåta. I begge dypene, men spesielt i overflaten, ble det funnet relativt flere av de eldre stadiene ved andre dekning.

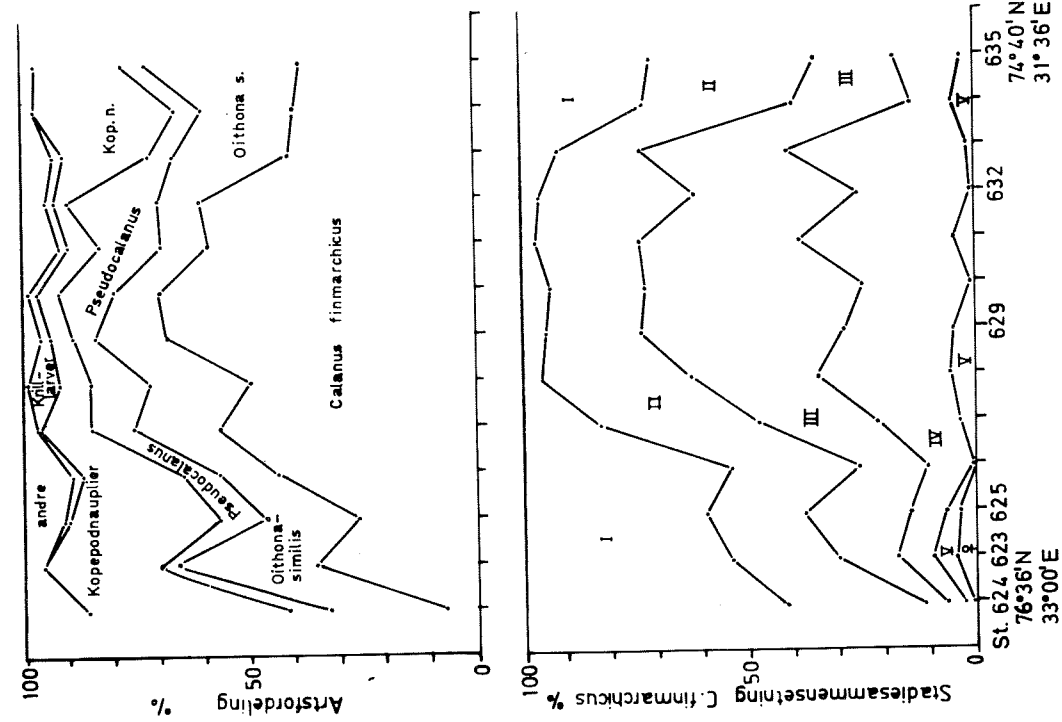


Fig. 18a. Artsfordeling og stadiesammensetning av *C. finmarchicus* i snitt I, 29-30 juni 1980, st. 623-635, tatt med Juday 36 i 50-0 m. [Plankton species distribution and stage composition of *C. finmarchicus* in section I, 29-30 June 1980, st. 623-635, taken with Juday 36 from 50-0 m].

