

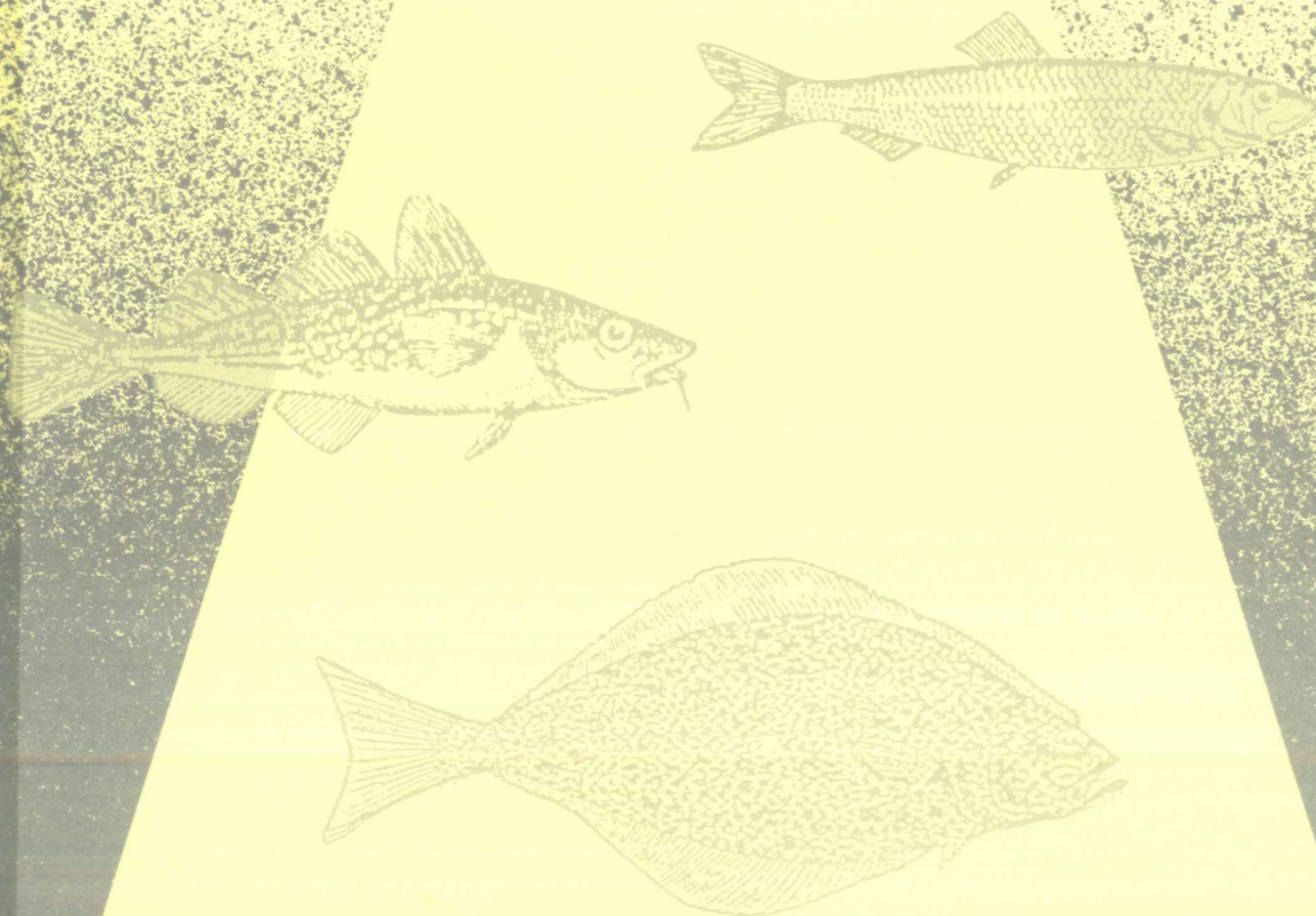
INTERNE NOTAT NR 3 - 1999

Plankton som råstoffkilde for fremstilling av fôrmidler til bruk innen fiskeoppdrett

Et forprosjekt

Delprosjekt: Utredning av forekomster og tilgjengelighet av dyreplankton

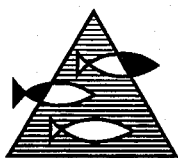
av
Arne Hassel og Webjørn Melle



HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

INSTITUTE OF MARINE RESEARCH

INTERNE NOTAT



HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

MILJØ - RESSURS - HAVBRUK

Nordnesgt. 50 Postboks 1870 5817 Bergen

Tlf.: 55 23 85 00 Faks: 55 23 85 31

Forskningsstasjonen

Flødevigen

4817 His

Tlf.: 37 05 90 00

Faks: 37 05 90 01

Austevoll

havbruksstasjon

5392 Storebø

Tlf.: 56 18 03 42

Faks: 56 18 03 98

Matre

havbruksstasjon

5984 Matredal

Tlf.: 56 36 60 40

Faks: 56 36 61 43

Distribusjon:

INTERN

HI-prosjektnr.:

02. 04. 05

Oppdragsgiver(e):

Sildolje- og sildemelindu-
striens forskningsinstitutt
(SSF) 5033 Fyllingsdalen
ved Agnar Mjelde

Oppdragsgivers referanse:

Rapport:

INTERNE NOTAT

NR. 3 - 1999

Tittel:

Plankton som råstoffkilde for fremstilling av fôrmidler til bruk innen fiskeoppdrett. Et forprosjekt. Delprosjekt: Utredning av forekomster og tilgjengelighet av dyreplankton.

Senter:

Senter for Marint Miljø

Seksjon:

SMEB

Forfatter(e):

Arne Hassel og Webjørn Melle

Antall sider, vedlegg inkl.:

30

Dato:

04.06.1999

Sammendrag:

Rapporten utreder forekomster av dyreplankton i det nordlige Atlanterhavet og Barentshavet. Det er lagt særlig vekt på rauåte, krill, amphipoder og mesopelagisk makroplankton. Rapporten behandler tetthet, vertikalfordeling, tilgjengelighet og sesongmessige variasjoner, og den er ment å danne det miljømessige grunnlag for forvaltning og fangst av dyreplankton til bruk som fôrmiddel innen fiskeoppdrett.

Tre stikkord:

1. Dyreplankton
2. Forekomster
3. Fangstbarhet

Webjørn Melle
.....
Prosjektleder

B. Evertsen
.....
for Seksjonsleder

"INTERNE NOTAT" ER FORELØPIGE ELLER UFULLSTENDIGE RAPPORTER.
IKKE FERDIG KLARERT FOR OFFENTLIGGJØRING.

Plankton som råstoffkilde for fremstilling av fôrmidler til bruk innen fiskeoppdrett. Et forprosjekt.

Delprosjekt: Utredning av forekomster og tilgjengelighet av dyreplankton.

Av: Arne Hassel og Webjørn Melle

Innledning

I denne utredningen sammenfattes kvantitative data for de viktigste planktonressursene i Nord-Atlanteren, dvs. i hovedsaken Norskehavet, Islandshavet og Grønlandshavet (til sammen De Nordiske hav), og Barentshavet. En viktig del av informasjonen er basert på Havforskningsinstituttets egne undersøkelser gjennom en årrekke, men også på andre kilder fra litteraturen. Med bakgrunn i prosjektets problemstilling med en fremtidig kommersiell utnyttelse av dyreplanktonet er det mest aktuelt å konsentrere seg om de store og dominerende artene eller planktongruppene i våre farvann: Raudåte og dens nære slektninger, krillartene, amfipoder, pelagiske rekearter og mesopelagisk fisk som er hovedsakelig mindre fiskearter som lever på større dyp. Til forskjell fra varmere havområder er planktonet i nordområdene karakterisert ved relativt få arter som til gjengjeld opptrer i store antall. Norskehavet og Barentshavet er noen av verdens mest produktive sjøområder der høy produksjon av plankton opprettholder en høy fiskeproduksjon.

Dyreplanktonet er en meget sammensatt gruppe av organismer både med hensyn til størrelse, biologi og fordeling i vannmassene. Mange av artene gjennomfører sesongmessige vertikale vandringer over flere hundre meter og noen har også døgnlige vertikale vandringsmønstre typiske for årstidene. Deres horisontale utbredelse er derimot i stor grad avhengig av havstrømmene. Selv om det teoretisk ikke er noen nedre grense for størrelsen, vil den vitenskapelige fangstmetodikken i praksis utelukke de minste formene under ca. 100 μm , og hvis en holder store maneter og ribbemaneter utenfor vil de store planktonorganismene typisk være krill, reker og amfipoder på noen få cm lengde. Den største biomassen utgjøres av raudåta og ishavsåta som utvokset når omlag 3-6 mm eksklusive abdomen ("halen"). På grunn av spennvidden i størrelse og naturlige konsentrasjoner, er det ikke mulig å få representative fangster av dyreplanktonet ved bruk av én type redskap. Dette fører i praksis til at det er varierende kunnskaper om utbredelsen til de forskjellige artene. Mange står svært spredt og på store dyp i hvert fall til visse tider av året, og det krever stor innsats for å kartlegge enkelt-ressursene i de store havområdene det her er snakk om. I motsetning til fisk som stort sett er mangeårige arter med langsom vekst, er det meste av dyreplanktonet organismer med en eller flere generasjoner i året, og antallet individer og

biomassen av arten kan variere sterkt gjennom sesongen. Det økologiske samspillet mellom planktonspisende fisk og deres byttedyr, og mellom dyreplanktonartene gjør at bestandene svinger over tid. Også endringer i havstrømmer og andre fysiske forhold kan påvirke planktonbestandene.

Vitenskapelig prøvetakingsmetodikk

Til vitenskapelig fangst av mindre former av plankton opp til raudåtestørrelse (3-4 mm) har vi brukt håver av noe forskjellig størrelse, for det aller meste en standard WP2 håv med et åpningsareal på 0.25 m². Denne har i stor utstrekning blitt benyttet til å kartlegge horisontalfordelingen av planktonet over store områder i Barentshavet og Norskehavet, i hele eller deler av vannsøylen. Den maskevidden som brukes i dag er 180 µm, og denne størrelsen fanger opp det aller meste av krepsdyrplanktonet med unntak av de aller minste larveformene. Store krill og amfipoder fanges dårlig, men håven er egnet til overvåkning av *Calanus*-artene og de fleste andre kopepodene (mesozooplanktonet). Som hovedredskap for å kartlegge vertikalfordelingen av plankton, også noe større former, har en 1 m² MOCNESS planktontrål vært benyttet i en årrekke (Wiebe et al. 1976, 1985). Selv denne redskapen fanger ikke mesopelagisk fisk og store planktonformer som krill, amfipoder og reker representativt, og derfor har en også brukt fangstresultatene fra Åkratrålen som er en forsøkstrål for fisk (Valdemarsen og Misund 1995). Den har en 30 x 30 m åpning, og enden av posen er utstyrt med 10 mm (strukket) maske, foran 38 mm nett med et 20 m langt innernett med 16 mm maskevidde. Det antas å ha en 10 m² effektiv fangståpning for makroplankton og en 20 m² åpning for mesopelagisk fisk (Dalpadado et al. 1998). De selektive egenskapene til Åkratrålen er heller ikke spesielt gunstige for makroplankton og mesopelagisk fisk, som både unnslipper gjennom de store maskene fremme i trålen og i ukjent grad ledes inn i posen av de mindre maskene bakover i trålen. Derfor er det utviklet en ny trål ved HI med 16 m² åpning og 3 mm maskevidde i hele trålens lengde (40 m). Denne trålen ("Makroplanktontrålen") er fremdeles under utprøving, men har alt gitt en del viktige resultater som rapporteres her.

I henhold til "Manual for prosedyrer for innsamling og behandling av dyreplankton ved HI" blir planktonprøvene størrelsesfraksjonert ved skylling gjennom 2000, 1000 og 180 µm duk. Dette er en enkel og relativt lite arbeidskrevende metode for overvåkning av dominerende arter og størrelsesgrupper som naturlig vil finnes igjen i en av størrelsesfraksjonene. Alle biomasseprøvene blir tørket, og biomassen oppgis normalt som g tørrvekt (t.v.) m⁻² (vertikaltrekk med WP2) eller g tørrvekt m⁻³ (skråtrekk i standard dybdeintervaller med MOCNESS). I endel eldre undersøkelser er det ofte bare oppgitt våtvekt eller planktonvolum, og for sammenlikningens skyld har en antatt at 1 ml plankton tilsvarende 1 g våtvekt, og at tørrvektinnholdet i vanlig krepsdyrdominert plankton er 20%. Der planktonet bare er oppgitt som biomasse eller antall organismer pr. trekk, kan tallene være omregnet til å gjelde pr. m² ut fra håvens åpningsareal.

