

97° 301



Universitetet i Oslo

Akustiske studier av fisk og makroplankton over kontinentalsokkelen og det østlige Norskehavet, mars 1992; fordeling, atferd og metodiske problemer.

av Thomas Torgersen

Biologisk Institutt
Postboks 1066, Blindern,
0316 Oslo

q Fj 801

Fiskeridirektoratets
Bibliotek

Akustiske studier av fisk og makroplankton over kontinentalsokkelen og det østlige Norskehavet, mars 1992; fordeling, atferd og metodiske problemer.

av Thomas Torgersen



Universitetet i Oslo

Hovefagsoppgave i Marin Zoologi
Høsten 1995

k 4115

Forord

Denne oppgaven er gjennomført ved Avdeling for Marin Zoologi og Marin Kjemi, Biologisk Institutt, Universitetet i Oslo. Stein Kaatrvedt har på alle måter veiledet oppgaven med stor dyktighet og entusiasme gjennom hele min tid som hovedfagsstudent, og alltid vært tilgjengelig for spørsmål. Kaatrvedt har et svært godt øye for sammenhenger og prosesser, og jeg har lært mye av jevnlige diskusjoner med Mesteren om også annet enn oppgaven.

Opgaven har vært mulig å gjennomføre takket være Havforskningsinstituttet, som har bidratt med datamateriale, utstyr, arbeidsplass og veiledning, samt gitt meg mulighet til å delta på tokt i Norskehavet. Særlig takk rettes til Webjørn Melle og Tor Knutsen ved Seksjon for Biologisk Oseanografi, som gjennom flere måneder har brukt store deler av sin tid på å veilede meg gjennom databearbeidings problemer, og også senere har vært tilgjengelige for diskusjoner rundt problemer jeg har støtt på underveis.

Biblioteket har vist at det faktisk finnes statlige service-institusjoner som fungerer strålende. Enkelte vil muligens være uenig i dette, men til disse vil jeg bare si: Dere tar feil.

Marit takkes for vekking, tidvis utvist tålmodighet, samt finansiell bistand.

Jeg takker også flere av mine medstudenter på datarommet (og tilgrensende områder) for deres overbærenhet med meg under mine evinnelige monologer om almuens utilstrekkelighet, og andre interessante emner.

Enhver er glitrende på egne premisser.

Thomas Torgersen

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	1
Innledning	3
Områdebeskrivelse	5
Vannmasser.....	5
Topografi.....	5
Materiale og metoder	6
Akustikk.....	6
Annen datainnsamling og opparbeiding av prøver.....	16
Beregning av tidspunkter for soloppgang og solnedgang.....	17
Korrelasjonstest mellom ekkoverdier og Mocness-fangster.....	17
Resultater	19
Vannmassefordeling.....	19
Akustisk tilbakespredning - overflateintegerte plott.....	20
Trålfangster.....	22
Fordeling av ekko og organismer i hvert akustiske snitt.....	23
Fordeling av ekko og organismer - hovedtrekk.....	48
Mocness.....	59
Diskusjon	61
Ekkofordeling fra overflateintegerte plot.....	61
Døgnstasjonen; Logging av data.....	61
Organismenes fordeling, mengde og atferd.....	62
Ekkoplott som bilde på predasjonstrykk på zooplankton.....	78
Referanser	79
Appendiks	88

Sammendrag

Oppgaven tar utgangspunkt i et datamateriale fra et av Havforskningsinstituttets hydroakustiske tokt i Norskehavet og over sokkelområdene fra Lofoten til Møre, mars 1992. Ekkogivende organismers fordeling og atferd, samt problemer, muligheter og begrensninger ved hydroakustiske tokt behandles. Informasjon om ekkogivende organismers fordeling ble samlet inn med 38 kHz ekkolodd, trål og MOCNESS. Det ble også tatt temperatur- og saltholdighetsprofiler.

Ekkoloddregistreringene ga store mengder data, med høy oppløsning i tid og rom. Ekkodataene ble senere komprimert for å kunne studere storskalafordeling. De komprimerte ekkodataene ble brukt til å fremstille overflateintegreerte ekkofordelingsplott for dybdeintervallene 17-53 m og 149-209 m. Ekkofordelingen ble også plottet gjennom hele vannsøylen for hvert kurssnitt. Trålfangster, sammen med akustiske karakteristika, ble brukt til å identifisere de ekkogivende organismene.

Overflateintegreert ekkotetthet var størst utenfor Møre. Ekkotettheten i det dype intervallet var gjennomgående større enn i det grunne, men de fleste ekkonstrukturerne vertikalvandret gjennom døgnet.

Det ble registrert et kontinuerlig ekkolag av små laksesild på ca 200 m (dagdyp) utenfor og over de dypere delene av sokkelen. Dette laget døgnvandret, og hadde langt større vertikal utstrekning om natten enn om dagen. Laksesilda sto grunnest ved solnedgang og soloppgang, De vandret ned igjen etter solnedgang, og sto dypere gjennom natten. Nedvandringen etter solnedgang kunne ikke forklares med at laksesilda oppsøker temperaturmaksimum om natten, slik det er blitt gjort for tilsvarende atferd i vestnorske fjorder. Store laksesild fantes i små tettheter på større dyp. Et svært lavt antall store laksesild tyder på at laksesilda har høy dødelighet mellom 1. og 2. leveår.

Utenfor sokkelen var det også et kontinuerlig ekkolag dypere enn ca 300 m. Dette besto hovedsakelig av krill, kolmule, nordlig lysprikkfisk, og store laksesild. Det er knyttet en rekke metodiske problemer til undersøkelser av dette laget, og det var heller ikke i denne undersøkelsen mulig å beskrive den kvantitative sammensetningen. Den diffuse ekkonstrukturer var karakteristisk for krill, men disse registreringene kan også stamme fra reker og mesopelagiske fisk i små tettheter.

Sammendrag

Lengst sør i undersøkelsesområdet viste det dype ekkolaget større grad av vertikalvandring opp i øvre lag om natten i vest enn i øst. Dette henger muligens sammen med at organismene i vestlige områder oppnådde en større temperaturgevinst ved å vandre opp i øvre lag, enn organismene i øst. Det dype ekkolaget viste liten grad av døgnavandring i nord.

Langs skråningen ble det i hele undersøkelsesområdet registrert kolmule, og disse sto nær bunnen også om natten.

Over sokkelen ble det registrert sild, bunnfisk og krill, og disse vandret i forskjellig grad opp om natten.

Sild ble ikke registrert utenfor skråningen, og fantes i størst mengde over indre deler av sokkelen. Silda dannet tette knuter nær bunnen om dagen, mens de sto spredt nær overflaten om natten. Mageundersøkelser viste liten fødeaktivitet, men noen mager inneholdt krill.

Bunnfiskregistreringene over sokkelen stammet sannsynligvis for en stor del fra øyepål. Bunnfisken sto nær bunnen hele døgnet i nordlige områder, mens en del vandret opp i pelagialen om natten i den sørlige delen av området.

Ekkoloddregistreringene viste at krill sto dypere om dagen enn om natten over sokkelen. Det ble fanget krill med trål over sokkelen kun om natten.

Utenfor sokkelen var all akustisk tilbakespredning konsentrert i de distinkte ekkolagene, mens ekkofordelingen over sokkelen var langt mindre kondensert.

Ekkoloddet gjorde det mulig å studere ekkogivende organismers atferd og fordeling på stor skala.

Innledning

Ekkoloddets fremste styrke er at det gir store mengder data, med en svært god oppløsning i tid og rom. Dette gjør det mulig å studere ekkogivende dyrs fordeling og atferd i langt større grad enn ved konvensjonell nettfangst, forutsatt at man klarer å trekke den nødvendige informasjon ut av ekkoregistreringene. Ekkoloddet er også et svært egnet, og rutinemessig brukt verktøy til mengdeestimering av fisk (Foote 1991; Ona 1993). I den senere tid har høyfrekvente ekkolodd i økende grad blitt brukt til studier også av zooplankton (Greene & Wiebe 1990).

I langt større grad enn tidligere har man nå mulighet til å behandle og visualisere store datasett (f.eks. ved hjelp av post-prosesserings programmet BEI, Foote *et al.* 1991), og dette gjør det mulig å presentere og studere storskalafordeling av ekkogivende organismer.

Utgangspunktet for denne oppgaven er materiale fra et hydroakustisk tokt Havforskningsinstituttet gjennomførte i østlige deler av Norskehavet og over kontinentalsokkelen fra Lofoten til Møre i mars 1992 (Melle 1992). Ut fra ekkoregistreringer, trål- og nettfangster, samt innsamlede miljødata, vil jeg beskrive ekkogivende organismers horisontal- og vertikalfordeling, og forsøke å avdekke hvilke parametre som styrer fordelingen av de ulike organismene.

DSLs (Deep scattering layers) er kjent fra alle dype havområder (en rekke arbeider er gjengitt i Farquhar 1970). Disse ekkolagene oppholder seg gjerne på flere hundre meters dyp gjennom dagen, mens de for en stor del vandrer opp i øvre lag om natten. To persistente ekkolag er registrert utenfor midt- og nordnorsk sokkel (Melle *et al.* 1993). Det grunneste av disse, som består av laksesild (*Maurolicus muelleri*), finnes også over ytre deler av sokkelen. Laksesilda er en liten mesopelagisk fisk som finnes i både fjorder og på åpent hav over store deler av verden (Gjøsæter & Kawaguchi 1980). Dens vertikalfordeling gjennom døgnet er godt studert i vestnorske fjorder (Giske *et al.* 1990; Giske & Aksnes 1992; Balino & Aksnes 1993; Rasmussen & Giske 1994; Rosland & Giske 1994; Bjelland 1995). Det er klart at laksesildas vertikale dagfordeling er styrt av lyset, mens temperaturen hevdes å ha betydning for nattfordelingen (Giske & Aksnes 1992). Døgnatferden er imidlertid lite studert over og utenfor sokkelen i Norskehavet.

Det dypere ekkolaget i Norskehavet består hovedsakelig av krill, reker (*Sergestes arcticus* og *Pasiphea sp.*), lysprikkfisk (*Benthosema glaciale*), kolmule (*Micromesistius*

poutassou) og maneten *Periphylla periphylla*, men forholdet mellom og betydningen av de forskjellige gruppene er lite kjent (Melle *et al.* 1993). Jeg vil forsøke å beskrive sammensetning og atferden gjennom døgnet til dette laget i den grad det lar seg gjøre.

Jeg vil også kartlegge fordeling av ekko over sokkelen, og forsøke å identifisere organismene som er ansvarlige for disse. Tidsrommet for toktet sammenfaller med slutten av gyteperioden for norsk vårgytende sild. Disse forlater gyteområdene utenfor Møre etter gytingen og vandrer ut i Norskehavet (Røttingen 1990, Melle *et al.* 1994). Jeg vil gjøre rede for denne sildas vertikale og horisontale fordeling i undersøkelsesområdet. Det fanges mye øyepål i dette området, og fordelingen av bunnfisk over sokkelen vil bli beskrevet. Jeg vil også gi en oversikt over krillfordelingen over sokkelen. *Thysanoessa inermis* og *Meganyctiphanes norvegica* er de to dominerende artene i undersøkelsesområdet. *T. inermis* er vanligst over sokkelområdene, mens *M. norvegica* dominerer utenfor (Hjort & Ruud 1929).

Siden en stor del av ekkostrukturene vil stamme fra planktivore organismer, vil det også refereres til mesozooplanktonfordelingen i området. Den dominerende kopepoden i Norskehavet utenfor sokkelen gjennom hele året er rauåte, *Calanus finmarchicus*. I siste halvdel av mars står størstedelen av bestanden på 100-600 meters dyp (Østvedt 1955). Disse er på vei opp etter å ha overvintret i det kalde norskehavsvannet. rauåta finnes i mindre mengder over sokkelen på denne tiden av året.

Videre vil jeg peke på svakheter ved metodene som blir brukt der de måtte finnes. Jeg vil også foreslå endringer i prosedyrer for datainnsamling og postprosessering som kan gjøre materialet fra slike kostbare undersøkelser mer egnet til studier av organismers forekomst, utbredelse og økologi.

Områdebeskrivelse

Vannmasser

Helland-Hansen & Nansens (1909) beskrivelse av Norskehavets oseanografi er blitt et fundament for senere arbeider. Blindheim (1985) og Melle *et al.* (1993) har senere gjennomgått fordeling av vannmasser og organismer i Norskehavet. Alekseev & Istoshin (1956) har presentert en oversikt over overflatestrømmer i området.

Den nordatlantiske driften transporterer varmt atlantisk vann til Norskehavet gjennom renna mellom Færøyene og Shetland. Dette atlantiske vannet ligger i øvre lag utenfor sokkelen. Tykkelsen på denne vannmassen varierer lokalt, mellom årstidene, og fra år til år, men ligger i størrelsesorden 200-300 m. Det atlantiske vannet når også inn over de dype sokkelområdene. Atlantisk vann i dette området defineres gjerne som vann med saltholdighet over 35, og denne vannmassens temperatur er hovedsakelig over 8°C når den entrer Norskehavet. Gjennom hele undersøkelsesområdet (Fig. 1) går det en nordgående strøm av kaldere og mindre salt kystvann over sokkelen. Saltholdighet og temperatur øker med dyp og mot eggakanten i dette området. Fronten mellom kystvannet og de atlantiske vannmassene går ofte ved eggakanten. Kaldt vann fra havområdene nord for Island (intermediært arktisk vann) ligger på intermediært dyp i Norskehavet (ca 300-600 m). Svært kaldt (under 0°C) arktisk vann som dannes i Grønlandshavet ligger under det intermediære laget (dypere enn ca 600 m), og utgjør det største vannvolumet i Norskehavet, men denne undersøkelsen inkluderer ikke disse kaldeste vannmassene. Mellom de forskjellige vannmassene er det blandingssoner.

Topografi

Sokkelens dyp og bredde varierer betydelig gjennom undersøkelsesområdet. Både dyp og bredde er gjennomgående størst i den nordlige delen. Utenfor Trøndelag og Helgeland er sokkelen 60-100 nm bred og ca 300 meter dyp. I dette området ligger det flere banker med dyp mindre enn 200 meter med dypere renner rundt. Utenfor Møre er sokkelen ca 30 nm bred og grunnere enn 200 meter, men med dypere renner utenfor fjordene. Kontinentalskråningen utenfor Helgeland går ned til Vøringplataet, som er 1200-1400 meter dypt. Lenger sør er bunndypet utenfor skråningen ca 3000 meter.

Materiale og metoder

Toktet ble gjennomført med F/F G.O.Sars, med avgang fra Bodø 14.03.92 og ankomst Ålesund 29.03.92. Det ble lagt et sikksakk kursnett fra Lofoten til Stadt, som dekket sokkelområdene, eggakanten og de dypere havområdene utenfor. I forbindelse med Svinøysnittet (som er et standard samplingtransekt utenfor Møre) ble det lagt en døgnstasjon like utenfor sokkelen. Data ble samlet inn med ekkolodd, Mocness, Harstadtrål, bunntål, CTD og vannhentere. Alle data ble samlet inn av Havforskningsinstituttets personell. Alle tider er gitt i GMT. Kurslinjene med stasjoner er angitt i Fig. 1.

Akustikk

Det ble benyttet et Simrad EK500-38 kHz ekkolodd (Bodholt et al. 1988) under toktet.

Kort om akustikk

Lydens fysikk i vann, samt ekkoloddets konstruksjon og virkemåte, er grundig behandlet i blant annet Clay & Medwin (1977), Urick (1983) og MacLennan & Simmonds (1992).

Et ekkolodd er en aktiv sonar som sender lyd nedover fra en transducer, som deretter registrerer den reflekterte lyden. Ekkoloddet brukes til å detektere bunnen og lydreflekterende objekter (targets) i vannsøylen. Lydens hastighet i vann avhenger av temperatur, saltholdighet og dyp. Tiden det tar fra en lydimpuls (ping) sendes ut til den når tilbake til transducere bestemmes av avstanden mellom transducere og targetet. Vannvolumet som ensonifiseres av pinget (ensonifiseringsvolumet), og bidrar med ekko til enhver tid er proporsjonal med pulslengden, lydstrålens vinkel, og kvadratet av avstanden (se MacLennan & Simmonds 1992, s.27-29).

Lydintensiteten svekkes under lydens ferd gjennom vannet. Dette skyldes:

1. Lydens spredning: Når lydstrålen forplanter seg gjennom vannet med en sfærisk overflate svekkes lydintensiteten med kvadratet av avstanden fra transducere til targetet (R).

Geometrisk spredningstap: $20 \log(R)$

Material og metode

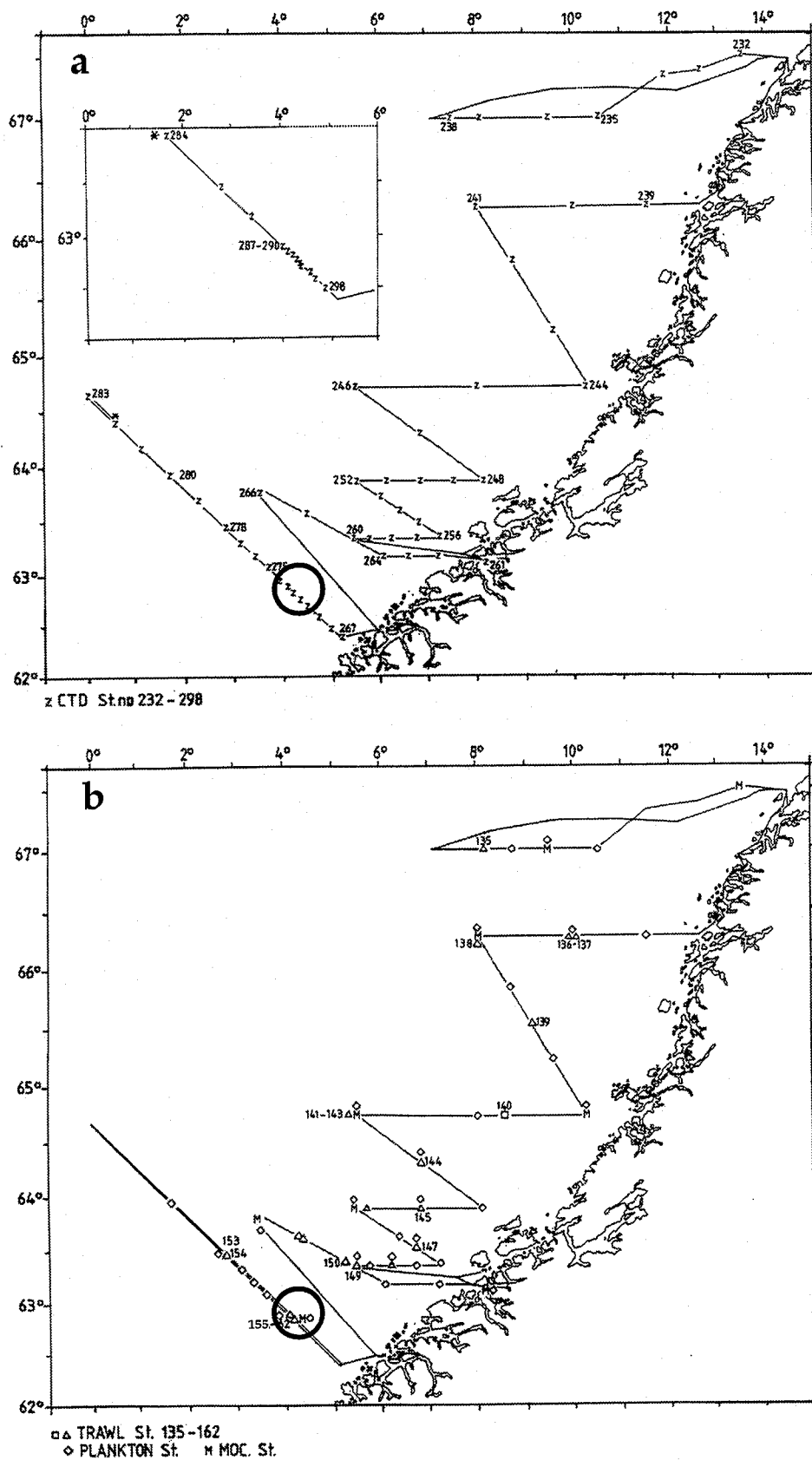


Fig. 1. Kurslinjer med CTD-stasjoner (a) og trål- og MOCNESS-stasjoner (b). Modifisert etter Melle (1993). Sirkelen angir døgnstasjonen. Planktonstasjonene er ikke benyttet i denne oppgaven.

2. Vannets absorpsjon av lyd. Vannets evne til å absorbere lyd øker med lydfrekvensen. Absorpsjonen er proporsjonal med R .

$$\text{Tap grunnet absorpsjon: } \alpha R$$

Der α er en svekningskoeffisient, som bestemmes av lydfrekvensen (og vannets temperatur og saltholdighet).

Lydintensitetstapet gjennom vannet fra transduceren til et target og tilbake er derfor (Fig.2):

$$40 \log g(R) + 2\alpha R$$

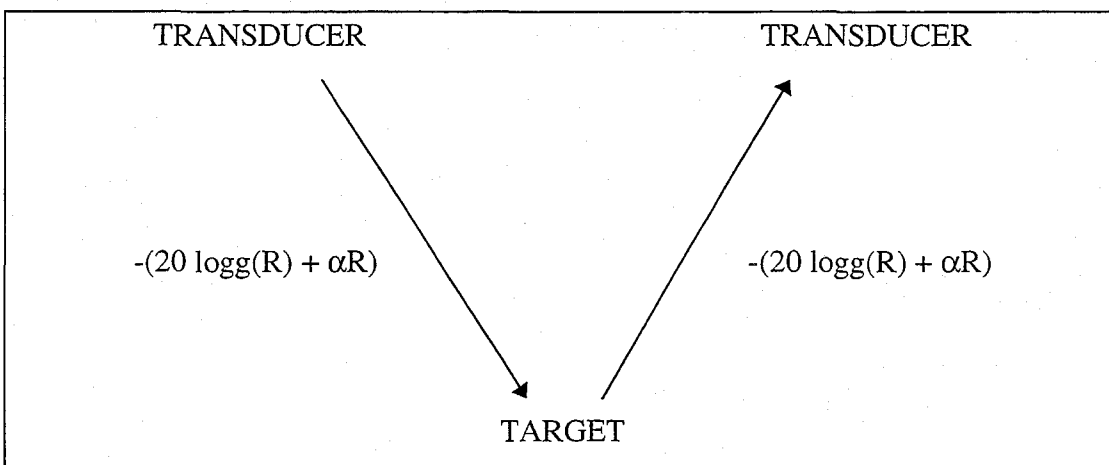


Fig. 2. lydintensitetstapet gjennom vannet fra transduceren, til targetet, og tilbake.

For stimer av targets er antall targets i lydstrålen proporsjonal med R^2 . Dette utlikner det geometriske spredningstapet en vei.

Lydintensitetstapet fra en stim er derfor:

$$20 \log g(R) + 2\alpha R$$

Decibel er et mål på forholdet mellom lydintensiteter, og er gitt ved

$$10 \log g(I_2/I_1)$$

I_2 er den målte intensiteten, og I_1 er referanseintensiteten. Lydintensitet oppgis ofte i decibel, og referanseintensiteten (I_1) er da $1 \mu\text{Pa}^2$.

Et targets evne til å reflektere lyd angis av dets tilbakespredningsareal (σ). Tilbakespredningsarealet kan betraktes som et targets akustiske størrelse, og det avhenger av flere faktorer. Generelt øker σ med størrelse. Materiale, tetthet og stilling

i vannet (tiltvinkel) er også viktig. Et targets tilbakespredningsareal avhenger også av ekkoloddets lydfrekvens. Ved $ka < 1$ (k er bølgenummeret ($2 \times \pi \times$ frekvens / lyd hastighet) og a targetets ekvivalente sfæriske radius, se Anderson 1950 og Johnson 1977) er σ proporsjonal med lydfrekvensen⁴ (Rayleigh-tilbakespredning). Ved $ka > 1$ (geometrisk tilbakespredning) er frekvensen langt mindre avgjørende. Voksen krill er i overgangssonen mellom Rayleigh-området og det geometriske området ved 38 kHz, som ble benyttet i denne undersøkelsen.

Target-Strength (TS) er en decibelverdi som er direkte knyttet til σ .

$$TS = 10 \log (\sigma / 4\pi)$$

eller

$$TS = 10 \log (I_{ref} / I_{in})$$

I_{ref} er intensitet av reflektert lyd 1m fra targetet og I_{in} er intensitet av innstrålt lyd.

S_v angir akustisk tilbakespredning per volumenhet.

$$S_v = 10 \log I_{refV} / I_{in}$$

I_{refV} er intensitet av reflektert lyd fra et volum vann 1m fra volumet og I_{in} er intensitet av innstrålt lyd.

Mean volume backscattering strength ($\overline{S_v}$) er S_v per m^3 vann. $\overline{S_v}$ øker med TS og antall targets. Forutsatt at alle targets i et gitt volum vann har lik TS, kan tettheten av targets (ρ) beregnes.

$$\overline{S_v} = TS + 10 \log \rho$$

$\rho = \text{individer} / m^3$

TVG

Det er lagt inn TVG (Time Varying Gain) i ekkoloddets programvare. Dette kompensere for lydintensitetens svekning gjennom vannet.

Ekkoloddets evne til å detektere targets med lav TS og targets på store dyp, begrenses av støy (lyd som registreres av transducere som ikke stammer fra tilbakespredning fra organismer). Interfererende støy stammer fra ekkoloddets egne komponenter, fra skipet med dets installasjoner, og fra havet selv. Den sistnevnte

varierer avhengig av faktorer som vind, bølger, skipstrafikk og bunndyp. Denne støyen filtreres ut ved at man sjalter ut \overline{S}_V -verdier under et kritisk nivå. Støynivået er vanligvis så lavt at ekkoregistrering av større organismer er problemfritt. Svært små targets med lav TS vil imidlertid ikke registreres, fordi tilbakespredningen er mindre enn støynivået. Noe større targets vil kunne gi \overline{S}_V -verdier under terskelnivået ved små tettheter, mens de ved større tettheter vil kunne registreres.

På grunn av TVG vil denne bakgrunnsstøyen øke med dypet. Høyfrekvente lodd har mindre rekkevidde enn lavfrekvente fordi graden av lydsvkning øker med lydfrekvensen. Ekkointegrering med Simrad EK500-38 kHz kan ansees som problemfritt ned til 500 m, som var største dyp det ble logget ekkodata fra i denne undersøkelsen.

I tillegg til den svake kontinuerlige støyen kommer :

-Støy på grunn av. bølger/sjøgang: Bølger drar luft ned i vannet som vil registreres som targets av ekkoloddet. Dette fører til at det ofte er mye støy i øvre lag.

-Støy fra propell: Propellen vil særlig under backing (under opphold på stasjoner og lignende) dra luft ned i vannet.

-Støy fra andre akustiske sendere, f.eks. ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler).

-Sideekko: I kupert terreng oppstår ikke-reelle "sideekko" nær bunnen.

Disse støyregistreringene er vanligvis sterke, og kan følgelig ikke fjernes ved hjelp av en \overline{S}_V -terskel.

Behandling av ekkodata

Papirutskrift fra ekkoregistreringene (\overline{S}_V -terskel = -75 dB) fra transducerdypet (5 m) og til bunnen (eller 500 m, i korte perioder 1000 m) ble skrevet ut kontinuerlig (for hvert ping) gjennom toktet. Ekkoregistreringene ble skrevet ut (med 20 logR TVG) etter en \overline{S}_V -fargeskala fra hvit (<-75 dB), via grå, blå, grønn, gul og rød, til brun (>-42 dB). I områder der bunndypet var mindre enn 500 m, ble ekkoregistreringene fra bunnkanalen (10 m) ekspandert og skrevet ut rett under bunnlinjen. Denne ekspanderte bunnkanalen på papirutskriften vil bli omtalt som bunneksjonsjonen.

Papirutskriften ble senere benyttet til identifisering av organismene som var ansvarlige for registreringene.

Logging

Ekkodata ble også logget kontinuerlig i BEI (Bergen Ekko Integrator, Knudsen 1990; Foote *et al.* 1991), som er et UNIX-basert postprosesseringsprogram. Data ble logget ned til 500 m. Det ble logget med hensyn på distanse, det vil si at ekkodata ble lagret når båten var i bevegelse. Denne prosedyren ble også benyttet under oppholdet på døgnstasjonen. Dette førte til liten og uregelmessig logging av data på døgnstasjonen, hvor båten i lange perioder lå i ro. Det ble her logget mest data under tråling og lignende.

BEI benytter den lineære integratorverdien SA (m²/nm²). SA forholder seg til $\overline{S_v}$ i følge formelen:

$$SA = 4\pi 1852^2 10^{\frac{-\overline{S_v}}{10}} (R_2 - R_1)$$

der R_2 og R_1 er henholdsvis største og minste dyp i det aktuelle dybdeintervallet.

Posisjon ble logget hver 5. nm.

Postprosessering

Jeg bearbeidet de loggede ekkodataene i BEI, hvor ekkoverdiene visualiseres på samme måte som på rådatautskriften, men i noe mer komprimert form. $\overline{S_v}$ -terskel ble satt til -84 dB. Ekkoregistreringer som tydelig fremsto som støy ble fjernet. Jeg forsøkte etter beste evne å fjerne støyen uten å miste ekkoregistreringer fra organismer, hvilket var problematisk når ekko fra organismer opptrådte sammen med støy. I slike tilfeller ble de støyfylte områdene fjernet.

Kontinuerlige akustiske registreringer resulterer i uhåndterlig store datamengder. For å kunne presentere storskala plot av ekkofordelingen i gitte dybdeintervaller for hele undersøkelsesområdet, samt ekkofordelingen fra hvert snitt og fra døgnstasjonen, ble dataene fra BEI ytterligere komprimert.

Jeg delte hver logg (1 nm) inn i 12 m dybdekanaler. Enkelte logger avvek noe fra 1 nm, men dette ble ignorert. På grunn av mye støy og lite dyr i de øvre 15-20 m ble grunneste kanal, 5-17 m, utelatt fra de komprimerte loggene. SA-verdiene i hver

kanal ble tilordnet posisjon og gjennomsnittsdypet for kanalen. Posisjon ble logget hver 5. nm, og mellomliggende posisjoner ble beregnet ut fra disse. Det ble antatt at båten holdt en rett kurs. Små feil oppsto i forbindelse med vendepunkter og stasjonsopphold med tråling på tvers av kursretning og liknende. Dette ble ignorert med unntak av vendepunktet mellom snitt 5 og 6 (se nedenfor). Her ble 11 nm strøket på grunn av at samme område var dekket to ganger.

For presentasjon av grunn og dyp overflateintegret ekkofordeling fra hele undersøkelsesområdet, ble SA-verdier for hver logg i henholdsvis 17-53 m intervallet (3 stk. 12 m kanaler) og 149-209 m intervallet (5 stk. 12 m kanaler) tilordnet posisjon og lagret som 2 filer. Disse ble plottet i det Unix-baserte plotteprogrammet UNIRAS, mot et kart over den aktuelle delen av norskekysten. Hver av disse to overflateintegrete filene ble plottet med 2 forskjellige grader av interpolering (Appendiks 2). For lettere å kunne sammenlikne ekkotetthet i de 2 intervallene, ble fargeskalaen for 149-209 m intervallet justert for det større antallet 12 m kanaler enn i 17-53 m intervallet (5 mot 3).

For presentasjon av ekkofordeling gjennom dypet, ble hele det komprimerte datasettet delt inn i snitt (1-15) og døgnstasjon. Posisjonene ble brukt til å sortere loggene etter en distanseskala. Vestligste logg i hvert snitt ble satt til 0 km, og de andre loggene i snittet ble tilordnet en km-verdi beregnet ut fra posisjonen. SA-verdiene fra de komprimerte loggene ble plottet i UNIRAS etter en logaritmisk fargeskala. Plottene er resultat av interpolering. Det ble ikke interpolert over 20 m eller under bunnlinjen. Bunn dyp for hver logg ble satt lik største dyp i dypeste kanal i loggen. Snitt 10 ble ikke plottet, da det kun ble logget data fra en liten del av dette.

Den presenterte akustiske tilbakespredningen fra de komprimerte plottene er mindre enn den reelle i enkelte områder, fordi en del registreringer måtte fjernes sammen med støyen der disse overlappet. Dette gjelder særlig bunnfiskregistreringer fra områder med ujevn bunn.

I enkelte områder i snitt 14 og 15 var ekkoregistreringene så dårlige (grunnet dårlig vær) at de ble fjernet. Disse datafrie områdene fremstår som hvite i plottene, siden de ble holdt utenfor den senere interpoleringen.

Døgnstasjonen ble plottet i UNIRAS etter en tidsskala på samme måte som snittene ble plottet etter en distanseskala. Samme logaritmiske fargeskala ble benyttet.

Tidspunktene for hver 5. nm ble skrevet ut på papirutskriften. Jeg antok at skriveren skrev ut med fast hastighet, og ved å måle avstanden fra begynnelsen av hver logg til de kjente tidspunktene på utskriftspapiret, ble tidspunkt for hver logg beregnet.

Døgnstasjonen begynte kl 10:17. For å kunne plote ekkoverdiene kronologisk ble hver logg før midnatt tilordnet en verdi $t = \text{tid} - 10.28$ og hver logg etter midnatt $t = 24 + \text{tid} - 10.28$. Den reelle tidsskalaen ble tilføyd etter plottingen.

Akustiske karakteristika

Forskjellige organismer skiller seg fra hverandre med hensyn på størrelse, tetthet og atferd. Dette medfører at man til en viss grad kan identifisere dyr på bakgrunn av ekkoloddutskriftens utseende (ekkosignaturen). Det knytter seg selvfølgelig stor usikkerhet til denne måten å identifisere dyr på. Det er særlig vanskelig å estimere mengde av ulike organismer ut fra ekkoregistreringer når disse opptrer sammen. Organismers evne til å tilbakespre lyd varierer med stilling i vannet, grad av sverming eller stiming, og fysiologisk tilstand (Love 1977; Everson *et al.* 1990; Ona 1990; Wiebe *et al.* 1990). Enkelte karakteristiske signaturer kan likevel angis. Papirutskriften, sammen med trålfangster, ble benyttet til å identifisere ekkonstruktorene i de komprimerte ekkoplottene.

Enkeltregistreringer av fisk fremstår som liggende halvmåner når de treffes av flere påfølgende ping (Fig. 3). Dette skyldes lydstrålens koniske form. Når et target driver/svømmer gjennom strålen, eller båten beveger seg over det, vil targetet (dersom det har tilstrekkelig høy TS til å registreres individuelt utenfor sentrum av strålen) registreres på forskjellige dyp for hvert ping. Siden effekten er størst midt i strålen, vil den grunneste registreringen være den sterkeste.

Ekkoregistreringer av tett stimende sild fremstår som tette, kondenserte områder (sildeknuter), mens registreringer av ikke-stimende sild i øvre lag om natten gjerne gir grønne, gule og røde prikker på papirutskriften (Webjørn Melle, pers. medd; Fig. 4). Store tettheter av kolmule kan gi liknende registreringer, men disse er gjerne mindre kondenserte (Webjørn Melle, pers. medd.).