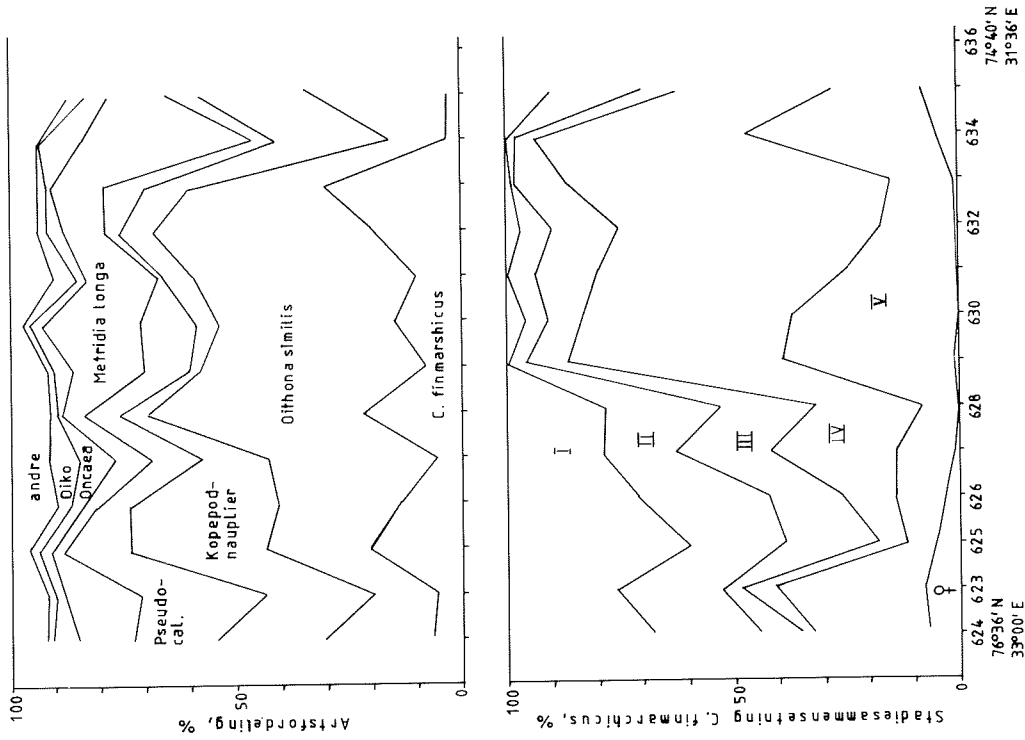


Fig. 18b. Artsfordeling og stadiesammensetning av *C. finmarchicus* i snitt I, 29-30 juni 1980, st. 623-635, tatt med Juday 36 i 200-50 m. [Plankton species distribution and stage composition of *C. finmarchicus* in section I, 29-30 June 1980, st. 623-635, taken with Juday 36 from 200-50 m].

Planktonvolumene var i 1980 gjennomgående høyere enn i 1979. Det er vanskelig ut fra et enkelt tokt å ha noen formening om også den totale produksjon var større i 1980, eller om utviklingen var kommet lengre ved innsamlingstidspunktet. Simuleringsresultatene fra modellen viser imidlertid at den totale produksjon av dyreplankton var betydelig høyere i 1980 enn i 1979 (Fig. 19). Dette gjelder spesielt områdene mellom 75°N og 77°N , altså i de sentrale og nordlige deler av snitt I.

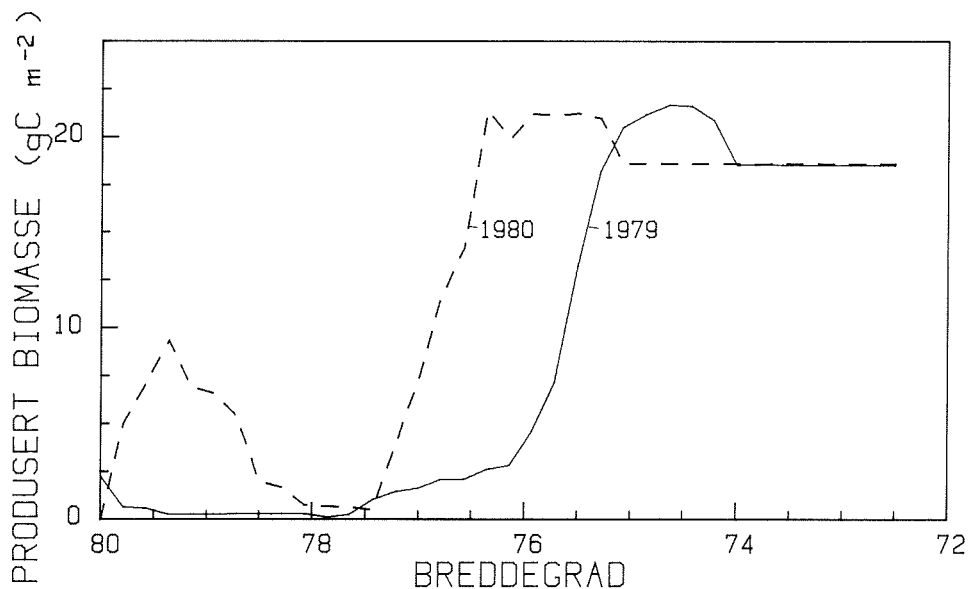


Fig. 19. Simulert mengde dyreplankton produsert (gCm^{-2}) i vekstsesongen 1979 (heltrukken linje) og 1980 (streket linje) som funksjon av breddegrad. [Simulated amount of zooplankton produced (gCm^{-2}) in the growth season 1979 (solid line) and 1980 (broken line) as a function of latitude].