Generelt om dyreplanktonets fordeling og biologi

Norskehavet, Islandshavet og Grønlandshavet (De Nordiske hav; Nordic Seas) og Barentshavet har et dyreplankton som er dominert av kopepoder og krill. Også amfipodene spiller en viktig rolle, spesielt i de arktiske delene av havene. Alle tre gruppene utgjør svært viktige fødeemner for planktonspisende fisk som lodde, sild, makrell, kolmule og polartorsk. Den viktige økologiske posisjonen til *Calanus finmarchicus* (raudåte) går frem av den prosentvise sammensetningen av dyreplanktonet i det sør-vestlige Barentshavet (Zenkevitch 1963):

<i>Calanus finmarchicus</i> (raudåte)	80.46
Andre kopepoder	7.80
Euphausiacea (krill)	5.32
Chaetognatha (pilormer)	3.22
Ribbemaneter / maneter	1.51
Andre arter	1.65

Calanus spp. (raudåte og ishavsåte) er de viktigste kopepodene i Nordatlanten. Særlig etter oppblomstringen av planteplanktonet om våren og tidlig om sommeren kan de dominere biomassen fullstendig. I atlantisk vann lever *C. finmarchicus*, og i arktiske vannmasser *C. glacialis* og *C. hyperboreus*. *C. hyperboreus* er særlig tallrik i Grønlandshavet og vest og nord for kaldfronten i Norskehavet.

Calanus har, i likhet med de andre kopepodene, seks larvestadier (nauplier) og seks kopepodittstadier der det siste er det voksne. Den overvintrer på dypt vann som hovedsakelig kopepodittstadium IV og V. Ut på vinteren vandrer disse opp og vokser og utvikler seg videre frem mot en ny overvintring eller går over til voksne stadier som gyter i forbindelse med planteplanktonoppblomstringen i mars-mai i de atlantiske områdene, og i april-juni i de arktiske områdene (Plourde og Runge 1993, Melle og Skjoldal 1998, Niehoff et al. 1999). Det er den store veksten i antall kopepoditter i kopepodittstadiene I-IV som særlig bidrar til biomasseøkningen om sommeren.

Biomassen er høyest i områder der CV og voksne dominerer (Melle og Ellertsen in prep.). Ut på sommeren skjer det en nedvandring av CIV og CV til dypere vann. I Sør-Norge kan *Calanus finmarchicus* ha to generasjoner i løpet av året, mens det er én dominerende generasjon i Norskehavet og Barentshavet.

Selv om *Calanus* er den langt viktigste komponenten i biomassen av dyreplanktonet, er det også flere andre kopepodarter som bør nevnes. *Metridia longa* kan lokalt være en viktig bidragsyter til planktonbiomassen, og særlig i kystfarvann og fjorder er den mindre (1 mm) *Pseudocalanus* viktig. *Microcalanus* spp. og *Oithona* spp. er små arter som kan opptre i store antall, men biomassen er vanligvis ikke så stor. På grunn av flere generasjoner årlig kan produksjonspotensialet likevel være betydelig.

Etter *Calanus* er krillen kanskje den viktigste gruppen av planktonorganismer i Nordatlanten og i Barentshavet, rangert etter biomasse og som næringsorganisme for planktonspisende fisk. Krillen omfatter flere arter, der *Meganyctiphanes norvegica* har sin hovedutbredelse i atlantiske vannmasser, mens krillen i Barentshavet domineres av slekten *Thysanoessa* med *T. inermis* som viktigste arten. Denne er vanligere i

Barentshavet enn i Norskehavet (Dalpadado og Skjoldal 1991, Dalpadado og Skjoldal 1996, Dalpadado et al. 1998). Den minste arten er *T. longicaudata* (opp til 20mm). På grunn av sin størrelse (*M. norvegica* kan bli 42 mm lang) og mobilitet er større krill vanskelig å fange kvantitativt i mindre planktonredskaper. Fangstresultater fra større grovmaskede tråler er heller ikke representative for den totale krillbestanden på grunn av usikkerhet med hensyn til effektiv fangståpning og på grunn av siling gjennom de store maskene fremme i trålen. Også krillen gyter om våren, og larvestadiene utvikler seg i overflatelaget gjennom en rekke stadier ved skallskifte. *T. longicaudata* gyter som 1-åringer, mens de andre artene gyter i hovedsaken som 2-åringer. Etter gytingen kan krillen om sommeren danne tette konsentrasjoner nær bunnen i de kystnære områder (Drobysheva og Panasenکو 1984). Ute i Norskehavet finnes storkrillen *M. norvegica* hovedsakelig i de dypere vannlagene mellom 300 og 500 m om sommeren (Melle et al. 1993). Om vinteren og våren gjennomfører krillen store vertikalvandringar til overflatelaget om natten (Torgersen et al. 1997). *T. longicaudata* er noe grunnere fordelt (Dalpadado et al. 1998).

Ampipodene har relativt få pelagiske arter i området. De hyperiide ampipodene er representert med slekten *Themisto*. *T. libellula* (opp til 40 mm) er arktisk og *T. abyssorum* (til 16 mm) regnes for subarktisk. Begge er vanlige i Barentshavet. *T. compressa* (25 mm) er knyttet til atlantiske vannmasser (Dalpadado et al. 1994). Ampipodene er 1 eller 2-årige former med yngelperiode som sammenfaller med våroppblomstringen i planteplanktonet. I motsetning til krillartene som bare i liten grad går inn i rent arktiske vannmasser er ampipodene, særlig *T. libellula*, godt tilpasset til og en viktig del av det arktiske regimet (Dalpadado og Skjoldal 1991, Dalpadado et al. 1994, Dalpadado og Skjoldal 1996, Dalpadado et al. 1998). *Themisto* spiller en nøkkelrolle i det arktiske næringsnett som et bindeledd mellom kopepoder og andre små planktonorganismer på den ene siden, og fisk, fugl og sel på den andre siden. Den er en viktig del av maten til lodde, og i mangel på større byttedyr er den også føde for torsk.

Som for krillen har det vært vanskelig å skaffe gode kvantitative data på forekomstene av ampipodene.

Pilormene (*Sagitta* spp., *Eukrohnia hamata*) utgjør en distinkt gruppe carnivort dyreplankton som lever av mindre kopepoder og annet plankton. På større dyp kan disse organismene utgjøre en stor del av det totale planktonvolumet. Vingesneglen *Limacina helicina* (opp til 3 mm) lever hele sin livssyklus i overflaten og kan opptre i store antall, opp til 13600 m⁻³. Undersøkelser på Vøringplatået tyder på at arten når sin maksimale biomasse i august (Bathmann et al. 1991). Tidvis kan vingesnegl være viktige byttedyr for sild (Dalpadado et al. in prep.).

Maneter og ribbemaneter er rovdyr som lever av mindre dyreplankton. Selv om mange av artene er relativt store former er de definert som plankton og opptrer i fangstene sammen med det øvrige krepsdyrplanktonet. Begge gruppene har arter med et stort vekstpotensiale, og gunstige vekstbetingelser med rikelig tilgang på føde kan resultere i masseoppblomstringer. Det er kjent at ribbemaneten *Bolinopsis infundibulum* er en

viktig predator på *Calanus*, og at den selv blir beitet ned av *Beroe cucumis* (Kamshilov 1961).

Kystplanktonet er karakterisert ved et stort innslag av meroplanktoniske former, d.v.s. arter som bare opptrer planktonisk en del av livssyklusen. Rur- og nauplielarvene hos den voksne fastsittende ruren er et eksempel på dette. Lokalt kan en i kortere perioder finne nesten rene bestander av disse larvene. Også pigghuder bidrar til denne typen plankton, men andelen av den totale biomassen er som oftest uvesentlig.

Mesopelagiske reker er en viktig del av dyreplanktonet, men på grunn av størrelse og mobilitet blir de sjelden fanget i mindre planktonredskaper. Det er særlig to rekeslekter som er vanlige i de mesopelagiske trålfangstene (Dalpadado et al. 1998): *Sergestes* spp. og *Pasiphaea* spp. med henholdsvis 55 og 127 mm total lengde.

Mesopelagisk fisk er mindre fiskearter som lever pelagisk i midlere dyp. Selv om de ikke kommer inn under begrepet plankton er det av praktiske årsaker naturlig å behandle mesopelagisk fisk sammen med annet makroplankton som fanges med større redskaper. De to dominerende artene av mesopelagisk fisk i norske fjorder og utenfor sokkelen er laksesild (*Maurolicus muelleri*) og nordlig lysprikkfisk (*Benthosema glaciale*). Begge er predatorer på dyreplankton som kopepoder og krill (Rosland 1997). Laksesilden kan nå en maksimal størrelse på 7-8 cm og nå en alder av 4 år, og lysprikkfisken kan bli 8 år gammel og nå en størrelse på 11 cm (Pethon 1985). Akustiske undersøkelser på Vøringplataet har vist at det er typisk to dype lydreflekterende lag. Det grunneste laget (100-200 m om dagen) består i hovedsak av laksesild, mens det dypeste laget (300-400 m om dagen) domineres av krill, pelagiske reker og lysprikkfisk (Melle et al. 1993). Utenfor sokkelen er lysprikkfisken en av de betydeligste biomassekomponentene i det dypeste laget. Det er påvist at arten til en viss grad svømmer opp til de øvre vannlagene om natten (Kaartvedt et al. 1988). Til de mesopelagiske fiskeartene hører også laksetobis (28 cm). Denne har en noe dypere fordeling enn de andre mesopelagiske fiskene (Dalpadado et al. 1998).

Forekomster og tetthet

Biomasse

Det finnes en mengde publiserte data på dyreplankton biomasse, men som oftest er data begrenset i tid og rom. Gjentatte målinger på utvalgte snitt i det vestlige Barentshavet ga i gjennomsnitt for alle snittene henholdsvis 16.0, 17.0 og 13.6 g tørrvekt m^{-2} for årene 1957-1959 i august-september når biomassen var på det høyeste (Corlett 1959). For perioden mars til mai var tallene mellom 5.8 og 6.8 $g m^{-2}$. Laveste målte biomasse var 2.5 $g m^{-2}$ (Storfjordrenna i april-mai) og høyeste biomasse var 25.9 $g m^{-2}$ (vest av Bjørnøya i juli). Biomassen var som ventet minst i den tidlige vårfasen etter at gytebestanden hadde gytt og var i stor grad utdødd (Melle og Skjoldal 1998), og bestanden bestod av et stort antall unge rekrutter som likevel utgjorde en liten biomasse.

Våtvekten (ikke presisert) av mesozooplanktonet i 50-0 m i østlige Norskehavet og vestlige Barentshavet varierte mellom 320 og 538 mg m⁻³ i juni/juli fra 1971 til 1981 (Bliznichenko et al. 1984). I 1981 var planktonet særlig tett utenfor Norskekysten, og biomasser mellom 800 og 2500 mg m⁻³ skyldtes tilstedeværelse av *Calanus*.

I Norskehavet var de største planktonkonsentrasjonene (>20 ml pr. trekk, dvs. >10.5 g t.v. m⁻²) lokalisert til den arktiske fronten og området vest for denne, særlig nordøst for Jan Mayen. Data ble samlet inn fra juni til august i årene 1948-1951 (Wiborg 1955). Dette området med arktisk vann er særlig rikt på den store kopepoden *Calanus hyperboreus*, arten som karakteriserer vannmassene og dominerer planktonet i det nordlige Norskehavet og Grønlandshavet. Også bankområdene nord og øst for Island er rikt på plankton, med over 1.5 ml m⁻³ (0.3 g t.v. m⁻³), de høyeste verdiene i det undersøkte området mellom Island og Jan Mayen (Østvedt 1965).

Ellers er den Norske kyststrømmen et område med relativt rike forekomster, 9-20 ml pr. trekk, d.v.s. 4.7-10.5 g t.v. m⁻² (Wiborg 1955). Undersøkelser fra april-juni 1958 viste at bankområdene mellom Vesterålen og Nordkapp skillte seg ut med høye verdier, omregnet til tørrvekt >12 g m⁻² i 0-100 m (Wiborg 1960).

Planktonet på bankområdene fra Stad til Vesterålen er også undersøkt av Wiborg (1976). Fra mars til midten av april var volumene under 10 ml m⁻² (2 g t.v. m⁻²). I slutten av april hadde de øket til 25-50 ml m⁻² (5-10 g t.v. m⁻²), maksimale verdier opp til 100-200 ml m⁻² (20-40 g t.v. m⁻²). På de nordligste bankene var økningen størst i juni. Den totale planktonbestanden på kysten og bankområdene mellom Stad og Andenes i april-juni er beregnet til 7 millioner tonn våtvekt, og for Norges totale kystområde 13 millioner tonn (Wiborg 1976).

På stasjon "M" i Norskehavet på 66°N og 2°Ø har Havforskningsinstituttet i Bergen undersøkt planktonet i en årrekke. Fra 1959 til 1965 varierte biomassen i 600-0 m fra 5.5 ml pr. trekk i januar til 22 ml pr. trekk i juli (henholdsvis 2.9 og 11.5 g t.v. m⁻²) (Lie 1968). I de øverste 100 m av vannsøylen var det på grunn av nedvandringen av dyreplanktonet svært lite plankton om vinteren, mens biomassen økte sterkt i mars og nådde maksimum i juni-juli med 11 ml pr. trekk (5.7 g t.v. m⁻²). I intervallene 600-1000m og 1000-2000m var det lavest biomasse om våren (henholdsvis 8 og 6 ml) mens planktonet stod nær overflaten, og høyest biomasse om høsten (henholdsvis 17 og 23 ml) (Wiborg 1958).