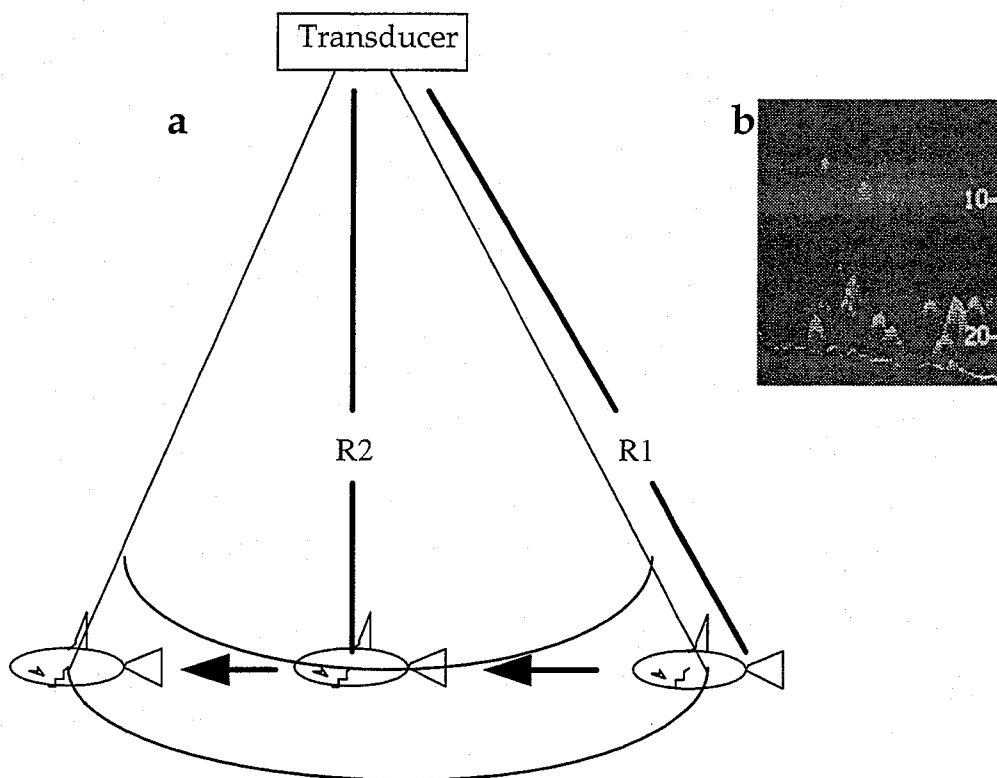


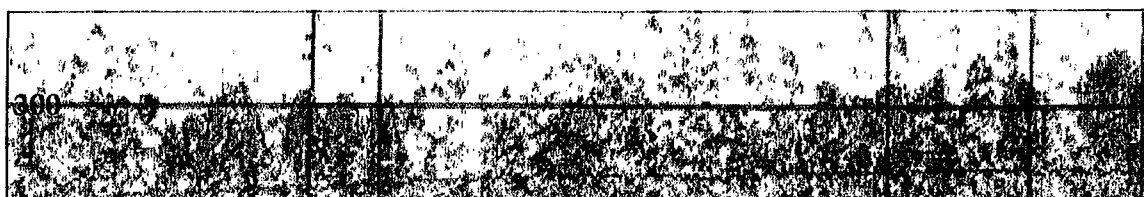
Fig. 3. Fisk registreres på forskjellige dyp avhengig av hvor i lydstrålen den befinner seg (a). Dette gir karakteristiske halvmåneformede registreringer når fisken blir truffet av flere påfølgende ping (b; displaybilde fra et Furuno FCV-500 ekkolodd, hentet fra MacLennan & Simmonds, 1992).

Ekkolag bestående av laksesild er om dagen karakteristiske, med liten vertikal utstrekning, og høy grad av patchiness (Bergstad 1990; Giske *et al.* 1990; Armstrong & Prosch 1991; Skjoldal *et al.* 1993; Bjelland 1995; Kaartvedt *et al.* in prep.; Fig. 5). Laksesildlag kan derfor ofte identifiseres på bakgrunn av ekkosignaturen alene.

Tettheter av zooplankton registreres gjerne som diffuse, finkornede strukturer (f.eks. Falk-Petersen & Hopkins 1981; Everson 1982; Kaartvedt *et al.* in prep.; Fig. 6).

På store dyp kan imidlertid små tettheter av sterkere targets (fisk) gi samme type registreringer (se diskusjon). Krill (og reker) er den eneste gruppen av zooplankton med tilstrekkelig størrelse og forekomst til å gi nevneverdige registreringer på et 38 kHz ekkolodd.

a



b



Fig. 4. Karakteristiske registreringer av sild utenfor Møre, mars 1992. *a* viser registreringer av stimende sild nær bunnen om dagen, og *b* viser grunne (særlig over 50 m) registreringer av sild om natten. 38 kHz.

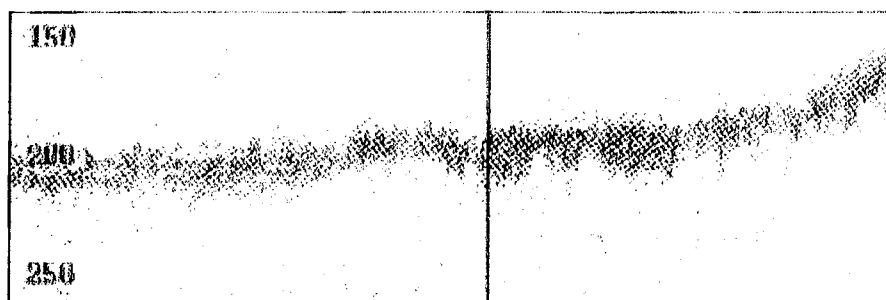


Fig. 5. Karakteristisk dagregistrering av et laksesildlag (Kaartvedt *et al.* in prep.). 38 kHz.

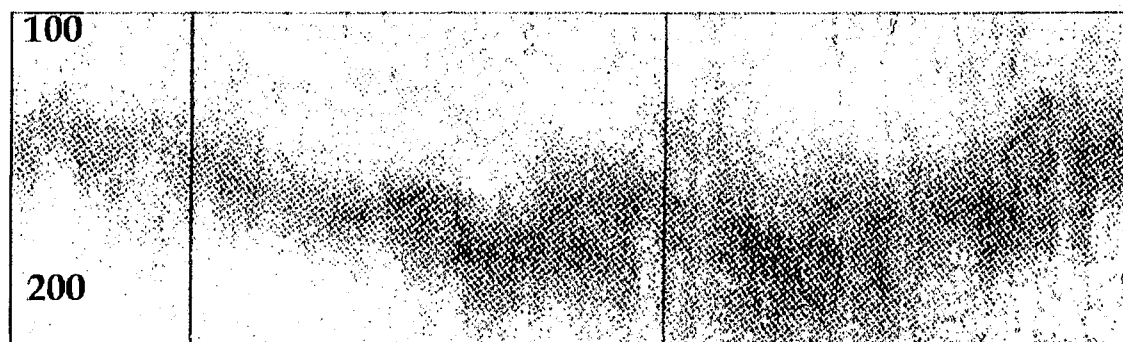


Fig. 6. Karakteristiske krillregistreringer (Kaartvedt *et al.* in prep.). 38 kHz.

Annen datainnsamling og opparbeiding av prøver

Zooplankton ble fanget med MOCNESS (multiple opening/closing net and environmental sensing system; Wiebe *et al.* 1976, 1985). MOCNESSen har et effektivt åpningsareal på ca 1 m², og trekkes etter båten med ca 2 knops fart. Den har 8 nett med maskevidde 333 µ som åpnes og lukkes sekvensielt fra overflaten. MOCNESSen er utstyrt med et flowmeter og en dybdesensor. Dermed kan åpnings- og lukningsdyp registreres, samt filtrert vannvolum for hvert nett beregnes.

Fangstene ble splittet med en Folsom-splitter. Halve prøven ble delt i fraksjonene fisk, reker, krill (inkludert juvenile), zooplankton 180-1000 µ, zooplankton 1000-2000 µ og zooplankton >2000 µ. Disse ble tørket for bestemmelse av tørrvekt og veid om bord på båten. Den andre halvdel ble fiksert, men ikke benyttet i denne undersøkelsen.

Dominerende zooplanktonformer i prøvene ble registrert om bord på båten.

Harstadtrål (Nedraas & Smestad 1987) ble benyttet til fangst av pelagisk fisk, samt større zooplanktonformer som pelagiske reker og krill. Harstadtrålen er en relativt liten trål med åpningsareal på ca 400 m². Trålen minimum og maksimum maskevidde er henholdsvis 30 og 100 mm. Trålposens maskevidde er 8 mm, og denne har et åpningsareal som varierer mellom 1.5 x 1.5 m² og 3.1 x 3.1 m². Trålhastigheten er 3-5 knop. Fordi organismene som registreres på et 38 kHz ekkolodd i større eller mindre grad fanges av Harstadtrålen, er denne egnet til å identifisere organismene i ekkonstruktorene. Harstadtrålen er imidlertid ikke egnet til å bestemme total eller relativ mengde av mindre organismer, på grunn av den store maskevidden i størstedelen av trålen. På grunn av organismers flekkvise fordeling i vannmassene, gir tråling kun vage antydninger om mengde også av større fisk.

Harstadtrålen er åpen også på vei ned til og opp fra fiskedypet. Dette medfører at trålfangstene fra de oppgitte dybdeintervallene kan være forurenset av organismer fra grunnere dyp.

Trålfangstene ble opparbeidet om bord på båten av Havforskningsinstituttets personell. Krill og reker fra hvert trekk ble veid. Fisk ble bestemt til art og totalfangst av hver art ble veid. Et subsample (vanligvis ca 50 individer av laksesild) ble talt, veid og lengdemålt. Med utgangspunkt i dette delte jeg laksesild inn i store (>40 mm) og små individer, siden laksesild i følge Gjøsæter (1981) modnes rundt denne lengden. Over sokkelen omtales all annen fisk enn sild og mesopelagiske fisk som bunnfisk.

Bunntrål ble ved en anledning (trål 140) benyttet til fangst av bunnfisk. Fangst ble opparbeidet som for harstadtrål.

Saltholdighet og temperatur ble målt for hver 2. m med en Neil Brown-CTD. Interpolerte saltholdighetsisolinjer ble lagt på de komprimerte ekkofordelingsplotene i UNIRAS. Temperaturregistreringene ble plottet etter en lineær fargeskala i UNIRAS for det nordligste og sørligste snittet (1 og 14). De ble også benyttet til å finne temperaturfordeling i de øvre 200 m der det var nattregistreringer av laksesild.

Vannprøver til klorofyllbestemmelse ble tatt med Niskin-vannhentere. Standard analysemetode ble brukt til å bestemme klorofyllinnhold.

Beregning av tidspunkter for soloppgang og solnedgang

Fordi toktet strakte seg over to uker, fra ca 62.30-67.30°N og 0-15°S, varierte tidspunktene for soloppgang og solnedgang betraktelig (>1t). Klokkeslett for soloppgang og solnedgang for hver dag gjennom toktet ble beregnet med 1 minutts nøyaktighet for de posisjoner båten var kl 06:00 og 18:00 GMT de aktuelle dagene, av Ove Dahl ved Institutt for Teoretisk Astrofysikk, UiO.

Korrelasjonstest mellom ekkoverdier og MOCNESS-fangster

Stort zooplankton kan muligens registreres med 38 kHz ekkolodd. Korrelasjon mellom ekkoregistreringer og biomasse av zooplankton >2000 μ og krill ble derfor undersøkt. Zooplankton <2000 μ vil ikke registreres med 38 kHz ekkolodd, og korrelasjon mellom denne fraksjonen og ekkoverdiene ble derfor ikke undersøkt.

En lineær regresjonsanalyse ble benyttet. Tørrvekt krill/m³ for hvert samplingintervall ble beregnet. Det samme ble gjort for zooplankton >2000 μ . SA/m for de samme dybdeintervallene i de samme områdene ble beregnet ved å summere SA-verdier fra 2 m kanaler fra 1 nm, for deretter å dividere summen med antall m (vertikalt) det var summert SA-verdier fra. SA-verdiene ble summert for en hel logg (=1 nm), med unntak av stasjon 244, der SA-verdiene ble summert for en halv nm ned til 305 m og en kvart nm dypere enn 305 m. SA/m ble beregnet for den loggen hele eller det meste av trekket var gjennomført i, med unntak av stasjon 287. Ekkodataene fra loggen dette trekket ble trukket i ble logget lenge før trekket ble foretatt, på grunn av et

stasjonsopphold. SA/m for den påfølgende loggen ble derfor beregnet i stedet. Der det ikke var fullstendig overlapp mellom 2 m ekkokanaler og dybdeintervallene for MOCNESS-nettene (1 m avvik), ble øvre dybde for øverste ekkokanal i hvert summerte intervall satt 1 m over øvre dybde i tilsvarende MOCNESS-intervall. Noen få ekkokanaler manglet. På samme måte ble nedre dybde for nederste ekkokanal i hvert summerte intervall satt 1 m over nedre dybde i tilsvarende MOCNESS-intervall. På grunn av dårlige ekkodata i øvre lag ble kun ekkokanaler dypere enn 19 m benyttet, også der øvre nettdybde var grunnere enn 19 m. 499 m var nedre dyp for summerte ekkokanaler. Dataene ble logtransformert for bedre å tilfredsstille kravet til normalfordeling.

Resultater

Vannmassefordeling

Saltholdighet og temperatur

Saltholdighetsisolinjer presenteres i ekkofordelingsplottene fra hvert snitt. I tillegg presenteres temperaturfordelingen fra nordligste (1) og sydligste (14) snitt.

Gjennom hele undersøkelsesområdet lå det en kystvannskile over sokkelen, med kaldt og relativt ferskt vann. Temperaturen og saltholdigheten var lavest i overflaten og nærmest land (ca 4.5-6°C og 34), og økte med dypet og vestover. Det var atlantiske vannmasser over ytre deler av sokkelen og utenfor, med saltholdighet over 35 og temperatur rundt 8°C. Atlanterhavsvannet nådde dypere nær sokkelen (ned til ca 400 m) enn lenger ute (ned til ca 200 m). I dypet utenfor sokkelen var det kaldere (temperatur ned mot 0°C) og litt mindre salt intermediært arktisk vann (saltholdighet under 35). Det var store blandingssoner mellom de forskjellige vannmassene. Jeg kunne ikke se noen markert nord-sør gradient, men vestlige deler av de sørligste snittene var mer preget av intermediært arktisk vann enn snittene lenger nord, som ikke strakte seg like langt utenfor sokkelen.

Klorofyll

Klorofyllverdiene var lave, og overalt under 1 mg/m³. Verdiene var gjennomgående høyest i overflaten og avtagende med økende dyp.

Akustisk tilbakespredning - overflateintegreerte plot

De overflateintegreerte plottene viser at ekkofordelingen var svært lite uniform i både 17-53 m og 149-209 m intervallet (Fig. 7). SA-verdiene varierte mellom 0 og henholdsvis 300 og 500. Ekkotettheten var gjennomgående høyest i det dype intervallet.

Verdiene var høyest i sokkelområdene utenfor Møre (snittene 7-15) i begge intervallene, og lå her opp mot henholdsvis 300 og 500. Disse høye verdiene stammet hovedsakelig fra sild. Silda sto nær bunnen om dagen og nær overflaten om natten. Sterke ekko fra sild ved bunnen i snitt 6 er ikke med på noen av de overflateintegreerte plottene, på grunn av stort sokkeldyp i dette snittet (Fig. 13). Ekko fra de to dybdeintervallene fra de nordligere snittene (1-6), og fra områdene utenfor sokkelen, stammet hovedsakelig fra pelagiske døgnvandrende ekkolag.

Den flekkvise ekkofordelingen i de to dybdeintervallene er altså for en stor del resultat av at ekkogivende dyr døgnvandret mellom dem. 17-53 m og 149-209 m intervallene fremstår derfor delvis som inverser av hverandre. Det grunne intervallet hadde høyest verdier fra soloppgang til solnedgang, mens det dype hadde de høyeste verdiene om dagen.

Fig. 7 viser ekkofordelingen med henholdsvis lav og høy interpoleringsgrad.

Resultater

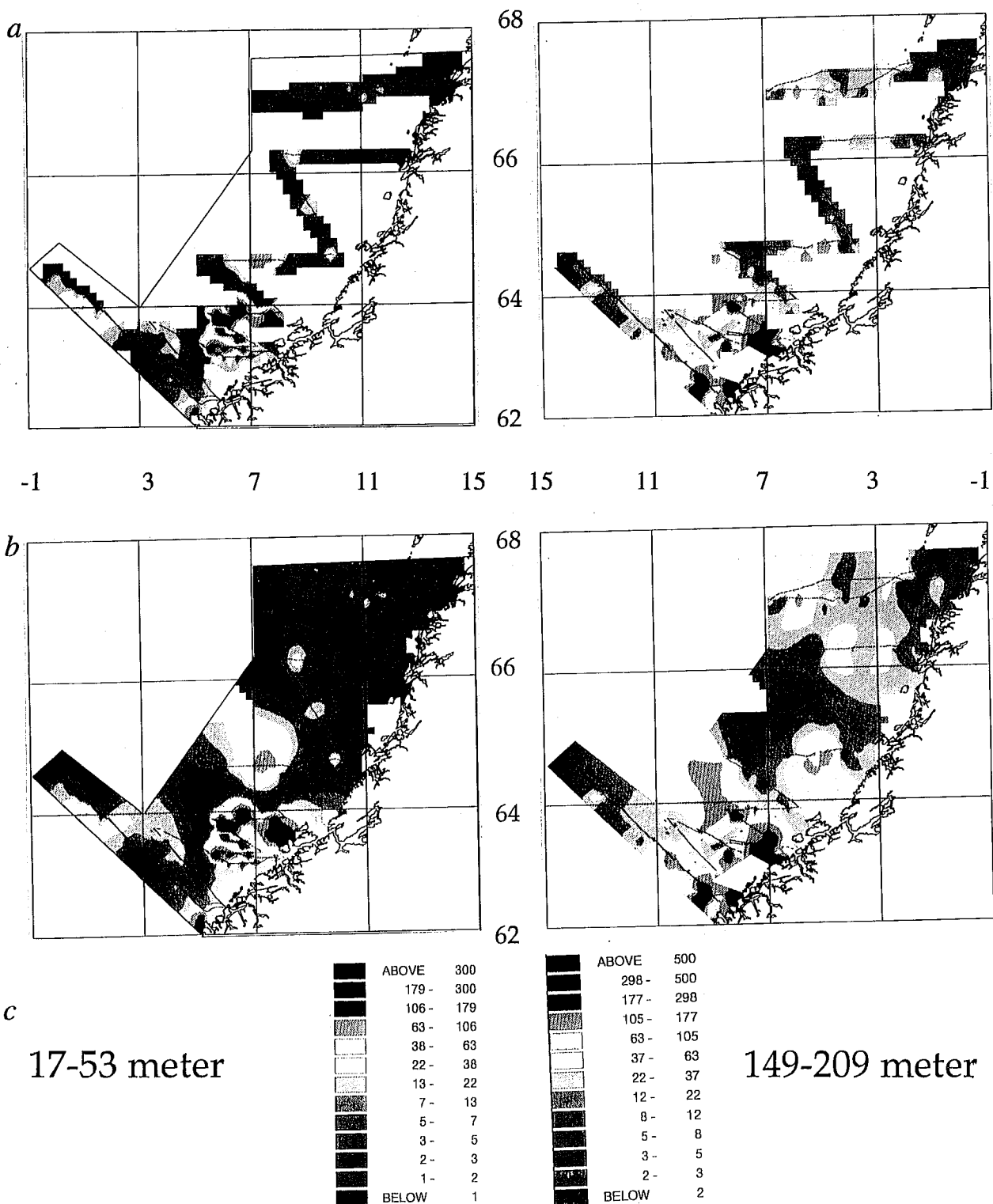


Fig. 7. Horisontalfordeling av ekko for dybdeintervallene 17-53m (venstre) og 149-209m (høyre) utenfor norskekysten, med lav (a) og høy (b) interpoleringsgrad. Verdiene i den logaritmiske fargeskalaen (c) er gitt i SA for hele logger fra de to dybdeintervallene. Interpoleringsverdier er gitt i Appendiks 2.

Trålfangster

Tab. 1. Tabell over trålfangster sortert etter grunne og dype trekk, og dag- og nattrekk. Tabellen angir antall individer der ikke annet er angitt. Det ble benyttet Harstadtrål ved samtlige trålstasjoner, bortsett fra trål 140 (bunnttrål). %juv angir prosent små individer i den målte laksesildfraksjonen. Tiden er gitt for begynnelsen av trekket. Varigheten av trekkene er gitt i Appendiks 3, og annen fisk er oppført i detalj i Appendiks 4.

	dyp (m)	dato	kl.	laksesild	% juv.	øypål	lysprikkfisk	kolmule	sild	annen fisk	krill	reker	Periphylla	st.nr.
	0	19	13:35	-	-	-	-	-	-	-	55g	-	-	136
	90-100	21	05:59	53	94	-	-	-	-	-	-	-	-	142
	125-150	16	15:33	4750	76	-	-	-	-	-	-	-	-	135
D	140-160	28	14:15	12	100	-	-	-	-	-	-	-	-	155
A	165-170	20	17:24	-	-	19162	-	-	-	177	-	-	-	140
G	160-200	26	14:55	1128	100	-	-	-	-	-	-	-	-	153
	180-200	19	14:25	150	100	-	-	-	-	-	-	-	2	137
	200	29	07:50	20	100	-	-	-	-	1	-	1	-	161
G														
R	0	20	04:19	750	98	-	-	-	-	-	150g	-	-	139
U	0	21	05:12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	141
N	25	22	21:35	68	0	169	-	-	29	-	2213g	-	-	148
T	25-50	23	01:40	21	5	1 kg	-	-	98	-	500g	-	-	149
N	50-70	22	03:05	17	100	8	-	-	-	-	300g	-	-	145
A	50-100	22	05:23	1354	100	-	-	-	-	1	-	-	-	146
T	60-115	28	20:40	98	100	-	-	15	3	-	1086g	-	1	157
T	100-130	24	17:41	10979	98	10	-	3	-	7	-	-	-	151
	120	19	22:05	308	100	1	-	-	-	1	666g	-	-	138
	125-150	29	02:35	125	95	-	-	19	-	-	2155g	-	-	159
	250-275	22	14:05	100g	?	-	-	-	1297	-	-	-	-	147
	250-300	24	14:00	179	0	31	-	2	-	10	2025g	-	-	150
D	280-320	21	13:25	12	25	1	-	125	147	14	-	-	-	144
A	400-450	26	15:49	14	0	-	118	-	-	-	744g	-	2	154
G	390-470	28	15:16	-	-	-	191	4	-	-	-	1	-	156
D	400-500	29	08:50	141	85	-	108	-	-	3	1341g	12g	6	162
Y	565-570	21	07:15	16	19	-	114	10	-	78	-	-	3	143
P														
T	N 200-240	24	18:32	32	57	-	15	12	1	4	944g	-	3	152
	A 400	29	03:29	67	100	-	40	4	-	2	1284g	47g	1	160
	T 400	28	21:35	-	-	-	140	8	1	-	1462g	209g	4.3kg	158
T														

Fordeling av ekko og organismer i hvert akustiske snitt

Først presenteres ekkofordeling fra hvert snitt, slik den fremstår i de komprimerte UNIRAS-plottene. Ekkonstrukturer ble identifisert ved hjelp av akustisk signatur på papirutskriften, og trålfangster i den grad det var mulig. Fordelingen av svake diffuse krillregistreringer over sokkelen blir ikke presentert før den oppsummerende delen.

Av plasshensyn blir utdrag av papirutskriftene i hovedsak først presentert under oppsummeringen.

Snitt 1

Fig. 8.

Vannmassefordeling:

Over sokkelen var det en kile med kjølig kystvann med lav saltholdighet. Denne strakk seg ned til 200 m nær land. Utenfor, og over ytre sokkelområder var det varmere og saltere atlantisk vann. Overflatetemperaturen varierte fra ca 5°C nær land til 8°C lengst vest i snittet. Overflatesaltholdigheten varierte mellom 33.8 og 35 fra øst til vest. Utenfor sokkelen avtok temperaturen med dypet fra ca 350 m, med temperaturer ned til ca 2°C langs skråningen.

Ekko-fordeling:

Ekkofordelingen over den indre delen av sokkelen (270-125 km) var variert. SA-verdiene lå hovedsakelig under 13, og store deler av vannmassene hadde verdier under 1. Organismene som sto for disse ekkoene er ikke identifisert med fangstredskap. Det var stort sett halvmåneformede fiskeregistreringer nær bunnen, men ved 250 km ble det registrert en tett sildeknute på ca 100 m (her var det en lokal topp i topografien som ikke fremkommer i plottet). Den sterke registreringen på ca 40 m ved 170 km stammet fra en typisk nattregistrering av sild. Det ble ikke registrert noe tydelig ekkolag over den indre delen av sokkelen.

Over den ytre del av sokkelen og vestover var det et tydelig døgnavdrende ekkolag. Det ble trålt i dette laget (trål 135) kl 15:33. Fangsten besto overveiende av små laksesild (Tab. 1). Den akustiske signaturen tyder også på at disse organismene utgjorde laget. Laksesilda oppholdt seg på ca 200 m om dagen, da det akustiske laget var

kondensert, med stor grad av patchiness, og SA-verdier over 106 i de tettete områdene. Laget sto for en stor del dypere enn 100 m også gjennom natten, men var fordelt noe grunnere ved solnedgang og soloppgang. Det var mer diffust gjennom natten, med SA-verdier på 5-7. Vannmassene over og under laget ned til ca 300 m var tilnærmet akustisk døde.

Det var et diffust ekkolag under 350 m utenfor sokkelen. Patchinessen her fremstår som mindre enn i de andre strukturene i snittet. Papirutskriften tyder på at dette laget besto av krill og fisk. Det er ikke mulig å se om noe av dette laget vandret opp i øvre lag om natten. Dette dype laget sto til dels i relativt kaldt vann.

Det ble registrert kraftige ekko nær bunnen i ytre sokkelområder og ved skråningen (vest for 100 km) med SA-verdier nær 300. Strukturen på papirutskriften tyder på at disse stammet fra kolmule og sild.

SNITT 2

Fig. 9.

Snitt 2 er gått like ved snitt 1, og det er ikke tatt biologiske eller fysiske/kjemiske prøver.

Ekko-fordeling:

Laksesildlaget fra vestlige deler av snitt 1 fortsatte i vestlige deler av snitt 2. Laget sto på 150-200 m gjennom dagen, da det var svært kondensert med SA-verdier over 63 i de tettete områdene. Frem mot solnedgang steg det og ble mer diffust. Som i snitt 1 var det svært lite ekko over og under ekkolaget ned til 300 m lengst vest. I området 50-120 km var ekkoene mer diffuse og jevnere fordelt gjennom dypet i snitt 2, som ble gått ettermiddag og kveld, enn i tilsvarende område i snitt 1, som ble gått på dagtid. Det var ikke mulig å identifisere noe laksesildlag gjennom natten i snitt 2.

Også i snitt 2 var det et diffust ekkolag under 350 m utenfor sokkelen.

Som i snitt 1 var det ikke noe klart definert pelagisk ekkolag over den indre del av sokkelen. Lengst øst i snittet var vannmassene gjennomgående fattige på ekko, men det fantes enkelte klart definerte patcher med SA-verdier over 38.

Ved skråningen fantes samme type kraftige ekko fra kolmule og sild som i snitt 1.

Resultater

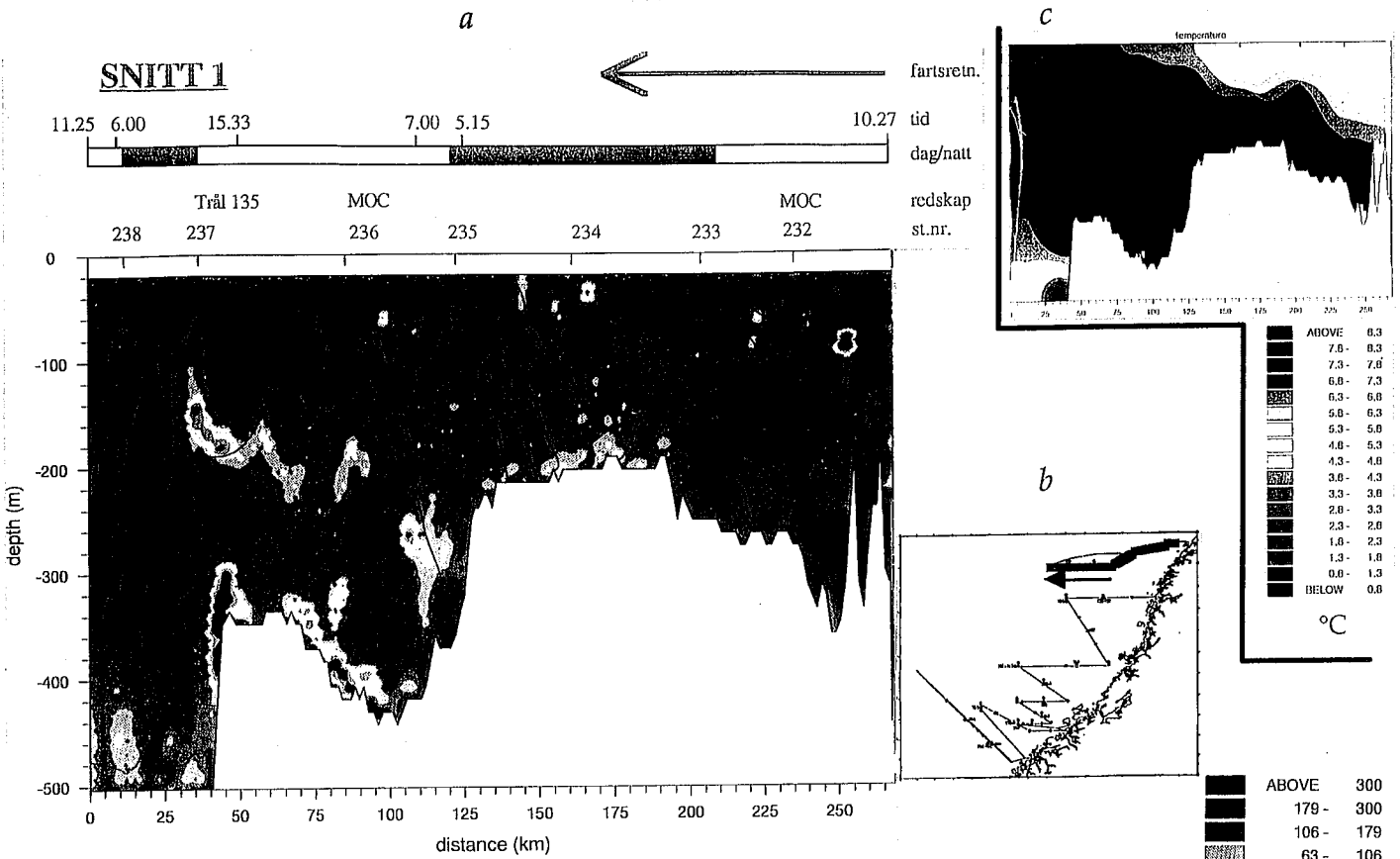


Fig. 8. Ekkofordeling med saltholdighetsisoliner (*a*), og temperaturfordeling (*c*) fra snitt 1, med markering av snittet (*b*). SA-skala til høyre.

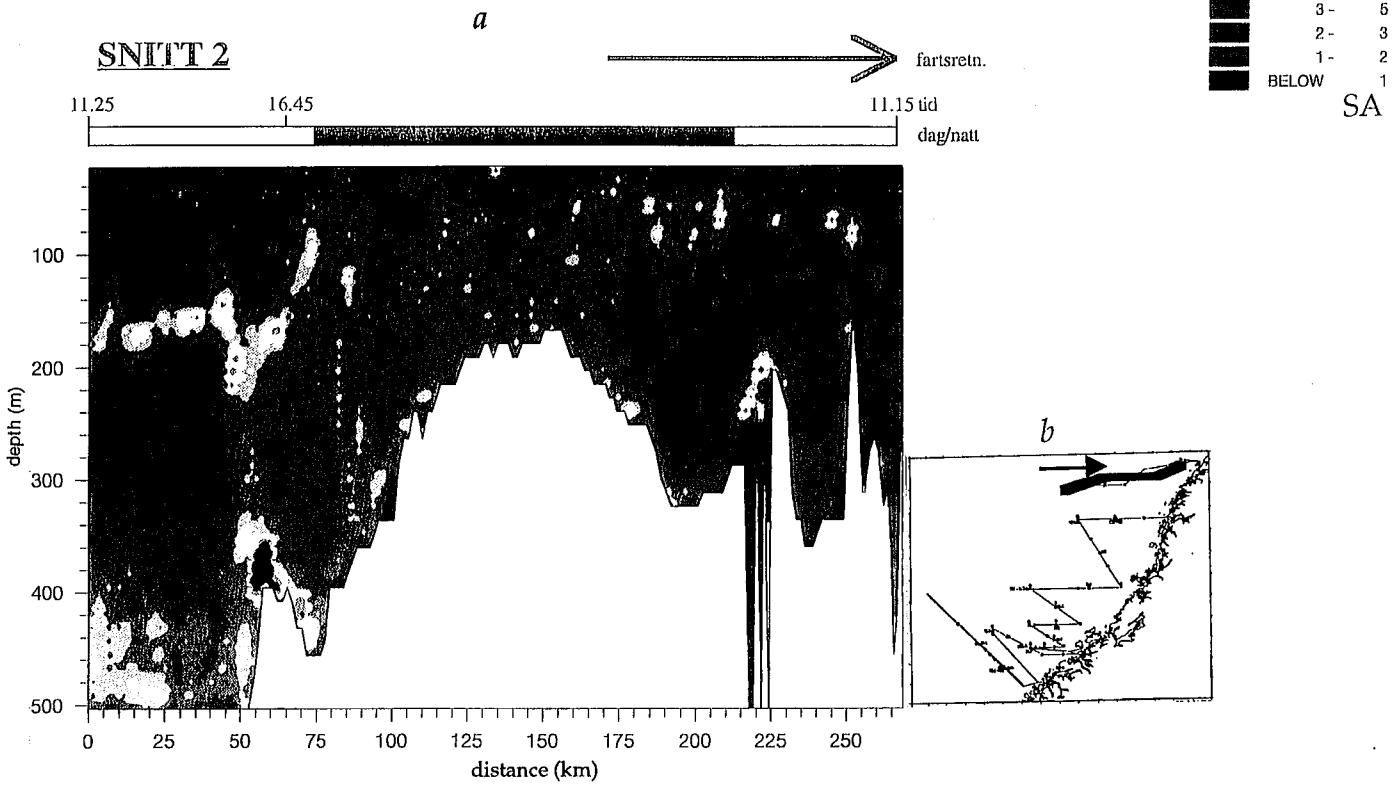


Fig. 9. Ekkofordeling fra snitt 2 (*a*), med markering av snittet (*b*). SA-skala til høyre.

SNITT 3

Fig. 11.

Vannmassefordeling:

Det er få fysiske/kjemiske data fra snitt 3. De som finnes tyder på at det som i snitt 1 lå en kystvannskile over sokkelen.