Flere døgnstasjoner ble tatt i løpet av undersøkelsesperioden. Variasjoner i planktonsammensetning og -mengde gjennom døgnet synes hovedsakelig å skyldes endringer i vannmassene, ikke døgnlig vertikalvandring hos organismene. Ved første døgnstasjon i 1979 ble det tatt vertikale profiler av fordelingen av kopepod-nauplier i vannsøylen hver 3 time. Naupliemengdene varierte gjennom døgnet uten at dette syntes å ha noen sammenheng med en eventuell døgnlig vertikalvandring. En analyse av planktonsammensetningen i de ulike dypene viser at endringen i naupliemengdene og antallet O. similis i 10 m dyp hadde sammenheng med vekslinger

i Arktiske og Atlantiske vannmasser i dette dypet. Liknende variasjoner i planktonmengdene ble ikke observert i øvrige dyp hvor det forøvrig ikke foregikk endringer i vannmassene.

Den andre døgnstasjonen i 1979 ble lagt i den sørlige del av snittet hvor det kun forekom Atlantiske vannmasser. Relativt små endringer i planktonsammensetningen tyder ikke på noen døgnlig vertikalvandring. Noen utpreget døgnlig vertikalvandring kan heller ikke forventes på denne tid av året i Barentshavet med små endringer i lyset gjennom døgnet.

Sovjetiske forskere mener å ha påvist at mengdene og sammensetningen av kammaneter (Ctenophora) er av meget stor betydning for utviklingen av planktonsamfunnet i Barentshavet og dermed for oppvekstmulighetene for fisk. På denne bakgrunn ble det i 1980 startet en undersøkelse av kammaneter. Fordelingen av de planktonetende kammanetene langs snitt I var ganske lik fordelingen av det øvrige dyreplanktonet, d.v.s. få i sørlige og nordlige del, flest i de sentrale deler av snittet. Opptil 20 Bolinopsis infundibulum og 10 Pleurobrachia pileus ble observert pr. trekk i tillegg til et fåtall Beroë cucumis.

På snitt II var fordelingen mer variabel. Antallet individer pr. trekk var her mye høyere, opp til 170 P. pileus og 30-40 B. cucumis. På begge snittene var det en tydelig økning i antallet kammaneter mellom første og andre dekning.

Lodde

Undersøkelser av mageinnholdet

Både i 1979 og 1980 ble det samlet inn prøver av lodde for undersøkelse av mageinnholdet. En ønsket å se både på de kvalitative og kvantitative sidene av næringsopptaket. Ved å sammenlikne sammensetningen av byttedyrene i mageinnholdet med planktonorganismene (potensielle byttedyr) i sjøen skulle det være mulig å si noe om loddas eventuelle selektive næringsopptak.

Prøvene som er opparbeidet er fra 1980 og er tatt fra snitt I og II på trålstasjonene 174 og 176-181. Samtlige fisk ble veiet og lengdemålt i lengdegrupper med 2-cm intervaller. Hver gruppe inneholder fra 10 til 24 individer, og alle data innen gruppene er slått sammen. Gjennomsnittslengdene varierte fra 13,0 til 16,4 cm, og gjennomsnittsvektene fra 8,3 til 18,6 g.

Magesekken med svelget ble dissekert ut, og innholdet ble veiet etter at overflødig vann var fjernet. Magefyllingsgraden (M) er her definert som

$$M = \frac{V_m}{V_f} \times 100\%$$

der V_m er vekten av mageinnholdet og V_f er vekten av fisken. Fultons kondisjonsfaktor (K) gir et mål på fiskens generelle fysiologiske tilstand:

$$K = \frac{V_f}{L_f^3} \times 100$$

der L_f er fiskens lengde. Fig. 20 viser forholdet mellom magefyllingen og planktonmengden. Det ser ut til å være en positiv sammenheng ($r = 0,83$), men det må poengteres at magefyllingen har en naturlig begrensning oppad. Kondisjonsfaktoren, som bare i mindre grad påvirkes av hurtige forandringer i næringstilgangen, ser ikke ut til å være korrelert til planktonmengden.