Langs Norskekysten ble dyreplanktonet overvåket på en rekke faste stasjoner, fra Utsira i sør til Skarsvåg i nord, fra 1949-1956 (Wiborg 1958), fra 1959-1962 (Lie 1965) fra 1949-1972 (Wiborg 1978) og fra 1959-1966 (Wiborg 1976). I perioden 1967-1972 var det om sommeren mindre plankton i sør enn i nord, fra Utsira til Sognesjøen 20-30 ml m⁻² (bunn-0 m), Eggum til Skarsvåg 45-70 ml m⁻². Sommermaksimum kom 1-2 måneder tidligere i sør enn i nord (Utsira i mai-juni, Skarsvåg og Ingøy i juli). På alle lokalitetene var det om vinteren svært lite plankton i 100-0 m (<5 ml m⁻²), noe mer i hele vannsøylen.

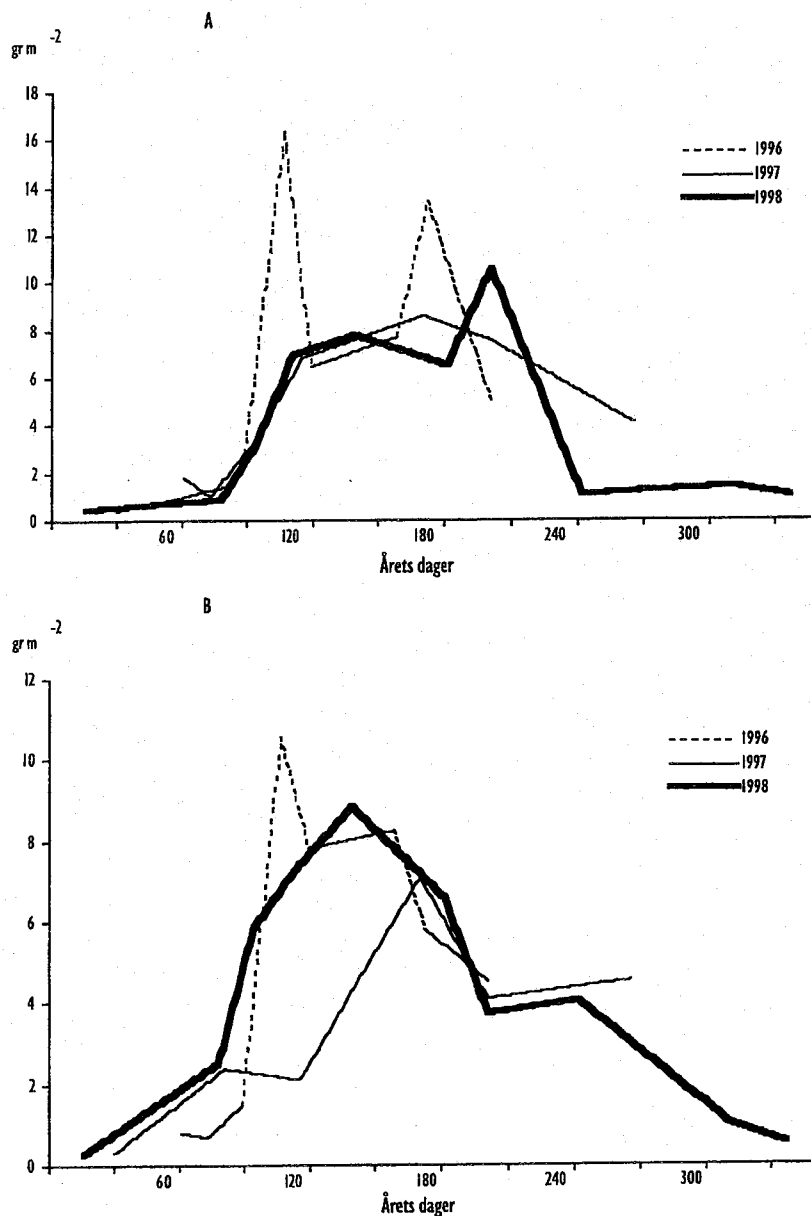


Fig. 1. A,B. Planktonmengder ($g\ tørrvekt\ m^{-2}$) på Svinøysnittet fra 1996 til 1998.
 A. Østlig del av snittet; sokkel og kontinentalskråning.
 B. Vestlig del av snittet; kontinentalskråning og dyphav.

Svinøysnittet fra Svinøy ved Stadt og nordvestover til 0°Ø er et av snittene som nå dekkes regelmessig av Havforskningsinstituttet (fig. 1). I perioden 1996-1998 var biomassen om sommeren oppe i $8-16\ g\ t.v.\ m^{-2}$ (200-0 m), og toppen var oftest i mai-juli. I den østlige delen var det lite plankton, ca. $1\ g\ m^{-2}$ i de første tre månedene, mens det skjedde en økning allerede i februar-mars i den vestlige delen (Aure et al. 1999).

De østlige og sentrale deler av Norskehavet ble undersøkt for dyreplankton i juli-august 1994-1998 (Aure et al. 1998, 1999). Den midlere planktonbiomassen, basert på WP2-håvtrekk fra 200-0 m, varierte noe mellom årene, noe som delvis kan tilskrives forskjeller i tid og dekningsområde:

1994	10.8 g t.v. m ⁻²
1995	6.7 g t.v. m ⁻²
1996	5.4 g t.v. m ⁻²
1997	8.0 g t.v. m ⁻² (juni-juli)
1998	5.0 g t.v. m ⁻²

Under dekninger i mai ble det gjennomgående observert høyere biomasser enn i juli-august. I arktisk vann var det i 1995 25 g t.v. m⁻², og nivået sank til 10 g t.v. m⁻² i 1998. I atlantisk vann var det også høyest biomasse i 1995 (20 g t.v. m⁻²), men lavest i 1997 (5 g t.v. m⁻²). På den norske sokkelen var det rundt 10 g t.v. m⁻² fra 1995-1997, med en økning til 16 g t.v. m⁻² i 1998 (Melle et al. 1999).

Også i Barentshavet har Havforskningsinstituttet foretatt miljøundersøkelser med overvåking av planktonressursene. Regelmessige innsamlinger med omfattende dekninger kom i stand i 1986 (Aure et al. 1999). De første årene foregikk undersøkelsene i september, fra 1992 ble de utvidet og startet medio august. På slutten av 80-tallet var det relativt lite dyreplankton i de fleste områdene av Barentshavet, rundt 5 g t.v. m⁻² i hele vannsøylen. Biomassen steg frem til 1994 og 1995, etterpå har nivået stort sett sunket. Gjennomsnittsverdiene for hele havområdet var følgende:

1994	12.8 g t.v. m ⁻²
1995	10.7 g t.v. m ⁻²
1996	7.4 g t.v. m ⁻²
1997	9.1 g t.v. m ⁻²
1998	8.1 g t.v. m ⁻²

I fig. 2 vises også fordelingen av dyreplankton i de tre størrelseskategoriene 180-1000µm, 1000-2000µm og >2000µm. Den altoverveiende delen av den mellomste størrelsesfraksjonen bestod av overvintrende *Calanus*.

En del av innsamlingen foregikk i grenseområdet mot Norskehavet og opp langs vestsiden av Svalbard over større dyp. Prøver fra 200-0 m og 300-0 m fra dette området viste gjennomgående lavere biomasse enn i Barentshavet forøvrig, henholdsvis 7.2, 4.2, 5.8, og 4.0 g t.v. m⁻² for årene 1995-1998. Det var omtrent samme mengden små planktonformer, mens de midlere og store formene viste en lavere biomasse. Slike forskjeller kan forklares med at den nederste delen av vannsøylen ikke ble dekket på de dype stasjonene, og at eldre stadier av *Calanus* og andre arter allerede hadde trukket ned på dypt vann. Også data fra Norskehavet i juli-august viste noe lavere verdier enn tallene fra Barentshavet. Igjen kan det skyldes at deler av *Calanus*-bestanden stod under fangstdypet på 200 m, og at innsamlingen foregikk noe tidligere på året. Felles for alle områdene er en nesten identisk trend i utviklingen av biomassen i perioden.

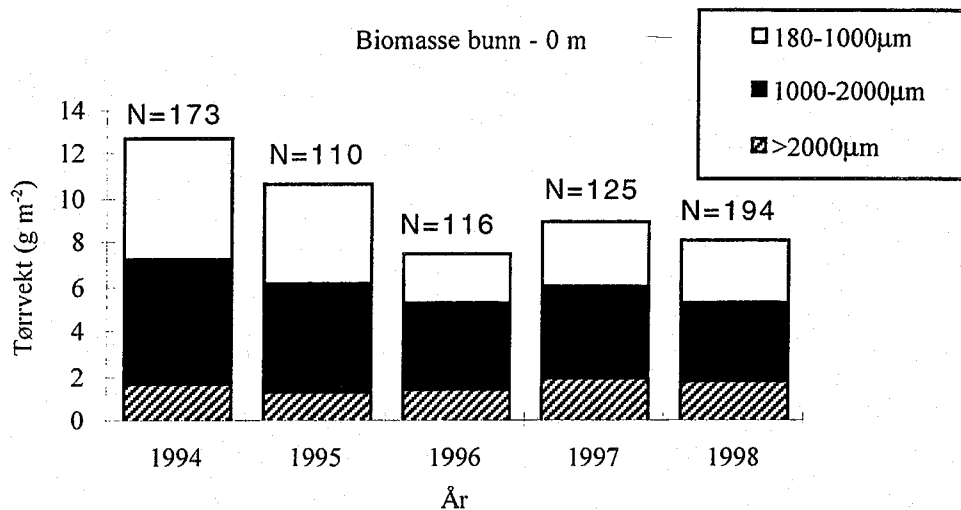


Fig. 2. Midlere biomasse i Barentshavet i august-september. N = antall stasjoner.

Tørrvektdata som Havforskningsinstituttet har samlet fra januar til september i perioden 1979 til 1994 viser at det for hele Barentshavet var et maksimum i biomassen i juni-juli, og et minimum i mars (februardata mangler). I den vestlige delen vest for ca. 36° øst kom toppen i juni, mens den var forskjøvet til juli i den østlige delen av området (Fig. 3).

Dyreplanktonet er kjent for å være ujevnt fordelt horisontalt og vertikalt, og i Barentshavet var prøver med 4-5 g m⁻² hyppigst representert (nesten 10%) i materialet fra 1991-1998, der i alt 1182 planktonprøver ble tatt med WP2 fra bunn-0 m i august-oktober (fig.4). Nærmere 3% av materialet var under 1 g m⁻², og hovedtyngden av fordelingen lå under 20 g m⁻². Enkelte registreringer var på over 40 og 60 g m⁻², og én prøve viste 101 g m⁻².

En oppsummering av biomasse av dyreplankton fra Norskehavet og Barentshavet er vist i Tabell 1.

Calanus

Om vinteren er mesteparten av *Calanus*-bestanden på dypt vann, og antall individer er meget lavt i de øverste 200 m. Overvintringsbestandene av *Calanus finmarchicus* varierer mellom <10000 individer m⁻² i Barentshavet og >50000 individer m⁻² i Norskehavet (Melle og Skjoldal 1998, Bjørke et al. 1999). Om våren og sommeren vil mellomårlige og geografiske forskjeller i produksjonsforløpet medføre store numeriske variasjoner, observerte verdier i Barentshavet er 200000-300000 ind. m⁻² og 100000-400000 ind. m⁻² i Norskehavet (Melle og Skjoldal 1998, Bjørke et al. 1999).

Nyere undersøkelser fra Stasjon "M" i 1997 (Bjørke et al. 1999) viste at *Calanus* (CIV

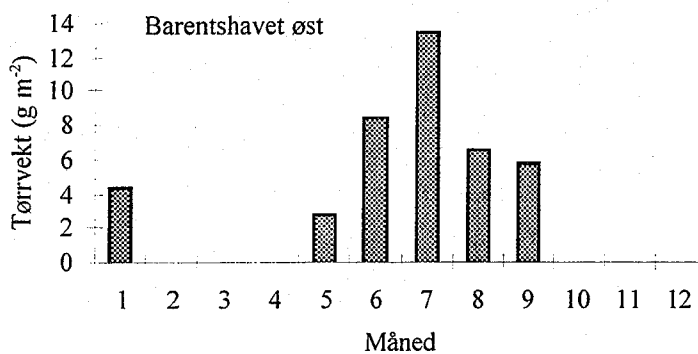
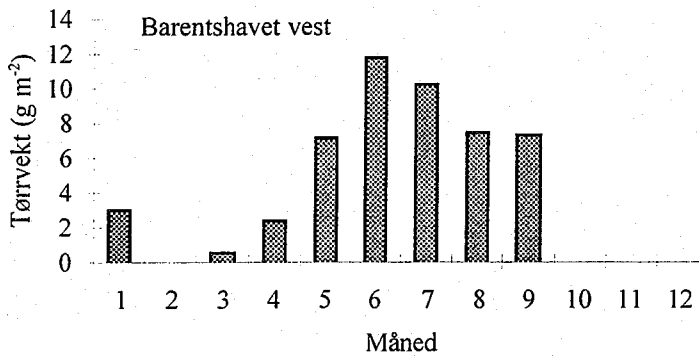
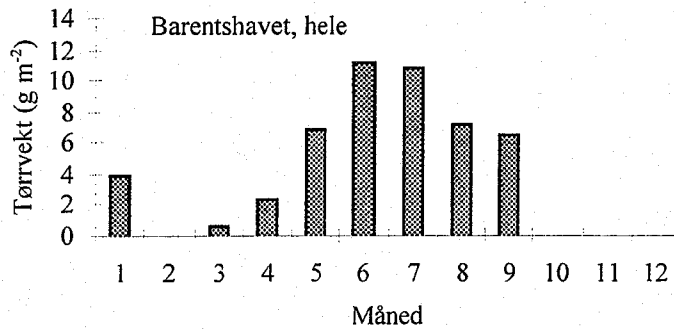