Ekko-fordeling:

De dype, innerste sokkelområdene var også i dette snittet relativt fattige på ekko. Fra ca 125 km og vestover var det et typisk laksesildlag som enkelte steder falt sammen med andre pelagiske ekkoregistreringer. SA-verdiene i laget lå for det meste rundt 38 om dagen og 7 om natten. Gjennom dagen oppholdt det seg på 150-200 m. Et dagtrekk (trål 137, Tab. 1) i dette laget fanget små mengder små laksesild. Laget søkte ved solnedgang helt opp til overflaten. Deretter sank det ned til 80-200 m, hvor det lå gjennom natten.

Et dagtrekk i overflaten (trål 136, Tab. 1) fanget små mengder krill.

Gjennom hele snittet var det ekko nær bunnen. Fig. 10 viser et utdrag av ekkoregistreringene fra 50-80 km i snitt 3. I dette området var det varierende tetthet av bunnfisk, og det ble også registrert tette sildeknuter som strakk seg inn i laksesildlaget over. Laksesildas vertikalfordeling syntes å være upåvirket av konsentrasjonen av de større fiskene. Bunnfiskregistreringene på papirutskriften i dette området er for en stor del røde. Dette viser at de stammer fra stor fisk.

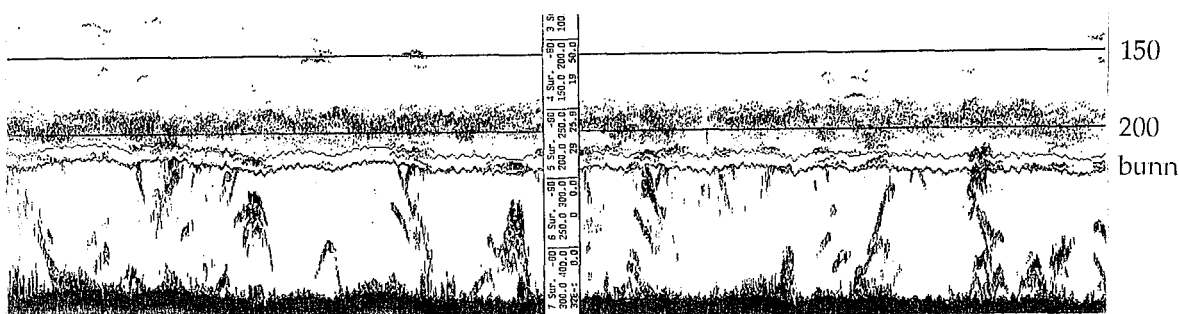


Fig. 10. Representativt utsnitt fra ekkoregistreringene ved 50-80 km i snitt 3 (papirutskrift). Laksesildas vertikalfordeling syntes upåvirket av bunnfisktettheten. Merk bunneksjansjonen.

SNITT 4

Fig. 12.

Vannmassefordeling:

Saltholdighetsisolinjene indikerer at atlantisk vann dominerte i snitt 4.

Ekko-fordeling:

Det var et tydelig laksesildlag i dette snittet, som hang sammen med nattregistreringene fra vestlige deler av snitt 3. I dette området sto dette laget for all akustisk tilbakespredning i pelagialen. Et natttrekk i laget (trål 138) fanget nesten bare krill og juvenile laksesild (Tab. 1). Ekkolaget steg kontinuerlig gjennom natten frem til soloppgang da det lå grunnere enn 100 m. Tråltrekk 139 i overflaten rett før soloppgang fanget krill og små laksesild (Tab. 1). Herfra sank laget ned til et dagdyp på ca 150 m. SA-verdiene i laget lå hovedsakelig under 13. Laksesildlaget var borte sør-øst for 140 km.

Gjennom dagen var det også ekko fra andre strukturer enn laksesildlaget fordelt gjennom dypet.

Det var et ekkolag nær bunnen i den østlige delen av snittet. SA-verdiene var jevnt over ganske høye, og for en stor del over 22. Papirutskriften viser at disse registreringene i det minste delvis stammet fra sild.

Det var ekko av bunnfisk gjennom hele snittet og tettheten var størst like over bunnen. SA-verdiene nær bunnen (for en stor del mellom 22 og 38) var gjennomgående høyere enn i pelagialen.

Resultater

a

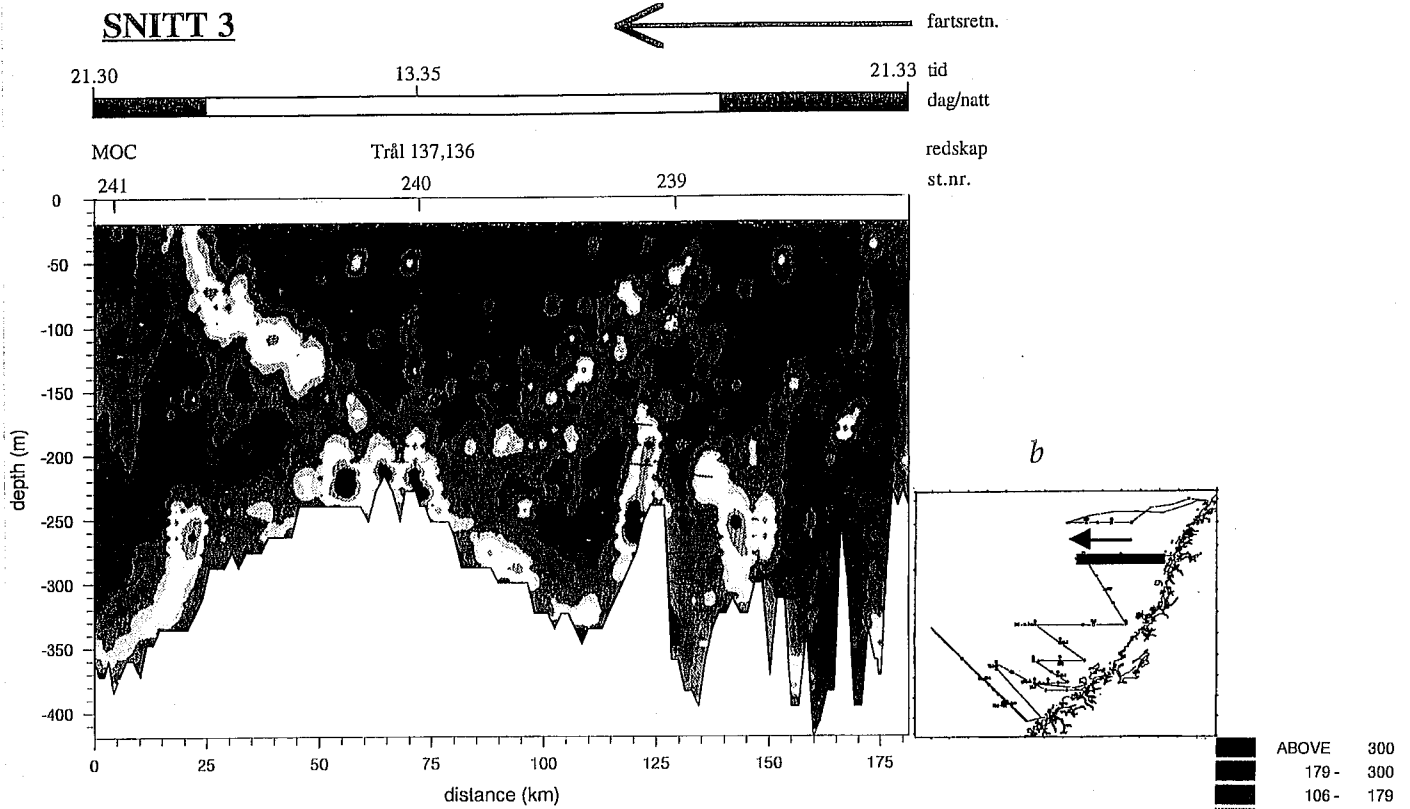


Fig. 11. Ekkofordeling med saltholdighetsisolinjer fra snitt 3 (a), med markering av snittet (b). Merk avvikende dybdeskala. SA-skala til høyre.

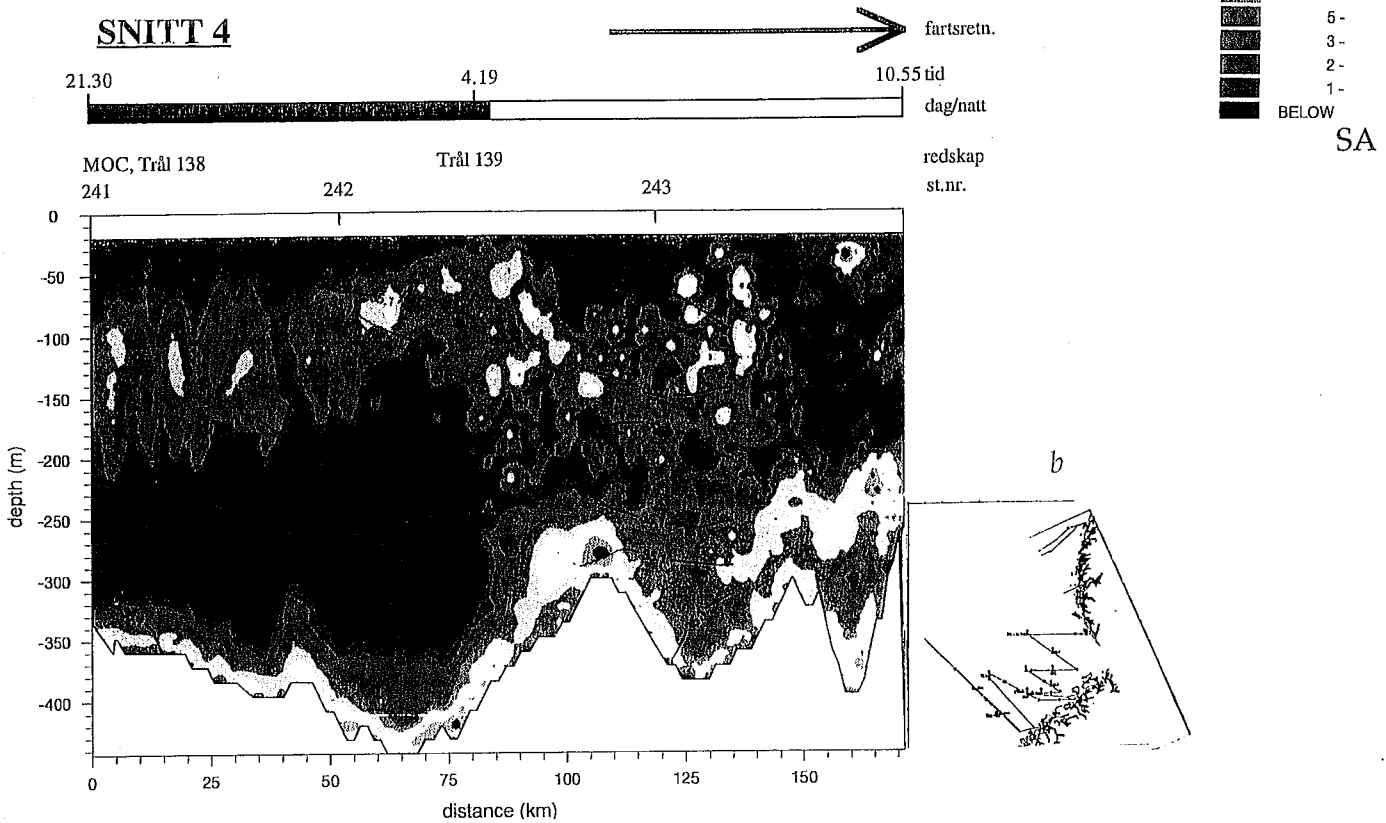


Fig. 12. Ekkofordeling med saltholdighetsisolinjer fra snitt 4 (a), med markering av snittet (b). Merk avvikende dybdeskala. SA-skala til høyre.

SNITT 5

Fig. 14.

Vanmassfordeling:

Saltholdighetsisolinjene viser at det lå en kystvannskile med saltholdighet ned i 34.4 øst i snittet. Utenfor var saltholdigheten ca 35.2.

Ekko-fordeling:

Øst for 110 km (gått på dagtid) var pelagialen fattig på ekko, men med noen spredte ekkoregistreringer. Mellom 25 og 110 km (gått om natten) var det relativt sterke ekkoregistreringer i de øvre 100 m. Disse var lite homogene og SA-verdiene lå rundt 106 i de tettete områdene. De sterke ekkoene i dette området stammet fra annen fisk enn laksesild. De grunneste registreringene (grunnere enn 50 m) hadde en ekkosignatur typisk for sild om natten (røde, gule og grønne prikker), mens de noe dypere pelagiske registreringene syntes å stamme fra små bunnfisk (blå registreringer), som søkte opp i vannmassene om natten (Fig. 31). Den langt større ekkomengden nær overflaten om natten i det komprimerte plottet (Fig. 14) kan synes merkelig, siden papirutskriften viste en tilnærmet jevn fordeling av "prikker" med dypet. Dette skyldes for en stor del at ensonifiseringsvolumet øker med dypet. Ut fra fargene på registreringene fremgår det at de grunneste ekkoene stammer fra sterkere targets enn de dypere.

Vest for 25 km var det gjennom natten et ekkolag på varierende dyp (40-200 m), som så ut til å stamme fra laksesild. Dette laget var kondensert på ca 50 m ved 0 km ved soloppgang. Et blåsehal (trål 141) ved soloppgang var uten fangster. Fra papirutskriften kan man se at laksesildlaget etter solnedgang sank ned til 150-200 m. Tråltrekk i dette laget (trål 142) rett etter soloppgang fanget kun svært små mengder små laksesild, mens trål 143 på 565-570 m fanget en del lysprikkfisk og annen fisk (Tab. 1).

Ekkoregistreringer fra kl 01:45 til 08:15 ble ikke tatt med på snittplottet, fordi båten gikk på kryss og tvers av kursretningen under tråling.

Det var bunntilknyttede ekko gjennom hele snitt 5, mest i den østlige delen om dagen. Strukturen på disse tilsier at de stammet fra bunnfisk. SA-verdiene lå for en stor del rundt 22. En bunntrålfangst (trål 140) på 170 m i det kraftig fargede området (SA-verdier over 179 på det meste) ved 125 km, inneholdt overveiende øyepål (Tab. 1).

Resultater

Et diffust ekkolag ved 150 km sto grunnere i et område der bunnfisktettheten var langt høyere enn i de tilgrensende områdene (Fig. 13). Det diffuse laget så ut til å bestå av både krill og små fisk (laksesild).

Sterke ekko med SA-verdier som gikk over 300, ved eggakanten (om natten), stammet sannsynligvis fra kolmule.

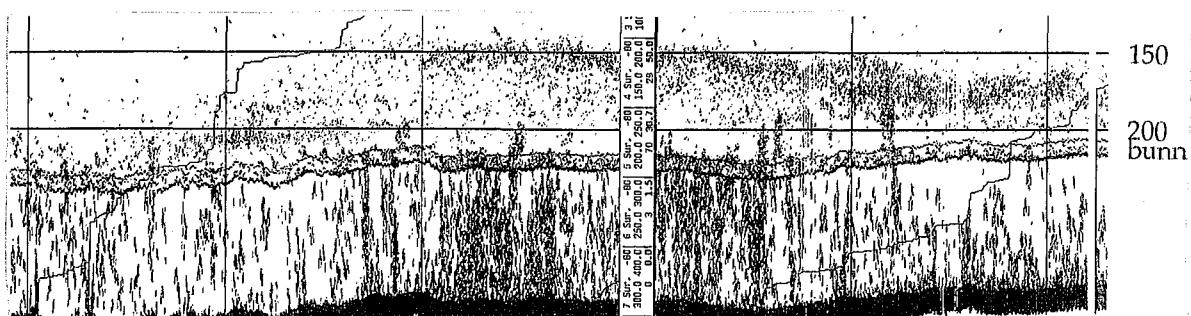


Fig. 13. Ekkoregistrering fra ca 150 km, snitt 5 (papirutskrift). Merk bunneksjansjonen.

SNITT 6

Fig.15.

Vannmassefordeling:

Det ble gjort få fysisk/kjemiske målinger i dette snittet. Nærmest land var det vann med saltholdighet under 35 helt ned til bunnen, mens det var atlantisk vann utenfor.

Ekko-fordeling:

Dette snittet ble gått om dagen, til og med solnedgang. Laksesildlaget fra vestlige deler av snitt 5 lå på 150-200 m gjennom snitt 6 frem til solnedgang. Laget var klart definert med SA-verdier hovedsakelig mellom 5 og 38. Pelagialen forøvrig var fattig på ekko. Ved soloppgang lengst øst i snittet vandret laksesilda opp til et dyp grunnere enn 100 m.

De pelagiske ekkoregistreringene mellom 300 og 400 m vest for 10 km stammet fra fisk (relativt diskrete registreringer).

De pelagiske ekkoregistreringene fra perioden rett etter solnedgang stammet ikke bare fra laksesild, men også fra sild og annen fisk (røde, gule, grønne og blå prikker). Mye av de bunnære ekkoregistreringene forsvant ved soloppgang, og organismene ansvarlige for disse har sannsynligvis vandret opp i øvre lag.

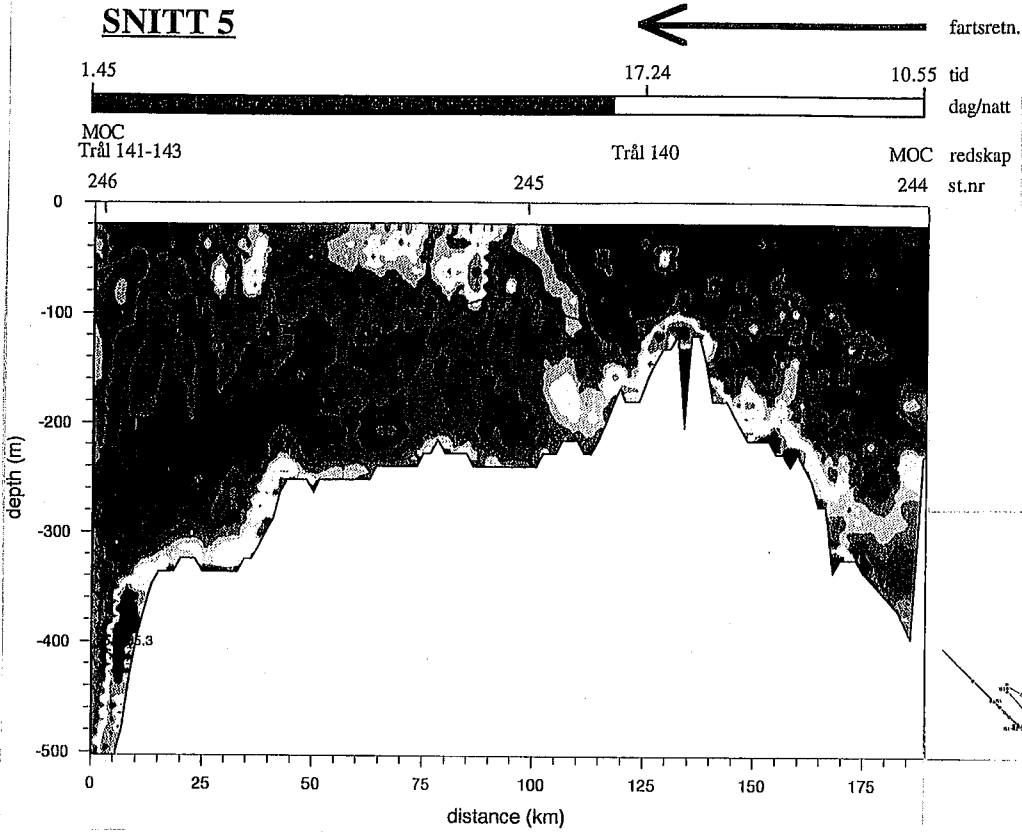
Gjennom hele snittet var det svært kraftige ekko, med SA-verdier over 300, nær bunnen. Disse stammet hovedsakelig fra sild, men det var også registreringer av bunnfisk. Tråltrekk på 280-320 m (trål 144) fanget hovedsakelig sild og kolmule (Tab. 1).

De ekkogivende organismene fulgte ikke noen bestemt vannmasse. Derimot oppholdt de seg i vann med en saltholdighet over 35.1 gjennom dagen, og vandret opp i mindre salt vann ved solnedgang.

Resultater

a

SNITT 5



b

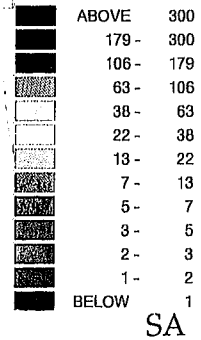
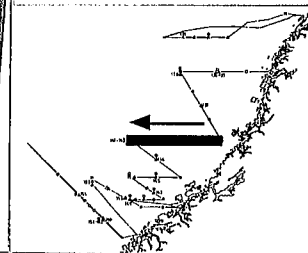
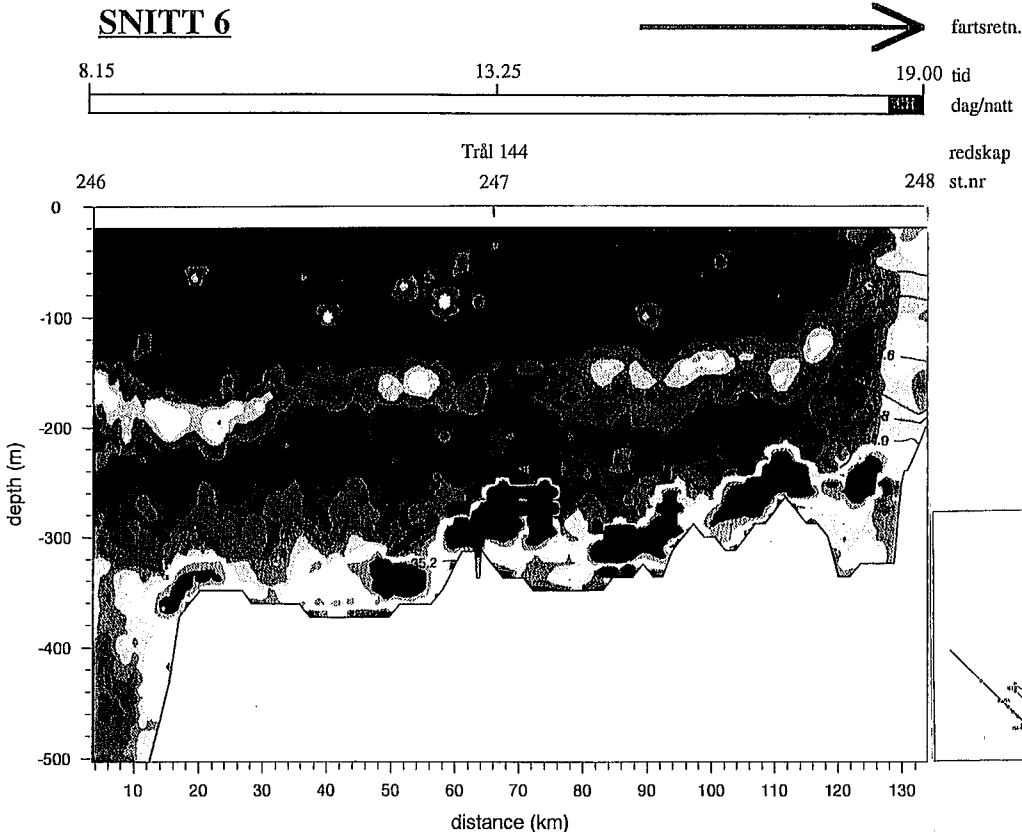


Fig. 14. Ekkofordeling med saltholdighetsisoliner fra snitt 5 (a) med markering av snittet (b). SA-skala til høyre.

a

SNITT 6



b

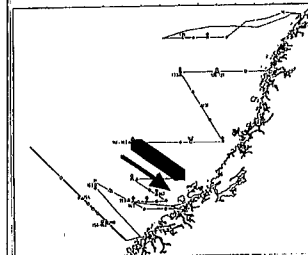


Fig. 15. Ekkofordeling med saltholdighetsisoliner fra snitt 6 (a), med markering av snittet (b). SA-skala til høyre.

SNITT 7

Fig. 16.

Vannmassefordeling:

Også i snitt 7 var det en kysvannskile som nådde helt til bunnen nærmest land, med økende saltholdighet vestover og med dypet. Det var atlantisk vann utenfor kystvannskilen.

Ekko-fordeling:

Dette snittet ble gått fra tidlig kveld, til og med soloppgang.

Det var samme type pelagiske registreringer fra sild og små bunnfisk over sokkelen i snitt 7 som om natten i snitt 5. Registreringene var sterkest i de øvre 80 m, og SA-verdiene var i de tetteste områdene rundt 300. Et natttrekk fra 50-70 m (trål 145) fanget krill, samt noe øyepål og laksesild (Tab. 1). Også på intermediære dyp var det ekko, men langt mindre enn i øvre lag.

Papirutskriften viser at det ved soloppgang (ca 10 km, over eggakanten) ble dannet et kondensert laksesildlag på 50-100 m, mens registreringene fra de større fiskene forsvant fra øvre lag. Et tråltrekk fra 50-100 m ved soloppgang fanget små laksesild (Tab. 1, trål 146). Laksesildlaget sank utover morgenen, og lå fra ca kl 07:30 på 150-200 m.

Fra soloppgang (over skråningen), vandret sild og uidentifiserte ekkogivende organismer ned til under 300 m. Silda så ut til å være borte lengst vest i snittet, hvor det kun forekom diffuse ekko.

Det var relativt sterke ekkoregistreringer av bunnfisk over sokkelen i snitt 7, med SA-verdier i hovedsak under 106. Bunnfiskekkoene økte i mengde mot vest, og det var sterkest registreringer ved eggakanten.

SNITT 8

Fig. 17.

Vannmassefordeling:

Det lå en kystvannskile nærmest land med en saltholdighet som gikk under 34.4 i overflaten. Utenfor og under denne kilen var det atlantisk vann. Det var vann med noe lavere saltholdighet (under 35 dypere enn 420 m) og lavere temperatur, i dypet utenfor sokkelen.

Ekko-fordeling:

Dette snittet ble gått fra morgen til og med solnedgang. Laksesildlaget fra vestlige deler av snitt 7 fortsatte på 150-200 m i vestlige deler av snitt 8. Laget var ikke kontinuerlig øst for 15 km, og lå her kun over avgrensede deler av sokkelen.

Laksesildregistreringene var særlig kraftige på ca 150 m fra 50-80 km. Som i snitt 6 var vannmassene over 150 m fattige på ekko.

Kraftige ekko nær bunnen gjennom snittet stammet fra sild (Fig. 26). SA-verdiene var høyere enn 300 i de tettete områdene. I dette snittet, som i dagregistreringene fra de dypere sokkelområdene som ble dekket i snitt 6, fulgte silda bunnen. Trål 147 i det bunnære laget fanget overveiende sild (Tab. 1).

Bunntilknyttede ekko ved eggakanten ser ut til å stamme fra bunnfisk (kolmule) i større grad enn inne på sokkelen.

Utenfor sokkelen var det også i dette snittet diffuse ekko under 300 m.

Resultater

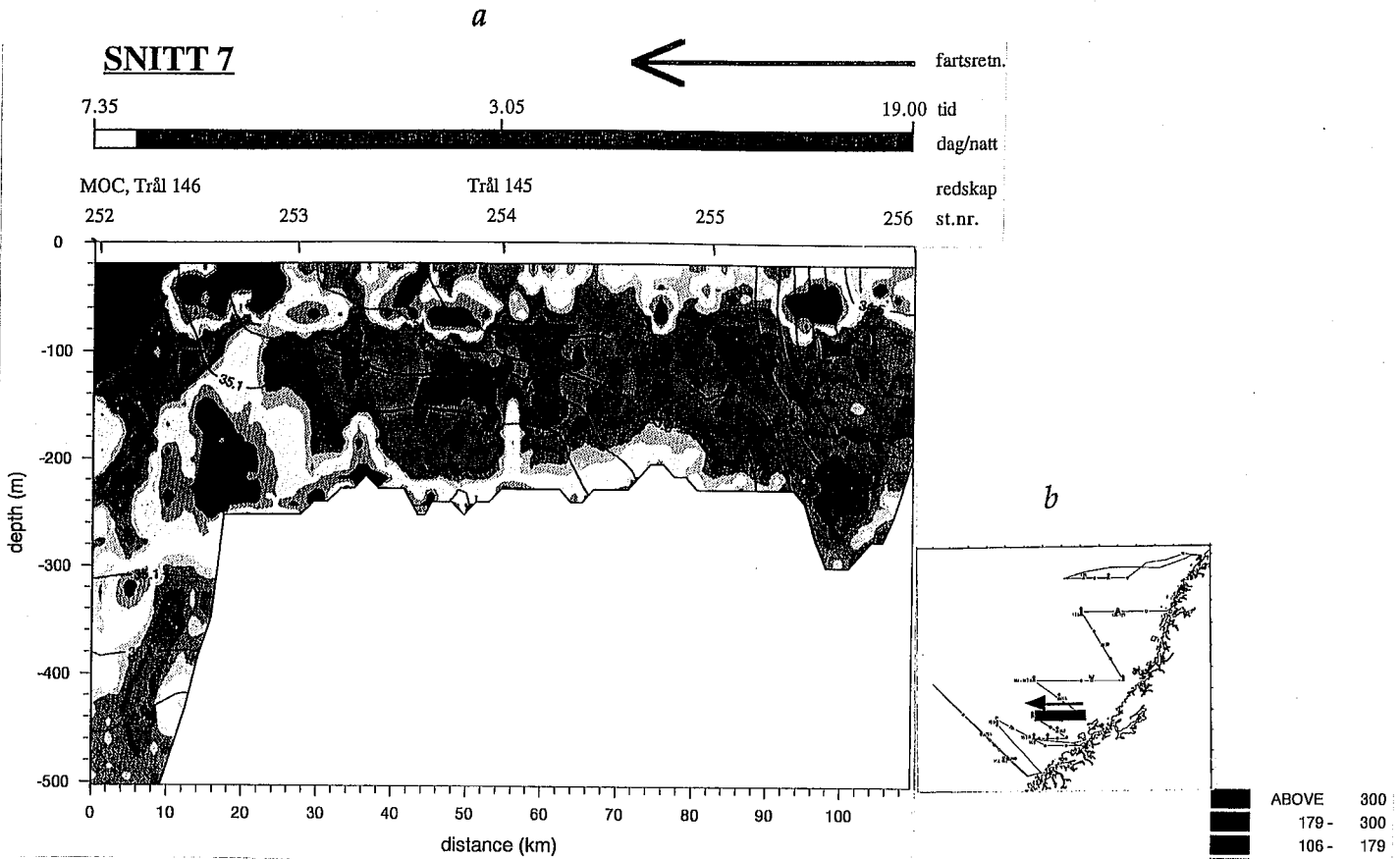


Fig. 16. Ekkofordeling med saltholdighetsisolinjer fra snitt 7 (a), med markering av snittet (b). SA-skala til høyre.

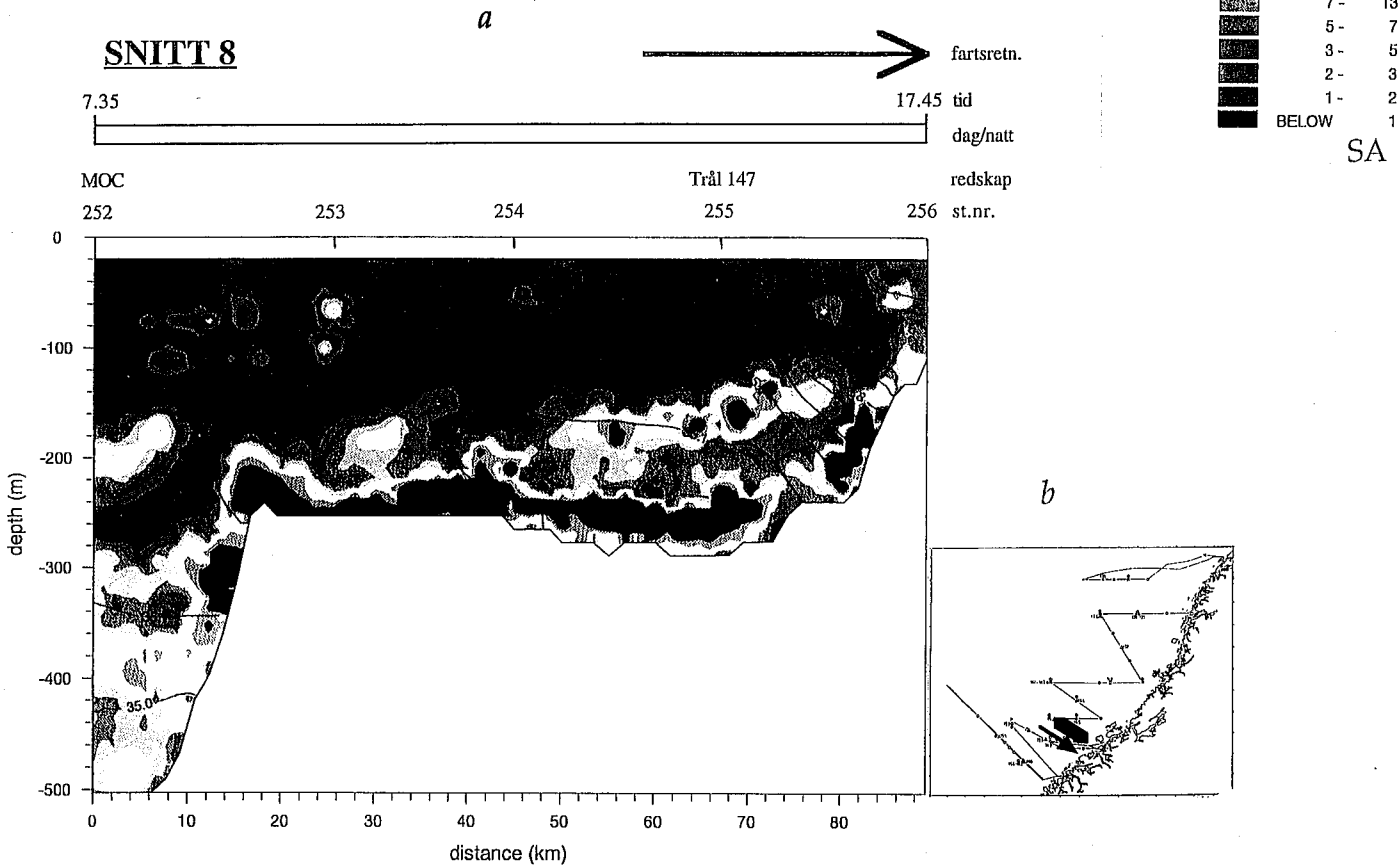


Fig. 17. Ekkofordeling med saltholdighetsisolinjer fra snitt 8 (a), med markering av snittet (b). SA-skala til høyre.

SNITT 9

Fig. 18.

Vannmassefordeling:

Gjennom hele snittet var det kystvann i overflaten. Under dette laget var det atlantiske vannmasser.