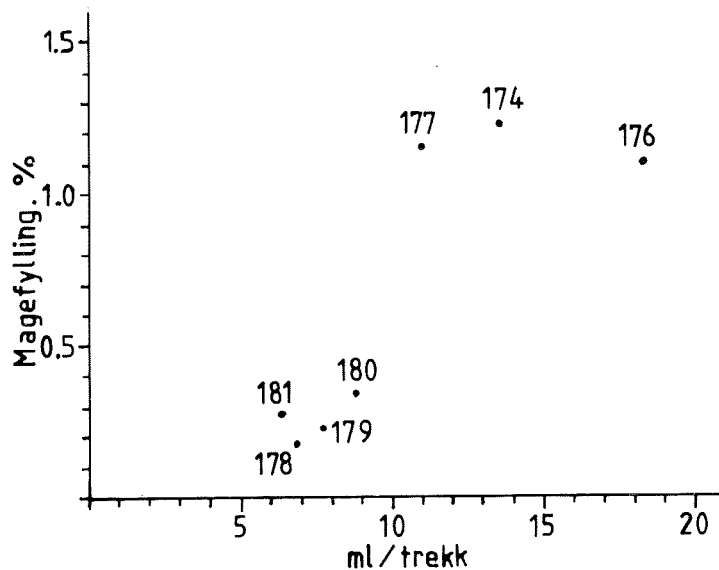


Fig. 20. Magefyllingsgrad som funksjon av planktonvolumer. Tallene refererer til trålstasjonsnummer. [Stomach filling as function of plankton volumes. Numbers refer to trawl station numbers].

Mageinnholdet ble bestemt til artsnivå der det var mulig, men ofte var fordøyelsen så langt fremskredet at organismene bare kunne bestemmes til hovedgrupper. På grunn av en antatt varierende fordøyelseshastighet av de forskjellige byttedyrene var det vanskelig å få nøyaktig mål på deres relative betydning kvantitativt. Når mageinnholdet var sterkt fordøyet, kunne bare få arter identifiseres. Krilløyne fordøyes langsomt og vil derfor akkumuleres i magesekken. Disse ble derfor ikke tatt med i tellingen. Kopepoder var relativt lette å telle mens krill og amphipoder ofte ble funnet i fragmenter slik at antallet var vanskelig å bestemme. Byttedyrene ble inndelt etter kroppslengden. Av tids-hensyn ble det benyttet relativt store intervaller: 0-5, 5-10, 10-15, 15-25 og 25-30 mm. For store organismer som krill og pilormer er denne inndelingen brukbar, men for kopepoder og mindre dyr har den liten verdi. For Calanus finmarchicus (rauåte) ble stadiet bestemt der det var mulig. Dette muliggjorde en omregning til biomasse senere. Tabell 3 viser forholdet mellom byttedyr funnet i mageinnholdet og planktonsammensetningen. Det vil alltid være problematisk å sammenlikne kvantitativt/kvalitativt mageinnhold med mattilbud. Den enkleste måten er å ta utgangspunkt i de prosentvise fordelingene. Dette forutsetter at lodda har tilgang på de organismene en finner i planktonprøvene, bortsett fra dyr med ekstreme størrelser. I tabellen er Calanoide kopepoder den tallrikeste gruppen. Metridia longa ble observert i mageinnholdet og i planktonet i moderate mengder. Det samme gjelder den noe mindre Pseudocalanus elongatus. Microcalanus sp. rangerer lavere i prosentfordelingen. De cyclopoide kopepodene hadde en ganske høy frekvens i planktonet, men ble sjelden funnet i mageinnholdet. Dette kan delvis forklares med muligheten for å bli oversett sammen med annet fordøyet materiale på grunn av den beskjedne størrelsen. Det ble heller ikke funnet krill- eller kopepodnauplier i mageinnholdet. Krill er ernæringsmessig viktig med gj.sn. 6 individer pr. mage. De eksemplarer som ble bestemt var Thysanoessa inermis, den vanligste arten i området. Parathemisto abyssorum (Amphipoda) ble funnet kun i mindre mengder. Conchoecia elegans (Ostracoda, muslingkreps) ble ofte funnet i mageinnholdet, men helst i lave antall. Sneglelarver, sannsynligvis Limacina helicina (kruttåte) ble funnet i plank-

tonet og ca halvparten av loddemagene (én med 86 individer). Echinodermlarvene med sin ubetydelige størrelse ble ikke observert i mageinnholdet og har neppe noen betydning næringsmessig.

Tabell 3. Gjennomsnittlig antall og prosentfordeling av byttedyrarter fra trålst. 176 (14-16 cm lodde; n=20) og numerisk prosentfordeling av 100 planktonorganismer (short cut metoden) fra st. 702. Andre organismer som ble registrert er indikert med +. [Mean numbers and distribution of prey species expressed in percentages, from trawl station 176 (14-16 cm capelin, n=20), and distribution of 100 animals from a plankton sample (short cut method). Other observed species are indicated with +].