Fig. 3. Dyreplankton biomasse i Barentshavet, gjennomsnitt for 1979-1994.

og CV) oppholdt seg i midlere dyp mellom 500 og 1000 m i februar-mars. De dypeste fordelingene i løpet av vinteren ble registrert i oktober. Da planteplanktonet startet veksten i midten av mars fant en de første voksne (CVI) hunnene i de øverste 200 m, og oppvandringen av CIV-CVI skjedde i hovedsaken i begynnelsen av april. Den nye generasjonen nådde CI i midten av mai, samtidig med toppen i planteplanktonblomstringen. Konsentrasjonene av de tre første stadiene nådde 200-400 m⁻³ i de øverste 100 m, mens de ikke ble observert på dypere vann. CIV og CV ble

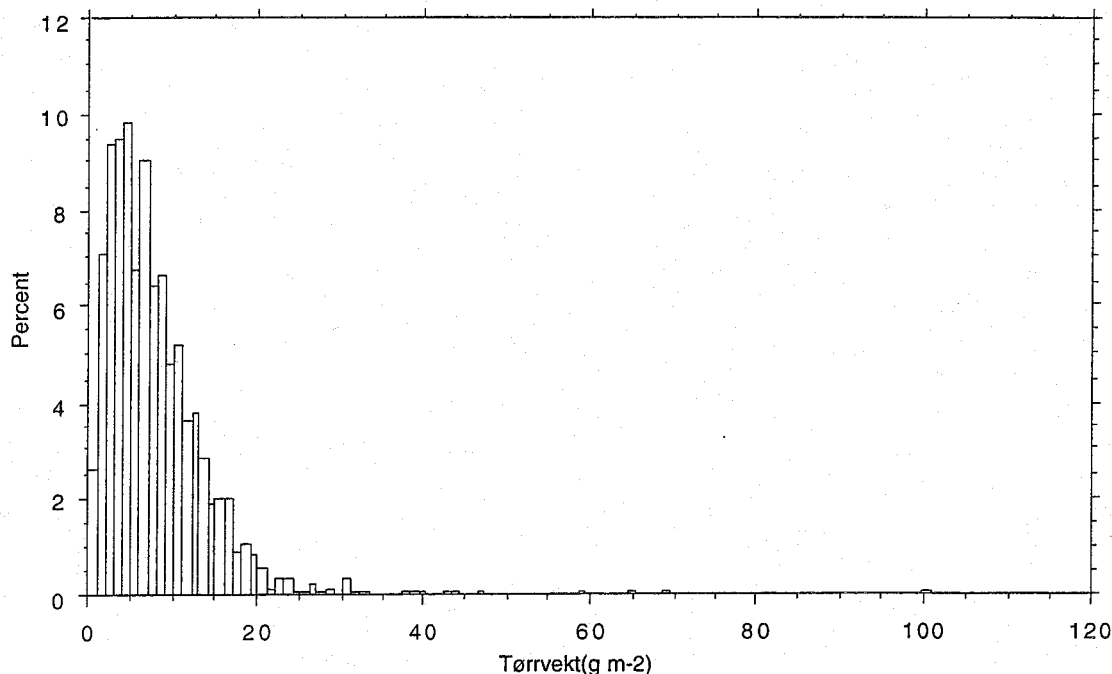


Fig. 4. Frekvens av dyreplankton biomasse i intervaller på 1 g m^{-2} , basert på 1182 WP2-prøver fra bunn-0 m. Barentshavet august-oktober 1991-1998.

funnet i konsentrasjoner opp til $100\text{-}200 \text{ m}^{-3}$ ned til 150 m dyp, men i slutten av juni hadde de startet nedvandringen til dyp mellom 500 og 1000 m. Der stod dyrene mer spredt i konsentrasjoner fra 0 til 100 m^{-3} . Voksne hunner og hanner viste mindre vertikalvandring, og de som ble funnet i overflaten synes å ha utviklet seg fra yngre stadier etter oppvandringen. Antallet var oppe i 60 m^{-3} . En mulig 2. generasjon av CI ble produsert i august og september.

På Svinøysnittet ble det samme året funnet maksimum antall *Calanus* kopepoditter i slutten av mars på en av stasjonene på sokkelen. CI-CIII utgjorde over halvparten av antall kopepoditter, som totalt var nærmere 40000 m^{-2} (Aure et al. 1998). På en av de ytre stasjonene utenfor eggakanten var antallet kopepoditter tidlig på året høyere enn på sokkelen, og sommermaksimum var helt oppe i 110000 m^{-2} . Vi må regne med at langt over halvparten av dyreplanktonets biomasse bestod av *Calanus*. For Svinøysnittet varierte denne fra $8\text{-}12 \text{ g t.v. m}^{-2}$ fra 1995-97 (Aure et al. 1998). Generelt er dyreplanktonet om sommeren ute i Norskehavet og Barentshavet dominert av *Calanus*, og størrelsesfraksjonen $1000\text{-}2000 \mu\text{m}$ gir et godt mål på de større kopepodittstadiene CIV-CVI. Ut på sommeren og høsten kan denne fraksjonen også betraktes som et grovt mål på overvintringsbestandens størrelse. I Barentshavet var den i august-september i 1996-1998 henholdsvis 3.97, 4.13 og $3.59 \text{ g t.v. m}^{-2}$. Hvis en så regner med at det kopepod-dominerte materialet i $180\text{-}1000 \mu\text{m}$ fraksjonen også var *Calanus*, blir tallene 6.06, 7.07 og $6.35 \text{ g t.v. m}^{-2}$. Disse må likevel betraktes som minimums-verdier av *Calanus*-biomassen i løpet av vekstsesongen siden de høyeste antall av de eldre stadier som vanligvis utgjør den største biomassen av *Calanus* opptrer i juni og juli i Barentshavet (Melle 1998). Liknende betraktninger kan gjøres

for dyreplanktonet i Norskehavet basert på resultatene fra snittene, og vi ser da at de høyeste biomassene av *Calanus* finnes i perioden fra mai til juni/juli. Biomassene i 200-0 m etter juli er trolig i mindre grad bestående av *Calanus*.

Det er kjent at *Calanus* om sommeren kan danne tette svermer nær eller helt oppe i overflaten, og konsentrasjonen av biomasse kan da være betydelig høyere enn gjennomsnittsverdiene en får fra omfattende horisontale dekninger. Det rapporteres ofte om røde flekker i overflaten (derav navnet "raudåte"). Wiborg og Bjørke (1969) rapporterte om dyreplankton-konsentrasjoner på 16 og 24 ml m⁻³ (volumet av prøven målt etter at vannet hadde rent av), hovedsakelig bestående av *Calanus*, utenfor kysten av Vest-Norge. I tette svermer har endog konsentrasjoner på 6 og 15 kg m⁻³ (våtvekt) blitt målt i mindre vannvolumer på 8 l (Wiborg og Bjørke 1968, Wiborg og Hansen 1974). Slike tette forekomster er vanligst om kvelden når *Calanus* står høyt i sjøen.

Krill

I litteraturen (særlig russiske kilder) foreligger en mengde data på fordeling av krillarter i nordområdene, men disse er tradisjonelt oppgitt som indekser uten enhet eller antall individer fanget pr. tråltid (publisert f.eks. i Annales Biologiques). Tidligere studier av krill på Møre-plataet viste forskjeller i fordelingen av de forskjellige artene. *T. inermis* og *T. raschii* var mest knyttet til kontinentalsokkelen, mens *T. longicaudata* og *M. norvegica* var mest tallrik på skråningen utenfor (Hjort og Ruud 1929). *T. inermis* og *T. raschii* er vanlige i vestnorske fjorder, sammen med *M. norvegica* (Wiborg 1970, Falk-Petersen og Hopkins 1981, Hopkins et al. 1984).

Havforskningsinstituttet har kartlagt makroplanktonet i Norskehavet (De Nordiske hav) gjennom flere år med Åkra-trål (Dalpadado et al. 1998). For hele havområdet estimerte de en krillbiomasse på 50 millioner tonn våtvekt i 1994, basert på pelagiske trålfangster ned til 600 m. *M. norvegica* var den dominerende krillen, mens den mindre *T. longicaudata* sannsynligvis var underestimert. Som for annet makroplankton var biomassen særlig konsentrert i 200-600m dyp. På flere stasjoner var det mer enn 70 g m⁻². I blandet kystvann / atlantisk vann utenfor Norskekysten var det rundt 3 g m⁻², i atlantisk og blandet atlantisk-arktisk vann rundt 8 g m⁻². I arktisk vann i det sentrale Norskehavet var krillen langt mer tallrik, rundt 30 g m⁻², og i arktisk vann på vestsiden av Svalbard var det over 100 g m⁻² (kun 2 stasjoner). Materialet er begrenset med hensyn til dekningsgraden, og verdiene varierer mellom årene, men det synes som om krillen er særlig tallrik i det sentrale og vestlige Norskehavet. I de øvre lag i Barentshavet estimerte Zelikman (1958) en krillbiomasse mellom 70 og 114 mg m⁻³. Mens krillen er særlig utbredt i de kalde områdene av Norskehavet, synes den i liten grad å trenge inn i arktisk vann i Barentshavet (Dalpadado og Skjoldal 1991, 1996).

Havforskningsinstituttet har også undersøkt krillforekomstene med MOCNESS. I Barentshavet under deknningen i august-september 1998 var gjennomsnittlig 5.3% av planktonbiomassen krill over ca. 10mm, dvs. 0.46 g t.v. m⁻² eller omregnet til våtvekt, ca. 2.3 g m⁻² (upubliserede resultater). Denne prosentdelen er den samme som ble funnet

i Zenkevitch (1963). De lave verdiene gjenspeiler de forskjellige fangstegenskapene hos små og store redskapstyper.

Havforskningsinstituttets undersøkelser med den nye Makroplanktontrålen (se kapitlet om vitenskapelig prøvetakingsmetodikk) har gitt oss ny innsikt i forholdet mellom årsklasser av krill og forekomster. I fig. 5 ser en lengdefordeling av *Meganctiphanes norvegica* fanget med den nye Makroplanktontrålen og med Åkratrålen. Som en ser fanges det langt langt flere små og langt færre store individer med Makroplanktontrålen enn med Åkratrålen. En ser også at i Makroplanktontrålen er begge årsklassene av *M. norvegica* representert i et mer realistisk forhold, dvs. færre av den eldste årsklassen. I Dalpadao et al. (1998) er det antatt en effektiv trållåpning for Åkratrålen lik 10 m² for krill og amfipoder, og en effektiv trållåpning lik 30 m² for reker og mesopelagisk fisk. Dersom en bruker de antatte effektive trållåpningene for Åkratrålen og åpningen i Makroplanktontrålen (16 m²) til å beregne fangst pr. m² trållåpning kan mengde-estimatene gitt i Dalpadao et al. (1998) sammenlignes med fangstene i Makroplanktontrålen der vi lettere kan beregne riktig effektiv fangståpning. I gjennomsnitt, basert på 10 forsøksserier der begge trålene ble kjørt like lenge i samme dyp, fant vi at fangst pr. m² trållåpning for *Meganctiphanes norvegica* var 60% lavere for Åkratrålen enn for Makroplanktontrålen. Dersom en antar at det ikke var nevneverdig unnvikelse for krill i Makroplanktontrålen betyr dette at estimatene gitt i Dalpadao et al. (1998) er 60% for lave. Tilsvarende tall for noen flere arter er gitt i Tabell 2.

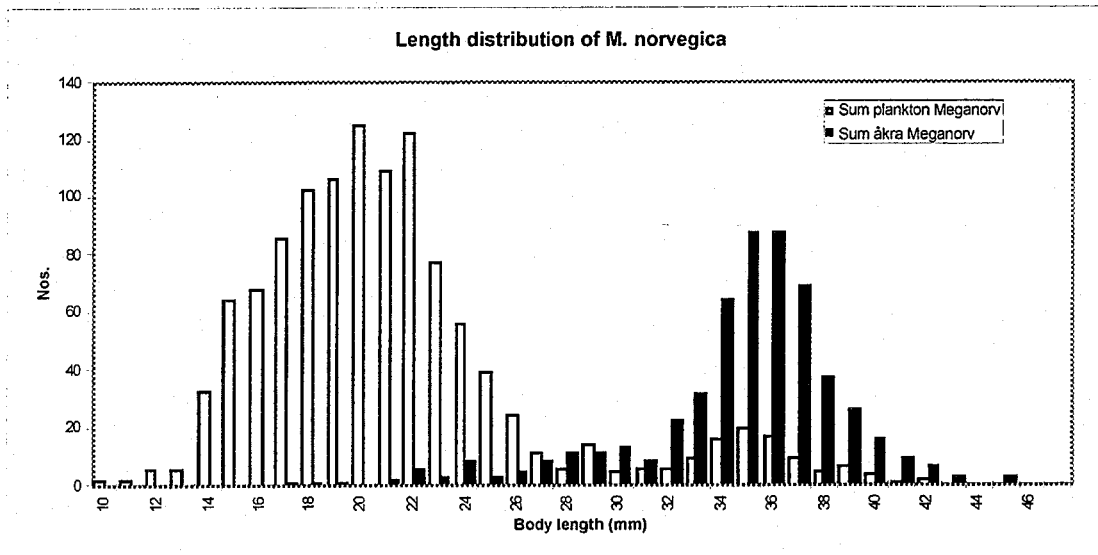


Fig. 5. Lengdefordelinger av *Meganctiphanes norvegica* i Makroplanktontrål (åpne stolper) og i Åkratrål (fylte stolper) basert på 10 parallelle hal i samme dyp (ca. 200 m) i ca. 20 minutter.