Ekko-fordeling:

Dette snittet ble gått fra tidlig kveld og utover natten. Det var samme pelagiske fordelingsmønster vest for 60 km i dette snittet, som i nattregistreringene fra snitt 5 og 7, med sterke ekko nær overflaten, hovedsakelig fra sild. Noe dypere var det registreringer av bunnfisk, som syntes å søke oppover i vannmassene. De ekkogivende organismene dannet ikke noe homogent lag, men var flekkvis fordelt. SA-verdiene var høyere enn 300 i de tetteste pelagiske registreringene. To tråltrekk i dette grunne laget (trål 148 og 149) fanget krill, sild, øyepål og små mengder store laksesild (tab. 1).

Som i snitt 7, var SA-verdiene på intermediære dyp lavere enn verdiene nær overflaten og bunnen. SA-verdiene nær bunnen stammet fra bunnfiskregistreringer. Disse var noe sterkere ved eggakanten enn inne på sokkelen.

Det var kraftige kondenserte silderegistreringer dypere enn 100 m lengst øst i snitt 9 (før kl 18:30).

SNITT 11

Fig. 19.

Første del av snittet (før soloppgang) ble ikke logget. Papirutskriften herfra viser sterke diffuse silderegistreringer. Hele den loggete delen av snittet ble gått om morgenen.

Vannmasseforeling:

Vannmassene i hele dette grunne snittet var preget av den brakke kyststrømmen. Overflatevannets saltholdighet var gjennom hele snittet under 34.4.

Ekko-fordeling:

Papirutskriften viser at sterke ekko (SA-verdier over 300) vest for 20 km under 100 m stammet fra sild, og for en stor del fra bunnfisk. Papirutskriften tyder på at de pelagiske registreringene stammet fra små bunnfisk.

Resultater

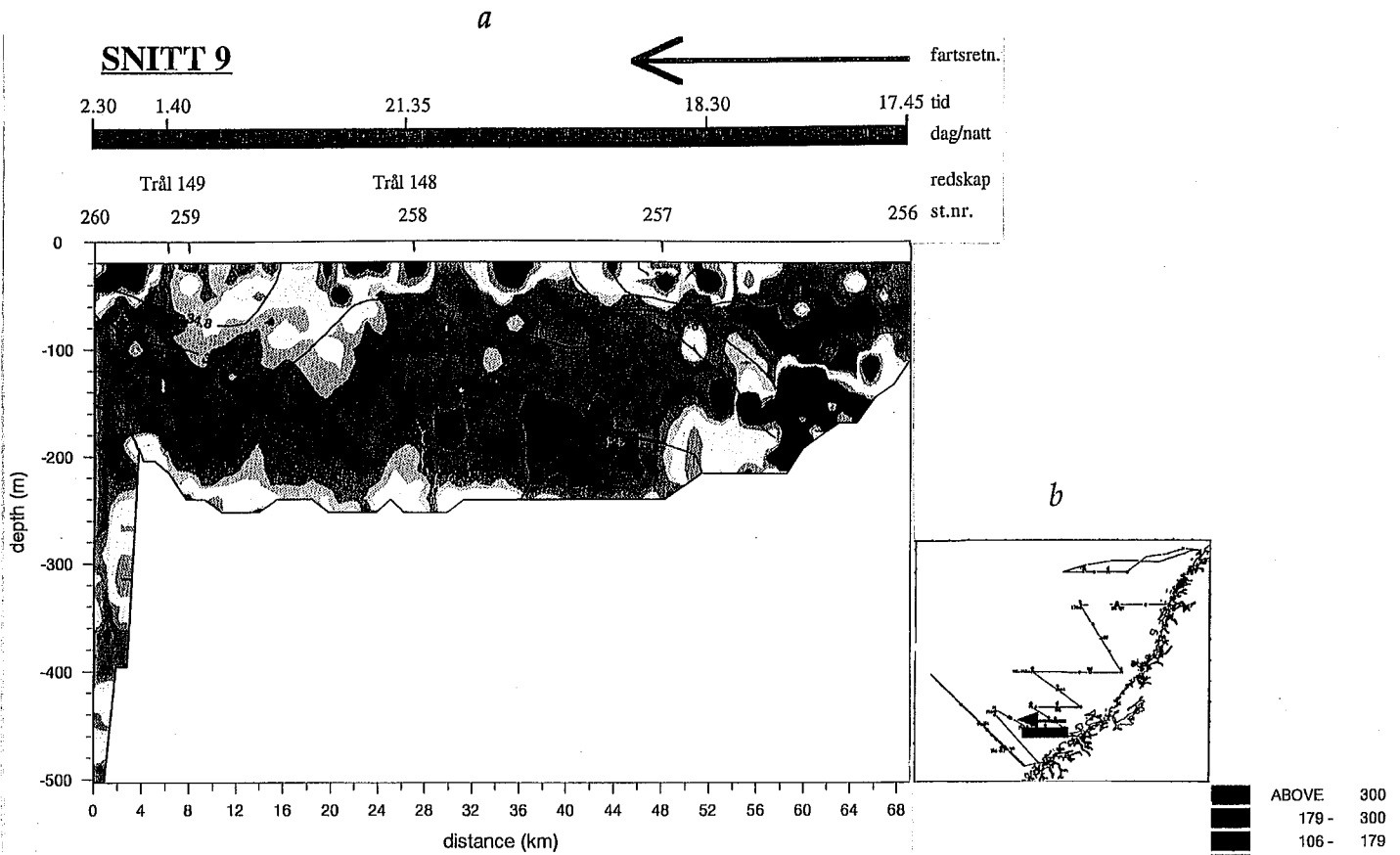


Fig. 18. Ekkofordeling med saltholdighetsisolinjer fra snitt 9 (a), med markering av snittet (b). SA-skala til høyre.

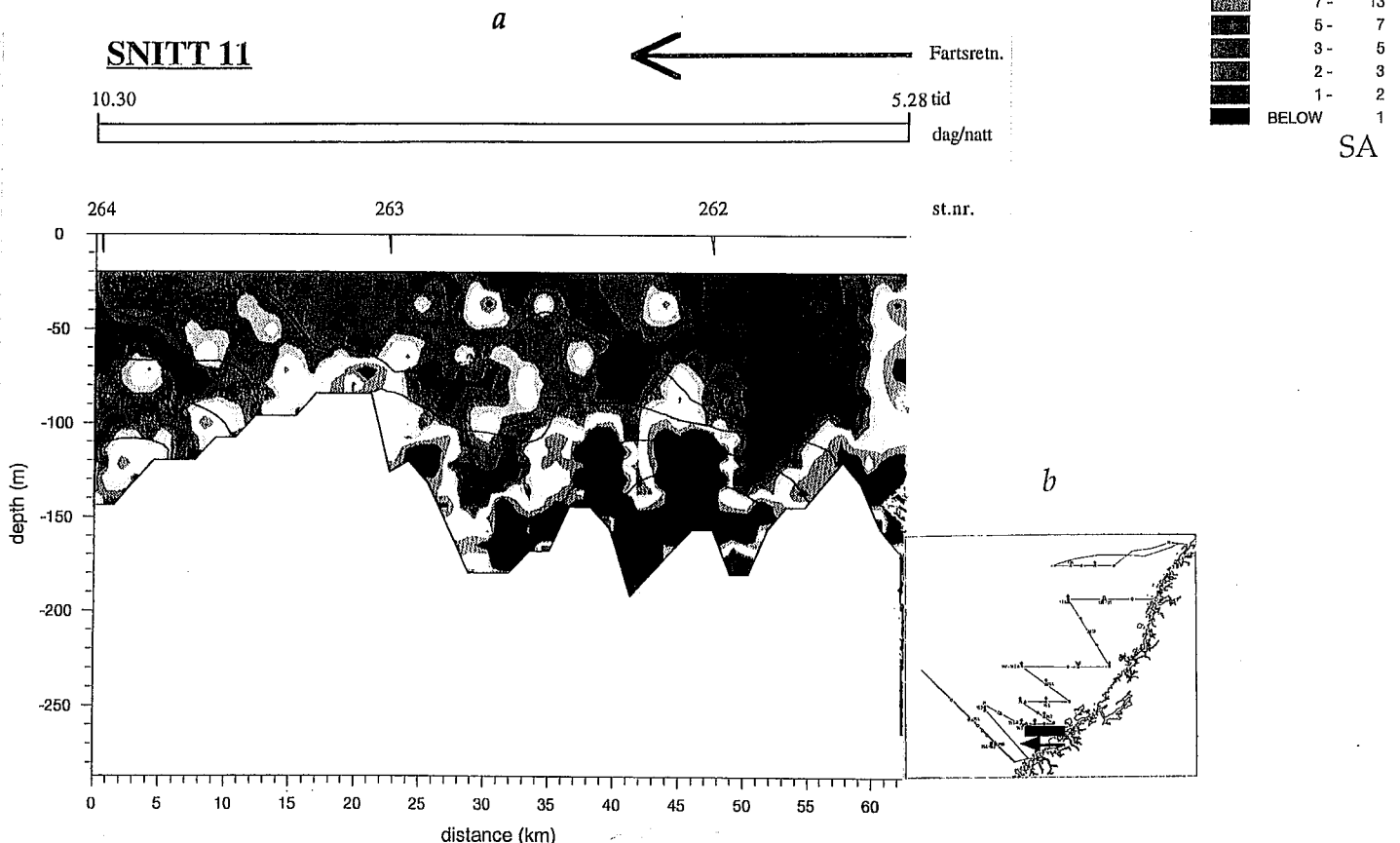


Fig. 19. Ekkofordeling med saltholdighetsisolinjer fra snitt 11 (a), med markering av snittet (b). Merk avvikende dybdeskala. SA-skala til høyre.

SNITT 12

Fig. 20.

Vannmassefordeling:

Det var kystvann i øvre lag nærmest land. Snittet var dominert av atlantisk vann. Under 350 m var det noe mindre salt, og dermed kaldere vann.

Akustikkfordeling:

Det var to pelagiske ekkolag utenfor sokkelen.

Det lå et laksesildlag på ca 200 m med liten vertikal utbredelse gjennom dagen, med SA-verdier rundt 22. Laget befant seg om natten på 30-200 m. Ekkotettheten var ikke betraktelig mindre om natten, på tross av den langt større vertikale utbredelsen. Tråltrekk fra dette laget rett før solnedgang fanget nesten bare juvenile laksesild (Tab. 1, trål 151). Det var ikke mulig å se noe laksesildlag øst for 80 km. Et dypere ekkolag lå på ca 250 m rett vest av sokkelen (kl. 13.00), og sto dypere enn 300 m lenger vest. Dette laget hadde ca samme SA-verdier som det grunnere laget. Det ble trålt i dette dype laget rett utenfor sokkelen. Fangsten besto hovedsakelig av krill, øyepål og voksne laksesild (trål 150, Tab. 1). Et trekk etter solnedgang (trål 152) fanget krill og noe fisk (Tab. 1). Vannmassene mellom de to lagene var fattige på ekko.

Det var kraftige sildeekko over sokkelen nær bunnen. Det var også ekko fra bunnfisk nær bunnen. Over skråningen var det sterke ekko, trolig fra kolmule.

SNITT 13

Fig. 21.

Vannmassefordeling:

Det ble ikke foretatt målinger av salt eller temperatur i dette snittet.

Akustikk-fordeling:

Som i snitt 12 var det også i snitt 13 to pelagiske ekkolag utenfor sokkelen, med samme vertikalfordeling som nattfordelingen i snitt 12.

Det var diffuse ekko over sokkelen i de øvre 50 m. Dette laget økte i styrke østover.

Papirutskriften tyder på at sterke ekko nær bunnen over skråningen (SA-verdier over 300 på det meste) stammet fra kolmule, eller muligens sild. De bunnære ekkoene over sokkelen stammet fra sildeknuter. Sterke ekko under 150 m i bassenget ved 165 km stammet fra bunnfisk.

Resultater

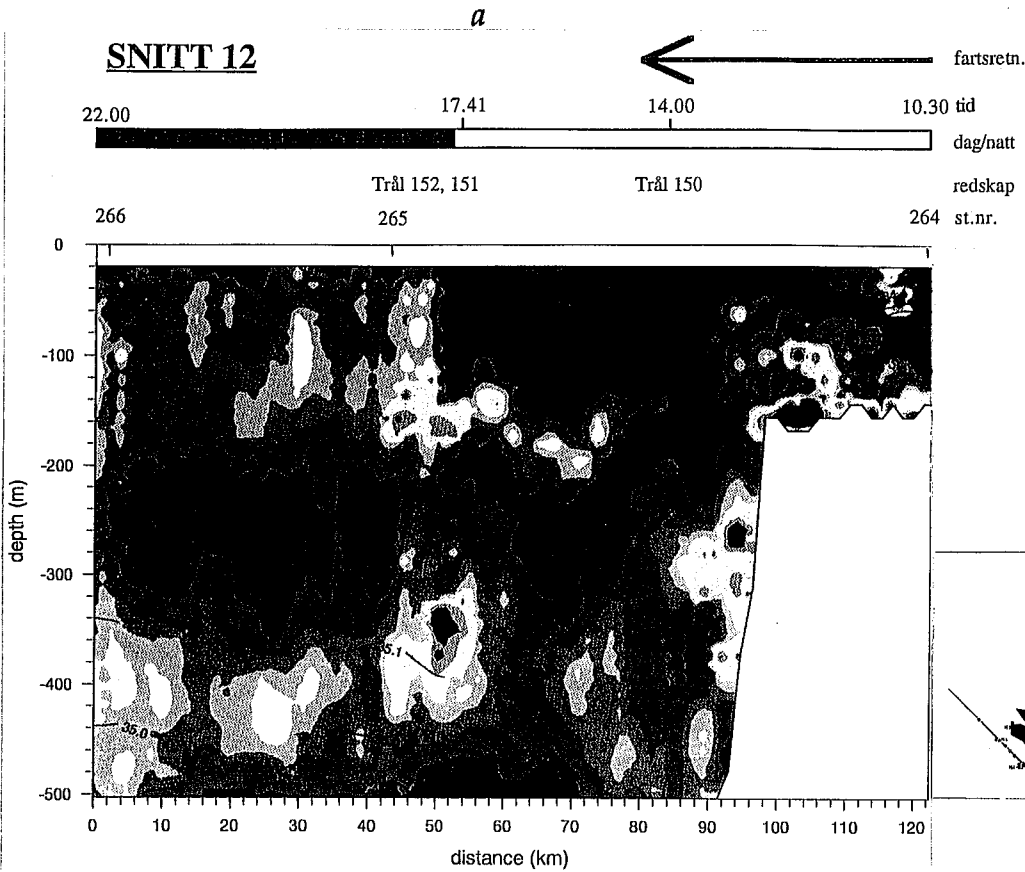


Fig. 20. Ekkofordeling med saltholdighetsisolinjer fra snitt 12 (a), med markering av snittet (b). SA-skala til høyre.

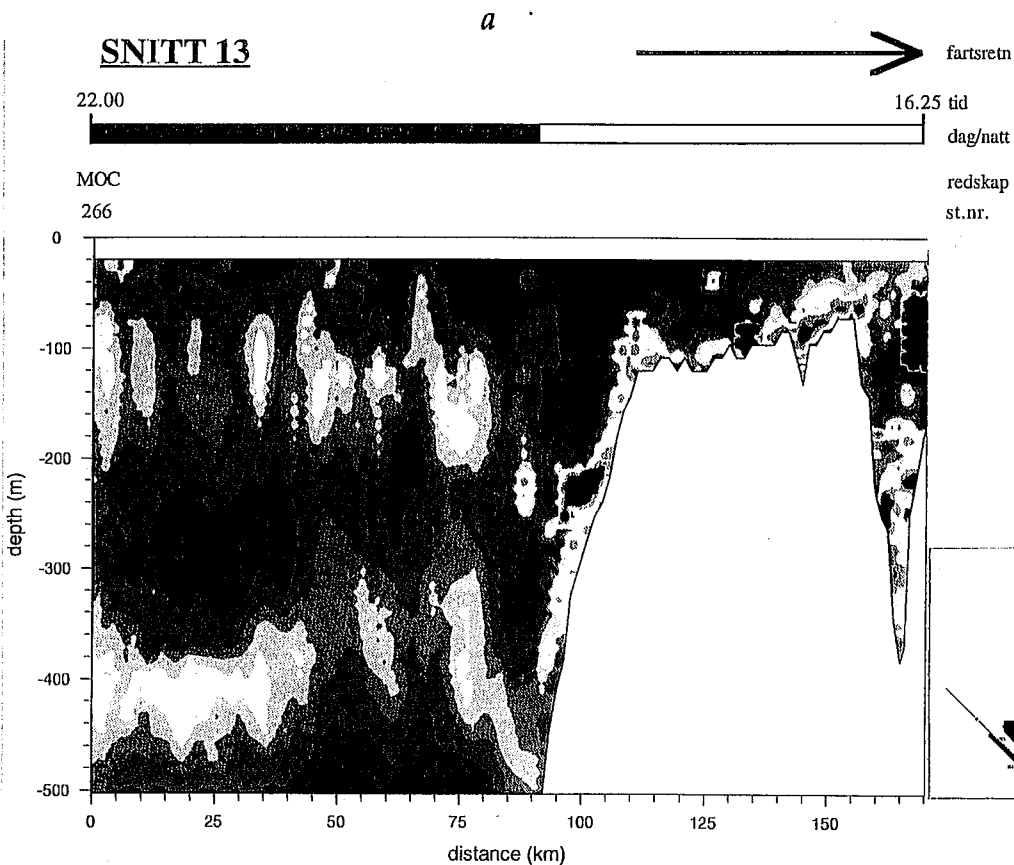


Fig. 21. Ekkofordeling fra snitt 13 (a), med markering av snittet (b). SA-skala til høyre.

SNITT 14 & 15

Fig. 22 og 23.

Snitt 14 (fra øst mot vest) og 15 (fra vest mot øst) dekker samme områder.

Vannmassefordeling:

Temperaturplottene og saltholdighetsisolinjene i snittene 14 og 15 er nærmest identiske, og temperaturfordelingen presenteres kun for snitt 14.

Det var en kystvannskile nærmest land der saltholdigheten gikk ned i ca 34. Temperaturen var ca 6°C i overflaten nærmest land. Utenfor sokkelen var det atlantisk vann øverst, mens det var gradvis kaldere og noe mindre salt (under 35) intermediært arktisk vann dypere. Denne vannmassen strakte seg helt til overflaten lengst vest. Temperaturen var under 0.8°C dypest.

Akustikk-fordeling:

Utenfor sokkelen var det som i snitt 12 og 13 to ekkolag i begge snittene.

Laksesildlaget (det øvre) var kondensert på 150-200 m om dagen, med en vertikal utstrekning på ca 30 m. SA-verdiene lå på dagtid rundt 38. Et dagtrekk fanget kun laksesild (Tab. 1, trål 153). Gjennom natten lå laget grunnere enn 100 m.

Det andre ekkolaget sto dypere enn 300 m gjennom dagen, og hadde en vertikal utstrekning på minst 200 m. Laget var diffust, med karakteristiske fiskeregistreringer særlig i den øvre delen. Et dagtrekk fra dette nedre laget fanget overveiende krill og lysprikkfisk, samt noen få store laksesild (Tab. 1, trål 154).

Gjennom begge nattregistreringene i vestlige deler av snittene vandret tilnærmet hele dette dypere laget opp i øvre lag, og falt om natten sammen med det grunnere ekkolaget. Dette dype døgnvandrende laget krysset en temperaturgradient på ca 3°C. Gjennom disse nettene var det også diffuse ekko nedover i dypet til ca 350 m, og da særlig i snitt 15.

Lenger øst i snitt 14 sto derimot det meste av det dype ekkolaget dypere enn 300 m også om natten, selv om enkelte ekkogivende organismer vandret fra øvre lag og ned til det dype laget rundt soloppgang. Temperaturen gjennom dypet var her mer homogen, med varmere vann i dypet enn lenger vest.

Resultater

Ekkofordelingen over sokkelen, som ble dekket henholdsvis natt (14) og dag (15), var forskjellig i de 2 snittene. Papirutskriften viser at det var bunnfisk nær bunnen både dag og natt. Om dagen ble det også registrert noe sild nær bunnen. Ekkomengden nær bunnen var størst om dagen (snitt 15), der SA-verdiene var over 300 og nesten 10 ganger verdiene i snitt 14. Pelagialen over sokkelen var tilnærmet akustisk død på dagtid, dog med svake fiskeekko i de øvre 50 m, mens det i samme område i snitt 14 var til dels sterke pelagiske ekko, særlig i de øvre 70 m.

Det var noe ekkoregistreringer av bunnfisk, sannsynligvis kolmule, nær bunnen over skråningen. Det meste av SA-verdiene ved skråningen stammer imidlertid fra det dype pelagiske ekkolaget, som syntes å tilta i styrke nærmest skråningen.

Resultater

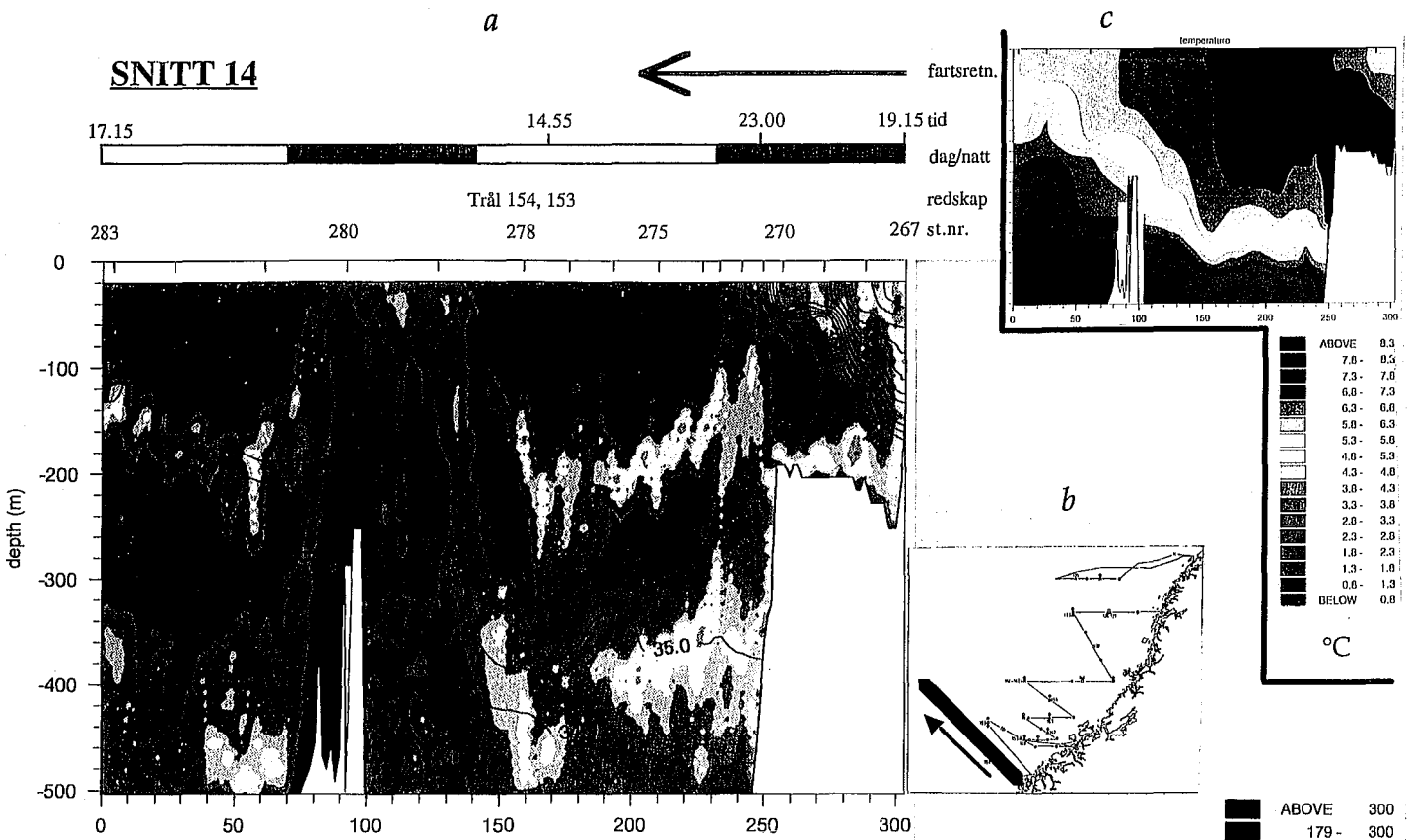


Fig. 22. Ekkofordeling med saltholdighetsisoliner (a) og temperaturfordeling (c) fra snitt 14, med markering av snittet (b). SA-skala til høyre.

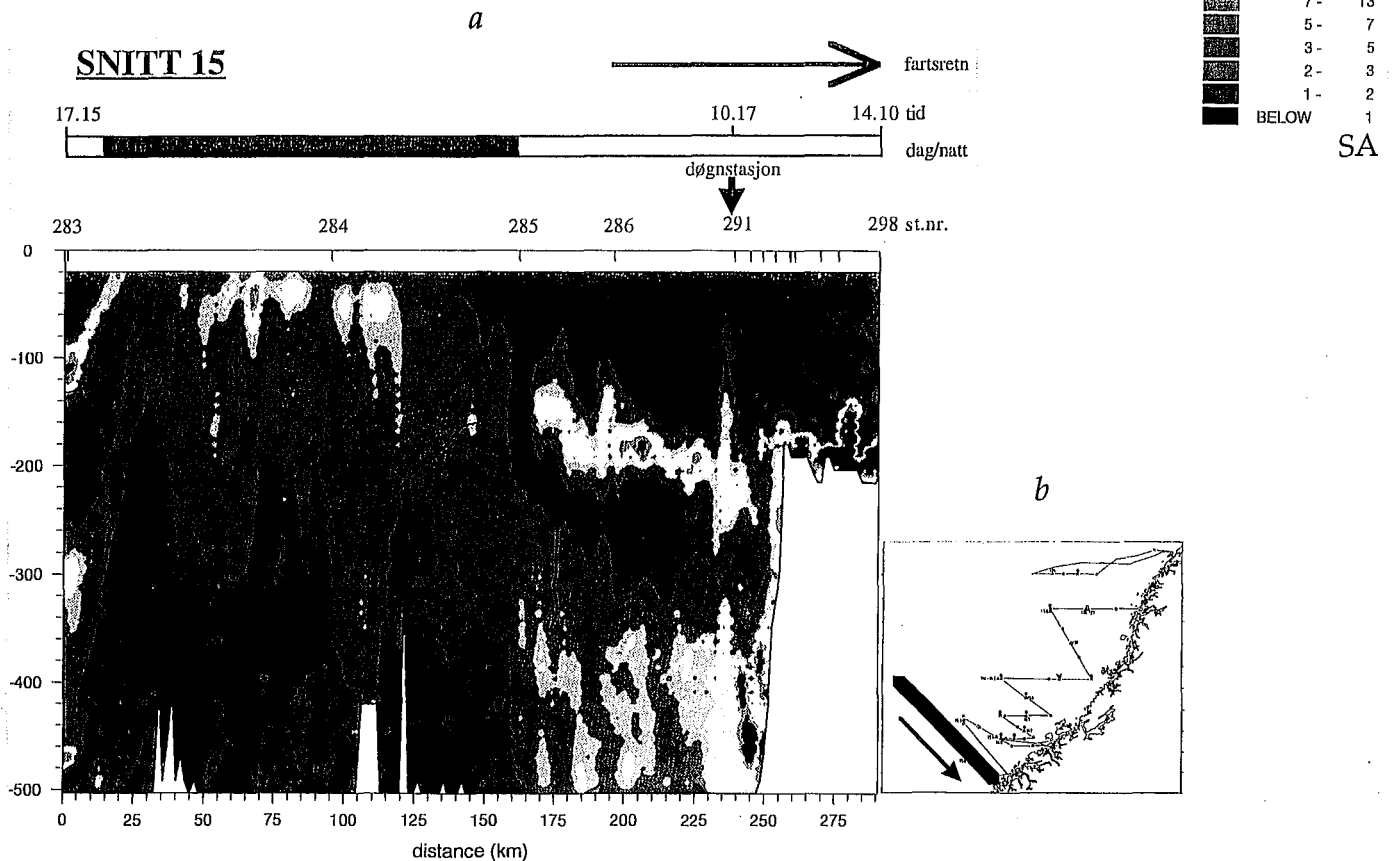


Fig. 23. Ekkofordeling med saltholdighetsisoliner fra snitt 15 (a), med markering av snittet (b). SA-skala til høyre.

DØGNSTASJON

Fig. 24 og 25.

Døgnstasjonen ble lagt like utenfor sokkelen i snitt 15.

Vannmassefordeling:

Det var atlantisk vann med en saltholdighet på ca 35.2 og en temperatur rundt 7°C øverst. Saltholdighet og temperatur avtok med dypet og var på 500 m henholdsvis ca 34.9 og 2°C. I motsetning til lenger vest var det varmere enn 6°C ned til ca 400 m.

Akustikk-fordeling:

De to ekkolagene som ble observert i snitt 15 var tilstede også gjennom hele døgnstasjonen. Laksesilda sto dypere enn 150 m gjennom dagen, mens den om natten for en stor del sto grunnere enn 100 m. Som ellers i toktet var fordelingen grunnest ved solnedgang (Fig. 25a) og soloppgang.

Det dypere laget sto gjennom dagen dypere enn 300 m. Brorparten av organismene holdt seg på dette dypet også gjennom natten, men noen døgnavdret. Som rett utenfor sokkelen i snitt 14, vandret noen organismer opp i øvre lag ved solnedgang. Dette var tydelig for større fisk, som returnerte til det dypere laget ved soloppgang (Fig. 25).

Fire tråltrekk (156, 158, 160, 162, Tab. 1.) i det dype laget gjennom døgnet fanget overveiende krill. Det ble også fanget noe lysprikkfisk, reker, kolmule, laksesild og Periphylla. To Tråltrekk i det øvre laget fra dagtid (155, 161) fanget små mengder laksesild. To natttrekk i dette øvre laget (157, 159) fanget overveiende krill og kolmule i tillegg til små mengder laksesild. Dette viser at også krill døgnavdret.

a

DØGNSTASJON

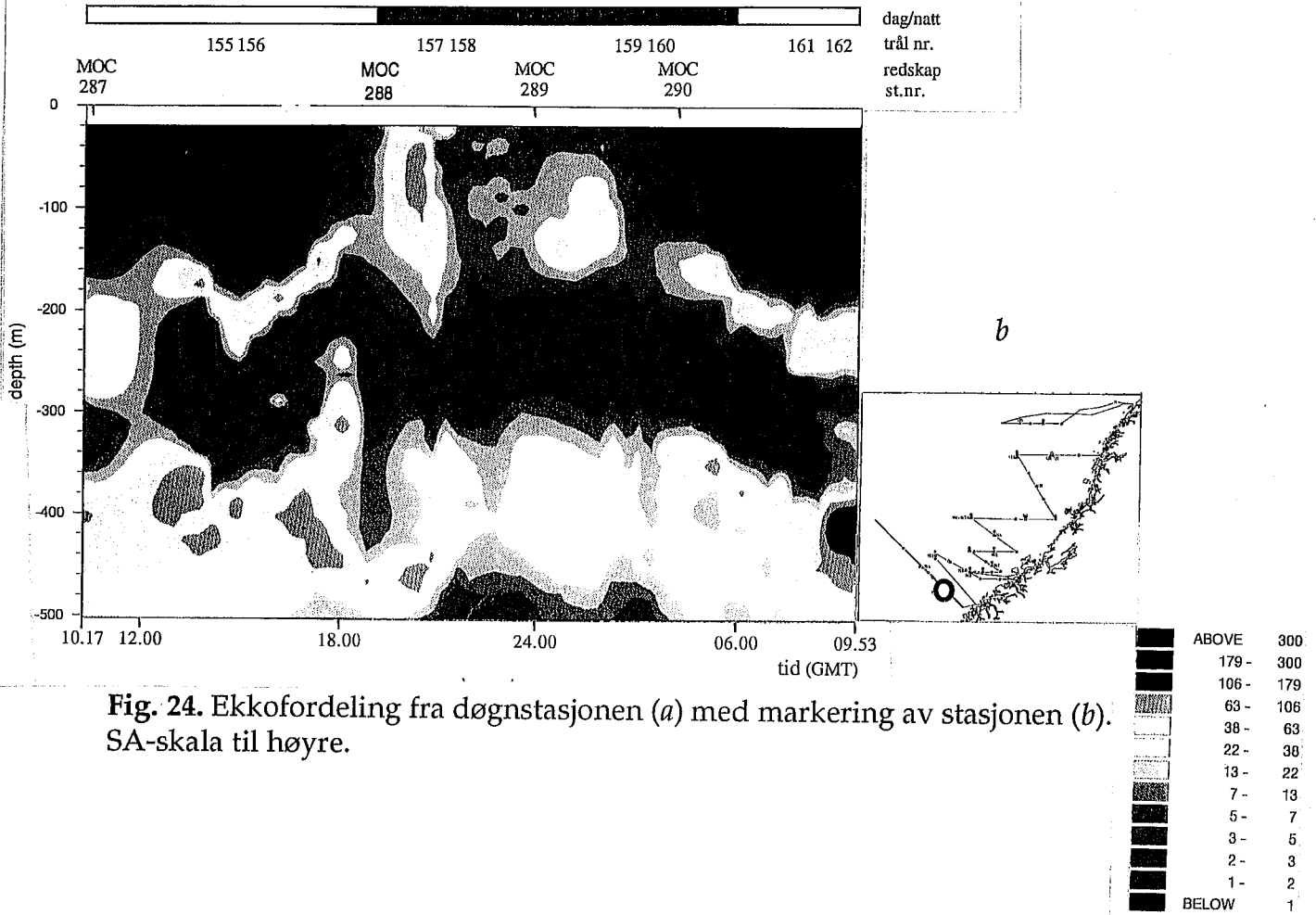


Fig. 24. Ekkofordeling fra døgnstasjonen (a) med markering av stasjonen (b). SA-skala til høyre.