Byttedyrart	Mageinnhold		Plankton %	
	Antall	%	200- 50m	50-0 m
Calanoide kopepoder:				
Calanoide kop. ubest.	20,5	65,9	66	82
Calanus finmarchicus	21,2	31,6	56	51
C. hyperboreus			+	
Metridia longa	1,4	2,0	6	
Euchaeta norvegica	0,1	0,1		
Pseudocalanus elongatus	0,8	1,1	2	30
Microcalanus sp.	0,1	0,1	2	1
Cyclopoide kopepoder:				
Oithona spp.	0,1	0,1	25	12
Oncaea borealis			3	2
Krill:				
Krill ubest.	5,5	8,9	1	1
Thysanoessa inermis	0,5	0,7		
Kopepodnauplier				
Parathemisto abyssorum	0,1	0,1	5	2
Conchoecia elegans	0,4	0,5	+	
Conchoecia elegans	0,4	0,1		
Evadne nordmanni	0,1	0,1		
Sneglelarver	5,6	8,5		+
Echinodermlarver				+
Sagitta elegans	0,3	0,4	+	+
Oikopleura dioica	10,0	14,9	+	1

Sagitta elegans (pilormer) er vanlig i planktonet. Det var imidlertid få observerte eksemplarer i mageinnholdet på denne stasjonen.

Pilormene deformeres fort under fordøyelsesprosessen med den følge at de lett kan overses i mageinnholdet. Oikopleura dioica ("haledyr") ble funnet hyppig i de fleste magene, men de var vanskelig å identifisere, særlig når halepartiet manglet. Av

tabellen går det fram at calanoide kopepoder er den viktigste gruppen tallmessig sett, i overensstemmelse med forekomstene. Det er sannsynlig at krillen er underrepresentert i planktonprøvene siden den unngår mindre fangstredskaper (36 cm Judayhåv).

I forsøk på å unngå problemet med at små og ubetydelige arter tillegges for stor betydning, er det i Tabell 4 vist data kun for de viktigste byttedyrsgruppene (de øvrige inngår ikke i beregningene). Samtlige stasjoner og prøver er tatt med. De calanoide kopepodenes andel i planktonet er over 95% mens tallet er noe lavere for mageinnholdet. Forholdet er omvendt for krill, men dette kan som nevnt skyldes fangstmetodikken. Amphipoder utgjør overalt mindre enn 2%. Pilormer er også fåtallige med unntak av st. 174.

Tabell 4. Numerisk prosentfordeling av byttedyr og plankton for de viktigste dyregruppene. T = trålstasjon, S = hydrogr.stasjon (plankton), A = 12-14 cm lodde, B = 14-16 cm, C = 16-18 cm. [Distribution of the main groups of animals found in capelin stomachs and plankton samples, expressed in percentages. T = trawl station, S = hydrogr. station (plankton), A = 12-14 cm capelin, B = 14-16 cm, C = 16-18 cm].

	T 174		S 700		T 176		S 702		T 177		S 704	
	B	C			B				A	B		
Cal. kopepoder	87,2	80,1	98,6		86,8	98,5			73,7	83,7		97,4
Krill	2,0	5,7	1,4		11,8	1,5			26,2	15,3		2,6
Amphipoder	0,4	1,6	0		0,8	~0			0,1	1,0		~0
Pilormer	10,4	12,6	0		0,6	~0			0	0		~0

	T 178		S 712		T 179		S 714		T 180		S 716		T 181		S 717	
	B				B	C			B				B			
Cal. kopepoder	20,0	100	91,3	80,8	97,1				97,4	94,9			82,7		98,4	
Krill	80,0	0	4,3	15,4	2,9				2,6	5,1			11,7		1,6	
Amphipoder	0	~0	0	0	~0				0	~0			0		0	
Pilormer	0	~0	4,3	3,8	~0				0	0			5,6		~0	

I ernæringsssammenheng har antallet byttedyr i seg selv liten betydning om en ikke trekker inn næringsinnholdet eller i det minste våtvekten. For å vurdere de forskjellige byttedyrs betydning må en ta hensyn til vekten i de forskjellige lengdegrupper eller stadier. Vektdata er hentet fra litteraturen (BOGOROV 1959 og WIBORG, pers.komm.). For krill er det brukt data fra egne

målinger på materiale fra Barentshavet. Tabell 5 viser gjennomsnittlige antall byttedyr pr. fisk i 14-16 cm-størrelsen samt vekt- og prosentfordeling i hver gruppe. De calanoide kopepodene med C. finmarchicus rangerer stadig høyest, mens krill kommer etter med 33% av våtvekten. Våtvekten av pilormer (Sagitta) utgjør 10%. Parathemisto bidrar med 6% av mageinnholdet, mens de øvrige gruppene har liten betydning.