Amfipoder

I følge Dunbar (1964) er *T. abyssorum* utbredt i hele Norskehavet fra sør for Island og Grønland til nordspissen av Svalbard, og mesteparten av Barentshavet. Sökkelen langs

Tabell 2. Gjennomsnittlig fangst (kg) pr. m² trållåpning i Makroplanktontrål og Åkratrål fra 10 parallele hal med begge tråler i samme dyp i ca. 20 min. Forholdstall mellom fangst pr. m² trållåpning i Makroplanktontrål og Åkratrål.

	<i>M. norvegica</i>	<i>M. muelleri</i>	<i>B. glaciale</i>	<i>Pasiphaea</i> spp.	<i>Sergestes</i> spp.
Fangst m ⁻²	0.3	2.2	9.7	0.02	0.03
Makropl.trål					
Fangst m ⁻²	0.1	0.4	0.9	0.04	0.05
Åkratrål					
Forholdstall	0.6	2.3	12.5	3.4	2.3

Norskekysten er definert som et område der arten er vanlig. *T. libellula* finnes derimot normalt ikke på sokkelen eller i det sørlige Barentshavet men er vanlig i resten av Norskehavet og hele det arktiske området. I det sentrale Barentshavet er den numeriske utbredelsen hos *Themisto* undersøkt med MOCNESS i årene 1984-1992 (Dalpadado et al. 1994). *T. abyssorum* viste de høyeste konsentrasjonene sør for Polarfronten, opp til over 50 individer m⁻², og mindre enn 10 individer m⁻² i arktiske vannmasser. Omvendt var *T. libellula* sterkest representert nord for og i Polarfronten (opp til > 100 m⁻²), mens det var lav tetthet i sør (< 1 m⁻²). Begge artene hadde en relativt dyp vertikalfordeling fra 200-500m, men *T. libellula* kunne også være meget konsentrert helt i overflaten i arktisk vann (8 individer m⁻³).

Under trålsurveys i Norskehavet i 1994 ble amfipodenes biomasse undersøkt i 0-600 m sjiktet (Dalpadado et al. 1998). Den høyeste biomassen på over 100 g våtvekt m⁻² ble registrert i kaldt arktisk vann, og den store *T. libellula* dominerte i mer enn 90% av fangstene. Amfipodene ble observert i alle dyp, med den største biomassen mellom 30 og 200 m. Lenger øst i arktisk/atlantisk vann var biomassen gjennomsnittlig rundt 7 g m⁻², og amfipodene stod her i hovedsaken mellom 200 og 600 m. I atlantisk og blandet atlantisk/kystvann lå verdiene mellom 0.08 og 0.5 g m⁻², og amfipoder ble bare funnet på enkelte stasjoner.

Ribbemaneter og maneter

I Barentshavet utgjorde ribbemanetene sammen med et lite innslag av de store manetene (*Cyanea capillata*) 6.9% av dyreplanktonets totale tørrvekt i 1998, eller 0.64 g t.v. m⁻². Med et 4% tørrvektinnhold svarer det til 16 g våtvekt m⁻² (MOCNESS, upubliserte data).

I Norskehavet er den store maneten *Periphylla periphylla* vanlig på dypt vann. Dalpadado et al. (1998) fant 1.5 g våtvekt m⁻² i 200-600 m i 1994. Arten finnes også i Barentshavet.

Reker

Sergestes spp. og *Pasiphaea* spp. var begge vanlige i trålfangstene fra Åkra-trålen (Dalpadado et al. 1998). De hadde en vid utbredelse i hele Norskehavet og ble mest

funnet mellom 200 og 600 m (1.3 g m^{-2} i Atlantisk vann). I arktisk vann var biomassen lav.

Undersøkelsene med Makroplanktontrålen antyder at *Sergestes* spp. og *Pasiphaea* spp. var overestimert basert på Åkratrålfangstene med en faktor på henholdsvis 2.3 og 3.4 (Tabell 2) i resultatene rapportert i Dalpadado et al. (1998). Som en ser i fig. 6 er det de største som er overrepresentert i Åkratrålfangstene.

En oversikt over biomasser av krill, amfipoder og reker er gitt i tabell 3.

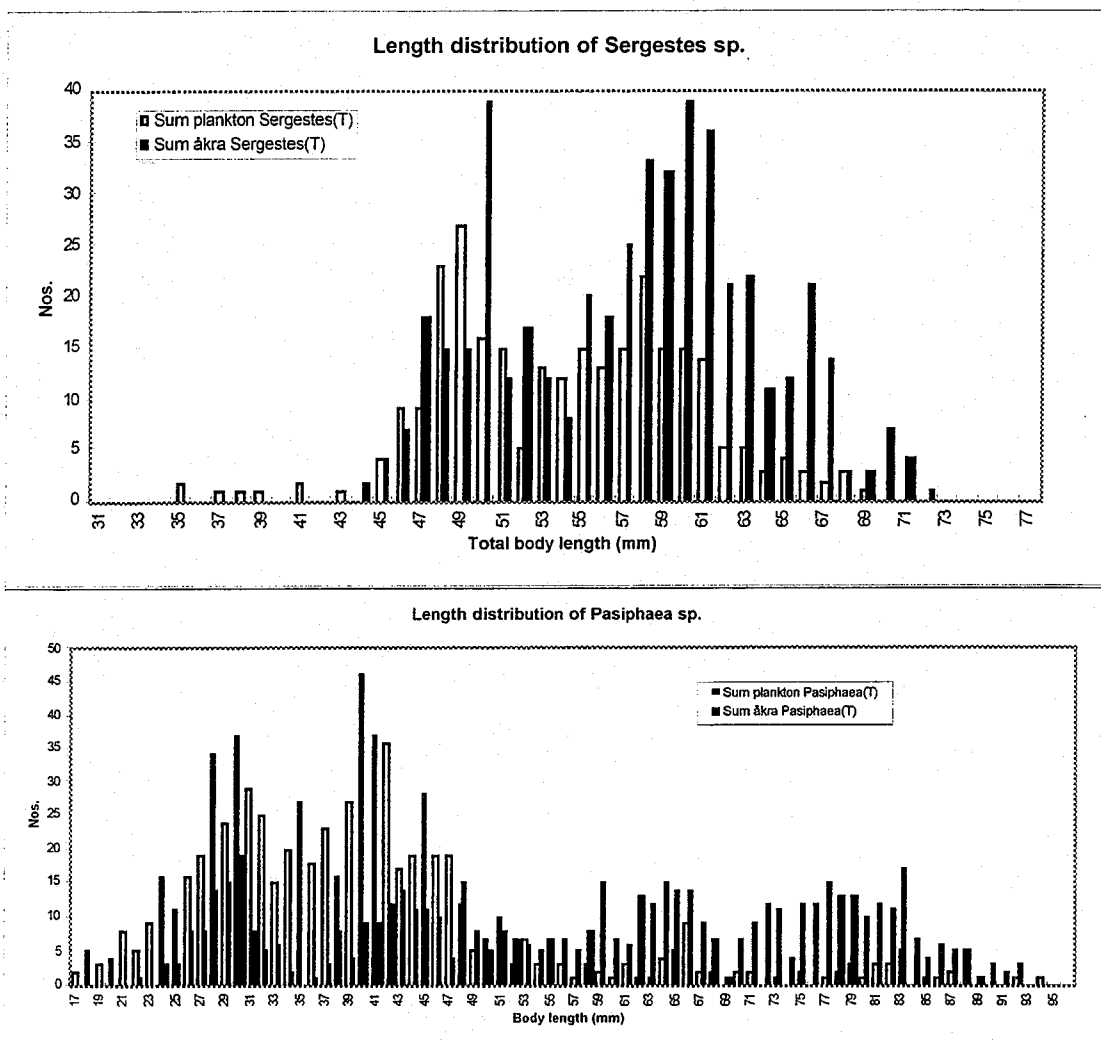


Fig. 6. Lengdefordelinger av *Sergestes* spp. (øvre panel) og *Pasiphaea* spp. (nedre panel) i Makroplanktontrål (åpne stolper) og i Åkratrål (svarte stolper) basert på 10 parallelle hal i samme dyp (ca. 200 m) i ca. 20 minutter.

Mesopelagisk fisk

Laksesild (*Maurolicus muelleri*), nordlig lysprikkfisk (*Benthosema glaciale*) og laksetobis (*Notolepis rissoi*) var typiske mesopelagiske arter i Norskehavet (Dalpadado et al. 1998). *B. glaciale* var mest utbredt i varmt atlantisk vann med 2.9 g

Tabell 3. Biomasse av krill, amfipoder og reker i Norskehavet (De Nordiske hav), mai-august 1994 (Dalpadado et al. 1998). + betyr meget lave verdier.

Område	Krill			Amfipoder			Reker		
	Dyp (m)	Våtvekt g m ⁻²	Våtvekt mill. tonn	Dyp (m)	Våtvekt g m ⁻²	Våtvekt mill. tonn	Dyp (m)	Våtvekt g m ⁻²	Våtvekt mill. tonn
Atlantisk vann	0-30	+		0-30	0		0-30	0	
Atlantisk vann	30-200	+		30-200	0		30-200	+	
Atlantisk vann	200-600	8.3		200-600	0.32		200-600	1.3	
Kyst / atlantisk	0-30	0.2		0-30	0		0-30	0	
Kyst / atlantisk	30-200	1.37		30-200	0		30-200	0.03	
Kyst / atlantisk	200-600	1.34		200-600	0.09		200-600	0.87	
Kystvann	0-30	1.81		0-30	0		0-30	0	
Arktisk vann	0-30	2.93		0-30	20		0-30	+	
Arktisk vann	30-200	1.27		30-200	110		30-200	0	
Arktisk vann	200-600	31.6		200-600	65		200-600	+	
Atlantisk / arkt.	0-30	3.3		0-30	0.55		0-30	+	
Atlantisk / arkt.	30-200	0.16		30-200	0.15		30-200	+	
Atlantisk / arkt.	200-600	4.3		200-600	6.8		200-600	1.3	
Hele området			50						110
									1.6

våtvekt m⁻², og stod på dyp under 200 m. Den totale biomassen i Norskehavet ble beregnet til 2.3 millioner tonn. *M. muelleri* var vanlig i blandet kyst-atlantisk vann på 30-200 m dyp der den utgjorde 0.4 g m⁻² i 1994. Den totale bestanden var 250 000 tonn. *N. rissoi* var mest utbredt i atlantisk vann fra 200-600 m (1.2 g m⁻² i 1994) og bare i liten grad i arktisk vann. I hele Norskehavet hadde den en biomasse på 1.3 millioner tonn.

Undersøkelser med Makroplanktontrålen antydte at *Maurolicus muelleri* og *Benthosema glaciale* var overestimert i Åkratrålfangstene rapportert i Dalpadado et al. (1998) med en faktor lik henholdsvis 2.3 og 12.5 (Tabell 2). Særlig for lysprikkfisk vil dette gi kraftige utslag i bestandsestimater. Det kan imidlertid tenkes at Makroplanktontrålen er lite effektiv for de største individene av lysprikkfisk med størst unnavikelsesevne. Lengdefordelingene viser at det var særlig de største individene av begge arter som var overrepresentert i Åkratrålfangstene (Fig. 7). På den andre siden er det ikke noen klar tendens til at forskjellen mellom de to trålene skyldes en undervurdering av den effektive fangståpningen hos Åkratrålen.