Resultater

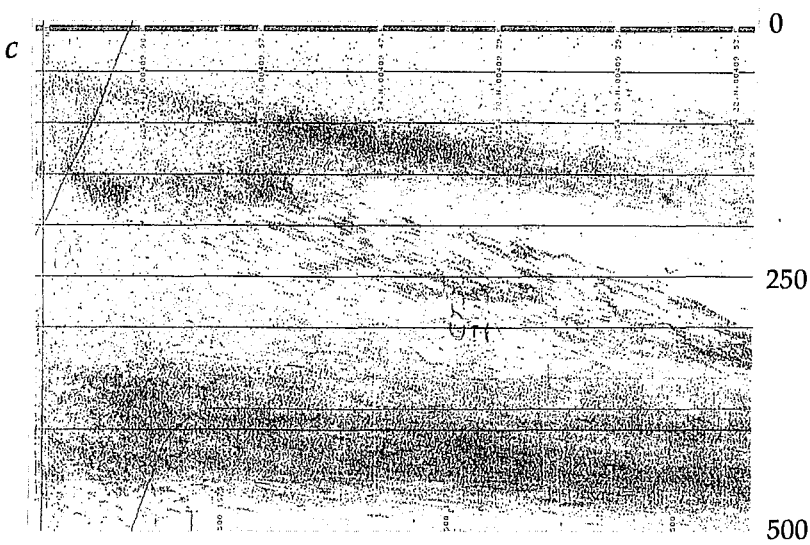
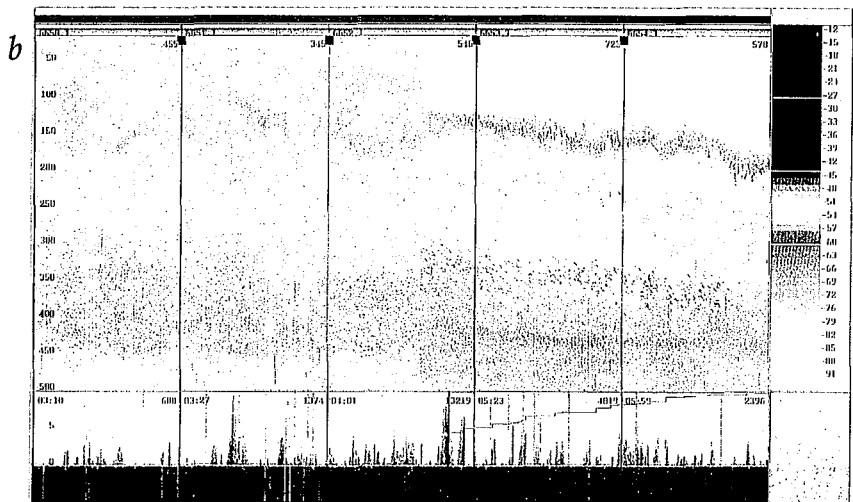
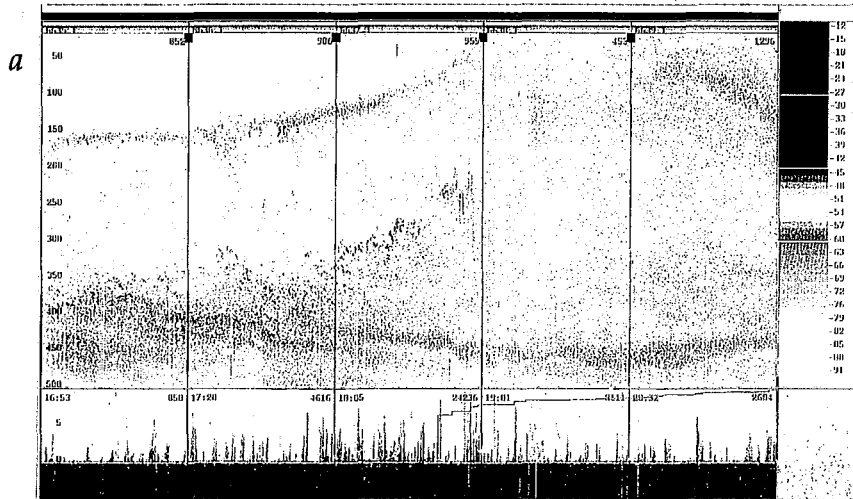


Fig. 25. BEI-utskrifter fra 5 logger rundt solnedgang (*a*) og soloppgang (*b*) ved døgntasjonen. Sv-skala til høyre. Klokkeslett står nede til venstre i hver logg. *c* (papirutskrift) viser ekkofordelingen gjennom den ikke-loggete perioden rett før soloppgang (pil).

Fordeling av ekko og organismer - hovedtrekk

Laksesild

Laksesild ble registrert utenfor sokkelen gjennom hele undersøkelsesområdet. I den nordlige delen av området (snitt 1-5) strakte dette laget seg også over de ytre sokkelområdene. Det var også laksesild over det meste av de dypere sokkelområdene ved Møre (Snitt 6-9), men det var ingen tydelige laksesildregistreringer gjennom natten i dette området. Det ble ikke identifisert noe laksesildlag over den grunne sokkelen (bunndyp ca 150 m) i den sørligste delen av undersøkelsesområdet (snitt 11-15), hverken dag eller natt.

Det ble fanget små mengder laksesild med harstadtrål i laksesildlaget (Tab. 1), og for det meste små individer (Fig. 26a). Gjennomsnittslengden var ca 3 cm, og gjennomsnittsvekten 0.24g. Grunnere enn 200 m ble det nesten utelukkende fanget små individer (Fig. 26b) mens det ble fanget en del større individer dypere enn 200 m (fig. 26c). Store individer utgjorde hoveddelen av laksesildfangsten også i 2 grunne natttrekk (trål 148 og 149, Tab. 1) fra sokkelområdene utenfor Møre. Det ble fanget 1040 (250 dypere enn 200 m) store individer i løpet av toktet av totalt ca 20294 laksesild (antallene er beregnet ut fra de lengdemålte subsamplene). Det ble trålt totalt 3t 40 min dypere enn 200 m, hvilket vil si at ca 8 mill. m³ ble filtrert gjennom trålen. Det ble derfor fanget $3,1 \times 10^{-5}$ store laksesild/m³ dypere enn 200 m.

Det var stor grad av patchiness i laksesildlaget om dagen, både på stor skala, som vist i de komprimerte plottene, og på mindre skala, som fremkom på papirutskriften (Fig. 27a,c). Laksesilda hadde gjennom hele undersøkelsesområdet et dagdyp på ca 120-230 m og en vertikal utstrekning på dagtid på 20-50 m. Ekkoregistreringer av enkeltindivider (lange linjer fra flere påfølgende ping) når båten lå i ro viste at laksesilda svømte noe opp og ned gjennom dagen (Fig. 27b). Siden laksesildas dagdyp varierte lokalt innenfor hver logg, fremstår lagets tykkelse på de komprimerte plottene som større enn det faktisk var.

Gjennom hele undersøkelsesområdet steg laksesildlaget rundt solnedgang, da det i all hovedsak sto grunnere enn 100 m.

Nord i undersøkelsesområdet (snitt 1-5) sank laksesilda ned igjen etter solnedgang, og oppholdt seg for en stor del dypere enn 100 m gjennom natten. Lagets tykkelse var da 50-100 m. Nattdypet varierte lokalt med en amplitude på inntil 200 m

(Fig. 28 a,d). Temperaturen varierte med mindre enn 0.2°C ($7.1\text{-}7.3^{\circ}\text{C}$) i de øvre 200 m i dette området, med et svakt maksimum ved ca 100 m.

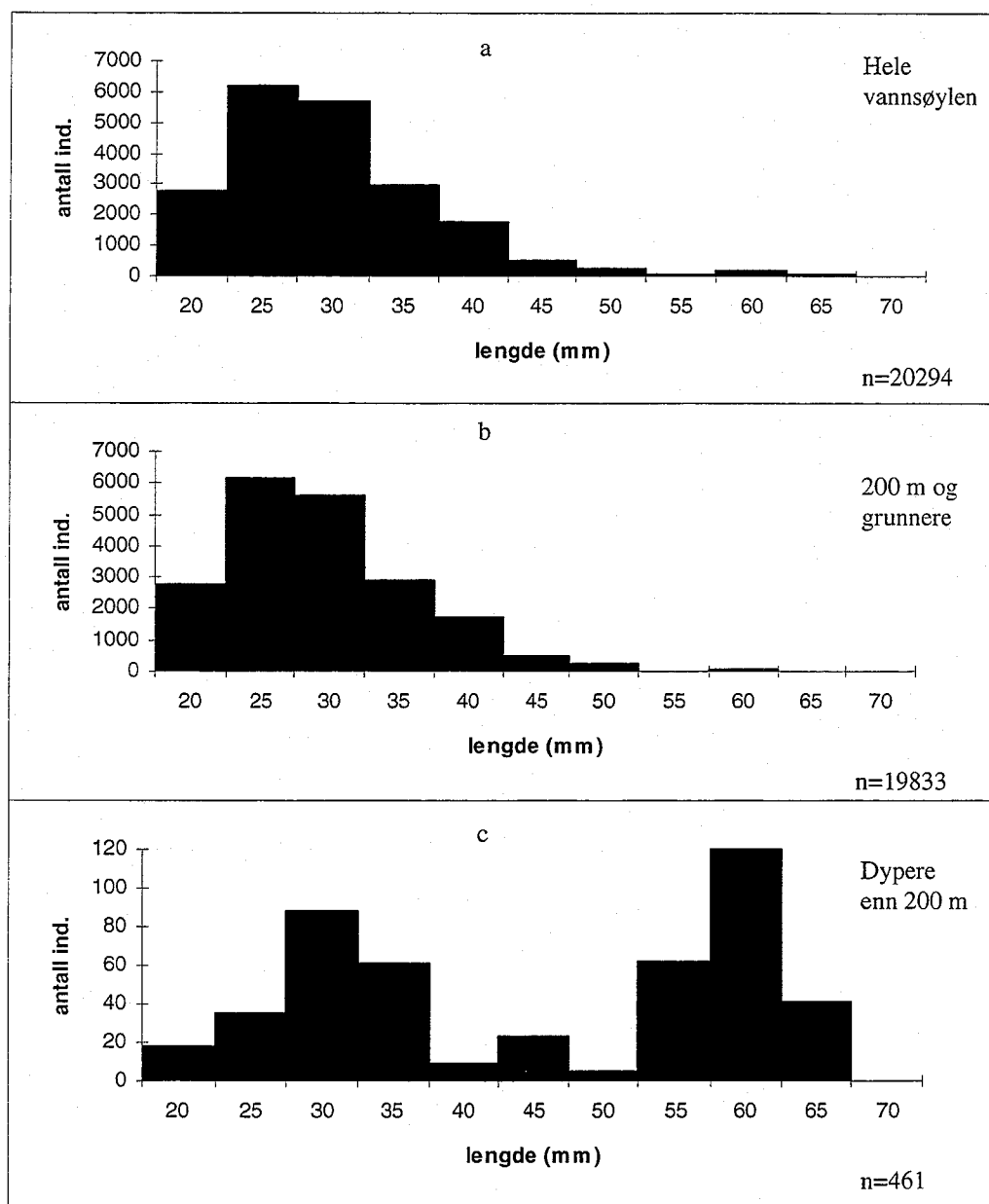


Fig. 26. Lengdefordeling av laksesild fanget med harstadtrål fra alle trekk (a), trekk fra 200 m og grunnere (b), og trekk dypere enn 200 m (c). Antall individer er beregnet ut fra målingene av subsamples (se materiale og metoder).

Også utenfor den sørlige delen av Møre-sokkelen (snitt 12-15 og døgnstasjonen) sank laksesildlaget etter først å ha svømt opp ved solnedgang, men den sto likevel til dels grunnere enn 100 m gjennom natten. Organismer fra et dypere ekkolag (dagdyp større enn 300 m) vandret opp i øvre lag i dette området. Dette medfører at det er vanskelig å identifisere laksesildlagets nattedyp og vertikale utstrekning. Temperaturen i de øvre 200

m fra nattregistreringene i snitt 12 varierte med ca 0.1°C rundt en temperatur på ca 7.2°C . Temperaturregistreringene fra natten i snitt 14 (stasjon 279 og 280), viser at temperaturen var jevn i de øvre 120 m (hhv. 6.7 og 6.3°C) og avtagende under (hhv. ca 6.3 og 5.3°C på 200 m). Ved stasjon 284 i snitt 15 var temperaturen ca 7.2°C i de øvre 200 m.

Registreringene fra perioder der båten lå i ro om natten (Fig. 28b-d) var svært uniforme, i motsetning til registreringene når båten seilte (Fig. 28a,d) da laksesildas heterogene vertikalfordeling kom til syne.

Før soloppgang steg laget igjen til et dyp mindre enn 100 m, for deretter å synke ned til dagdypet.

De komprimerte plottene viser at laksesildlaget om dagen hadde typiske SA-verdier rundt 22 for hver 12 m kanal, som tilsvarer en \overline{Sv} på -73.7 dB. Laksesildlaget var som nevnt mindre kondensert om natten, og SA-verdiene var da ca $1/3$ av dagverdiene. Siden lagets dyp varierte innen hver log, er den fremstilte tykkelsen på laksesildlaget større enn den faktisk var. Den faktiske ekkotettheten innen laget var derfor noe større enn disse verdiene tilsier, men total ekkomengde var den samme.

Laksesilda begynte å vandre nedover 0-13 (i gjennomsnitt 5.4) minutter før soloppgang i snitt 1-7 (hovedsakelig over sokkelen, mens de begynte nedvandringene 30-64 (i gjennomsnitt 42.8) minutter før solnedgang i snitt 13-15 (utenfor sokkelen) (Tab. 2). Laksesilda begynte å vandre oppover fra nattdypet 38-88 (i gjennomsnitt 60.8) minutter før solnedgang. Her var det ingen systematisk geografisk variasjon.

Resultater

Tab. 2. Tidspunkter for starten på laksesildlagets vertikalvandring (Vandring kl) i forhold til soloppgang og solnedgang (Sol kl). Δ Opp = antall minutter fra laksdesilda begynte å vandre oppover mot overflaten, til solnedgang. Δ Ned = antall minutter fra laksdesilda begynte å vandre ned fra overflaten, til soloppgang. Alle datoer er mars, 1992.

Snitt	Km	Solkl	Vandr.kl	Δ Opp	Δ Ned	Dato	°Nord	°Øst
1	125	05:33	05:20	13		16	67:00	10:32
1	40	17:31	16:30		61	16	67:00	08:10
1	10	05:42	05:40	2		17	67:00	07:30
2	80	17:31	16:45		46	17	67:00	09:00
3	30	17:38	16:10		88	19	66:16	09:00
4	80	05:23	05:15	8		20	65:30	09:10
5/6	0	05:34	05:30	4		21	64:42	05:38
6	130	17:48	16:40		68	21	64:00	07:50
7	10	05:30	05:30	0		22	63:52	05:45
12	55	18:10	17:00		70	24	63:35	04:25
13	90	05:24	04:50	34		25	63:00	04:50
14	230	05:24	04:40	44		26	62:53	04:03
14	140	18:23	17:30		53	26	63:30	02:40
14	70	05:30	05:00	30		27	64:04	01:25
15	10	18:38	18:00		38	27	64:40	00:00
15	150	05:22	04:40	42		28	63:26	02:50
Døgnst.	240*	18:22	17:20		62	28	62:53	04:06
Døgnst.	240*	05:14	04:10	64		29	62:54	04:09

* Døgnstasjonens plassering i snitt 15

Det dype ekkolaget

Det var et dyptliggende ekkolag (dagdyp større enn 300 m) utenfor sokkelen (snitt 1-2 og 12-15). Dette hadde en svært diffus ekkosignatur (Fig. 27b,c), karakteristisk for krill. Tilsvarende registreringer kan også stamme fra mesopelagiske fisk, reker og Periphylla. Det var også registreringer av store fisk i dette dype laget om dagen, særlig i den øvre delen (Fig. 25).

Det kunne ikke registreres noen døgnvandring ut fra ekkoloddutskriften i snitt 1 og 2. Også i snitt 12 og 13 syntes hele laget å stå dypere enn 250 m også gjennom natten.

I de sørligste snittene 14 og 15 foretok imidlertid organismene i det dype laget tydelige døgnvandring i vestlige områder, mens det var langt mindre tendens til døgnvandring i øst. Like utenfor eggakanten i snitt 14 og ved døgnstasjonen, sto store deler dypere enn 300 m også gjennom natten, men noe krill og fisk vandret opp i de øvre 200 m ved solnedgang. Vest i snitt 14 og 15 var ekkogivende organismer i hovedsak begrenset til de øvre 200 m om natten. Organismene i det dype ekkolaget nær sokkelen befant seg i vannmasser med relativt høy temperatur (over 6°C) ned til ca 400 m, mens tilsvarende vannmasser kun fantes i de øvre 200 m lenger vest.

I det dype ekkolaget utenfor sokkelen ble det i tillegg til krill fanget reker, kolmule, lysprikkfisk, store laksesild, samt noen få Periphylla (Tab. 1).

Utenfor sokkelen, i den sørøstlige delen av undersøkelsesområdet, inneholdt trålfangster fra øvre lag om natten krill og kolmule. Det ble kun fanget 1 lysprikkfisk i de øvre 200 m med trål gjennom hele toktet, mens det ble fanget 5 lysprikkfisk med Mocness grunnere enn 150 m ved døgnstasjonen (st. 289). Reker ble kun fanget dypere enn 200 m. *P. periphylla* ble i all hovedsak fanget dypere enn 200 m, også om natten. Det ble ikke trålt utenfor sokkelen i den sørvestlige delen av undersøkelsesområdet.

Resultater

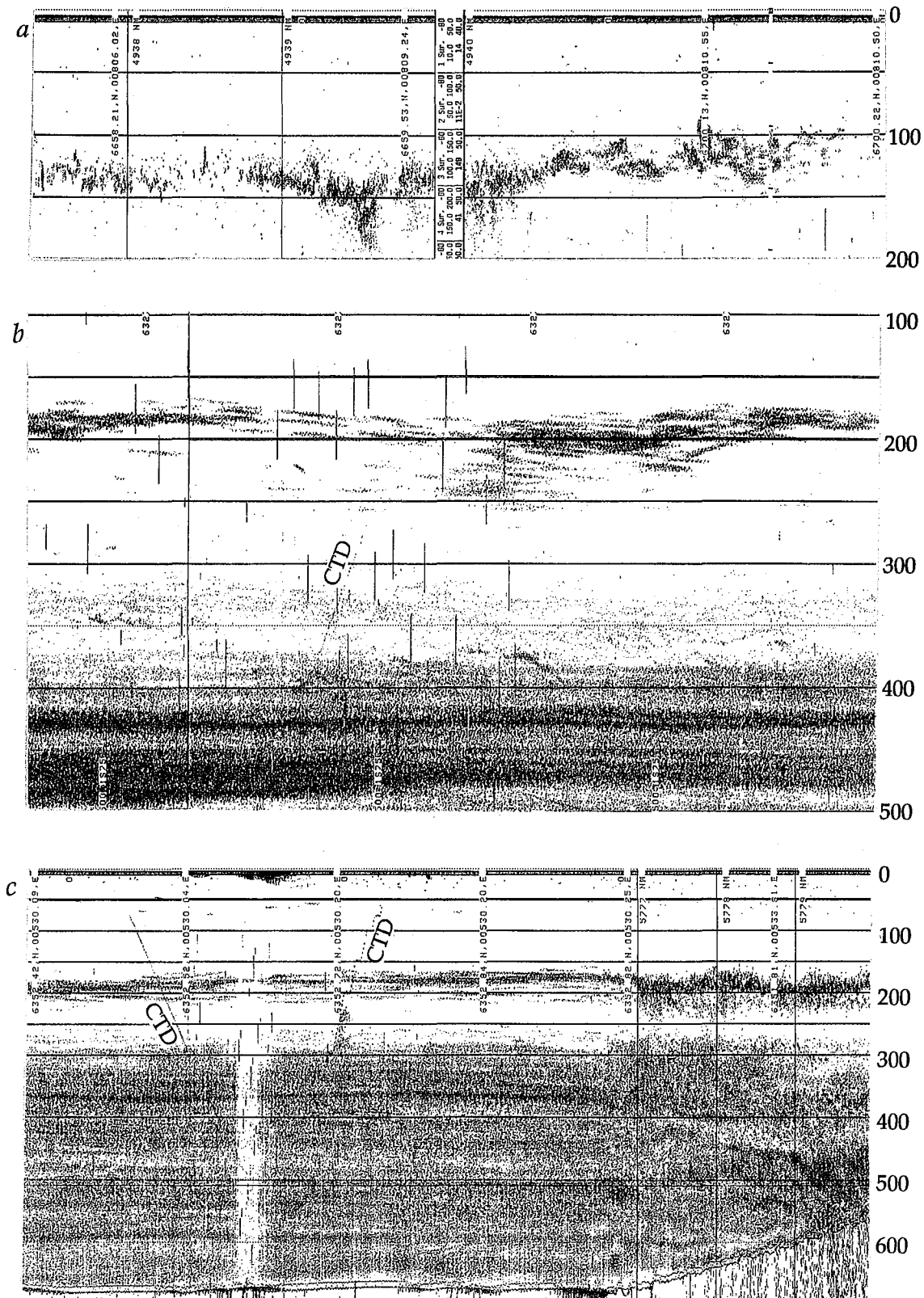


Fig. 27. Karakteristiske laksesildregistreringer (registreringer over 250m) gjennom dagen (papirutskrift). Utskriftene er fra den vestlige delen av snitt 1 (a), fra stasjon 278 i snitt 14 (b), og fra lengst vest i snitt 8 (c). Ekkoregistreringene fra dette laget når båten lå i ro (b og venstre del av c) var mer uniforme enn registreringene når båten var i bevegelse (a og høyre del av c). Dypere ekkolag sees dypere enn ca 300 og 250m i b og c.

Ekko ved kontinentalskråningen

Det var gjennomgående sterkere bunnfiskregistreringer ved eggakanten og over skråningen, enn over sokkelen. Dette var særlig tydelig i de nordlige snittene 1-8. Ekkosignaturen tyder på at disse sterke bunnfiskregistreringene for en stor del stammet fra kolmule (Fig. 29). I motsetning til silda, sto kolmula nær bunnen også om natten.

Det ble registrert noe sild over skråningen både om dagen og natten, men mindre enn over sokkelen. Det ble ikke registrert sild utenfor skråningen.

Diffuse ekkolag utenfor sokkelen var kontinuerlige helt frem til skråningen, og syntes å tilta i styrke i dette området.

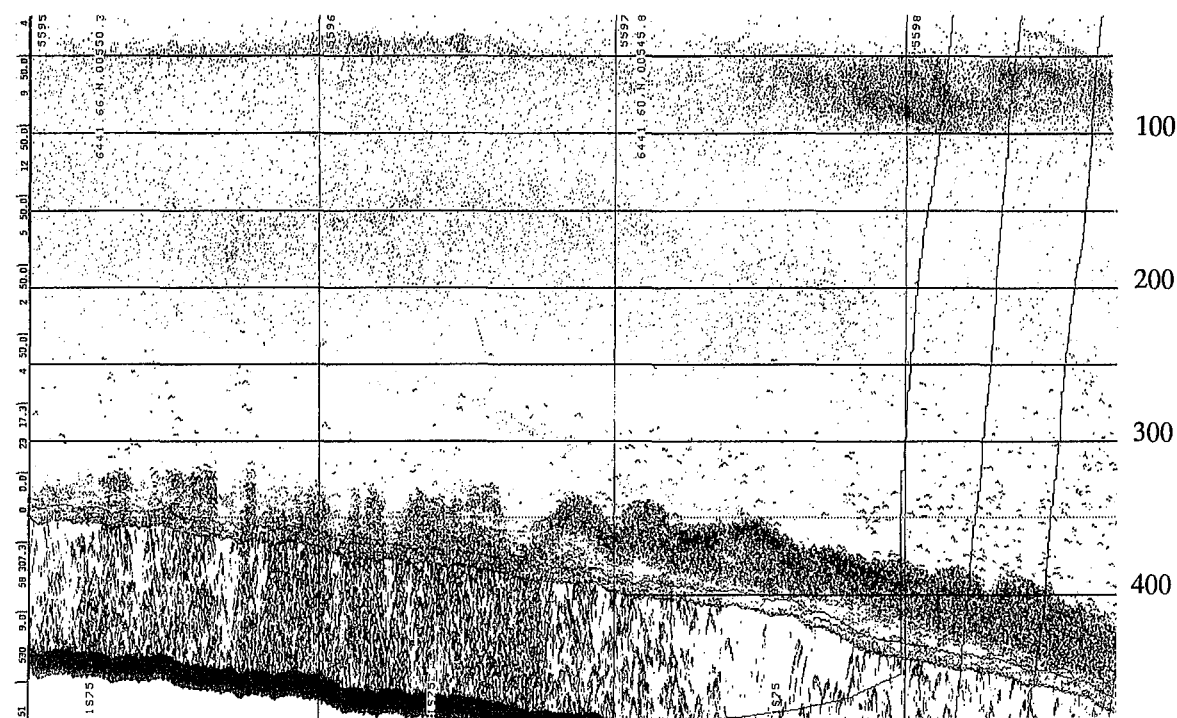


Fig. 29. Karakteristisk bunnær kolmuleregistrering over skråningen (papirutskrift). Nattregistrering fra skråningen i snitt 5. Merk bunneksjonspansjonen.

Ekko over sokkelområdene

Sild

Det var sild over sokkelen gjennom hele undersøkelsesområdet. Silderegistreringene var sporadiske lengst nord (snitt 1-4), og sterkere og mer regelmessige utenfor Møre. Silda oppholdt seg nær bunnen om dagen, uavhengig av bunndyp, og den dannet da tette knuter (Fig. 30). Silda sto grunnere gjennom natten, og dannet da ikke knuter (Fig. 31). Det var ikke tilstrekkelig kontinuerlige silderegistreringer til at det var mulig å si hvilket klokkeslett de vandret opp fra bunnen. Det syntes imidlertid som om silda vandret opp først en tid etter solnedgang (kl 18:30-19:00). Datamaterialet ga ikke rom for å si ved hvilket klokkeslett silda vandret ned mot bunnen.

Av silda fra dagtrekkene 144 og 147, hadde henholdsvis 3 av 100 og 4 av 100 krill i magen, mens de resterende hadde tomme mager. Tilsvarende tall fra natttrekkene 148 og 149, var 5 av 29 (~17%) og 9 av 50 (18%).

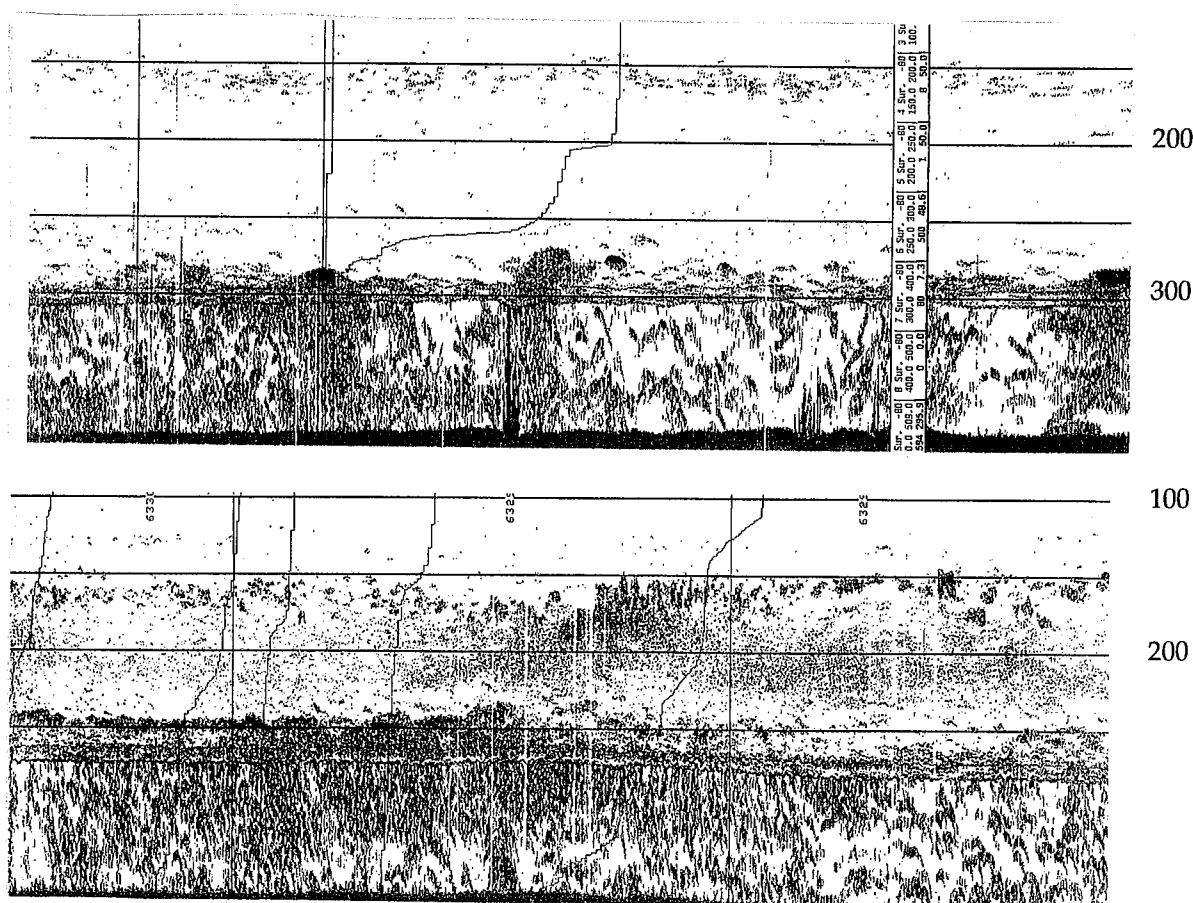


Fig. 30. Karakteristiske dagregistreringer (papirutskrift) av sild og bunnfisk fra snitt 6 (øverst) og snitt 8 (nederst). Merk bunnekspansjonen.

Resultater

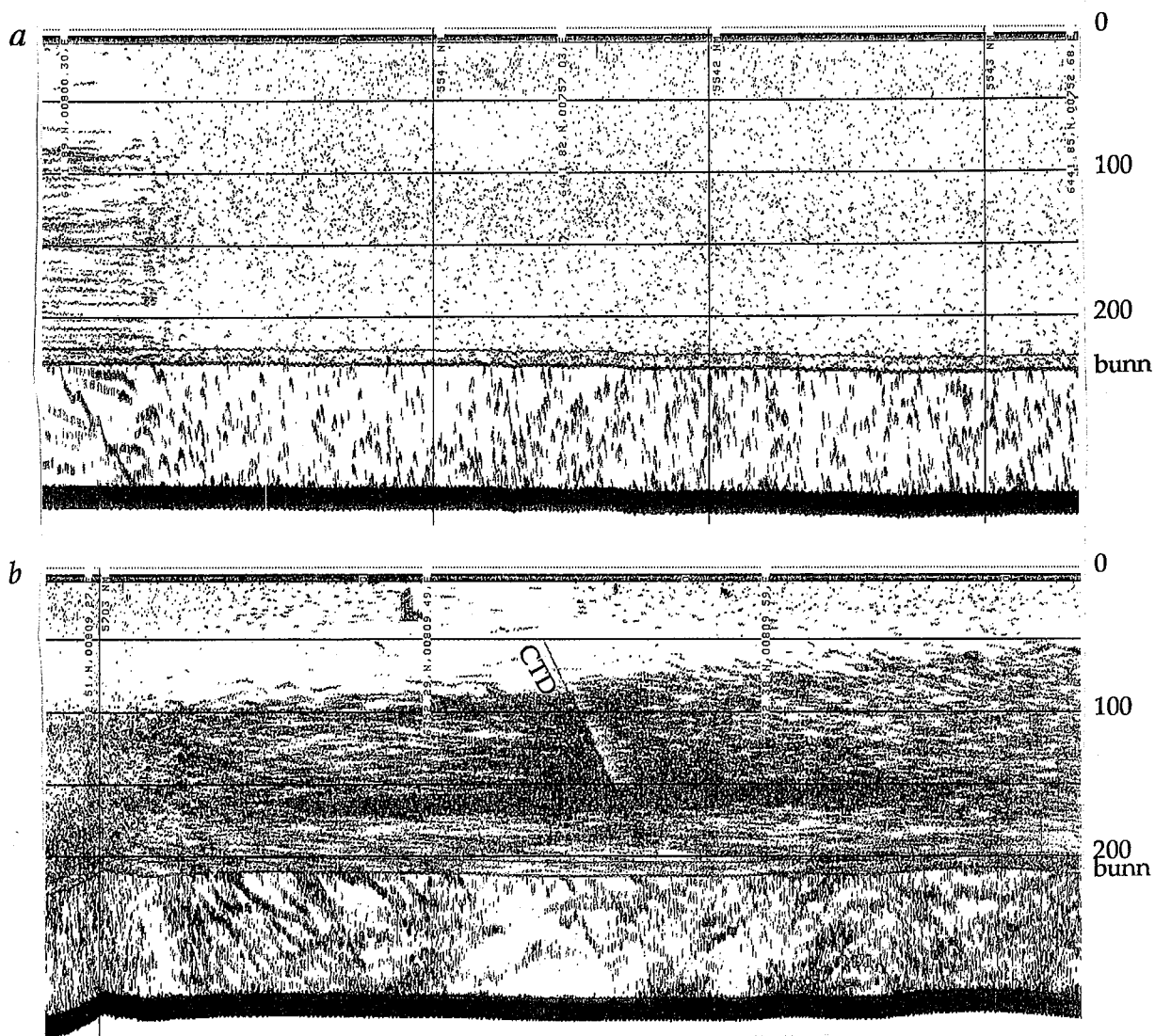


Fig. 31. Karakteristiske nattregistreringer av sild og annen fisk over sokkelen utenfor Møre (papirutskrift). *a* stammer fra snitt 5 mens båten var i bevegelse (bortsett fra lengst til venstre). *b* stammer fra snitt 7 mens båten lå i ro (bortsett fra lengst til venstre). Merk det ekkofrie området ved CTD-linjen og bunnekspsansjonen.

Bunnfisk

Det var enkeltregistreringer av små bunntilknyttede fisk over hele sokkelen. Den blå fargen på de fleste registreringene viser at disse stammer fra relativt små fisk (Fig. 30). Trålfangstene (Tab. 1) tyder på at øyepål utgjorde en stor del av bunnfisken over sokkelen.

Papirutskriftene viser at en del fisk forlot bunnen om natten i sokkelområdene utenfor Møre (Fig. 31), i motsetning til lenger nord, hvor de sto nær bunnen hele døgnet. Det ble fanget noe øyepål i pelagisk trål om natten, men ikke om dagen (Tab. 1). Pelagiske dagregistreringer fra snitt 11 så ut til å stamme fra små bunnfisk.

Ekkoloddutskriftene viser at små bunnfisk ble skremt ut av den effektive lydstrålen av CTDen, både om dagen (Fig. 32a) og om natten (Fig. 32b,c).

Det var også noen registreringer av større bunnfisk over sokkelen.