Tabell 5. Antall og vektfordeling av byttedyr for 14-16 cm lodde, n = 104. [Numbers and weight distribution of prey animals for 14-16 cm capelin, n = 104].

Byttedyrart	Lengdegr. (mm)					Antall byttedyr pr. mage		Vekt	
	0-5	5-10	10-15	15-25	25-30	mg	%		
Calanoide kopepoder	7.51					8.9	17.3	24.2	47.2
Calanus finmarchicus	7.05	0.01				5.9		16.1	
Metridia longa	4.0					2.5		6.8	
Pseudocalanus elongatus	0.31					0.02		0.05	
Microcalanus pygmaeus	0.04					0		0	
Cyclopoide kopepoder	0.73					0.01	0.03		
Harpacticoide kopepoder	0.01					0	0		
Krill	1.45	0.12	0.05	0.14	0.04	12.1	33.0		
Nauplier (krill, kop.)	0.01					0	0		
Parathemisto abyssorum	0.08		0.01	0.01		2.2	6.0		
Cirripedarver	5.21					0.2	0.5		
Conchoecia elegans	0.22					0.07	0.2		
Evadne nordmanni	12.43					0.4	1.1		
Polychaetlarver	0.07					0.01	0.03		
Limacina helicina	1.05	0.03				0.5	1.4		
Sagitta elegans	0.07	0.23	0.06	0.44	0.01	3.8	10.3		
Oikopleura dioica	1.93					0.04	0.1		
						36.7	100		

Den gjennomsnittlige vekten av mageinnholdet for de prøvene som inngår i Tabell 5 er 74 mg. Dette er det dobbelte av det som er beregnet ut fra vektdata for de bestemte organismene. Under forutsetning av at vektberegningene er riktige og mageinnholdet er korrekt veiet (varierende vanninnhold kan forekomme), er halvparten av mageinnholdet med hensyn til vekt så fordøyet at den ikke lar seg identifisere. Om byttedyrfordelingen i denne fraksjonen er den samme som i den identifiserbare delen er usikkert fordi næringstilbudet kan forandre seg hurtig (kan skyldes

vandring), og fordi dyr av forskjellig art og størrelse fordøyes med forskjellig hastighet. Således vil større og tungt fordøyelige organismer kunne bli overrepresentert.

Undersøkelser av lodde fra Varangerfjordområdet og sørlige Barentshav fra vår- og sommersesongen 1978-79 viser at krill og calanoide kopepoder tallmessig dominerer blant byttedyrene, mens amphipoder utgjør kun et par prosent (LUND 1981). Videre er det tydelig at den største lodda tar relativt mye amphipoder og krill, mens en for kopepodenes vedkommende finner de høyeste prosentene hos de minste fiskene. Det er ikke mulig å se samme tendensen i denne undersøkelsen siden lengdevariasjonen til den undersøkte lodda er for liten.

Vekst og modellering

Som nevnt innledningsvis er det langsiktige målet å lage en modell som, ved å måle et fåtall parametre om sommeren, kan gi en brukbar prognose for loddas vekst utover høsten.

For å utvikle en slik modell må en finne ut, hvordan loddas vekst avhenger av mattilbud av ulike kategorier, temperatur og andre faktorer. En må da observere, ikke bare de ulike parametrene sin tilstand i øyeblikket, men også tidsendringer. Det metodiske hovedproblemet blir da å skille reelle tidsendringer fra effekten av romlige gradienter. Dette er også et problem når det gjelder plankton, der den romlige gradienten sammen med strøm fører til tidsendringer om en observerer på samme sted. Da imidlertid reststrømmen er liten, er forflytningen av planktonet liten over et tidsrom der vi registrerer vesentlige tidsendringer.