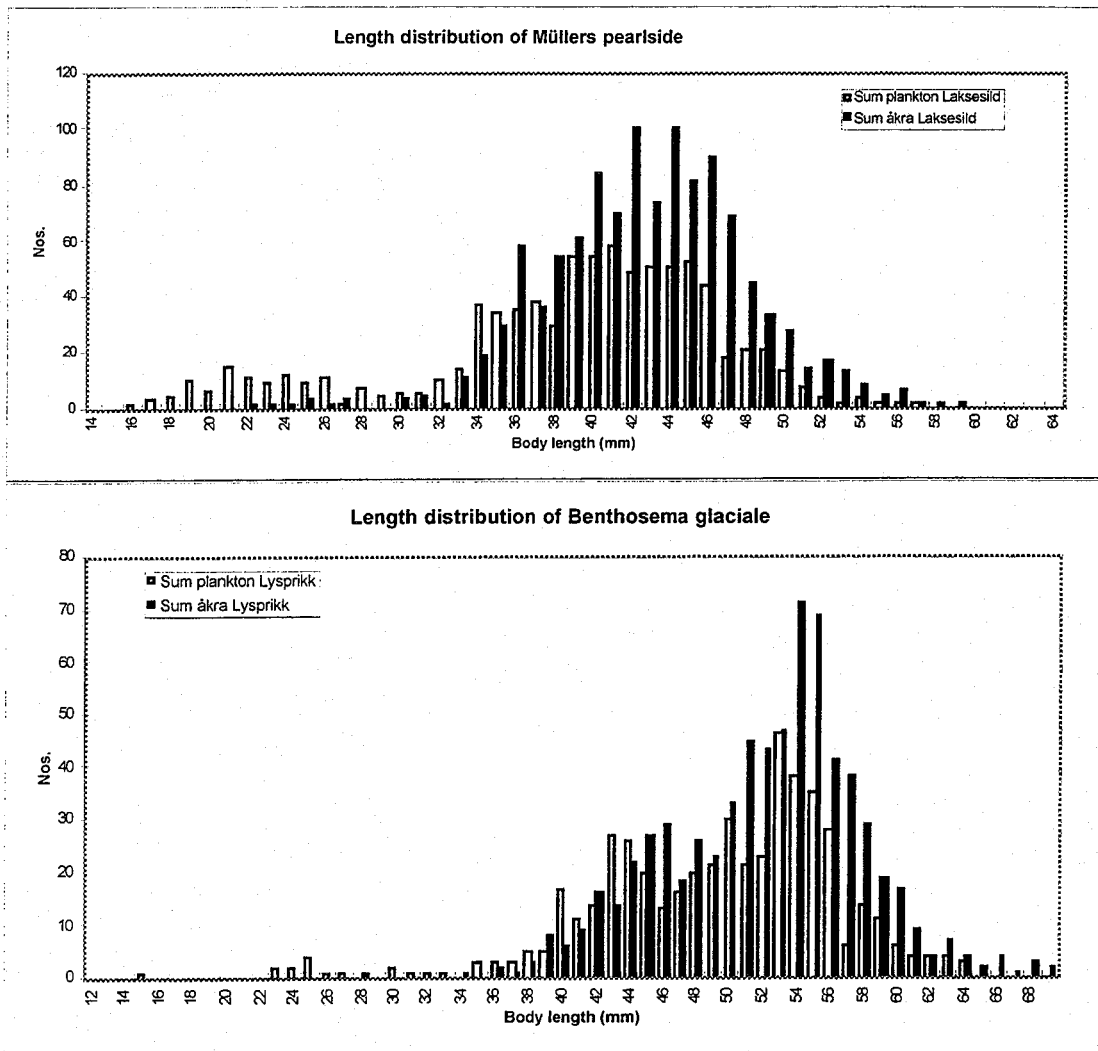


Fig. 7. Lengdefordelinger av *Maurolicus muelleri* (øvre panel) og *Benthosema glaciale* (nedre panel) i Makroplanktontråll (åpne stolper) og i Åkratråll (svarte stolper) basert på 10 parallelle hal i samme dyp (ca. 200 m) i ca. 20 minutter.

Fiskelarver

Fiskelarver er som oftest beskjedent representert i planktonet selv om de lokalt på gytefeltene kan være tallrike. For de fiskeartene som gyter på den norske kontinentalsokkelen er den norske kyststrømmen den dominerende transportveien for gyteprodukter (Anon 1991). Egg og larver føres nordover langs kysten og spres over et stort område. Et viktig trekk ved kyststrømmen er en rekke stasjonære virvler som dannes på grunn av bunntopografien. Disse er særlig tydelige over bankområdene, der fiskelarver kan oppkonsentreres og videre transport forsinkes (Sundby 1984). Tromsøflaket virker som et gigantisk oppsamlingsområde, og larver av sild, torsk og lodde føres ut i Norskehavet og Barentshavet som er viktige oppvekstområder for disse artene. For tiden er sildestammen sterk med en gytebestand på over 9 millioner tonn i 1998 (Toresen et al. 1999), og sildeeggene gytes over et vidt område fra Lindesnes til Andøya. I rapportene fra larveundersøkelsene som utføres av Havforskningsinstituttet er larveindeksene et mål på antall larver totalt i et definert

undersøkelsesområde. Undersøkelsene av sildelarver foregår i april, og i 1998 var undersøkelsesområdet fra 60° til 68°N, og fra 2° til 16°Ø. Sildelarver fra 6-18 mm lengde ble funnet innefor et areal på $9.9 \cdot 10^4 \text{ km}^2$, og totalt antall larver var $34.49 \cdot 10^{12}$ (Kjell Bakkeplass, HI, pers. com.). På basis av den prosentvise fordelingen av larver i hver 1 mm lengdegruppe, og lengde-vekt relasjoner fra sildelarver i 1987 (Fossum 1987) kan en regne ut tørrvektbidraget til de enkelte størrelsesgruppene. Alle larvene samlet utgjorde en biomasse på 10159 tonn t.v. innen det definerte området, eller 0.1 g t.v. m^{-2} . Dette er grovt regnet 2% av den totale biomassen av dyreplanktonet. Sildelarveindeksen har variert mye fra år til år, 64.46 i 1997 og 17.73 i 1999. Fra gytefeltene til lodda langs kysten av Finnmark driver loddelarvene inn i Barentshavet. Larveindeksen var i 1997 $6.9 \cdot 10^{12}$, og i 1998 $14.8 \cdot 10^{12}$. Hvis en regner med at alle larvene hadde gjennomsnittslengde lik ca. 10 mm (grovt gjennomsnitt i 1997) og vekt-lengdeforholdet er som for sild, vil den samlede larvevekten de to årene være i henholdsvis 1100 og 2400 tonn, men dette er svært usikre overslag. De viktigste gytefeltene for Norsk-Arktisk torsk er i Lofoten der gytingen finner sted tidlig i mars. I juni -juli kan opp til 90% av larvene befinne seg over Tromsøflaket, før de føres videre inn i Barentshavet og mot vestkysten av Svalbard (Anon 1991).

Produktivitet

Mens det finnes store mengder data på biomassen (standing stock) på dyreplankton generelt eller de enkelte artene eller grupper av plankton, er det få data på produksjonen. Slike data krever tilgang på gjentatte målinger av bestandene for å bestemme generasjonssyklus, dødelighet, eggantall, individuell vekst m.m. Arter med høy omsetningshastighet og mange generasjoner pr. år har i regelen høy årlig produksjon i forhold til den målte biomassen på et gitt tidspunkt, eller den gjennomsnittlige biomassen i løpet av året. Dette forholdet er oftest kalt P/B forholdet. I følge Wiborg (1976) er den totale dyreplanktonbestanden langs Norges kyst 13 millioner tonn. Med tall fra Timokhina (1964) beregnet han den årlige produksjonen i området til 26 millioner tonn, d.v.s. P/B for gjennomsnittsplanktonet er 2/1. Basert på en primærproduksjon på $100 \text{ g C m}^{-2} \text{ år}^{-2}$ (Ryther 1969) kan dyreplanktonet nå opp i en årsproduksjon på 25-50 millioner tonn.

Basert på 1148 prøver ned til 500 m dyp i 1959 og 1960 ble produksjonen av *Calanus finmarchicus* beregnet til 50 millioner tonn våtvekt i hele Norskehavet (Timokhina 1964). Med bakgrunn i data fra et lukket fjordsystem på Vestlandet og resultater fra Miller og Tande (1993) har Aksnes og Blindheim (1996) beregnet produksjonen av *C. finmarchicus* i Norskehavet. Med et areal på $2.6 \cdot 10^6 \text{ km}^2$ kom de frem til en total produksjon på 74 millioner tonn våtvekt, eller 14.8 mill. tonn tørrvekt (tabell 4).

I Sakshaug et al. (1994) blir energibudsjettet i det pelagiske økosystemet i Barentshavet gjennomgått. Omregnet fra carbon-innhold (40% av tørrvekt) og energi (1 TJ tilsvarer 25 tonn carbon for *Calanus* og krill) blir den totale årsproduksjonen 28 millioner og 5 millioner tonn tørrvekt for henholdsvis *Calanus* og krill (tabell 4).

Tabell 4. Produksjon i tørrvekt, delvis omregnet fra våtvekt og carbon.

	Redskap	Tørrvekt g/m ²	Tørrvekt mill. tonn	P/B år ⁻¹	Årsprod g/m ²	Årsprod. mill. tonn	Omregnet
Norskehavet							
<i>Calanus</i> Timokina 1964	håv?					10	fra våtvekt
Aksnes and Blindheim 1996	håv?					14.8	fra våtvekt
Barentshavet							
<i>Calanus</i> Sakshaug et al. 1994	?	5	7	4	20	28	fra carbon
Krill Sakshaug et al. 1994	?	2.5	3.5	1.5	3.8	5	fra carbon
Drobysheva and Panasenکو 1984	?					12	fra våt?vekt
Norskekysten							
Total dyreplankton Wiborg (1976)/Timokhina (1964)	håv		2.6	2		5.2	fra våtvekt

Calanus er ansvarlig for mesteparten av dyreplanktonproduksjonen, og i Barentshavet står *C. finmarchicus* for 60% (atlantisk vann) mens 40% er fra *C. glacialis* nord for polarfronten. Produksjonen av *C. finmarchicus* øker generelt med vanntemperaturen og størrelsen på overvintringsbestanden og kan variere fra 2-15 g C m⁻² år⁻¹ (5-37.5 g t.v. m⁻² år⁻¹). For høyere produksjon regner en at planteplanktonproduksjonen vil være begrensende. Andre begrensninger er gitt av innstrømning av atlantisk vann til Barentshavet, og predasjon fra fisk (Sakshaug et al. 1994). Produksjonen av *C. glacialis* er sterkt avhengig av iskantens utbredelse, og tallene varierer fra 1-8 g C m⁻² år⁻¹ (2.5-20 g t.v. m⁻² år⁻¹) (Tande 1991). Totalproduksjonen av *Calanus* og krill tilsvarer et planteplanktonkonsum på 25 g C m⁻² år⁻¹ (62.5 g t.v. m⁻² år⁻¹), hvilket er omlag 30% av den "nye" primærproduksjonen (basert på tilførsler av regenererte næringsalter fra dypere vann) (Sakshaug et al. 1994).

Biomasse- og produksjonsdata for krill er oppsummert i dos Santos (1994):

Meganyctiphanes norvegica fra 10 m dyp i Norskehavet (Lindley 1982b) hadde en biomasse på 0.4-14.0 mg t.v. m⁻³ og en netto produksjon fra 1.4 til 18.7 mg t.v. m⁻³ år⁻¹ (P/B fra 1.3-3.4). Med kjennskap til denne artens dype fordeling har imidlertid denne målingen ingen relevans i forhold til totalbestanden.

Thysanoessa inermis fra samme område og samme dyp (Lindley 1982a) hadde en biomasse på 1.32 mg t.v. m⁻³ og en netto produksjon på 1.83 mg t.v. m⁻³ år⁻¹ (P/B ca. 1.39).

T. longicaudata (samme område og dyp) (Lindley 1978) er ført opp med en biomasse på 0.29-0.49 mg t.v. m⁻³ og en netto produksjon på 0.61-2.23 mg t.v. m⁻³ år⁻¹. P/B 2.1-4.6.

I Barentshavet regnet Drobysheva og Panasenکو (1984) med en årlig produksjon av krill på 50-70 millioner tonn. Dette er også et underestimert da det anføres av forfatterne selv at deres redskaper ikke fanger annet enn juvenil krill noenlunde kvantitativt.

Bestandens vandringer

Med basis i definisjonen av plankton, organismer som svever fritt i vannmassene, finner en ikke aktive horisontale vandringer hos dyreplanktonet slik tilfelle er for fisk. Advective prosesser fører til spredning av dyreplanktonet, der spredningsmønsteret stort sett vil følge sirkulasjonsmønsteret til havstrømmene i de dypene planktonet befinner seg. Med sin korte livssyklus og høye produksjon er likevel planktonet geografisk nært knyttet til en bestemt vannmasse der arten har suksess. De fleste planktonorganismene har derimot en aktiv vertikalvandring der dypet de oppholder seg i til enhver tid er et kompromiss mellom å oppholde seg i dyp med mye mat og å unngå å bli spist. Med visuelle predatorer til stede resulterer dette som oftest i en døgnlig vertikalvandring mot overflaten i mørke og mot dypet om dagen.

Sesongvandringene innebærer som regel en vandring ut av de øvre vannlag når mattilbudet der er for dårlig til å gi en vekst som forsvaret den økte rissikoen for å bli spist. Derfor vandrer *Calanus* ned i dypet om vinteren (Dale et al. 1999). De eldre stadiene av *Calanus finmarchicus* utfører omfattende årlige vertikale vandringer fra overflaten til under 1500 m, og de holder seg i laget mellom 500 og 1000 m i lange perioder både under senvinteren, sommeren og høsten (Bjørke et al. 1999). De yngste stadiene ble alltid funnet i de øverste 100 m. Tidlig om våren kommer *Calanus* til de øvre vannlag for å gyte (se kapitlet "Generelt om dyreplanktonets fordeling og biologi"). Den døgnlige vertikale vandringen hos *Calanus* kan også være betydelig om våren og høsten, men dette vet vi lite om. Om sommeren er den døgnlige vertikale vandringen liten (Trine Dale, UiO, pers. medd.). De eldre stadiene viser større vertikale vandringer enn yngre stadier. Krill (*M. norvegica*, *T. inermis*) foretar også døgnlige vertikale vandringer, både om sommeren og vinteren (dos Santos 1994). De døgnlige vertikale vandringer synes imidlertid å være begrenset til tider på året med klare dag/natt-forskjeller i lysforholdene (Torgersen et al. 1997, Melle, unpubl. resultat). Om dagen er gjennomsnittsdypet 0-400m, om natten 0-100 m, og de svermer ofte helt i overflaten (dos Santos 1994). Mesopelagisk makroplankton (reker, krill, amfipoder) og nekton (lysprikkfisk, laksesild) viste maksimum biomasse i 200-600 m dyp om sommeren, og i intermediert arktisk vann (laget mellom Norskehavs dypvann og atlantisk vann) om våren (Bjørke et al. 1999).