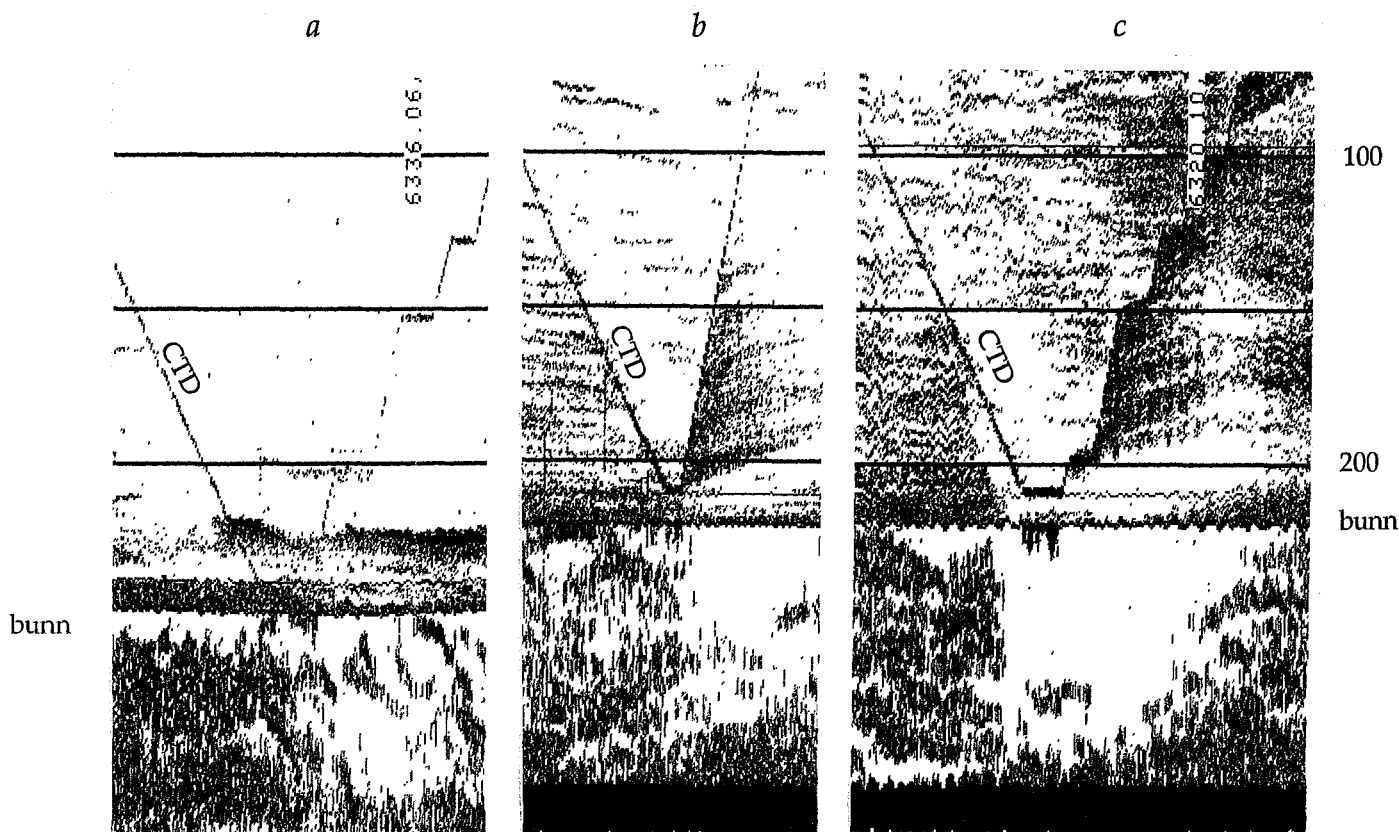


Fig. 32. Karakteristiske ekkoregistreringer fra CTD-stasjoner utenfor Møre (papirutskrift). Bunnfisk ble skremt ut av den effektive lydstrålen. Dette var tydelig både om dagen (a), og om natten (CTD 249 (b) og 257 (c). Merk bunneks pansjonen.

Krill

Det var en del svake diffuse ekkoregistreringer, typiske for krill, på alle dyp over sokkelen i snitt 1-5. Disse registreringene var om dagen vanligst dypere enn ca 150 m. Krillregistreringene var ikke kontinuerlige over mer enn noen få (under 10) nautiske mil. Om natten var det i dette området tilsvarende svake diffuse registreringer, hovedsakelig grunnere enn 150 m. Over sokkelen på Møre var det om dagen et krillag mellom laksesildlaget og det bunnære sildelaget (Fig. 30). Det ble fanget en del krill grunnere enn 120 m over sokkelen med trål om natten (det ble ikke trålt dypere enn 120 m over sokkelen om natten). Det ble ikke fanget noe krill over sokkelen med trål om dagen. Nattregistreringene av krill falt ofte sammen med fiskeregistreringer, og var vanskelige å skille fra disse.

Mocness

Biomasseprofilene fra de 11 MOCNESS-trekkene, sammen med ekkoregistreringene fra områdene der disse ble trukket, er fremstilt i Appendiks 7.

Krillfangster

Tørrvektverdiene av krill var $<40 \text{ mg/m}^3$ i alle bortsett fra ett nett, og vertikalfordelingen var variert. *Meganyctiphanes norvegica* dominerte krillfraksjonen, men det var også innslag av andre arter, samt juvenile krill. Det ble fanget en del *Thysanoessa inermis* over sokkelen. Det var ingen gjennomgående trend med størst fangster av krill i ekkolagene. I motsetning til trålfangstene, tydet ikke MOCNESS-fangstene fra døgnstasjonen på at krill hadde noen utpreget døgnvandring,

Fangster av annet zooplankton

Det ble fanget lite zooplankton $>2000\mu$, særlig over sokkelen. Biomassen var i alle bortsett fra ett nett $<20 \text{ mg/m}^3$. Fraksjonen zooplankton $>2000\mu$ var dominert av pilorm og den hyperiide amphipoden *Parathemisto sp.* Det var mye sneglelarver over sokkelen. Utenfor sokkelen var det en del *Euchaeta norvegica*.

180-2000 μ -fraksjonen var dominert av rauåte (*Calanus finmarchicus*), og det ble fanget større mengder utenfor enn over sokkelen. I det meste av undesøkelsesområdet var det mest zooplankton i denne fraksjonen nær overflaten, mens det i trekkene ved døgntasjonen stort sett var størst zooplanktonbiomasse dypere enn ca 200 m. Mengde og vertikalfordeling av zooplankton i begge fraksjoner varierte imidlertid sterkt mellom lokalitetene, og fra trekk til trekk ved døgntasjonen.

Om dagen ble det ikke fanget krill grunnere enn 200 m, men det ble registrert en del laksesild over dette dypet. Derfor ble biomasse- og ekkoverdiene korrelert både for dyp større enn 200 m, og for hele vannsøylen. Det var liten korrelasjon mellom ekkoverdier og biomasseverdier av både krill og zooplankton >2000 μ (Tab. 3).

Tab. 3. Resultat av lineær regresjon mellom ekkoverdier og biomasseverdier fra Mocness. Regresjonslikningene er gitt i Appendiks 6.

Mocness-fraksjon	Dybdeinterval	R ²	n
Krill	0-500 m	0.07	76
Krill	200-500 m	0.03	29
Zooplankton >2000 μ	0-500 m	0.22	75
Zooplankton >2000 μ	200-500 m	0.19	29

Diskusjon

Ekkofordeling fra overflateintegreerte plott

Melle *et al.* (1993) presenterer ekko fra de øvre 50 m i Norskehavet fra juni/juli på samme måte som mine overflateintegreerte plott (Fig. 7). De fant størst ekkomengde ved ca 66°N, 8°Ø. Disse ekkoene stammet i all hovedsak fra ikke-migrerende voksen fisk og fiskeyngel, og organismene i de dypere ekkolagene vandret ikke opp i øvre lag i juni (Melle *et al.* 1993; Webjørn Melle, pers medd.). Dette står i motsetning til min undersøkelse, hvor det på grunn av døgnvandring var flere områder med mye ekko, med ekkofattige områder mellom.

Troverdigheten til disse overflateintegreerte plottene som bilder på geografisk fordeling av ekko, svekkes av at ekkomengden i dybdeintervallene varierer med tid på døgnet, og at det benyttes interpolering som gir fordeling svært langt unna områdene med observasjoner. Ved å begynne toktet en halv dag tidligere eller senere, ville man til dels invertert bildene fra de to intervallene. Dette viser at det i områder med døgnvandrende organismer er klare svakheter knyttet til denne måten å vise ekkofordeling i forhold til geografi og topografi på. Dette problemet er langt mindre dersom man integrerer ekko for hele vannsøylen, men kan likevel være reelt dersom organismene har ulik ekkoevne dag og natt. Ønsker man å gi et bilde på ekkofordeling i et gitt dybdeintervall i et område med døgnvandrende ekkodyr, må man samle data innenfor samme perioder på døgnet (dag eller natt) i hele området. Et tett kursnett vil gjøre det mulig å presentere kontinuerlig ekkofordeling med mindre interpoleringsgrad.

På tross av disse svakhetene trer to forhold frem i Fig. 7. Sokkelområdene utenfor Møre hadde størst ekkotetthet i begge intervallene, og verdiene i det dype intervallet var gjennomgående høyest.

Døgnstasjonen; logging av data

Det ble logget lite (og sporadiske) data ved døgnstasjonen på grunn av at data ble logget med hensyn på distanse. For å kunne studere dynamikken i ekkolagene gjennom døgnet, bør man logge data med hensyn på tid (simulert fart), og med hyppige logger av tidspunkter.

Organismenes fordeling, mengde og atferd

Laksesild

Fordeling og sammensetning

Ekkosignaturen til det grunne ekkolaget var karakteristisk for laksesild (referanser i Materiale og metoder), og det ble ikke fanget noe annet enn laksesild med pelagisk trål grunnere enn 200 m. Det er derfor sannsynlig at det var lite av andre ekkogivende organismer i dette laget på dagtid. Melle *et al.* (1993) hevder at dette grunne laget består av krill i tillegg til laksesild.

Det ble ikke registrert laksesildlag over sokkelområder grunnere enn laksesildas dagdyp (ca 200 m). Dette skyldes sannsynligvis at laksesilda unngår disse grunnområdene også når de står høyere i vannsøylen om natten, eventuelt at de blir predatert på dagtid (Kaartvedt *et al.* 1988). Individuer som ved soloppgang måtte befinne seg over et grunnområde (som følge av adveksjon eller aktiv svømming gjennom natten) og dermed ikke vil komme ned på sitt normale dagdyp, vil være svært utsatt for visuell predasjon fra bunnfisk (Isaacs & Schwartzlose 1965; Hobson 1989). Årsaken til at det ikke ble identifisert noe laksesild om natten over de dypere delene av Møresokkelen kan være at disse ble overskygget av kraftige pelagiske registreringer fra andre ekkogivende organismer, blant annet sild.

Siden laksesild var eneste organisme som ble registrert pelagisk i de øvre 200 m om dagen, er det mulig å estimere konsentrasjonen av laksesild ut fra ekkoregistreringene.

Typisk SA-verdi per 12 m kanal innen laksesildlaget om dagen var 22, (som tilsvarer $\overline{Sv} = -73.7$ dB).

Ona (1994) fant at TS for 0-gruppe torsk (2-6 cm) ved 38 kHz fulgte regresjonen:

$$TS = 20 \log \text{Lengde (cm)} - 70$$

som gir TS for en 3 cm lang fisk på -60.5 dB.

Nakken & Olsen (1977) fant at små (6-12 cm) torskefisk og sildefisk av samme størrelse hadde nesten lik TS. Jeg antar derfor at denne regresjon kan brukes også for laksesild. Beregnet gjennomsnittlig konsentrasjon (ρ) av 3 cm lange laksesild innen laget blir dermed 4.7×10^{-2} ind./m³ (ut fra sammenhengen $\overline{Sv} = TS + 10 \log \rho$). Det er her ikke tatt hensyn til at ikke alle registrerte laksesild var 3 cm lange.

Hamano & Uchida (1992) fant at \overline{Sv} var proporsjonal med konsentrasjonen av døde laksesild (ca 4-5 cm kroppslengde) i et eksperimentelt oppsett med et 88 kHz ekkolodd:

$$\overline{Sv} = 8.99 \log \rho - 61.5 \quad (R=0.996, n=6)$$

En \overline{Sv} på -73.7 dB tilsvarer en gjennomsnittlig tetthet av laksesild innen laget på 4.4×10^{-2} individer/m³ ut fra denne sammenhengen. Regresjonen er gitt for ca 1.5 cm lengre laksesild (som dermed har større TS) enn i min undersøkelse. På den annen side fant Ona (1994) at TS for 0-gruppe torsk var gjennomsnittlig 2.7 dB høyere ved 38 kHz enn ved 120 kHz, som tyder på at Hamano & Uchida (1992) har fått svakere ekko med sitt 88 kHz lodd enn de ville fått med 38 kHz.

De to estimatene (4.7×10^{-2} og 4.4×10^{-2} ind./m³) er svært like hverandre, og indikerer en gjennomsnittlig konsentrasjon av laksesild innen laget på ca 0.05 ind./m³. Dette estimatet tilsvarer i underkant av 0.5 g laksesild/m² (lagets tykkelse var ca 40 m, og laksesildas gjennomsnittsvekt var 0.24 g), som er langt mindre enn Gjøsæter (1986) fant utenfor Sør-Norge og vest av Storbritannia, og Armstrong & Prosch (1991) utenfor Vest-Afrika. Laksesild fra dyp større enn 200 m er ikke inkludert i de estimerte 0.5 g/m².

Dersom gjennomsnittlig laksesildtetthet i laget var ca 0.05 individer/m³ skulle ca 40000 laksesild blitt filtrert gjennom Harstadtrålen i hvert dagtrekk. Selv om en betydelig andel av disse kommer unna på grunn av stor maskevidde, er det grunn til å tro at de svært beskjedne laksesildfangstene (Tab. 1) i stor grad kan forklares med dårlig styring av trålen. At tykkelsen på laksesildlaget og høyden på trålen er i samme størrelsesorden, betyr at det er nødvendig å holde trålen på eksakt samme dyp som laksesildlaget.

Det ble fanget få store laksesild (>40 mm) i dette ekkolaget, på tross av at større laksesild sannsynligvis fanges mer effektivt med trål enn mindre individer (Gjøsæter 1981; Bjelland 1995). I vestnorske fjorder har eldre laksesild ofte vist seg å danne et dypere ekkolag (Giske *et al.* 1990; Baliño & Aksnes 1993; Bjelland 1995), og i min undersøkelse ble store laksesild hovedsakelig fanget dypere enn 200 m. Utover dette er det ikke mulig å si noe om de store individenes vertikalfordeling. Mengden store laksesild syntes å være liten også i disse dype vannmassene, selv om den beregnede gjennomsnittlige konsentrasjonen på 3.1×10^{-5} store laksesild/m³ dypere enn 200 m er et underestimat. Små laksesild som ble fanget i trekk dypere enn 200 m, må i det minste delvis ha blitt fanget når trålen gikk gjennom det grunne ekkolaget.

Gjøsæter (1981) fant at 0-gruppe fisk kan nå en lengde på 48 mm sent på høsten, og at nesten alle individer som var mindre enn 40 mm i februar var I-gruppe fisk. I motsetning til dette fant Bjelland (1995) at de fleste laksesild >32 mm i Masfjorden og Herdla fjorden var II+ fisk etter Gjøsæters (1981) metode, og foreslo at dette kan skyldes dårlig fødetilgang gjennom vinteren forut for prøvetakingen. Siden laksesilda i min undersøkelse ikke ble aldersbestemt, kan det ikke utelukkes at også individer <40 mm var eldre enn 1 år. Dersom man antar at de små laksesildene som fantes i det klart definerte laget var fra en samme årsklasse (Bjelland 1995) er det imidlertid sannsynlig at det ble fanget svært få II+ individer (og eldre) i min undersøkelse.

Laksesilda gyter langs norskekysten fra Skagerrak til Lofoten (Linguist 1968; Wiborg 1954) og ute i Norskehavet (Williams & Hart 1974) fra mars til oktober (Wiborg 1954; Gjøsæter 1981). Slik utstrakt gyting i tid og rom motvirker svingninger i årsklassestyrke. Det observerte forholdet mellom små og store laksesild tyder derfor på at laksesild i denne delen av Norskehavet har svært høy dødelighet mellom 1. og 2. leveår. Kawaguchi & Mauchline (1987) fant også svært lite laksesild >40 mm i Rockall Trough. En lav andel II+ fisk (og eldre) står i motsetning til Gjøsæters (1981) undersøkelse der ca halvparten av individene fanget utenfor Sør-Norge og i norske fjorder fra februar til mai var i denne gruppen. Rasmussen & Giske (1994) og Bjelland (1995) fant også langt flere store laksesild i Vestlandsfjorder om sommeren enn det ble funnet her.

Det kan virke som om det var en geografisk variasjon i forholdet mellom størrelsesgruppene, med en større andel store individer utenfor Møre. Dataene er imidlertid for sparsomme til annet enn spekulasjoner om dette.

Migrasjonsatferd

Det antas at laksesild, som er en visuell predator, velger sitt dagdyp ut fra en avveining mellom ønsket om å spise og å unngå å selv bli spist (Giske *et al.* 1990; Giske & Aksnes 1992; Rosland & Giske 1994). De utnytter således vannmasser hvor lysintensiteten er tilstrekkelig til at de selv kan predatere effektivt på zooplankton, men ikke høy nok til at piscivorene kan predatere effektivt på laksesild (konf. Clark & Levy 1988). Vertikale døgnvandring forklares således med at de forlenger fødeopptaksperioden med tiden rundt soloppgang og solnedgang, samt at de kan utnytte grunne zooplanktonforekomster uten uholdbar predasjonsrisiko.

Studier i Masfjorden har vist at laksesildlaget (I-gruppe fisk) har et dagdyp på henholdsvis 50-140 m om vinteren (Giske *et al.* 1990; Baliño & Aksnes 1993), 100-150 m om våren (Bjelland 1995), og 120-170 m om sommeren (Rasmussen & Giske 1994). Laksesildas dypere dagfordeling i min undersøkelse kan skyldes at innstrålingen av lys er større på det åpne Norskehavet, og at lysgjennomtrengeligheten er større. Bjelland (1995) fant at laksesilda hadde et relativt stabilt dagdyp, og at dens vertikalfordeling gjennom dagen ikke var påvirket av endringer i lysregimet. Giske *et al.* (1990), Baliño & Aksnes (1993) og Rasmussen & Giske (1994) har i arbeider fra samme område vist at laksesilda følger en bestemt lysintensitet gjennom dagen, og vandrer opp og ned med isolumen. Tilsvarende vertik Alvandringer (uten at det ble foretatt lysmålinger) ble registrert her.

Lagets tykkelse om dagen på 20-40 m er også i samme størrelsesorden som observert i fjordene. Rosland & Giske (1994) foreslår at denne vertikale utstrekningen forårsakes av at individenes foretrukne lysintensitet varierer med grad av sult. Avveiningen mellom å maksimere fødeinntak og å minimere predasjonsfare er avhengig av magefylningsgrad. Det antas at sultne laksesild vil søke høyere lysintensiteter for å øke fødeopptaksraten, mens mette fisk vil svømme ned i mørkere områder hvor de er mindre synlige for predatorer. Dette vil føre til kontinuerlig rokkering i laget.

Gjennom hele undersøkelsesområdet døgnvandret laksesilda på samme måte som i vestnorske fjorder (Giske *et al.* 1990; Baliño & Aksnes 1993; Bjelland 1995), men den sto dypere gjennom natten i min undersøkelse enn i fjordene. Vandringen oppover begynte ca en time før solnedgang. Vandringen nedover ved soloppgang syntes å begynne tidligere lengst sørvest, enn i resten av undersøkelsesområdet. Dette kan tenkes å ha sammenheng med at laksesildas predasjonsfare var større i dette området, på grunn av større deler av det dype ekkolaget (der også kolmule inngikk) døgnvandret. Bestemmelsen av tidspunktene for døgnvandringenes begynnelse var imidlertid usikker. Det var ofte vanskelig å skille starten av disse vandringene fra de små forskjellene i vertikalfordeling mellom patcher av laksesild, og små temporære endringer i vertikalfordeling. Det var også vanskelig å skille laksesildregistreringer fra registreringer av andre organismer på ekkoloddutskriftene ved nedvandringens begynnelse rundt soloppgang. Dessuten var det få tidsregistreringer å relatere de observerte vandringene til.

I følge Aksnes & Giske (1993) er fødetilgangen for en visuell predator proporsjonal med lysintensiteten og byttedyrtettheten. Dette fører til at både fødetilgangen

og predasjonsfaren for en planktivor er proporsjonal med lysintensiteten dersom predator- og zooplanktontettheten er konstant. Variasjon i disse parametrene gjennom dypet kan tenkes å påvirke laksesildas vertikalfordeling. Rasmussen & Giske (1994) og Bjelland (1995) fant at lysintensiteten i laksesildlaget var 100-10000 ganger høyere når det var på det grunneste rundt solnedgang, enn om dagen. De fant også at zooplanktontettheten var svært mye høyere i overflaten enn lenger nede (5-20 ganger). I Baliño & Aksnes (1993), hvor det ikke var noen større tetthet av zooplankton i overflaten, sto laksesilda derimot ikke i sterkere lys ved solnedgang enn om dagen, men den fulgte også da isolumen. Jeg foreslår at laksesildas vertikalfordeling gjennom døgnet lyse timer er avhengig av zooplanktontettheten gjennom dypet, fordi denne er avgjørende for hvilken gevinst laksesilda oppnår parallelt med den økte predasjonsfaren som større lysintensitet innebærer. I områder med større zooplanktontetthet nær overflaten enn i dypet, vil laksesilda tjene på å stå i vann med høyere lysintensitet ved solnedgang (og soloppgang) enn gjennom dagen. Dette er i det minste gyldig dersom predator tettheten ikke øker mot overflaten. Jeg observerte at laksesilda steg mot overflaten ved solnedgang (og soloppgang) som i de nevnte undersøkelsene, men jeg har ikke lysmålinger å relatere dette til. Det er mulig at laksesilda fulgte en sterkere isolum i området rundt døgntasjonen, hvor zooplanktontettheten avtok mot overflaten, enn i resten av undersøkelsesområdet, hvor zooplanktontettheten økte mot overflaten. Tidspunktene for vertikalvandringenes start er dessverre for usikre til at det kan gis svar på dette.

Laksesildlaget hadde stor vertikal utstrekning gjennom natten, og nattdypet varierte med en amplitude på inntil 200 m innenfor små avstander (noen hundre meter). De homogene registreringene når båten lå i ro tyder på at variasjonen i laksesildas nattdyp kommer av at små laksesildstimer holder seg på sine ulike dyp i flere timer, muligens gjennom hele natten.

Giske & Aksnes (1992) har foreslått at laksesilda går ned i varmere vann etter solnedgang for å få fordøyd maten før soloppgang. Tilsvarende vandring inn i varmere vannmasser for å øke fordøyeshastigheten er vist hos annen fisk av Wurtsbaugh & Neverman (1988) og Levy (1990). I disse arbeidene oppnådde de migrerende fiskene temperaturøkninger på 4-10°C, mens laksesilda i min undersøkelse oppnådde en økning på maksimalt 0.2°C ved å forlate overflaten. Laksesilda i snittene 12-15 sto om natten tilsynelatende grunnere enn lenger nord, på tross av at temperaturprofilene i snittene 12

og 13 var nærmest identiske med profilene i den nordlige delen, mens temperaturen i snittene 14 og 15 var lavere under 120 m enn høyere oppe. Det er derfor utenkelig at temperaturfordelingen gjennom dypet har forårsaket at laksesilda i min undersøkelse vandret ned etter solnedgang.

I Young & Blaber (1986), Gorelova & Krasil'nikova (1990) og Rasmussen & Giske (1994) spiste laksesilda hovedsakelig om natten. Særlig laksesilda i Gorelova & Krasil'nikova (1990) sto så dypt om natten (ca 100-300 m), at de må ha predatert ikke-visuelt. Det er således mulig at laksesilda i min undersøkelse har predatert ikke-visuelt på dypere zooplanktonforekomster gjennom natten. Dens nattlige vertikalfordeling kunne i tilfelle ha vært regulert av zooplanktontettheten på forskjellige dyp. Resultatene gir imidlertid ingen holdepunkter for en slik forklaringsmodell. Laksesilda sto om natten relativt grunt i området rundt døgnstasjonen, hvor zooplanktontettheten avtok mot overflaten. I øvrige deler av undersøkelsesområdet, økte zooplanktonkonsentrasjonen mot overflaten, men laksesilda hadde her en noe dypere nattfordeling.

Det dype ekkolaget utenfor sokkelen

Som i Melle *et al.* (1993) ble det registrert et dypt ekkolag utenfor sokkelen. Dette synes å være en karakteristisk del av økosystemet i østlige Norskehavet. Det ble fanget krill, reker, kolmule, lysprikkfisk, store laksesild, *Periphylla periphylla* (samt noen få andre fisk, se Appendiks 4) med Harstadtrål, og disse organismene er i følge Melle *et al.* (1993) de viktigste i dette laget i Norskehavet. Den kvantitative sammensetningen er ikke kjent.

Ulike organismer kan tenkes å utgjøre det dype ekkolaget i øst og vest. Den forskjellige graden av døgnvandring, med mer utpreget vandring opp i øvre lag i vest enn i øst, som ble observert utenfor Møre, kan således skyldes at ulike organismer har ulik atferd. Ekkosignaturen tyder imidlertid ikke på at det var andre organismer i østlige deler av snittene 14 og 15 enn i vestlige deler.

Alternativt har organismene forskjellig atferd ved forskjellige betingelser. Organismene i det dype ekkolaget har muligens utbytte av raskere fordøyelse som de oppnår ved høyere temperaturer. Organismene lengst vest oppnådde en langt større temperaturøkning ved å vandre opp i øvre lag enn organismene i dette laget nær sokkelen. Wurtzbaugh & Neverman (1988) og Levy (1990), har vist at fisk (*Cottus extensus* og

Onchorynchus nerka) oppnår større veksthastighet ved å vandre opp i høyere temperaturer om natten. Muligens representerer forskjellene i vannmassefordeling også forskjellig zooplanktonfordeling, for eksempel ved at *Calanus* er knyttet til atlantiske vannmasser på denne tiden, og derfor finnes dypere nær skråningen. Dessverre foreligger ikke zooplanktonprofiler fra de vestligste delene av undersøkelsesområdet, men de sparsomme resultatene som finnes tyder ikke på at zooplanktonfordelingen var ansvarlig for forskjellene i lagets vertikalvandring. Ved MOCNESS-stasjon 266 var det i motsetning til ved døgntasjonen, størst tetthet av zooplankton mot overflaten, på tross av at vannmassefordeling var svært lik. Det dype ekkolagets nattlige vertikalfordeling var også svært lik ved stasjon 266 og ved døgntasjonen, på tross av forskjellene i zooplanktonfordeling.

Krill

En rekke arbeider har vist at krill er assosiert med dype ekkolag (DSLs), både i Norskehavet (Melle *et al.* 1993), og andre steder (Moore 1950; Boden & Kampa 1965; Kinzer 1970; Sameoto 1976). De diffuse ekkoregistreringene i disse ekkolagene stammer imidlertid i liten grad fra krill. Blant annet kan ekko som ble observert av Moore (1950), Boden & Kampa (1965) og Kinzer (1970) umulig stamme fra krill, på grunn av den lave frekvensen som ble benyttet i disse undersøkelsene (12 kHz).

Madureira *et al.* (1993b) viser at stor krill (*Euphausia superba*) registreres relativt godt med 38 kHz ekkolodd, og Kaartvedt *et al.* (in prep.) registrerte også tettheter av den mindre *Thysanoessa inermis* med samme frekvens. Det er sannsynlig at tettheter av voksen *M. norvegica* vil registreres av et 38 kHz ekkolodd, og dermed utgjør deler av de diffuse registreringene i det dype ekkolaget i min undersøkelse. Harstadtrålen fanget krill innen det dype ekkolaget (også i øvre lag om natten), og dette tyder på at krill i det minste var assosiert med det dype ekkolaget.

Bary & Pieper (1970), Pieper (1979) og Sameoto (1979) fant stor grad av korrelasjon mellom ekkoenergi og krillbiomasse med høyfrekvente ekkolodd (over 100 kHz), og også Iida *et al.* (1995) fant stor korrelasjon mellom zooplanktonfangster (krill) og integratorverdier fra 25-200 kHz. Derimot fant Moore (1950) og Kinzer (1970) liten sammenheng mellom biomasse- og ekkoverdier med lavfrekvente (under 30 kHz) ekkolodd.

I min undersøkelse var det ubetydelig korrelasjon mellom integratorverdier fra ekkoloddet og MOCNESS-fangster av krill. En rekke faktorer bidrar sannsynligvis til dette.

Det har lenge vært kjent at konvensjonelle zooplanktonnett fanger svært lite krill (Wiborg 1955; Pavshits & Timokhina 1972), og krill fanges mer effektivt om natten enn om dagen (Kaartvedt 1988; Sameoto *et al.* 1993). Clutter & Anraku (1968) hevder at avoidance er et større problem for svermende zooplankton (krill) enn for zooplankton som ikke svermer, på grunn av at hele svermen rømmer unna dersom ett individ registrerer hoven. Dette vil i tilfelle gjøre det enda vanskeligere å benytte nettfangster til å beskrive fordeling av voksen krill. Resultatene mine tyder på at MOCNESS underestimerer krillmengden, siden tørrvektverdiene indikerer at det var maksimalt 1 voksen krill/m³ i hvert dybdeintervall (tørrvekt-lengdeforhold for *M. norvegica* fra Reppe 1986), mens det kreves minst ca 10 krill/m³ for at krillregistreringer skal fremkomme på papirutskriften (Foote *et al.* (1990) og Everson *et al.* (1990) viser at krill (*Euphausia superba*) på størrelse med *M. norvegica* (3-4 cm) har en TS på ca -85 dB ved 38 kHz, mens \overline{Sv} -terskelen på ekkoloddutskriften i min undersøkelse var -75 dB).

Trålfangster og ekkosignatur viser at integratorverdiene som ble brukt i regresjonsanalysene ikke bare stammet fra krill, men også fra fisk. Ekkoenergien fra 1 kg fisk (også uten svømmeblære) er like stor som fra flere hundre kg krill (Greenlaw 1979; konf. Love 1977), også i det geometriske området. Dette innebærer at en liten andel fisk kan representere en stor andel av ekkoenergien.

Hewitt & Demer (1993) viser at forholdet mellom krillbiomasse og tilbakespredningsareal ved 120 kHz er relativt uavhengig av krillens lengdefordelingen, fordi tilbakespredningsarealet (som individenes biomasse) er tilnærmet proporsjonalt med lengden³ (Wiebe *et al.* 1990). Dette er imidlertid ikke gyldig i Rayleigh-området ($ka < 1$), hvor tilbakespredningsarealet er proporsjonalt med lengden⁶ (Greenlaw 1979). Ved 38 kHz ligger krill i overgangssonen mellom Rayleigh-området og det geometriske området, og særlig små krill vil derfor gi svake ekko ved denne frekvensen (Madureira *et al.* 1993b). Små krill fanges mer effektivt av nett, på grunn av mindre unnavikelse. Dette innebærer at man delvis fanger andre krill enn de som registreres på ekkoloddet.

På grunn av unøyaktige nedtegninger av posisjon var det ikke mulig å vite nøyaktig hvor MOCNESSen ble trukket. Dette gjorde det umulig å relatere krillfangstene til integratorverdiene fra eksakt rett sted.

Det synes særlig ut fra trålfangstene klart at en del krill døgnavdret opp i øvre lag om natten. Døgnavdring som mekanisme for å unngå visuell predasjon om dagen, samt å utnytte næringsrike øvre lag om natten, er påvist hos en rekke zooplanktongrupper (f.eks. Zaret & Suffern 1976; Lampert 1989), deriblant krill (Sameoto 1976, 1981; Gibbons 1993). *M. norvegica*, som er den vanligste krillarten utenfor sokkelen, har vist seg å døgnavdret opp i øvre lag om natten, på tross av den for en stor del spiser kopepoder som oppholder seg på større dyp (Sameoto 1981; Beyer 1992). Melle *et al.* (1993) foreslår at krill er viktige predatorer på overvintrende *Calanus* i Norskehavet. En mulig forklaring på døgnavdringen, som innebar at *M. norvegica* forlot konsentrasjoner av *Calanus* på dagdypet, er at *M. norvegica* er avhengig av å spise forskjellige fødeemner, deriblant alger (Sameoto 1981). Det var imidlertid lite klorofyll også i overflaten.

Zooplankton >2000 μ

På tross av at det var større grad av korrelasjon mellom integratorverdiene og zooplankton >2000 μ enn mellom integratorverdiene og krill, er det liten grunn til å tro at annet zooplankton enn krill bidro nevneverdig til ekkoregistreringene, fordi disse organismene som nevnt nesten ikke gir ekko ved 38 kHz. Organismer i denne fraksjonen (og zooplankton <2000 μ) er imidlertid potensielle fødeorganismer for ekkogivende organismer, og kan derfor være assosiert med disse.

Reker

At det ikke ble fanget reker grunnere enn 200 m nær sokkelen tyder på at disse ikke vandret opp i øvre lag om natten i dette området. Lenger vest, hvor størstedelen av de ekkogivende organismene i det dype laget døgnavdret, ble det ikke trålt i de øvre 200 m. Det er tidligere vist at reker fra de to slektene som ble fanget i denne undersøkelsen (*Pasiphaea* og *Sergestes*), døgnavdrer med en amplitude på flere hundre meter, både vest av Storbritannia (Fasham & Foxton 1979; Roe 1984) og i vestnorske fjorder (Mathews & Pinnoi 1973; Kaartvedt *et al.* 1988). Det er derfor mulig at reker vandret opp

i øvre lag om natten lengst vest i undersøkelsesområdet, hvor størstedelen av det dype ekkolaget døgnavdret.

De beskjedne rekefangstene fra trålen (mindre enn 300 g totalt) tyder på at reker i liten grad bidro til ekoregistreringene i det dype laget.

Kolmule

Kolmule var den eneste større fisken som ble fanget i anseelige mengder pelagisk, og det kan derfor antas at de typiske fiskeregistreringene i det dype ekkolaget (og også grunnere om natten) stammet fra kolmule (se også Zahuranec & Pugh 1970 for liknende kolmuleregistreringer).

Kolmule unngår vanligvis vann kaldere enn 3°C, men i Norskehavet og i Barentshavet finnes den også i vann med lavere temperaturer (Zilanov 1968). I min undersøkelse befant størstedelen av de dype fiskeregistreringene (kolmule) seg i den øvre delen av laget, hvor temperaturen var høyere enn lenger nede.

Tilsvarende døgnavdringsmønster for kolmule som i min undersøkelse, med dyp dagfordeling og grunn nattfordeling, er gitt i Zilanov (1982).

Kolmule spiser hovedsakelig zooplankton (krill og kopepoder), men også en del mesopelagiske fisk og fiskeyngel (Blindheim 1985). Det er sannsynlig at kolmule oppnår større fødetilgang ved å vandre opp om natten, hvor tettheten av fødeorganismer trolig er større, og lysintensiteten muligens er tilstrekkelig for visuell predasjon.

Lysprikkfisk (*Benthosema glaciale*)

Lysprikkfisk antas å være en av de viktigste komponentene i det dype ekkolaget utenfor sokkelen (Melle *et al.* 1993). Lysprikkfisk oppholder seg hovedsakelig dypere enn 200 meter om dagen, mens deler av populasjonen søker opp i øvre lag om natten. Dette er observert i Masfjorden (Kaartvedt *et al.* 1988), og andre steder (Sameoto 1988, 1989). At det kun ble fanget lysprikkfisk dypere enn 200 meter med trål også om natten, må sees i sammenheng med at det ikke ble trålt i øvre lag om natten i vestlige deler av snitt 14 og 15, hvor størstedelen av det dype ekkolaget døgnavdret. Små MOCNESS-fangster av lysprikkfisk i øvre lag viser at i det minste enkelte individer døgnavdret. Gjøsæter & Kawaguchi (1980) beregnet tettheter av mesopelagisk fisk i Norskehavet ut fra IKMT-fangster fra Zahuranec & Pugh (1970), og fant at det var 2.4g/m² ved 65°N, 0°V (hvorav

97% var *B. glaciale*), og mindre mengder lenger nordvest. Det er sannsynlig at tettheter av lysprikkfisk underestimeres ut fra nettfangster, da både akustiske registreringer og ubåtobservasjoner gir langt høyere verdier (konf. Sameoto 1988).