Når det gjelder lodde, er dette problemet av en helt annen størrelsesorden. Lodda har en rask egenbevegelse i undersøkelsesperioden, opp til 6 n.m. pr. døgn, og det kan være vesentlige endringer i populasjonens sammensetning når det gjelder lengde, vekt, kjønn og alder over en avstand på 60 nautiske mil. Dette fører til at effekten av romlige gradienter fullstendig maskerer de rene tidsendringene. Situasjonen kan forklares slik: Vi obser-

verer det gjennomsnittlige mattilbudet i et område og en strøm av lodde over området. Denne strømmen består av lodde med stadig skiftende vekt, dels som en følge av veksten i det området den strømmes fra, dels som en følge av veksten i det området den strømmes over. På den tidsskalaen vi kan gjøre oss forhåpninger om å registrere vektøkning hos lodde (1 mnd), kan disse områdene ligge svært langt fra hverandre. Vi kan konkludere med at det synes som om det er godt håp om å bygge en kvantitativ forståelse av planktonodynamikken inn i en modell på grunnlag av de innsamlete data. Skal imidlertid loddas vekst kunne modelleres, krever det en atskillig bedre romlig dekning enn det vi hadde i 1979 og 1980.

På basis av 1979- og 1980-toktene kan det likevel etableres en del konklusjoner:

- loddas vandringsfart var 3-6 nautiskemil pr. døgn
- det var mye mindre vekst for hanner enn for hunner i undersøkelsesperioden
- veksten var korrelert med total biomasse av dyreplankton.

En annen metode for å måle vekst baserer seg på forholdet mellom RNA og DNA (BUCKLEY 1979). Så vidt vi vet er det ennå ikke gjort slike målinger på voksen lodde. Denne metoden kan kanskje vise seg brukbar til å måle individuell vekst og bør forsøkes.

OPPSUMMERING

1. Det er to hovedvannmasser i undersøkelsesområdet; Arktisk vann som er isdekket om vinteren og Atlanterhavsvann som om vinteren periodevis er isdekket helt i nord.
2. Stabiliteten dannes forskjellig i de ulike vannmasser.
 - a) I isdekkete områder forårsaker ismeltingen et stabilt overgangslag mellom smeltevannet (ca 10 m) og underliggende Arktiske vannmasser. Dette overgangslaget dannes allerede i mai i områder som er delvis isdekket og forsterkes senere ved soloppvarming.

- b) I Atlanterhavsvannet dannes stabiliteten ved soloppvarming av overflatevannet og kommer noe senere enn ved iskanten.
3. Det er store variasjoner i isforholdene fra år til år. Dette har betydning både for de fysiske forhold og planktonproduksjonen.
 4. Strømmene i området er svake med små vertikale gradienter og bidrar derfor lite til vertikale blandingsprosesser.
 5. Planteplanktonets oppblomstring ved iskanten er sterkt avhengig av vannets vertikale stabilitet og tar til allerede når området er dekket eller delvis dekket av isen.
 6. I de områdene som er blitt isfrie finner man at bestanden av planteplankton er minst i overflatelaget (smeltevann) og størst i ca 20-30 meter dyp hvor også primærproduksjonen er størst. Maksimum i klorofyll a finnes alltid like under den skarpeste tetthetsgradienten og i samme dyp som hvor den største vertikale gradienten i næringssaltene forekommer.
 7. Vinden har stor virkning på den vertikale fordeling av planteplankton gjennom vertikal blanding.
 8. Planteplankton under laget med smeltevann er sterkt lysadaptert.
 9. Primærproduksjonen foregår gjennom hele døgnet, og 40% av denne foregår mellom kl 19 - 07.
 10. Overflatelaget langs hele snittet er om sommeren uttømt for nitrat og silikat. Denne uttømmingen er hovedfaktoren som begrenser oppblomstringen.
 11. Diatoméer, både sentriske og pennater, er den dominerende gruppe i planteplanktonet med 80-90% av det totale celledetall.

12. Modellen synes å beskrive primærproduksjonen utfor iskanten på en tilfredsstillende måte. Produksjonen som foregår under isen er derimot dårlig beskrevet i modellen. Vekst av planteplanktonet foregår her sannsynligvis i åpne råker, noe som gjør det vanskelig å beregne produksjonen med den nåværende modell. Bedre kjennskap til forholdene i råkene er derfor nødvendig.
13. Sekundærproduksjonen starter i sørlige del av Barentshavet i april, trekker nordover etter hvert som isen smelter, og er fortsatt i gang i nordlige deler av havet i august/september.
14. I snitt fra iskanten og sørover finner en forskjellige faser i dyreplanktonets utvikling, f.eks. mye kopepodnauplier nær isen, eldre kopepodstadier lengre sør.
15. Rauåte, Calanus finmarchicus, dominerer i biomassen, kopepoden Oithona similis er i enkelte prøver mest tallrik.
16. Feltundersøkelsene viste høyere mengder av dyreplankton i 1980 enn i 1979, dette samsvarer med modellen som ga høyere total produksjon i 1980.
17. Døgnlig vertikalvandring hos dyreplanktonet i Barentshavet om sommeren ble ikke påvist.
18. Modellens beregninger av dyreplanktonproduksjonen er mer usikker enn for planteplankton. Dette skyldes i hovedsak manglende data om:
 - a) Antall individer pr. m² som overvintrer og legger egg den påfølgende vår samt artsfordeling av disse.
 - b) Utviklingstid og veksthastighet av Calanus glacialis og C. hyperboreus.
 - c) Horisontal transport av dyreplankton.