Fangstsesonger

Calanus finmarchicus har vanligvis maksimal biomasse i juni-juli i sørlige delen av Norskehavet, noe senere i nord-vest (Pavshtiks 1956). Mesteparten av biomassen foreligger da som stadium IV-V i størrelsesgrupper som er praktisk mulig å fange med planktonnett (Melle og Ellertsen in prep.). Allerede i juni begynner en del av bestanden å søke ned på dypere vann, samtidig som bestanden spres over et stort dybdeintervall slik at konsentrasjonene reduseres kraftig. Overvintringsbestanden er tilgjengelig i lave konsentrasjoner på dypt vann gjennom mesteparten av vinteren. Etter gytingen dør de fleste voksne individene, og i en periode er bestanden av *Calanus* dominert av larver og lavere kopepodittstadier som krever mer finmasket nett for effektiv fangst. Om våren og tidlig på sommeren under første generasjons framvekst, men før nedvandringen starter, er bestanden gunstigst å fange. Planteplanktonet er da til en viss grad redusert og klogger redskapen mindre, og dyreplanktonet består hovedsakelig av større *Calanus* og i mindre grad av andre former som særlig blomstrer opp senere på sommeren og høsten (Wiborg 1976b, se under). Denne perioden er imidlertid kortvarig, kanskje <1 mnd. Kvalitetsmessig er nok *Calanus* mest verdifull sent på sommeren når opplagsnæringen er på det høyeste før overvintringen.

Siden mesopelagisk fisk, krill (*Meganyctiphanes norvegica*), reker og amfipoder er flerårige arter, og det derfor alltid vil være voksne individer tilstede i populasjonen, synes det å være mindre viktig når fangstsesongen legges. Døgnlig vertikalvandring foretas stort sett gjennom hele året, men synes altså å avta under den lyseste sommeren da disse artene i liten grad forlater de dypere lag (Torgersen et al. 1997, Melle unpubl.). Dette forskes det fortsatt på.

Amfipoden *Themisto libellulla* har om sommeren en interessant adferd i arktisk vann når den går i stim nær overflaten (Melle unpubl.). Det er mulig at også krill, og da i hovedsak *Meganyctiphanes norvegica*, har en lignende adferd i arktisk vann. Dette kan være en adferd som muliggjør svært effektiv fangst.

Krill, reker, amfipoder og mesopelagisk fisk er trolig også mest fettrike om høsten. Vertikalvandring gjennom hele vinteren for mange av disse artene antyder imidlertid at beiting pågår da også slik at dyrene inneholder mindre opplagsnæring enn f.eks. *Calanus*.

Erfaringer fra forsøksfiske etter dyreplankton

Det har vært gjort mange studier av forsøksfiske på dyreplankton, særlig *Calanus* og krill, med tanke på utnyttelse av forekomstene til fiskefor og menneskeføde, eller til råstoff i den kjemiske industrien (Wiborg og Bjørke 1968, Wiborg og Bjørke 1969, Wiborg og Hansen 1974, Wiborg 1976b, Parson 1972). Ifølge Wiborg (1976b) var de årlige fangstene av *Calanus* 20-50 tonn i 1976, og forsøksfiske etter krill og kopepoder hadde da pågått i mindre skala i 10-15 år i april-juli. Han eksperimenterte med en bomtrål med åpning på 3 ganger 4 m, og med et innernett med maskevidde 0.5 ganger 0.8 mm. Ved passiv oppankring i sund med god gjennomstrømming kunne fangster opp til 400 kg pr. natt oppnås. Wiborg (1976) rapporterte også om en fangst på 1600 kg

med *Calanus* ved bruk av to tråler hver med 20 m² åpning, oppnådd etter taving i 8 timer i 0.5 m s⁻¹.

Siden *Calanus* og dyreplankton generelt er kjent for å opptre flekkvis i svært variable konsentrasjoner, anbefalte han at rike forekomster burde lokaliseres på forhånd ved bruk av vanlige planktonnett, horisontalt og vertikalt, og ved å bruke kjennskap om ansamlinger av fugl og større fisk i områder med mye *Calanus*. I Vest-Norske kystfarvann vil første generasjonen av *Calanus* nå kopepodittstadium V i månedskiftet april-mai, og på denne tiden finner en de største mengdene dyreplankton biomasse. Neste generasjon *Calanus* produserer et nytt maksimum i juli-august, men da er vanligvis dyreplanktonet i større grad blandet opp med meduser, kammaneter (*Bolinopsis infundibulum*), cladocerer og larver av bunnlevende former, spesielt i fjordene og nær kysten (Wiborg 1976b). Straks en beveger seg noen få kilometer ut fra kysten og fjordvannet er planktonet renere på *Calanus*. Fiske på dyreplankton er gunstigst om kvelden og natten når det vandrer mot overflaten. Perioder med mye nordavind vil føre dyreplanktonet vekk fra kysten og ned på dypt vann (Wiborg 1976b).

Høstningspotensiale

Med de relativt høye biomasser av dyreplankton som det her refereres til er det klart at selv med forholdsmessig lave uttak kan det oppnås betydelige totalfangster. F.eks. med en ressurs på over 40 millioner tonn (tørrvekt) raudåte produsert pr. år i de aktuelle havområdene, og kanskje langt over 10 millioner tonn krill vil selv uttak ned mot en prosent av årsproduksjonen gi betydelige fangster. Hva dette likevel kan bety for fiskebestandene kommer vi tilbake til i neste kapittel. Skal en imidlertid kunne drive forsvarlig høsting av ressursene av plankton og mesopelagisk fisk, så krever det langt mer nøyaktig kunnskap om bestandsstørrelse, produksjon og langsiktige bestandsfluktuasjoner. For de minste planktonorganismene (særlig *Calanus*) har vi relativt god oversikt over bestandsstørrelsen, og vi kan følge endringer fra år til år (Melle et al. 1999, Aure et al. 1999). For de større planktonorganismene og delvis også den mesopelagiske fisken mangler slike mål, særlig fordi vi har manglet egnet redskap til å gjøre slike målinger med. For plankton og mesopelagiske fiskearter mangler vi gode produksjonsmålinger. For å kunne gi et anslag for høstningspotensialet utover en del minimumsestimat som må bygge på føre var prinsippet, må arbeidet med å få gode bestands- og produksjonsmålinger gis høy prioritet. Dette vet vi er ikke enkle målinger, men ressurskrevende og vitenskapelig utfordrende oppgaver som må være en integrert del av et prosjekt som sikter mot et prøvefiske på de ressursene vi her snakker om.

Konsekvenser for fiskeriene og det marine miljø

Både fiske og naturlige bestandssvingninger hos en fiskeart vil kunne påvirke bestandens størrelse. Gjennom samspill med andre arter påvirker svingninger hos en art andre arters bestandstørrelse, enten artene er relatert som rovdyr, byttedyr eller konkurrenter. Som stikkord kan nevnes sild og lodde som konkurrenter, sild som

predator på loddelarver, torsk som predator på lodde og sild og på amfipoder i mangel av annet, og sjøfugl som lunde som er helt avhengig av sild for hekkesuksess. Vi mangler imidlertid kvantitativ kunnskap slik at vi kan si hvilke konsekvenser det har for de planktonspisende fiskebestandene og det marine miljøet generelt dersom deler av sekundærproduksjonen, d.v.s. planteplanktonspisende organismer som kopepoder og krill, tas ut fra systemet ved omfattende fiske. Nyere undersøkelser kan tyde på at det er en positiv sammenheng mellom tilgjengelig dyreplankton og kondisjonsindeksen hos sild (Melle et al. 1999). I den grad veksten hos sild er næringsbegrenset og en eventuell nedgang i planktonforekomstene i et område ikke kan kompenseres ved vandring til et nytt område fordi systemet er nær bæregrensen for pelagiske planktonspisende fisk, vil et planktonfiske kunne få en direkte negativ innvirkning på sildeveksten. Slike betraktninger er imidlertid ikke liketil. Vi kan tenke oss et fiske på krill. Dette er en art som spiser planteplankton, men som vi også vet spiser *Calanus* i ukjente kvanta. Silda spiser både krill og *Calanus*, men sistnevnte i større mengder. Et fiske på krill vil derfor redusere tilbudet av dette byttedyret for sild, men på grunn av redusert beiting av krill på *Calanus* kan tilbudet av sistnevnte art for sild mer enn kompensere for reduksjonen i krill-mengdene. Slike relasjoner er vi imidlertid ikke i stand til å kunne tallfeste i dag. Isolert sett vil en planktonbestand tåle stor beskatning uten at dette går ut over størrelsen, og på arter med en eller flere generasjoner pr. år vil bestandstørrelsen raskt gjenopprettes. Et annet aspekt er tilførsler av vannmasser med nytt plankton. F.eks. regner en med at en stor del av raudåta i Barentshavet fornyes med tilførsler fra Norskehavet. Imidlertid må en på teoretisk grunnlag regne med at i et økosystem som er i balanse vil ethvert uttak av plankton føre til reduserte tilførsler av energi til de andre trofiske nivåene og dermed et redusert uttak av fisk.

I motsetning til de åpne pelagiske systemene med rask utskiftning av vannmasser og dyreplankton, kan dyreplanktonsamfunnet i lukkede fjordsystemer lettere påvirkes ved fiske, og således vil næringsgrunnlaget for lokale fiskestammer også kunne svekkes. En bør nok også unngå fiske etter plankton på de store gytefeltene for fisk der fiskeegg og larver lett kan utgjøre en ubetydelig bifangst for fiskeriene, men kanskje en ikke ubetydelig inngripen i fiskebestandenes rekruttering. Negativ påvirkning av rekrutteringsprosessen hos fisk kan også skje ved at en lokalt fisker ned gytebestanden av *Calanus*, hvis larver er viktigste mattilbud for yngel av de fleste fiskebestander som gyter langs norskekysten.

Referanser

- Aksnes, D.L. and Blindheim, J. 1996. Circulation patterns in the North Atlantic and possible impact on population dynamics of *Calanus finmarchicus*. *Ophelia*, 44: 7-28.
- Anon 1991. De tidlige livsstadiene hos fisk i møte med trusselen fra petroleumsvirksomheten. In Fossum, P. and Øyestad, V. (eds.): *Sluttrappport fra Havforskningsinstituttets egg og larveprogram - HELP (1985-1991)*: 1-78.
- Aure et al. 1998. Havets miljø 1998. *FiskenHav, Særnummer 2-1998* : 1-90.
- Aure et al. 1999. Havets miljø 1999. *FiskenHav, Særnummer 2-1999* : 1-104.
- Bathmann, U.V., Noji, T.T. and Bodungen, B.von 1991. Sedimentation of pteropods in the Norwegian Sea in autumn. *Deep-Sea Research*, 38: 1341-1360.
- Bjørke, H., Blindheim, J. and Melle, W. 1999. Hydrographical conditions and vertical distribution of plankton and nekton in the eastern Norwegian Sea. *Fisken og havet, nr. 2-1999*: 1-30.
- Bliznichenko, T.E., Degtereva, A.A., Drobysheva, S.S., Nesterova, V.N., Plekhanova, N.V. and Ryzhov, V.M. 1984. Plankton investigations in the Norwegian and Barents Seas in 1981. *Annales Biologiques*, 38: 71-73.
- Corlett, J. 1959. Dry Weight of plankton in the western Barents Sea 1957-1959. *Annales Biologiques*, 16: 68-69.
- Dale, T., Bagoien, E., Melle, W. and Kaartvedt, S. 1999. Can predator avoidance explain varying overwintering depth of *Calanus* in different oceanic water masses? *Mar Ecol Prog Ser*, 179: 113-121.
- Dalpadado, P. and Skjoldal, H.R. 1991. Distribution and life history of krill from the Barents Sea. Pp. 443-460 in Sakshaug, E., Hopkins, C.C.E. and Øritsland, N.A. (eds.): *Proceedings of the Pro Mare Symposium on Polar Marine Ecology, Trondheim, 12-16 May 1990. Polar Research 10(2)*.
- Dalpadado, P., Borkner, N. and Skjoldal, H.R. 1994. Distribution and life history of *Themisto* (Amphipoda) spp., north of 73°N in the Barents Sea. *Fisken og Havet, nr. 12 - 1994*: 1-42.
- Dalpadado, P. and Skjoldal, H.R. 1996. Abundance, maturity and growth of the krill species *Thysanoessa inermis* and *T. longicaudata* in the Barents Sea. *Mar Ecol Prog Ser. Vol 144*: 175-183.