Periphylla periphylla

Det lave antallet *P. periphylla* som ble fanget, viser at denne maneten kun fantes i små mengder i det dype ekkolaget, siden *P. periphylla* er en stor og fast manet som må antas å fanges effektivt av Harstadtrålen.

Store *P. periphylla* har en TS <-60 dB ved 38 kHz (Stein Kaartvedt, pers. medd.). Dette er mindre enn TS til voksne individer av fisk som laksesild og lysprikkfisk, men tilstrekkelig til at den registreres. *P. periphylla* kan imidlertid ikke ha gitt noe nevneverdig bidrag til ekkolaget, på grunn av de små forekomstene. Thurston (1977), Mauchline & Harvey (1983) og Fosså (1992), samt egne upubliserte observasjoner i Lurefjorden desember 1992, har vist at *P. periphylla* står grunnere om natten enn om dagen. Trålfangstene fra denne undersøkelsen tyder imidlertid ikke på at *P. periphylla* vertikalvandret, men dataene er for sparsomme til at det kan utelukkes.

Metode for analyse av det dype ekkolaget

Det var ikke mulig å gi noen detaljert beskrivelse av det dype lagets sammensetning ut fra mitt materiale. Det store ensonifiseringsvolumet på store dyp gjør det vanskelig å benytte ekkosignaturen til å identifisere annet enn stor fisk. På 300 m er ensonifiseringsvolumet ved en strålevinkel på 7.1° og pulslengde på 1 ms (som i denne undersøkelsen), ca 600 m^3 . En gjennomsnittlig tetthet på 1 fisk med TS=-55dB [f.eks. lysprikkfisk eller laksesild] per 100 m^3 på dette dypet vil gi $\overline{S_v} = -75 \text{ dB}$, med en diffus ekkosignatur som det visuelt er vanskelig å skille fra registreringer av tette krillforekomster. Det synes klart at det er nødvendig å benytte andre metoder enn kun Harstadtrål og ekkointegrering med skrogmontert 38 kHz ekkolodd for en detaljert studie av dette laget.

De viktigste ekkogivende organismene i det dype laget er kolmule, mesopelagiske fisk (lysprikkfisk og laksesild), og krill. I følge Nakken & Olsen (1977) har en 20 cm lang torskefisk (f.eks. en liten kolmule) en TS på ca -35 dB ved 120 kHz, mens en på 5 cm (ca samme størrelse som store laksesild) har en TS på ca -50 dB. Lysprikkfisk på samme

størrelse har på grunn av sin fettfylte svømmeblære enda lavere TS. Voksen krill har en TS på ca -75 dB ved 120 kHz (Everson *et al.* 1990; Foote *et al.* 1990). Disse organismenes ulike ekkoevne gjør det mulig å analysere sammensetningen i laget, men enkelte forhold må tas i betraktning:

Det vil være nødvendig å benytte ekkolodd med en tilstrekkelig høy frekvens. Selv tydelige krillregistreringer på et 120 kHz ekkolodd vil ofte ikke synes på et 38 kHz ekkolodd (Evans & Hopkins 1981; Falk-Petersen & Hopkins 1981; Madureira *et al.* 1993b), og Greene *et al.* (1991) anbefaler høyfrekvente ekkolodd (120 kHz eller mer) til krillundersøkelser. Siden så høyfrekvente ekkolodd ikke har en rekkevidde på mer enn maksimalt 200 meter (avhengig av strålevinkel og pulslengde), må ekkoloddet senkes ned mot det dype ekkolaget. (Slikt utstyr er utviklet av Simrad, og vil om kort tid være tilgjengelig på en av Havforskningsinstituttets båter.)

EK 500 er et split-beam ekkolodd (Bodholt *et al.* 1988). Dette gjør det mulig å utføre TS-målinger *in situ*. Ved at algoritmer i EK 500s software utelukker TS-verdier som stammer fra flere organismer, vil imidlertid dyr som finnes i store tettheter være underrepresentert i TS-fordelingen i forhold til dyr som finnes i mindre tettheter. Da sterke targets (i dette tilfellet store fisk, formodentlig kolmule) gjerne finnes i mindre tettheter enn svakere targets (f.eks. krill og lysprikkfisk), er det sannsynlig at særlig kolmuleandelen i laget vil overestimeres på bekostning av de mindre og vanligere dyrene. Algoritmene makter ikke å luke ut samtlige multiple ekko, og dette vil også føre til overrepresentasjon av høye TS-verdier.

Ved å benytte et nedsenket ekkolodd, minker ensonifiseringsvolumet drastisk, og med en kort pulslengde (0.1 ms) vil dette også relativt langt unna transduceren (50-100 m) være lite (mindre enn ca 15 m³). Dette fører til at ekkoregistreringer fra enslige store fisk gir opphav til relativt store integratorverdier for relativt små vannvolum, isteden for lave integratorverdier for store volum som et stort ensonifiseringsvolum medfører. TS-målingene blir også bedre ved mindre ensonifiseringsvolum. Avstanden fra transduceren til targetene kan reduseres ved å undersøke et lite dybdeintervall (50-100 m) om gangen, for så å senke ekkoloddet ytterligere.

Selv en liten kolmule har titalls ganger større ekkoevne enn mesopelagiske fisk, og flere tusen ganger ekkoevnen til krill. Disse mindre ekkogivende organismene finnes i så små tettheter at \bar{Sv} -verdier i dette laget større enn -45 dB (tilsvarer ca 5-10

mesopelagiske fisk eller ca 1000 krill per m³) sannsynligvis stammer fra kolmule, mens lavere verdier stammer fra krill, reker og mesopelagiske fisk. Derfor kan man benytte denne \overline{Sv} -terskelen til å skille ekkoverdiene fra kolmule (og eventuell annen stor fisk) fra ekkoverdiene fra mindre organismer, og dermed redusere bias-problemene knyttet til TS-fordelingen. Fordi ensonifiseringsvolumet er lite ved bruk av nedsenket ekkolodd, vil andre organismers bidrag registreringene av større fisk være ubetydelig.

De mindre organismene i det dype ekkolaget (mesopelagiske fisk, krill og reker) kan ikke skilles fra hverandre ved hjelp av en \overline{Sv} -terskel, fordi forskjellige tettheter av disse kan gi opphav til samme integratorverdier. TS-målinger kombinert med nett som fanger små fisk, krill og reker effektivt (IKMT, MOCNESS 10) vil være de beste hjelpemidlene for å bestemme sammensetning og mengde av de mindre organismene i det dype ekkolaget. Som nevnt er forholdet mellom fiskebiomasse og ekkomengde relativt godt kjent, mens forholdet mellom ekkoverdier og krillbiomasse *in situ* er usikker. Dette vil gjøre det vanskelig å estimere krillbiomasse ut fra ekkoregistreringer.

Madureira *et al.* (1993a) og Cochrane *et al.* (1991) benyttet differansen mellom ekkointegratorverdier fra flere frekvenser (hhv. 38 og 120 kHz, og 12, 50 og 200 kHz) til å identifisere ekkogivende organismer. Ved å benytte lavfrekvente ekkolodd (18 og 38 kHz) sammen med høyfrekvente (120 og 200 kHz, eventuelt enda høyere), vil registreringer av store fisk, mesopelagiske fisk og makroplankton i det dype ekkolaget muligens kunne skilles fra hverandre. Differansen i registreringene fra flere frekvenser kan imidlertid vanskelig benyttes dersom ulike organismer opptrer sammen. Særlig vanskelig vil det være å registrere små innslag av krill blant langt sterkere ekko fra mesopelagiske fisk.

Det dype ekkolaget er flere hundre meter tykt, og det er ingen grunn til å tro at de ekkogivende organismene i laget er likt fordelt gjennom dypet. Lysintensitet, temperatur og saltholdighet avtar med dypet i dette laget, og disse parameterne kan tenkes å regulere den vertikale fordelingen til de ulike organismene. Predator- og fødefordeling er heller ikke nødvendigvis lik gjennom vannsøylen. Det vil derfor være nyttig å studere små dybdeintervaller (50 m) hver for seg (med både ekkolodd og nett) for å undersøke om laget egentlig består av flere lag ulike organismer som delvis overlapper hverandre.

Ekkogivende organismer knyttet til eggakanten/skråningen

De sterke ekkoregistreringene nær bunnen over eggakanten og skråningen syntes for en stor del å stamme fra kolmule. Det ble ikke trålt i disse bunnære registreringene, og det er også mulig at disse stammer fra sild, som gir liknende (men vanligvis tettere) registreringer. Forekomster av kolmule er vanlige langs skråningen i Norskehavet (Bakken *et al.* 1975; Webjørn Melle, pers. medd.). Det var typiske kolmuleregistreringer nær bunnen også om natten, da silda inne på sokkelen oppholdt seg i de øvre 50 m. Også dette tyder på at registreringene over skråningen for en stor del stammet fra kolmule.

Bakken *et al.* (1975) fanget en rekke fiskearter over den norske kontinentalskråningen. På dyp inntil 500 m ble kolmule fanget i stort antall ved alle stasjoner. Vassild (*Argentina silus*), sølvtorsk (*Gadiculus thori*) og *Sebastes spp.* fantes i små mengder utenfor Møre, men var langt vanligere langs den midtnorske skråningen. Jeg antar at deler av de akustiske registreringene langs skråningen stammet fra disse artene. Bakken *et al.* (1975) fanget også en del isgalt, blåkveite, samt flere skatearter på line. Disse lever så dypt eller nær bunnen at det er usannsynlig at de bidro til ekkoregistreringene.

Ekkogivende organismer knyttet til sokkelen

Hovedtrekk

Den gjennomgående større mengden bunnære ekko om dagen, og pelagiske ekko om natten over sokkelen, tyder på at en stor del av de ekkogivende organismene i dette området vandret opp fra bunnen om natten. Papirutskriftene fra nattregistreringene fra sokkelområdene utenfor Møre gir inntrykk av at det var forholdsvis uniform ekkofordeling gjennom dypet, mens integratorverdiene som fremkommer i plottene viser langt større ekkotetthet nær overflaten. Dette skyldes at ensonifiseringsvolumet øker med dypet, og at antall registrerte targets er proporsjonal med R^2 . $20 \log R$ TVG kompenseres for dette under ekkointegrering, men man bør være oppmerksom på dette fenomenet når man tolker ekkogrammer.

Sild

Det ble registrert sild over sokkelen i min undersøkelse fra mars 1992, i motsetning til i samme område i april 1993 og 1994 (Melle *et al.* 1994). Siste halvdel av mars representerer slutten av den norske vårgytende sildas gyteperiode, og dette forklarer at en stor del av silda fortsatt befant seg over sokkelen. I overensstemmelse med dette ble det registrert lite sild over og utenfor skråningen i min undersøkelse, i motsetning til hva Melle *et al.* (1994) fant senere på våren, da det også var svært lite sild over sokkelen.

Som i min undersøkelse ble silda registrert dypt om dagen og grunnere om natten i april/mai 1993 og 1994 (Melle *et al.* 1994).

Krill var eneste byttedyr i sildemagene. Dette er i overensstemmelse med Dalpadados (1993) resultater fra februar og mars 1991 og 1993. Mageprøver fra sild fanget senere på våren i samme område (april-mai, 1992-1994; Dalpadado 1993; Melle *et al.* 1994) viste at mindre zooplanktonformer (larvaceer og *Calanus*) dominerte som føde på denne tiden. Dette tyder på at den vårgytende sildas valg av føde skifter rundt månedsskiftet mars-april, og henger muligens sammen med at disse mindre formene finnes i større mengder senere på våren. En stor del av sildemagene var tomme både i min og Dalpadados (1993) undersøkelse fra februar/mars. Dette tyder på lav fødeaktivitet under gytetiden. Silda som ble fanget om natten hadde en større andel mager med innhold enn silda som ble fanget om dagen. Dataene er imidlertid for sparsomme til å fastslå hvorvidt silda spiste mer aktivt om natten.

Bunnfisk

Øyepål er vanlig over sokkelen i undersøkelsesområdet (Kaartvedt *et al.* in prep.; upubliserte data fra havforskningsinstituttet), og både ekkoregistreringene og trålfangstene tyder på at en stor del av bunnfiskregistreringene stammet fra øyepål. Øyepålen finnes oftest nær bunnen om dagen, og svømmer delvis opp fra bunnen om natten (Gordon 1977; Albert 1993), noe som også ble registrert i min undersøkelse. Kaartvedt *et al.* (in prep.) fanget øyepål i overflaten også om dagen, men dette ble ikke gjort i min undersøkelse. Det er imidlertid ikke usannsynlig at pelagiske ekkoregistreringer om dagen i den sørlige delen av sokkelen (særlig snitt 11) stammet fra øyepål.

Det ble også fanget noe annen fisk over sokkelen i tillegg til laksesild, sild og øyepål, men det var disse tre artene som dominerte i antall.

Kaartvedt *et al.* (in prep.) viser at krill endret vertikalfordeling over grunn sokkel når de møter store konsentrasjoner av bunnfisk på samme måte som ekkolag av små organismer gjorde det i min undersøkelse (snitt 5). Sannsynligvis registrerer krillen tilstedeværelsen av fisk, og justerer sin vertikalfordeling deretter.

De kraftige bunnfisk- og sildeekkoene i snitt 3 syntes ikke å påvirke vertikalfordelingen til laksesilda som sto rett over. Det var ikke så store tettheter av bunnfisk, men heller store fisk som ga sterke ekko i dette tilfellet. Det er mulig at laksesild endrer vertikalfordeling over grunn sokkel når de utsettes for store tettheter av (små) bunnfisk, men ikke små tettheter av (stor) fisk.

Det var tydelig at små bunnfisk over sokkelen ble skremt unna av CTDen, men det var ikke mulig å registrere noen respons fra de andre ekkogivende organismene. På 200 m er diameteren på lydstrålen ca 25 m (med 3 dB strålevinkel på 7.1°), og CTDen må skremme de aktuelle organismene ut av lydstrålen dersom flukten bort fra CTDen skal være synlig på utskriften. Bunnfiskens tydelige flukt unna CTDen kan henge sammen med at de har god svømmeevne, samt at de er utsatt for predasjon fra piscivorer.

Krill

De akustiske registreringene, samt trålfangstene, viste at krill over sokkelen sto grunnere om natten enn om dagen. *Thysanoessa inermis*, som er den vanligste krillarten over kontinentalsokkelen (Melle *et al.* 1993), er kjent som en aktiv vertikalvandrer som hovedsakelig står grunnere enn 50 m om natten, og dypere om dagen (Lindley & Williams 1980; Melle *et al.* 1993). *Meganyctiphanes norvegica* er også tallrik, særlig over de dypere delene av sokkelen, og lever for en stor del dypere enn *T. inermis*. Jeg antar derfor at krillen som ble fanget på små dyp med trål over sokkelen var *T. inermis*, selv om krillen ikke ble bestemt til art.

Det kan synes rart at det ikke ble fanget krill over sokkelen i de dype dagtrekkene der det ble trålt en del sild og annen fisk (trål 144 og 147). Harstadtrålen gikk her gjennom det karakteristiske krillaget mellom sild og laksesild. Dette skyldes sannsynligvis at små mengder krill ble oversett i trålfangsten på grunn av de til dels store fangstene av fisk i disse trekkene. Dette er et problem ved opparbeiding av slike trålfangster (Webjørn Melle, pers. medd.).

Ekkoplott som bilde på predasjonstrykk på zooplankton.

De komprimerte ekkoplottene viser hovedsakelig fordelingen av planktivore fisk (sild, øyepål, laksesild, lysprikkfisk, samt kolmule, som imidlertid også delvis spiser mindre fisk). Disse plottene visualiserer derfor storskalafordelingen av viktige predatorer på zooplankton. I tillegg kommer betydelig patchiness på mindre skala, som ikke fremkommer i disse plottene.

Predasjonstrykket er avhengig av både predatortetthet og lysintensitet, men de planktivore fiskene som ble registrert i denne undersøkelsen har vist seg å kunne predatere også om natten. Dette gjelder både sild (Batty *et al.* 1986; Dalpadado 1993), øyepål (Gordon 1977; Albert 1994), laksesild (Young & Blaber 1986; Gorelova & Krasil'nikova 1990; Rasmussen & Giske 1994), og *Benthosema glaciale* (Sameoto 1988, 1989).

Visualiseringen av det patchy predatorregimet viser at predasjonstrykket som funksjon av dypet varierte mellom nord og sør, mellom sokkel og dyphav, og gjennom døgnet. Predasjonstrykket varierer også gjennom året i undersøkelsesområdet: Silda er nesten borte fra sokkelen etter mars (Melle *et al.* 1994). Predatorregimet utenfor sokkelen er også totalt forskjellig om sommeren, da de pelagiske ekkolagene i liten grad vandrer opp i øvre lag om natten, mens andre voksne og juvenile planktivore fisk finnes nær overflaten døgnet rundt (Melle *et al.* 1994; Webjørn Melle pers. med.). Denne store variabiliteten i predasjonsfare indikerer at zooplankton vil ha fordel av et fleksibelt atferdsmønster.

Ulike marine kopepoders og krillarvers grad av døgnvandring (oppe om natten, nede om dagen), har vist seg å være korrelert med tetthet av planktivore fisk (Bollens & Frost 1989a; Bollens *et al.* 1992a,b; Frost & Bollens 1992). Eksperimenter har vist at disse, og andre zooplanktonorganismers døgnvandring induseres av tilstedeværelsen av planktivore fisk (Bollens & Frost 1989b, 1991; Forward & Hetler 1992). Stor fleksibilitet i zooplanktons vertikalfordeling er også kjent fra limniske systemer (Levy 1990; Neill 1990; Dawidowicz & Loose 1992).

Det meste som er gjort av studier av zooplanktons atferd i forhold til predatorunnvikelse er gjort i innsjøer, estuarier, og andre avgrensede, kystnære områder. I hvilken grad kunnskapen fra disse undersøkelsene kan overføres til åpne havområder med lav turbiditet, og stor variasjon i predasjonstrykk gjennom dypet, døgnet, og året, er et spørsmål som akustiske undersøkelser kan være med på å besvare.

Referanser

- Aksnes, D.L. & J. Giske 1993. A theoretical model of aquatic visual feeding. -*Ecol. Modelling*, 67: 233-250.
- Albert, O.T. 1994. Biology and ecology of Norway pout (*Trisopterus esmarki* Nilsson, 1855) in the Norway Deep. - *ICES J.mar Sci.*, 51: 45-61.
- Alekseev, A.P. & B.V. Istoshin 1956. Chart of constant currents in the Norwegian and Greenland Seas. -*Knipovich polar Sci. Inst.* 9:62-68. Transl. *U.S. Dept. int. Fish and Wildl. serv. Spec. Sc. Rep.* - *Fish.*, 327:69-76.
- Anderson, V.C. 1950. Sound scattering from a fluid sphere. -*J. Acoust. Soc. Am.*, 22(4): 426-431.
- Armstrong, M.J & R.M. Prosch 1991. Abundance and distribution of the mesopelagic fish *Maurolicus muelleri* in the southern Benguela system. -*S. Afr. J. mar. Sci.*, 10: 13-28.
- Bakken, E., Lahn-Johansen, J. & J. Gjøsæter 1975. Bunnfisk på den norske kontinentalskråning. -*Fiskets Gang*, 34: 557-565.
- Baliño, B.M. & D.L. Aksnes 1993. Winter distribution and migration of the sound scattering layers, zooplankton and micronekton in the Masfjorden, western Norway. -*Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 102: 35-50.
- Bary, B.M. & R.E. Pieper 1970. Sonic-scattering studies in Saanich Inlet, British Columbia: a preliminary report. -Farquhar, G.B. ed. *Proc. Int. Symp. Biol. Sound Scattering in the Ocean*, 601-611.
- Batty, R.S., Blaxter, J.H.S. & D.A. Blaxter 1986. Herring (*Clupea harengus*) filter-feeding in the dark. -*Mar. Biol.*, 91: 371-375.
- Bergstad, O.A. 1990. Ecology of the fishes of the Norwegian Deep: Distribution and species assemblages. -*Netherlands Journal of Sea Research*, 25(1/2): 237-266.
- Beyer, F. 1992. *Meganyctiphanes norvegica* (M. Sars) (Euphausiacea) a voracious predator on *Calanus*, other copepods, and ctenophores, in Oslofjorden, southern Norway. -*Sarsia*, 77: 189-206.
- Bjelland, O. 1995. Life-history tactics of two fjordic populations of *Maurolicus muelleri*. -*Thesis Candidatus scientarum*. Avdeling for fiskeri og marin biologi, Universitetet i Bergen. 42s.

- Blindheim, J. 1985. Ecological features of the Norwegian Sea. -*Proceedings of the Sixth Conference of the Comite Arctique International 13-15 may 1985*, 366-401.
- Boden, B.P & E.M. Kampa 1965. An aspect of euphausiid ecology revealed by echo sounding in a fjord. -*Crustaceana*, 9: 155-173.
- Bodholdt, H., Nes, H. & H Solli 1988. A new echo sounder system for fish abundance estimation and fishery research, -*ICES C.M.*, 1988/B:11 6s.
- Bollens, S.M. & B.W. Frost 1989a. Zooplanktivorous fish and variable diel vertical migration in the marine planktonic copepod *Calanus pacificus*. -*Limnol. Oceanogr.*, 34: 1072-1083.
- Bollens, S.M. & B.W. Frost 1989b. Predator-induced diel vertical migration in a planktonic copepod. -*J. Plankton Res.*, 11: 1047-1065.
- Bollens, S.M. & B.W. Frost 1991. Diel vertical migration in marine zooplankton: rapid individual response to predators, -*J. Plankton Res.*, 13: 1359-1365
- Bollens, S.M., B.W. Frost & T.S. Lin 1992a. Recruitment, growth, and diel vertical migration of *Euphausia pacifica* in a temperate fjord. -*Mar. Biol.*, 114: 219-228.
- Bollens, S.M., B.W. Frost, Thoreson, D.S. & S.J. Watts 1992b. Diel vertical migration in zooplankton: field evidence in support of the predator avoidance hypothesis. -*Hydrobiologia*, 234: 33-39.
- Clark, C.W. & D.A. Levy 1988. Diel vertical migration by juvenile sockeye salmon and the anti-predation window. - *Am. Nat.*, 131: 271-290.
- Clay, C.S. & H. Medwin 1977. Acoustical Oceanography: Principles and Applications. -*Wiley, New York*, 544s.
- Clutter, R.I. & M. Anraku 1968. Avoidance of samplers. -Tranter, D.J. ed. *Zooplankton sampling, Part I*. Unesco, Paris, 57-76.
- Cochrane, N.A., Sameoto, D., Herman, A.W. & J. Neilson 1991. Multiple-frequency acoustic backscattering and zooplankton aggregations in the inner Scotian Shelf basins. -*Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 48: 340-355.
- Dalpadado, P. 1993. Some observations on the feeding ecology of Norwegian Spring Spawning Herring *Clupea harengus* along the coast of Norway. -*ICES C.M.* 1993/L:47, 11s.
- Dawidowicz, P. & C.J. Loose 1992. Metabolic costs during predator-induced diel vertical migration of *Daphnia*. -*Limnol. Oceanogr.*, 37(8): 1589-1595.

- Evans, R.A. & C.C.E. Hopkins 1981. Distribution and standing stock of zooplankton sound-scattering layers along the North Norwegian coast in February-March, 1978. -*Sarsia*, 66: 147-160.
- Everson, I. 1982. Diurnal variations in mean volume backscattering strength of an Antarctic krill (*Euphausia superba*) patch. -*J. Plankton Res.*, 4: 155-162.
- Everson, I., Watkins, J.L., Bone, D.G. & K.G. Foote 1990. Implications of a new acoustic target strength for abundance estimates of Antarctic krill. -*Nature*, 345: 338-340.
- Falk-Petersen, S. & C.C.E. Hopkins 1981. Zooplankton sound scattering layers in North Norwegian fjords: Interactions between fish and krill shoals in a wintersituation in Ullsfjorden and Øksfjorden. -*Kieler Meeresforsch., Sonderh.*, 5: 191-201.
- Farquhar, G.B. 1970. Proceedings of an International Symposium on Biological Sound Scattering in the Ocean. *Ocean Science Program, Haury Center for Ocean Science, Department of the Navy, Washington, D.C.*, 629 s.
- Fasham, M.J.R. & P. Foxton 1979. Zonal distribution of pelagic Decapoda (Crustacea) in the eastern north Atlantic and its relation to the physical oceanography. -*J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 37: 225-253.
- Foote, K.G. 1991. Abundance estimation of pelagic fish stocks by acoustic surveying. -*ICES C.M.* 1991/B:33, 8s
- Foote, K.G., Everson, I., Watkins, J.L. & D.G. Bone 1990. Target strengths of Antarctic krill (*Euphausia superba*) at 38 and 120 kHz. *J. Acoust. Soc. Am.*, 87(1): 16-24.
- Foote, K.G., Knudsen, H.P., Korneliussen, R.J., Norbø, P.E. & K. Røang 1991. Postprocessing system for echo sounder data. -*J. Acoust. Soc. Am.*, 90(1): 37-47.
- Forward, R.B.Jr. & W.F.Jr. Hettler 1990. Effects of feeding and predator exposure on photoresponses during diel vertical migration of brine shrimp larvae. -*Limnol. Oceanogr.*, 37(6): 1261-1270.
- Fosså, J.H. 1992. Mass occurrence of *Periphylla periphylla* (Scyphozoa, Coronatae) in a Norwegian fjord. -*Sarsia*, 77: 237-251.
- Frost, B.W. & S.M. Bollens 1992. Variability of diel vertical migration in the marine planktonic copepod *Pseudocalanus newmani* in relation to its predators. -*Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 49: 1137-1141.

- Gibbons, M.J. 1993. Vertical migration and feeding of *Euphausia lucens* at two 72h stations in the southern Benguela upwelling region. -*Mar. Boil.*, 116: 257-268.
- Giske, J., Aksnes, D.L., Baliño, B.M., Kaartvedt, S., Lie, U., Nordeide, J.T., Salvanes, A.G.V., Wakili, S.M. & A.Aadnesen 1990. Vertical distribution and trophic interactions of zooplankton and fish in Masfjorden, Norway. -*Sarsia*, 75: 65-81.
- Giske, J. & D.L. Aksnes 1992. Ontogeny, season and trade-offs: vertical distribution of the pelagic fish *Maurolicus muelleri*. - *Sarsia*, 77: 253-261.
- Gjøsæter, J. 1981. Life history and ecology of *Maurolicus muelleri* (Gonostomatidae) in Norwegian waters. - *FiskDir. Skr. Ser. HavUnders.*, 17: 109-131.
- Gjøsæter, J. 1986. Estimates of the abundance of mesopelagic fish off southern Norway west off the British Isles 1971-1976. -*Flødevigen Rapportser.*, 1986, 1: 1-23.
- Gjøsæter, J. & K. Kawaguchi 1980. A review of the world resources of mesopelagic fish. - *FAO Fisheries Technical papers*, 193: 1-151.
- Gordon, J.D.M. 1977. The fish populations in inshore waters of the west of Scotland. The biology of the Norway Pout, *Trisopterus esmarkii*. -*Journ. Fish Biol.*, 10: 417-430.
- Gorelova, T.A. & N.A. Krasil'nikova 1990. On the diet of *Maurolicus muelleri* in the vicinity of seamounts Discovery, Nasca and Mt. Africana. -*Journ. Ichtyol.*, 30: 42-52.
- Greene, C.H. & P.H. Wiebe 1990. Bioacoustical oceanography: New tools for Zooplankton research in the 1990s. *Oceanography*, april 1990: 7-12.
- Greene, C.H., Stanton, T.K., Wiebe, P.H. & S. McClatchie 1991. Acoustic estimates of Antarctic krill. -*Nature*, 349: 110.
- Greenlaw, C.F. 1979. Acoustical estimation of zooplankton populations. -*Limnol. Oceanogr.*, 24(2): 226-242.
- Hamano, A. & K. Uchida 1992. Target strength measurements of sternoptychid fish, *Maurolicus muelleri*, using 88 khz quantitative echo sounder.- *Bulletin of the Japanese Society of Fisheries Oceanography*, 56(3); 283-293.

- Helland-Hansen, B. & F. Nansen 1909. The Norwegian Sea. -*Rep. Norw. Fish. Mar. Invest.*, 2 (2): 390s.
- Hewitt, R.P. & D.A. Demer 1993. Dispersion and abundance of Antarctic krill in the vicinity of Elephant Island in the 1992 austral summer. -*Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 99: 29-39.
- Hjort, J. & J.T. Ruud 1929. Whaling and fishing in the north Atlantic. -*Rapp. P. -v. Reun. Cons. int. Explor. Mer*, 56: 123s.
- Hobson, E.S. 1989. Predation on Ocean Krill. -*Science*, 243: 237.
- Iida, K., Mukai, T. & D. Hwang 1996. Relationship between acoustic backscattering strength and density of zooplankton in the sound scattering layer. -*ICES International Symposium on Fisheries and Plankton Acoustics, Abdeen: 12-16 June 1995*,
- Isaacs, J.D & R.A. Schwartzlose 1965. Migrant sound scatterers: Interaction with the sea floor. -*Science*, 150: 1810-1813.
- Johnson, R.K. 1977. Sound scattering from a fluid sphere revisited. -*J. Acoust. Soc. Am.*, 61(2): 375-377.
- Kaartvedt, S., Aksnes D.L. & A. Aadnesen 1988. Winter distribution of macroplankton and micronekton in Masfjorden, Western Norway. -*Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 45: 45-55.
- Kaartvedt, S, Melle, W, Skjoldal, H.R. & T. Knutsen (in prep.) Distribution of fish and krill beneath Water of varying optical properties.
- Kawaguchi, K. & J. Mauchline 1987. Biology of Sternoptychid fishes in the Rockall Trough, northeastern Atlantic Ocean. -*Biol. Oceanogr.*, 4: 99-121.
- Kinzer, J. 1970. On the contribution of euphausiids and other plankton organisms to deep scattering layers in the eastern north Atlantic. - Farquhar, G.B. ed. *Proc. Int. Symp. Biol. Sound Scattering in the Ocean*, 476-489.
- Knudsen, H.P. 1990. The Bergen Echo Integrator: an introduction. - *J. Cons. int. Explor. Mer*, 47: 167-174.
- Lampert, W. 1989. The adaptive significance of diel vertical migration of zooplankton. -*Functional Ecology*, 3: 21-27.
- Levy, D.A. 1990. Sensory mechanism and selective advantage for diel vertical migration in juvenile sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*. -*Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 47: 1796-1802.

- Lindley, J.A. & R. Williams 1980. Plankton off the Fladen Ground during FLEX 76. II. Population dynamics and production of *Thysanoessa inermis* (Crustacea: Euphausiacea). *Mar. Biol.*, 57: 79-86.
- Linquist, A. 1968. On fish eggs and larvae in the Skagerak. -*Sarsia*, 34: 347-353
- Love, R.H. 1977. Target strength of an individual fish at any aspect. -*J. Acoust. Soc. Am.*, 62(6): 1397-1403.
- MacLennan, D.N. & E.J. Simmonds 1992. Fisheries acoustics. -*Chapman & Hall, London*, 325s.
- Madureira, L.S.P., Everson, I. & E.J. Murphy 1993a. Interpretation of acoustic data at two frequencies to discriminate between Antarctic krill (*Euphausia superba*) and other scatterers. -*J. Plankton Res.*, 15(7): 787-802.
- Madureira, L.S.P., P. Ward & A. Atkinson 1993b. Differences in backscattering strength determined at 120 and 38 kHz for three species of Antarctic macroplankton. -*Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 93: 17-24.
- Mathews, J.B.L. & S. Pinnoi 1973. Ecological studies of the deep-water pelagic community of Korsfjorden, western Norway. The species of *Pasiphea* and *Sergestes* (Crustacea, Decapoda) recorded in 1968 and 1969. *Sarsia*, 52: 123-144.
- Mauchline, J. & P.F. Harvey. 1983. The Scyphomedusae of the Rockall Trough, northeastern Atlantic Ocean. -*Journal of Plankton Research*, 5: 881-890.
- Melle, W. 1992. Toktrapport, G.O. Sars; 14-29.3.92. *Havforskningsinstituttet, Senter for Marint Miljø, Biologisk Seksjon*. 10s.
- Melle, W., Knutsen, T., Ellertsen, B., Kaartvedt, S. & T. Noji 1993. Økosystemet i østlige Norskehavet; sokkel og dyphav. -*Rapport fra senter for marint miljø, Havforskningsinstituttet*, 1993 nr. 4.
- Melle, W., Røttingen, I. & H.R. Skjoldal 1994. Feeding and migration of Norwegian spring spawning herring in the Norwegian Sea. -*ICES C.M.1994/R:9*. 25s.
- Moore, B.H. 1950. The relation between the deep scattering layer and the Euphausiacea. -*Biol. Bull.*, 99: 181-212.
- Nakken, O. & K. Olsen 1977. Target strength measurements of fish. -*Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer*, 170: 52-69.
- Nedraas, K. & O.M. Smedstad 1987. Abundance and distribution of postlarvae in the 0-group saithe survey in the North Sea and the Northeast Arctic in 1986 and 1987. -*ICES C.M. 1987/G6:31*. 27s.