19. Artssammensetningen i planktonet og i mageinnholdet til lodda ble sammenliknet kvalitativt og kvantitativt for å undersøke eventuelt selektivt næringsopptak.

De artene/gruppene som ble funnet i planktonet ble stort sett funnet i mageinnholdet. Krill, pilormer og amphipoder syntes å ha en lavere frekvens i planktonet, men dette kan skyldes metodiske svakheter.

En bedre sammenlikning vil kreve langt flere data, og bruk av EDB er nødvendig. Dette vil bli benyttet på senere materiale.

20. Det synes å være positiv sammenheng mellom magefylling og tilgjengelig planktonmengde.
21. Loddas viktigste næringskomponenter var Calanoide kopepoder (Calanus finmarchicus), krill, pilormer og amphipoder. Disse utgjorde henholdsvis 50, 30, 10 og 6% av våtvekten i mageinnholdet.

LITTERATUR

- BLINDHEIM, J. og LOENG, H. 1981. On the variability of Atlantic influence in the Norwegian and Barents Seas. FiskDir. Skr.Ser.HavUnders., 17: 161-189.
- BOGOROV, B.G. 1959. On the standardization of marine plankton investigations. Int.Revue ges. Hydrobiol. Hydrographie, 44: 621-642.
- BUCKLEY, L.J. 1979. Relationship between RNA/DNA ratio, prey density, and growth rate in Atlantic cod larvae. J. Fish. Res. Board Can. 36: 1497-1502.
- ELLERTSEN, E., LOENG, H., REY, F. og TJELMELAND, S. 1981. "Lodda på sommerbeite". Feltobservasjoner i 1979 og 1980. Fisken Hav., 1981(3): 1-68.

- HEGSETH, E.N. and SAKSHAUG, E. 1982. Seasonal variation in light- and temperature-dependent growth of marine planktonic diatoms in in situ dialysis cultures in the Trondheimsfjord, Norway (63°). J. exp. mar. Biol. Ecol. (in press).
- LOENG, H. 1979. Isforholdene i Barentshavet og vest av Spitsbergen. En oversikt. Fisken Hav., 1972(2): 29-75.
- LUND, A. 1981. Ernæring hos lodde, Mallotus villosus villosus (Müller), i Barentshavet. Hovedfagsoppgave i fiskeribiologi, Universitetet i Bergen. Upublisert. Deponert ved Universitetsbiblioteket i Bergen. 128 s.
- MANTEUFEL, B.P. 1939. Plankton and herring in the Barents Sea. Trudy polyar. naucho-issled. Inst. Morsk. ryb. Khoz. Okeanogr., 7: 125-218.
- SLAGSTAD, D. 1981. Modeling and simulation of physiology and population dynamics of copepods. Effects of physical and biological parameters. Modeling, Identification and Control, 2: 119-162.
- SLAGSTAD, D. 1982. A model of phytoplankton growth. Effects of vertical mixing and adaptation to light. Modeling, Identification and Control. (In press).
- TANDE, K. 1981. Havbiomodeller. Effekter av næringskonsentrasjon og temperatur på utviklingstid og vekst hos rauåte Calanus finmarchicus under eksperimentelle forhold. Foreløpige resultater. Stiftelsen for industriell og teknisk forskning ved Norges Tekniske Høgskole. Rapport nr. STF 48 F81038: 1-35.
- VINJE, T. 1982. Frequency distribution of sea ice in the Greenland and Barents Seas, 1971-1980. Norsk Polarinst. Arb., 1980. (In press).

Prosjektet "Lodda på sommerbeite" har siden 1980 mottatt økonomisk støtte fra Norges Fiskeriforskningsråd (NFFR). Prosjektet "Havbio-modeller" har hatt økonomisk støtte fra Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd (NTNF) og NFFR.