Dalpadado, P., Ellertsen, B., Melle, W. and Skjoldal, H.R. 1998. Summer distribution patterns and biomass estimates of macrozooplankton and micronekton in the Nordic Seas. *Sarsia*, 83: 103-116.

Drobysheva, S.S. 1979. Distribution of the Barents Sea euphausiids (fam. Euphausiacea). *ICES C. M./L8*: 1-18.

Drobysheva, S.S. and Panasenکو, L.D. 1984. On consumption on the Barents Sea euphausiids. *ICES C.M./L7* : 1-12.

Dunbar, M.J. 1964. Serial atlas of the marine environment. Folio 6. Euphausiids and pelagic amphipods. *American Geographical Society, New York.*: 1-2. 8 plates.

Falk-Petersen, S. and Hopkins, C.C.E. 1981: Ecological investigations on the zooplankton community of Balsfjorden, northern Norway: Population dynamics of the euphausiids *Thysanoessa inermis* (Krøyer), *Thysanoessa raschii* (M. Sars) and *Meganyctiphanes norvegica* (M. Sars) in 1976 and 1977. *J. Plankton Res.*, 3: 177-192.

Fossum, P. 1990. The condition of the herring larvae off Western Norway in the period 1985-87. *Havforskningsinstituttets egg- og larveprogram (HELP)*, 31: 1-20.

Hjort, J. and Ruud, J.T. 1929. Whaling and fishing in the North Atlantic. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. Int. Explor. Mer*, 56: 1-123.

Hopkins, C.C.E., Tande, K.S., Grønvik, S. and Sargent, J.R. 1984. Ecological investigations of the zooplankton community of Balsfjorden, northern Norway: An analysis of growth and overwintering tactics in relation to niche and environment in *Metridia longa* (Lubbock), *Calanus finmarchicus* (Gunnerus), *Thysanoessa inermis* (Krøyer) and *T. raschii* (M. Sars). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 82: 77-99.

Jørgensen, G. and Matthews, J.B.L. 1975: Ecological studies on the deep-water pelagic community of Korsfjorden, western Norway. Population dynamics of six species of euphausiids in 1968 and 1969. *Sarsia*, 59: 67-84.

Kaartvedt, S., Aksnes, D.L. and Aadnesen A. 1988. Winter distribution of macroplankton and micronekton in Masfjorden, western Norway. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 45: 45-55.

Kaartvedt, S. and Svendsen, H. 1990. Advection of euphausiids in a Norwegian fjord system subject to altered freshwater input by hydro-electric power production. *J. Plankton Res.*, 12: 1263-1277.

Kamshilov, M.M. 1961. Some long-term changes in the fauna and biological productivity of the Barents Sea and their causes. *Int. Revue ges. Hydrobiol.*, 46: 282-287.

Lie, U. 1965. Quantities of zooplankton and propagation of *Calanus finmarchicus* at permanent stations on the Norwegian coast and at Spitsbergen, 1959-1962. *FiskDir. Skr. Ser. HavUnders.*, 13: 5-19.

Lie, U. 1968. Variations in the quantity of Zooplankton and the propagation of *Calanus finmarchicus* at Station "M" in the Norwegian Sea, 1959-1966. *FiskDir. Skr. Ser. HavUnders.*, 14: 121-128.

Lindley, J.A. 1978. Population dynamics and production of Euphausiids. I: *Thysanoessa longicaudata* in the north Atlantic Ocean. *Mar. Biol.*, 46: 121-130.

Lindley, J.A. 1982a. Continuous plankton records: Geographical variations in numerical abundance, biomass and production of Euphausiids in the North Atlantic Ocean and the North Sea. *Mar. Biol.*, 71: 7-10.

Lindley, J.A. 1982b. Population dynamics and production of Euphausiids. III: *Meganyctiphanes norvegica* and *Nyctiphanes couchi* in the North Atlantic Ocean and the North Sea. *Mar. Biol.*, 66: 37-46.

Melle, W., Knutsen, T., Ellertsen, B., Kaartvedt, S. and Noji, T. 1993. Økosystemet i det østlige Norskehavet; sokkel og dyphav. *Havforskningsinstituttet, Rapport fra Senter for Marint Miljø 1993 nr. 4*: 1-108.

Melle 1998. Reproduction, life cycles, and distributions of *Calanus finmarchicus*, *C. glacialis*, and *C. hyperboreus* in relation to environmental conditions in the Barents Sea. *Dr. scient thesis. Department of Fisheries and Marine Biology. University of Bergen, Norway.*

Melle, W. and Skjoldal, H.R. 1998. Reproduction and development of *Calanus finmarchicus*, *C. glacialis* and *C. hyperboreus* in the Barents Sea. *Mar Ecol Prog Ser* 169: 211-228.

Melle, W., Blindheim, J., Holst, J.C., Rey, F. and Mork, K.A. 1999. Growth success of the Norwegian spring spawning herring in relation to environmental conditions in its feeding area; a preliminary prediction of the growth success during the 1999 feeding season. *ICES Northern Pelagic and blue whiting Working Group 1999*: 1-20.

Niehoff, B., Klenke, U., Hirche, H.J., Irigoien, X., Head, R. and Harris, R. 1999. A high frequency time series at weathership M, Norwegian Sea, during the 1997 spring bloom: the reproductive biology of *Calanus finmarchicus*. *Mar Ecol Prog Ser*, 176: 81-92.

Pavshtiks, E.A. and Timokhina, A.F. 1972. History of investigations on plankton in the Norwegian Sea and the main results of Soviet investigations. *Proceedings of the royal Society of Edinburgh (B)*, 73 (27): 267-278.

- Pethon, P. 1985. *Aschehaugs store fiskebok*. H. Aschehoug & Co.: 1-448.
- Parsons, T.R. 1972. Plankton as a food source. *Underwater J.*, 4: 30-37.
- Plourde, S. and Runge, J.A. 1993. Reproduction of the planktonic copepod *Calanus finmarchicus* in the Lower St. Lawrence Estuary: relation to the cycle of phytoplankton production and evidence for a *Calanus* pump. *Mar Ecol Prog Ser* 102: 217-227.
- Rosland, R. 1997. Depth selection and life histories in pelagic environments: a model approach. *Dr. scient thesis. Department of Fisheries and Marine Biology, University of Bergen, Norway*.
- Ryther, J.H. 1969. Photosynthesis and fish production in the sea. *Science, N.Y.*, 166: 72-76.
- Sakshaug, E., Bjørge, A., Gulliksen, B., Loeng, H. and Mehlum, F. 1994. Structure, biomass distribution, and energetics of the pelagic ecosystem in the Barents Sea: A synopsis. *Polar Biol.*, 14: 405-411.
- dos Santos, J. 1994. Krill in the Barents Sea: Biology and regional distribution. *Akvaplan-niva rapport nr: APN 432.94.503/02a*: 1-42.
- Sundby, S. 1984. Influence of bottom topography on the circulation at the continental shelf of northern Norway. *FiskDir. Skr. Ser. HavUnders.*, 17: 501-519.
- Tande, K.S. 1991. *Calanus* in the North Norwegian fjords and in the Barents Sea. *Polar Res.*, 10: 389-408.
- Timokhina, A.F. 1964. On zooplankton production in the different water masses of the Norwegian Sea. *Trudy polyar. nauchno-issled. Inst. morsk. ryb. Khoz. Okeanogr.*, 16: 165-181 (in Russian, English summary).
- Toresen et al. 1999. Havets ressurser 1999. *FiskenHav, Særunummer 1-1999*: 1-153.
- Torgersen, T., Kaartvedt, S., Melle, W. and Knutsen, T. 1997. Large scale distribution of acoustical scattering layers at the Norwegian continental shelf and the eastern Norwegian Sea. *Sarsia*, 82: 87-96.
- Wiborg, K. F. 1954. Investigations on zooplankton in coastal and offshore waters of western and Northwestern Norway. *FiskDir. Skr. Ser. HavUnders.*, 11: 1-246.
- Wiborg, K.F. 1955. Zooplankton in relation to hydrography in the Norwegian Sea. *FiskDir. Skr. Ser. HavUnders.*, 11: 1-66.

Wiborg, K.F. 1958. Quantitative variations of the zooplankton in Norwegian coastal and offshore waters during the years 1949-56. *FiskDir. Skr. Ser. HavUnders.*, 12: 1-17.

Wiborg, K.F. 1960. Investigations on zooplankton in Norwegian Waters and in the Norwegian Sea during 1957-58. *FiskDir. Skr. Ser. HavUnders.*, 12: 1-19.

Wiborg, K.F. and Bjørke, H. 1968. Utbredelsen av raudåte i kyst- og fjordstrøk sør for Bergen i mai-juni 1968 og muligheten for kommersiell utnyttelse av dyreplankton (The distribution of "red feed" (*Calanus*) in coast and fjord areas south of Bergen in May-June 1968 and the possibility of commercial exploitation of zooplankton). *Fiskets Gang*, 54: 727-730.

Wiborg, K.F. and Bjørke, H. 1969. Undersøkelser av forekomst og prøvofiske av raudåte i fjorder og kystfarvann mellom Fedje og Boknfjorden i mai-juni 1969 (Investigations of the occurrence of, and experimental fishery for "red feed" (*Calanus*) in fjords and coastal waters between Fedje and the Boknfjord in May-June 1969). *Fiskets Gang*, 55: 819-822.

Wiborg, K.F. 1970. Investigations on euphausiids in some fjords on the west coast of Norway in 1966-1969. *Fisk.dir. Skr. Ser. HavUnders.*, 16: 10-35.

Wiborg, K.F. and Hansen, K. 1974. Fiske og utnyttelse av raudåte (*Calanus finmarchicus* Gunnerus)(Fishery and commercial exploitation of "red feed" (*Calanus finmarchicus* Gunnerus)). *Fisken Hav.*, 1974, Serie B (10): 1-25.

Wiborg, K.F. 1976. Quantitative distribution of zooplankton in the coast and bank areas of western and northwestern Norway during March-June 1959-1966. *FiskDir. Skr. Ser. HavUnders.*, 16: 259-277.

Wiborg, K.F. 1976b. Fishery and commercial exploitation of *Calanus finmarchicus* in Norway. *J. Cons. int. Explor. Mer.*, 36 (3): 251-258.

Wiborg, K.F. 1978. Variations in zooplankton volumes at the permanent oceanographic stations along the norwegian coast and at weathership station M(IKE) in the Norwegian Sea during the years 1949-1972. *FiskDir. Skr. Ser. HavUnders.*, 16: 465-487.

Wiebe, P.H., Burt, K.H., Boyd, S.H. and Morton, A.W. 1976. A multiple opening / closing net and environmental sensing system for sampling zooplankton. *Journal of Marine Research*, 34: 313-326.

Wiebe, P.H., Morton, A.W., Bradley, A.M., Backus, R.H., Craddock, J.E., Barber, V., Cowles, T.J. and Flierl, G.R. 1985. New developments in the MOCNESS, an apparatus for sampling zooplankton and micronecton. *Marine Biology*, 87: 313-323.

Valdemarsen, J.W. and Misund, O.A. 1995. Trawl design techniques used by Norwegian research vessels to sample fish in the pelagic zone. - Pp. 135-144 in: Hylan, A. (ed.) *Precision and relevance of pre-recruit studies for fisheries management related to fish stocks in the Barents Sea and adjacent waters. Proceedings of the sixth IMR-PINRO Symposium 14-17 June 1994*. Institute of Marine Research, Bergen, Norway.

Zelikman, E.A. 1958. On gonad maturation and female productivity in species of euphausians abundant in the Barents Sea. - *Doklady Biological Sciences (English Translation of Doklady Akademii Nauk SSSR.) Seriya Biologiya 118*: 118-121.

Zenkevitch, L. 1963. *Biology of Seas*. - George Allen & Unwin Limited, London: 1-955.

Østvedt, O.J. 1965. The migration of norwegian herring to icelandic waters and the environmental conditions in May-June, 1961-1964. *FiskDir. Skr. Ser. HavUnders.*, 13: 29-47.

HAVFORSKNINGSINSTITUTTET
NORDNESPARKEN 2 - POSTBOKS 1870 NORDNES
5024 BERGEN
TELEFON 55 23 85 00 - TELEFAX 55 23 85 31

FORSKNINGSSTASJONEN FLØDEVIGEN
4817 HIS
TELEFON 37 01 05 80 - TELEFAX 37 01 05 15

AUSTEVOLL HAVBRUKSSTASJON
5392 STOREBØ
TELEFON 56 18 03 42 - TELEFAX 56 18 03 98

MATRE HAVBRUKSSTASJON
5198 MATREDAL
TELEFON 56 36 60 40 - TELEFAX 56 36 61 43

ØNSKES MER INFORMASJON, KONTAKT
HAVFORSKNINGSINSTITUTTET, INFORMASJONEN
TELEFON 55 23 85 21 ELLER 55 23 85 38
TELEFAX 55 23 85 86

MORE INFORMATION? CONTACT
INSTITUTE OF MARINE RESEARCH, INFORMATION
NORDNESPARKEN 2 - BOX 1870 NORDNES
N-5024 BERGEN, NORWAY
PHONE: + 47 55 23 85 21 OR + 47 55 23 85 38
FAX: + 47 55 23 85 86