- Neill, W.E. 1990. Induced vertical migration in copepods as a defence against invertebrate predation. *-Nature*, 345: 524-526.
- Ona, E. 1990. Physiological factors causing natural variations in acoustic target strength of fish. *-J. mar. biol. Ass. U.K.*, 70: 107-127.
- Ona, E. 1993. Hydroacoustical method for estimation of demersal fish resources. *-International symposium on the investigation of demersal Fish Resources, Hokkaido University, Sept. 21-22. 1993, 22-34.*
- Ona, E. 1994. Detailed in situ target strength measurements of 0-group cod. *-ICES C.M.*, 1994/B:30. 9s.
- Pavshikov, E.A. & A.F. Timokhina 1972. History of Investigations on Plankton in the Norwegian Sea and the Main Results of Soviet Investigations. *-Proc. R.S.E. (B)*, 73, 27: 267-278.
- Pieper, R.E. 1979. Euphausiid distribution and biomass determined acoustically at 102 kHz. *-Deep-Sea Res.*, 26: 687-702.
- Rasmussen, O.I. & J. Giske 1994. Life-history parameters and vertical distribution of *Maurolicus muelleri* in Masfjorden in summer. *-Mar. Biol.*, 120: 649-664
- Reppe, B. 1986. Hydroacoustic assessment and ecology of krill stocks in the inner Oslofjord. *-Hovedfagsoppgave i Marin Zoologi, Univ. i Oslo*, 66s.
- Roe, H.S.J. 1984. The Diel Migrations and Distributions within a Mesopelagic Community in the North East Atlantic. 2. Vertical Migrations and Feeding of Mysids and Decapod Crustacea. *-Prog. Oceanogr.*, 13: 269-318.
- Rosland, R. & J. Giske 1994. A dynamic optimization model of the diel vertical distribution of a planktivorous fish. *-Prog. Oceanogr.*, 34: 1-43.
- Røttingen, I. 1990. A review of variability in the distribution and abundance of Norwegian spring spawning herring and Barents Sea capelin. *-Polar Research*, 8: 33-42.
- Sameoto, D.D. 1976. Distribution of sound scattering layers caused by euphausiids and their relationship to chlorophyll *a* concentrations in the Gulf of St. Lawrence Estuary. *-J. Fish. Res. Bd. Can.*, 33: 681-687.
- Sameoto, D.D. 1979. Quantitative measurements of Euphausiids using a 120 kHz sounder. *-Contribution to joint USA-USSR meeting on hydroacoustic methods for the estimation of marine fish populations. Cambridge, Ma., USA, 25-29 June 1979.*

- Sameoto, D.D. 1981. Relationships between stomach contents and vertical migration in *Meganyctiphanes norvegica*, *Thysanoessa raschii* And *T. inermis*.
-*J. Fish. Res.*, 2: 129-143.
- Sameoto, D.D. 1988. Feeding of the lantern fish *Benthoosema glaciale* off the Nova Scotia Shelf. -*Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 44: 113-129.
- Sameoto, D.D. 1989. Feeding Ecology of the Lantern Fish *Benthoosema glaciale* in a Subarctic Region. *Polar Biol.* 9: 169-178.
- Sameoto, D.D., N.A. Cochrane and A.W. Herman 1993. Convergence of acoustic, optical, and net-catch estimates of euphausiid abundance: use of artificial light to reduce net avoidance. -*Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 42: 1535-1543.
- Skjoldal, H.R., Wiebe, P., Knutsen, T. & L. Postel 1993. Preliminary report from the sea-going workshop in Norway June 1993 on intercomparison and evaluation of methods for sampling and determination of zooplankton distribution and biomass (ICES study group on zooplankton production). -*ICES C.M.*, 1993/L:45, 16.
- Thurston. M.H. 1977. Depth distribution of *Hyperia spinigera* Bovallius, 1889 (Crustacea: Amphipoda) and medusae in the North Atlantic Ocean, with notes on the associations between *Hyperia* and coelenterates. -Angel, M., ed. *A voyage of Discovery. George Deacon 70th anniversary volume*. Pergamon Press, Oxford, s499-536.
- Urick, R.J. 1983. Principles of Underwater Sound. -*McGraaw-Hill Book Company*, New York, 423s.
- Wiborg, Kr. Fr. 1954. Investigations on zooplankton in costal and offshore waters of western and northwestern Norway. -*FiskDir. Ser. HavUnders.*, 11 (1): 1-246.
- Wiborg, Kr. Fr. 1955. Zooplankton in relation to hydrography in the Norwegian Sea. *FiskDir. Skr. Ser. Havunders.*, 11(4): 1-66.
- Wiebe, P.H., Burt, K.H., Boyd, S.H. & A.W. Morton 1976. A multiple opening/closing net and environmental sensing system for sampling zooplankton. -*J. Mar. Res.*, 34: 313-326.
- Wiebe, P.H., A.W. Morton, A.M. Bradley, J.E. Craddock, V. Barber, T.J Cowles & G.R. Flierl 1985. New developments in the Mocness, an apparatus for sampling zooplankton and micronekton. -*Mar. Biol.*, 87: 313-23.

- Wiebe, P.H., Greene, C.H., Stanton, T.K. & J. Burczynski 1990. Sound scattering by live zooplankton and micronekton: Empirical studies with a dual-beam acoustical system. -*J. Acoust. Soc. Am.*, 88(5): 2346-2360.
- Williams, R. & P.J.B. Hart 1974. Vertical and seasonal variability of fish eggs and larva at ocean weather station "India". -Blaxter, J.H.S. ed. *The Early Life History of Fish*. Springer Verlag, Berlin, 233-244
- Wurtzbaugh, W.A. & D. Neverman 1988. Post-feeding thermotaxis and daily vertical migration in a larval fish. -*Nature*, 333: 846-848.
- Young, J.W. & S.J.M. Blaber 1986. Feeding ecology of three species of midwater fishes associated with the continental slope of eastern Tasmania, Australia. -*Mar. Biol.*, 95: 323-332.
- Zahuranec, B.J. & W.L. Pugh 1970. Biological results from scattering later investigations in the Norwegian Sea. -Farquhar, G.B. ed. *Proc. Int. Symp. Biol. Sound Scattering in the Ocean*, 360-380.
- Zaret, T.M. & J.S. Suffern 1976. Vertical migration of zooplankton as a predator avoidance mechanism. -*Limnol. Oceanogr.*, 21(6): 804-813.
- Zilanov, V.K. 1968. Some data on the biology of *Micromesistius poutassou* in the north-east Atlantic in 1966. -*Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer*, 158: 116-122.
- Zilanov, V.K. 1982. Data on feeding and fatness of blue whiting. -*ICES C.M.*, 1982/H:26, 16s.
- Østvedt, O.J. 1955. Zooplankton investigations from weather ship M in the Norwegian Sea, 1948-1949. -*Skr. Nor. Vidensk. Akad. Hvalråd*, 40: 93s

Personlige meddelelser

Stein Kaartvedt, Universitet i Oslo.

Webjørn Melle, Havforskningsinstituttet.

Appendiks

Innholdsfortegnelse

Appendiks 1- Ekkoloddsettinger.....	89
Appendiks 2- UNIRAS-parametre.....	90
Appendiks 3- Varighet av tråltrekk.....	91
Appendiks 4- Fordeling av “annen fisk” i trålfangstene.....	91
Appendiks 5- Biomasseprofiler fra Mocness, med ekkoregstreringer.....	92
Appendiks 6- Regresjonsanalysedata; Biomasse - ekkoverdier.....	95
Appendiks 7- Resultat av regresjonsanalysene.....	97

Appendiks 1. Oversikt over ekkoloddsettinger.

Ekkoloddet

Ekkolodd: Simrad EK-500 split-beam
 Frekvens: 37878 Hz
 Effekt: 2 kW

Operation

Ping intervall: 0.0/1.8
 Transmit power: normal
 Noise margin: 1 dB

Tranceiver 1

Transducer depth: 5.0 m
 Absorption coeff.: 10 dB
 Pulse length: Medium (1 ms)
 Bandwidth: wide
 Max power: 4000 W
 Angle sensitivity: 21.9
 2-way beam angle: -20.6 dB
 Ss transducer gain: 26.5 dB
 Sv transducer gain: 25.6 dB
 TStranducer gain: 25.6 dB
 3 dB beamwidth: 7.1
 Alongship offset: -0.2
 Athw. ship offset: 0.3

Bottom Detection

Minimum level: -50 dB

Ethernet Comm.

Telegram-meny

Remote controll: On
 Navigation tg: On
 Echogram tg: 1
 Echotrace tg: 1
 Sv tg: 1
 Vessel-log tg: On

Echogram-1-meny

range: 500 m
 range start: 0 m
 Autorange: Off
 Bottom range: 15 m
 Bottom range start: 10 m
 TVG: 20 log R

Sound Velocity: 1471 m/s

Svinger: ES38B

Appendiks

Appendiks 2. Parametre benyttet under plotting i UNIRAS. Horgrid = antall gridcells horisontalt. Vertgrid = antall gridcells vertikalt. SR = Search-Radius.

Plott	Parameter	Horgrid	Vertgrid	SR
20-53m	aku	100	90	10
149-209m	aku	100	90	10
snitt1	aku m.sal	200	150	35
snitt1	temp	120	80	80
snitt2	aku	160	120	35
snitt3	aku m.sal	140	100	35
snitt4	aku m.sal	150	100	35
snitt5	aku m.sal	120	80	35
snitt6	aku m.sal	100	70	35
snitt7	aku m.sal	90	60	35
snitt8	aku m.sal	80	60	35
snitt9	aku m.sal	60	40	35
snitt11	aku m.sal	60	40	35
snitt12	aku m.sal	100	70	35
snitt13	aku	120	80	35
snitt14	aku m.sal	240	180	35
snitt14	temp	120	90	50
snitt15	aku m.sal	200	150	30
snitt15	temp	100	75	80
doegnst.	aku	40	30	120

aku = akustikkverdier

aku m.sal = akustikkverdier med saltholdighetsiolinjer

temp = temperatur

Settinger:

Method: Bilinear
Option: Distant weight
Sorting method: Maximum

Appendiks 3. Varighet av tråltrekkene.

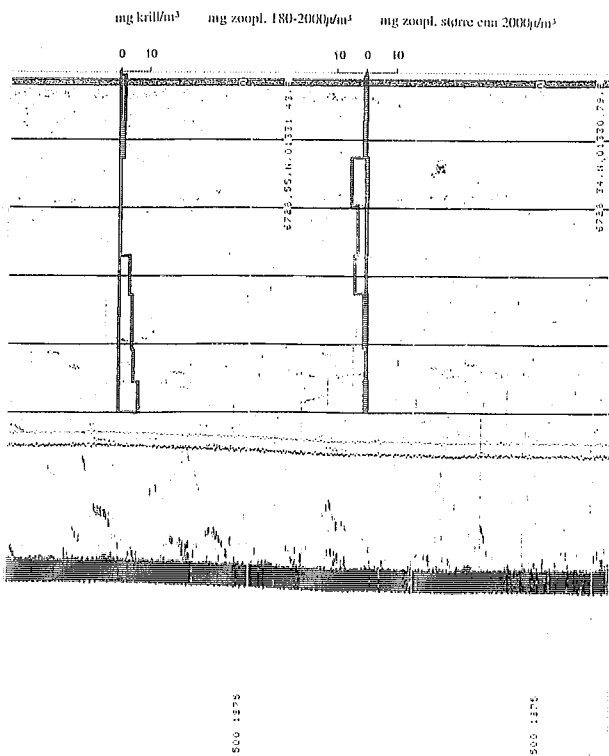
Trål nr	varighet i min	Trål nr	varighet i min
135	20	149	20
136	20	150	20
137	20	151	20
138	20	152	20
139	20	153	20
140	30	154	20
141	20	155	20
142	20	156	25
143	20	157	20
144	25	158	20
145	15	159	20
146	20	160	20
147	20	161	20
148	20	162	20

Appendiks 4. Fordeling av antall individer av forskjellige fiskearter (og akkar) i gruppen "annen fisk" i Tab. 1.

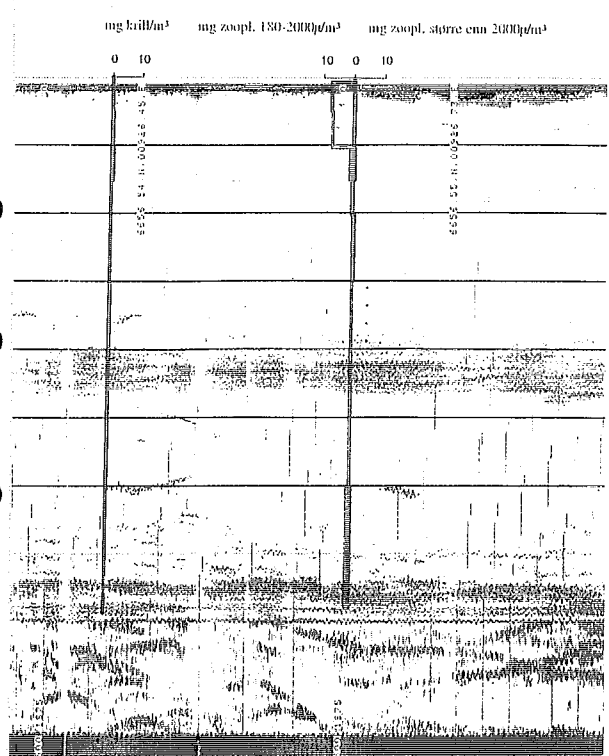
Trekk nr.	rognkjeks	torsk	hyse	vasssild	sypike	hvit-ting	brosme	sei	<i>Sebastes sp.</i>	smør-flyndre	stein-bit	lodde	lakse-tobis	stor perle-morsfisk	akkar
138	1														
140		1	6	90	15	2	11	18	31	1	1	1			
143									2				74		2
144				11		1			2						
146		1													
150													10		
151													7		
152													3	1	
160									1			1			2*
161	1														
162													3		

*Disse 2 blekksprutene er ikke bestemt til art.

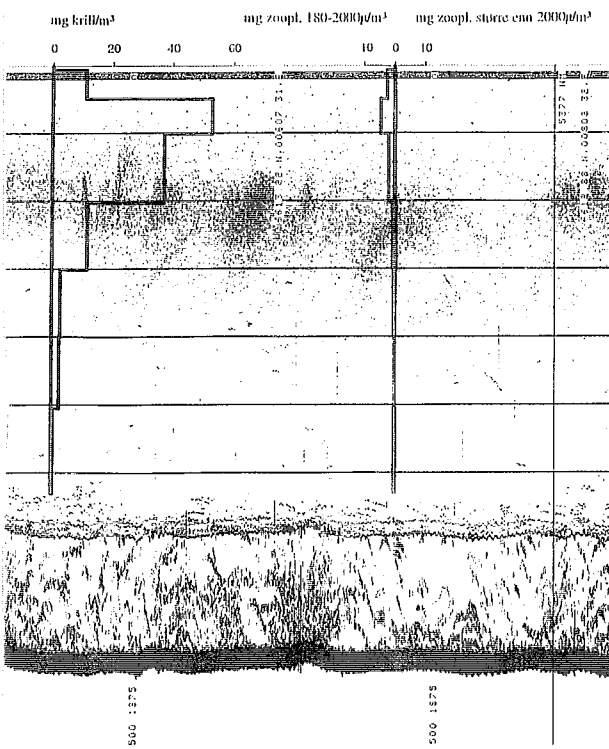
Appendiks



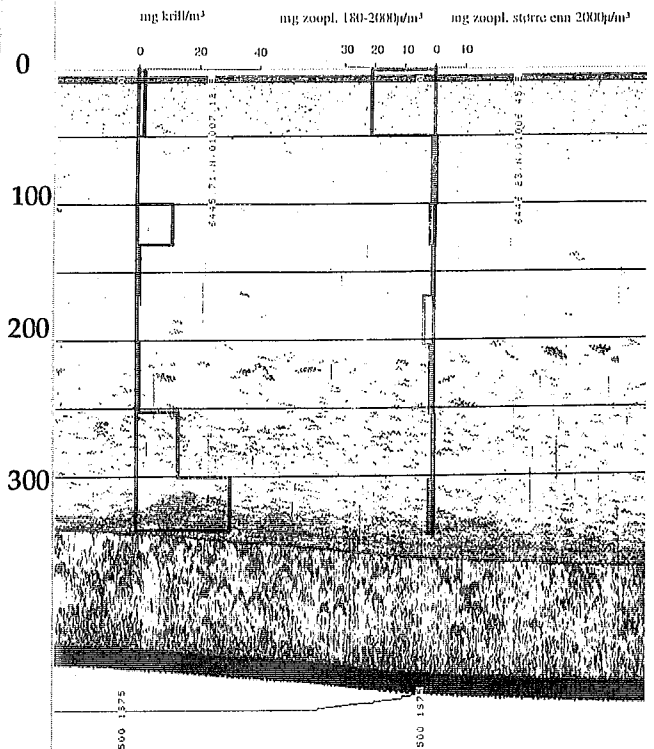
Appendiks 5; Fig. 1. Stasjon 232. Ekkoloddutskrift (papir) med tørrvektverdier fra Mocness. Ca kl 14:30.



Appendiks 5; Fig. 2. Stasjon 236. Ekkoloddutskrift (papir) med tørrvektverdier fra Mocness. Ca kl 10:00. angir manglende tørrvektverdi.

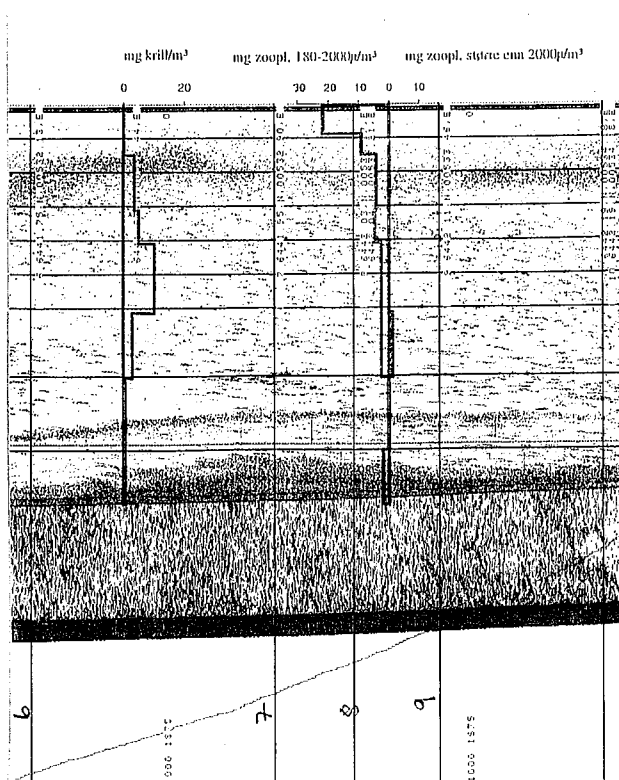


Appendiks 5; Fig. 3. Stasjon 241. Ekkoloddutskrift (papir) med tørrvektverdier fra Mocness. Ca kl 22:15.

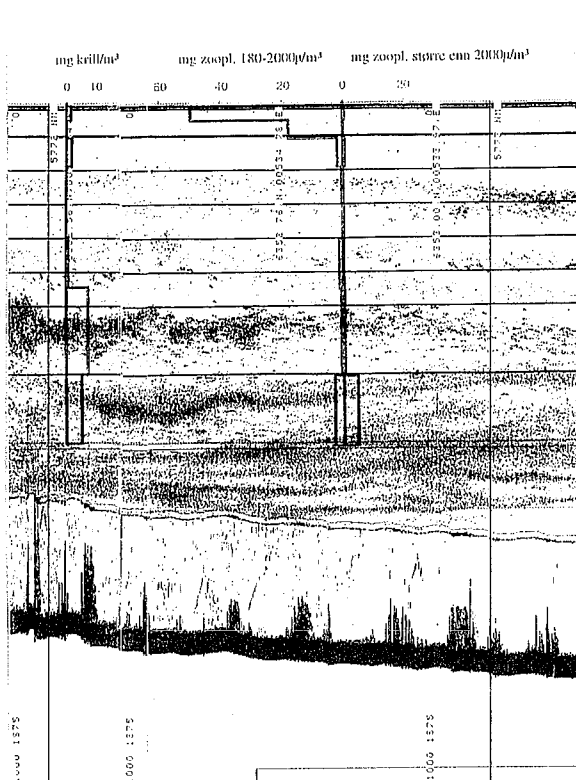


Appendiks 5; Fig. 4. Stasjon 244. Ekkoloddutskrift (papir) med tørrvektverdier fra Mocness. Ca kl 13:00.

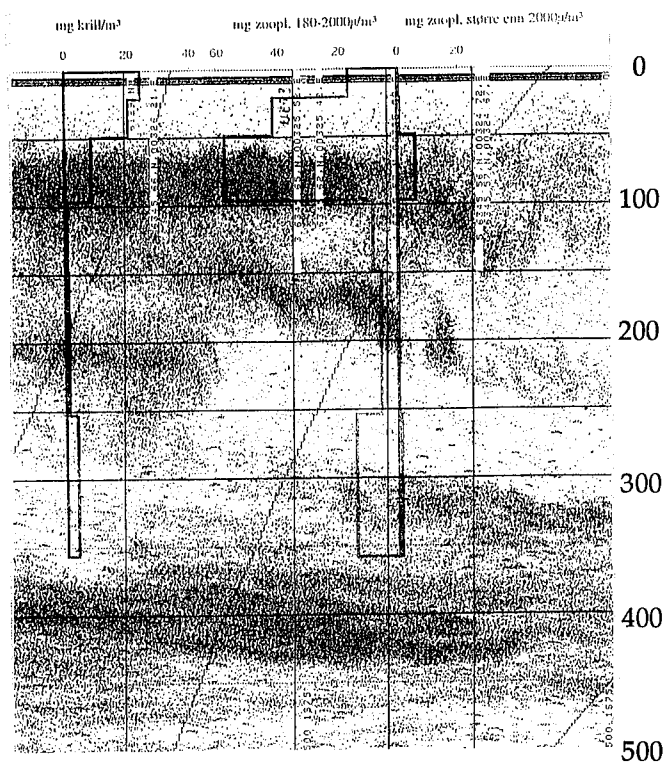
Appendiks



Appendiks 5; Fig. 5. Stasjon 246.
Ekkoloddutskrift (papir) med
tørrvektverdier fra Mocness. Ca kl 04:30.

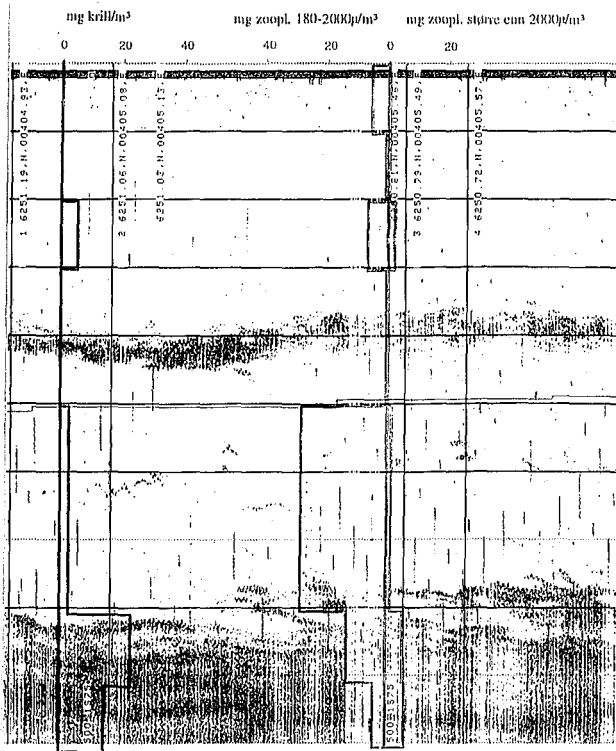


Appendiks 5; Fig. 6. Stasjon 252.
Ekkoloddutskrift (papir) med
tørrvektverdier fra Mocness. Ca kl 06:40.

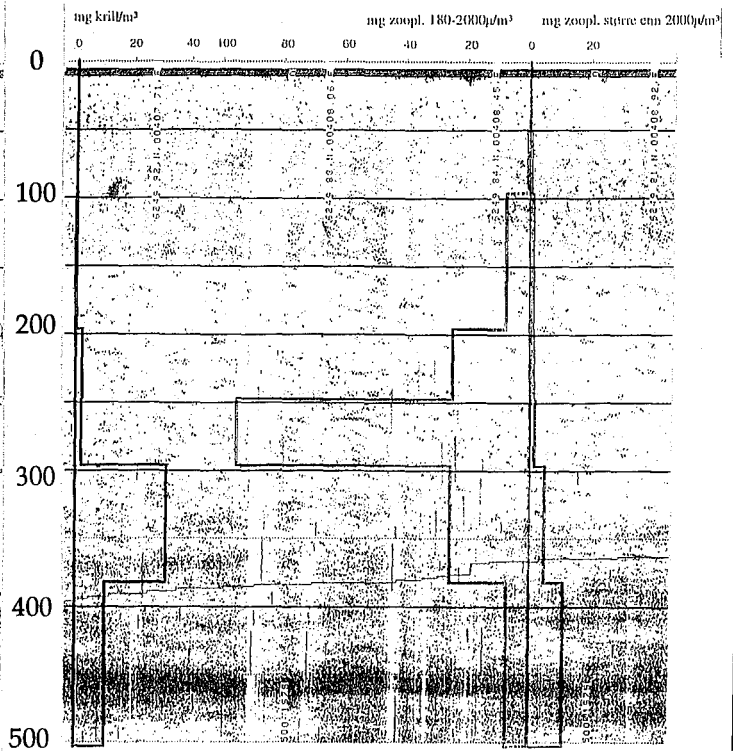


Appendiks 5; Fig. 7. Stasjon 266.
Ekkoloddutskrift (papir) med
tørrvektverdier fra Mocness. Ca kl 23:00

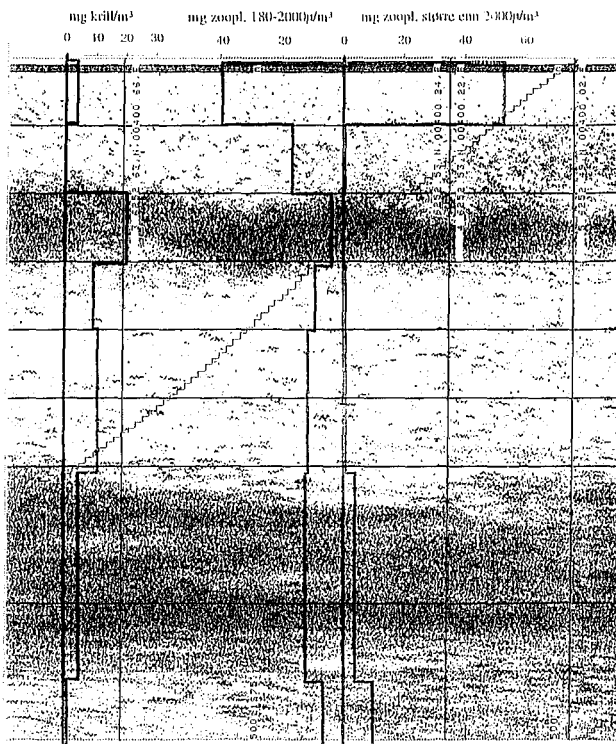
Appendiks



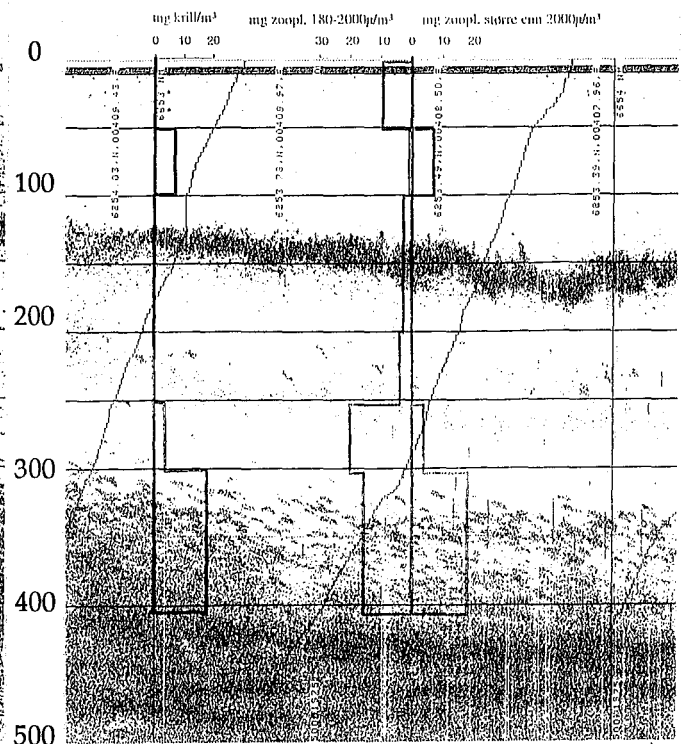
Appendiks 5; Fig. 8. Stasjon 287 (døgnstasjon). Ekkoloddutskrift (papir) med tørrvekt-verdier fra Mocness. Ca kl 14:00.



Appendiks 5; Fig. 9. Stasjon 288 (døgnstasjon). Ekkoloddutskrift (papir) med tørrvekt-verdier fra Mocness. Ca kl 18:30.* angir manglende tørrvektverdi.



Appendiks 5; Fig. 10. Stasjon 289 (døgnstasjon). Ekkoloddutskrift (papir) med tørrvekt-verdier fra Mocness. Ca kl 03:00. * angir manglende tørrvektverdi.



Appendiks 5; Fig. 11. Stasjon 290 (døgnstasjon). Ekkoloddutskrift (papir) med tørrvekt-verdier fra Mocness. Ca kl 07:00. * angir manglende tørrvektverdi.

Appendiks 6. Rådata som ble brukt til lineær regresjonen mellom ekkoverdier og biomasseverdier fra Mocness. deltadyp=antall m mellom øvre og nedre dyp for hvert Mocness-nett. aku=SA-verdi innenfor dybdeintervallet (deltadyp) innenfor logg. aku/deltad=aku/deltadyp. * angir at deltadyp er kompensert for avvik fra 1 nautisk mil.

stasjon, nett	logg	dybdeintervall,		aku	aku/deltad	fraksjon				ekko korrelert	ekko korrelert	ekko korrelert	ekko korrelert
		MOCNESS	deltadyp			krill mg/m3	>2000µ mg/m3	1000-2000µ mg/m3	180-1000µ mg/m3	med krill 0-500 m	med zoopl. >2000µ 0-500 m	med krill 200-500 m	med zoopl. >2000µ 200-500 m
232,1	4810,0-4811,0	247-225m	22	1,6258	0,0739	6,7467652	0,3696858	0,71	0	*	*	*	*
2	4810,0-4811,0	225-202m	22	1,6274	0,0739727	4,9858798	0,1947609	0,18	0	*	*	*	*
3	4810,0-4811,0	202-162m	40	0,9892	0,02473	4,4553244	0,2692778	0,64	0,2	*	*	*	*
4	4810,0-4811,0	162-134m	28	0,2048	0,0073143	3,640257	0	2,89	0,75	*	*	*	*
5	4810,0-4811,0	134-98m	36	1,6753	0,0465361	0,1734856	0,2602284	2	0,69	*	*	*	*
6	4810,0-4811,0	98-63m	34	2,3235	0,0683382	0,198334	0,595002	3,61	1,07	*	*	*	*
7	4810,0-4811,0	63-36m	28	1,1989	0,0428179	1,3358452	0	0,03	0,72	*	*	*	*
8	4810,0-4811,0	36-3m	16	1,0098	0,0631125	1,6417083	0,177482	0,4	0,13	*	*	*	*
236,1	4905,0-4906,0	389-300m	78	291,1331	3,7324756	0,0235636	0,471272	0,76	0,05	*	*	*	*
2	4905,0-4906,0	300-201m	96	71,4987	0,7447781	0,1471206	0	0,14	0	*	*	*	*
3	4905,0-4906,0	201-150m	52	16,699	0,3211346	0,2742481	0	0,02	0	*	*	*	*
4	4905,0-4906,0	150-101m	48	1,3626	0,0283875	0	0,4647724	0,02	0,02	*	*	*	*
5	4905,0-4906,0	101-76m	26	0,1489	0,0057269	0	0	0,34	0,04	*	*	*	*
6	4905,0-4906,0	76-52m	24	0,435	0,018125	0,5459216	0,5138086	0,87	0,16	*	*	*	*
7	4905,0-4906,0	52-25m	26	0,3496	0,0134462	0,2696145	0,2156916	6,07	0,92	*	*	*	*
8	4905,0-4906,0	25-3m	6	0,1716	0,0286	0	0,3104901	6,56	0,8	*	*	*	*
241,1	5377,0-5378,0	312-250m	62	2,3127	0,0373016	0,4936152	0,2038845	0,15	0	*	*	*	*
2	5377,0-5378,0	250-198m	50	1,6873	0,033746	2,5174584	0,0862143	0	0	*	*	*	*
3	5377,0-5378,0	198-149m	50	3,0581	0,061162	2,7971055	0,257445	0,24	0,01	*	*	*	*
4	5377,0-5378,0	149-100m	48	31,3804	0,6537583	11,56514	0,4807362	0,37	0,13	*	*	*	*
5	5377,0-5378,0	100-50m	50	15,9965	0,31993	37,213915	0,21361	1,42	0,43	*	*	*	*
6	5377,0-5378,0	50-24m	26	0,1961	0,0075423	52,807723	0,3218021	3,44	0,93	*	*	*	*
7	5377,0-5378,0	24-3m	4	0,0363	0,008075	10,987223	0,1830074	2	0,41	*	*	*	*
244,1	5485,5-5485,8	340-301m	9,5*	10,2446	1,0783789	30,874411	0,436631	1,07	0,21	*	*	*	*
2	5485,3-5485,8	301-253m	24*	18,8318	0,7846583	13,529124	0,3524229	0,14	0,04	*	*	*	*
3	5485,3-5485,8	253-202m	25*	20,8222	0,832888	0,7652364	0	0,88	0,49	*	*	*	*
4	5485,3-5485,8	202-167m	17*	16,5436	0,9731529	0,0972999	0	1,12	2,19	*	*	*	*
5	5485,3-5485,8	167-130m	19*	0,237	0,0124737	0,8464329	0	0,06	0,42	*	*	*	*
6	5485,3-5485,8	130-100m	13*	0,1532	0,0117846	11,586052	0,2249719	1,07	0,34	*	*	*	*
7	5485,3-5485,8	100-50m	25*	0,9887	0,039548	0	0,6623735	0,4	0,44	*	*	*	*
8	5485,3-5485,8	50-2m	15*	2,1285	0,1419	1,8832392	0	16,79	4,09	*	*	*	*

stasjon, nett	logg	dybdeintervall, MOCNESS	deltadyp	aku	aku/deltad	fraksjon				ekko korrelert	ekko korrelert	ekko korrelert	ekko korrelert
						krill mg/m3	>2000µ mg/m3	1000-2000µ mg/m3	180-1000µ mg/m3	med krill 0-500 m	med zoopl. >2000µ 0-500 m	med krill 200-500 m	med zoopl. >2000µ 200-500 m
246,1	5604,8-5605,8	583-503m											
2	5604,8-5605,8	503-398m	102	55,3472	0,5426196	0,6901311	0,1725328	0,15	0,03	*	*	*	*
3	5604,8-5605,8	398-303m	96	32,6214	0,3398063	3,0389557	1,2645319	2,14	0,24	*	*	*	*
4	5604,8-5605,8	303-202m	100	34,59	0,3459	10,367134	0,1008149	2,13	0,29	*	*	*	*
5	5604,8-5605,8	202-154m	48	26,3907	0,5498063	5,1346274	0,1001879	4,23	0,25	*	*	*	*
6	5604,8-5605,8	154-74m	80	74,7016	0,93377	3,7001785	0,2676978	3,46	0,57	*	*	*	*
7	5604,8-5605,8	74-44m	30	4,5613	0,1520433	0,1527236	0	7,57	1,46	*	*	*	*
8	5604,8-5605,8	44-2m	24	0,8431	0,0351292	0	0,0796654	16,45	5,2	*	*	*	*
252,1	5771,8-5772,8	504-401m	98	80,0808	0,817151	5,2484751	4,5628635	2,53	0,34	*	*	*	*
2	5771,8-5772,8	401-273m	126	190,6691	1,5132468	7,4213363	0,361038	0,57	0,09	*	*	*	*
3	5771,8-5772,8	273-199m	72	41,0549	0,5702069	0,6203223	0,1618232	0,93	0,31	*	*	*	*
4	5771,8-5772,8	199-147m	52	6,4888	0,1247846	0	0,1772218	0,04	0,05	*	*	*	*
5	5771,8-5772,8	147-94m	52	7,1318	0,13715	0	0,046067	0,24	0,09	*	*	*	*
6	5771,8-5772,8	94-52m	42	0,1818	0,0043286	1,8248608	0,5806375	1,46	0,3	*	*	*	*
7	5771,8-5772,8	52-25m	26	0,0849	0,0032654	0	0,0706797	15,22	2,59	*	*	*	*
8	5771,8-5772,8	25-4m	6	0,0843	0,01405	1,4293371	0,3216009	43,34	6,25	*	*	*	*
266,1	6129,0-6130,0	643-499m											
2	6129,0-6130,0	499-354m	146	242,7052	1,6623644								
3	6129,0-6130,0	354-251m	100	98,3827	0,983827	3,4355038	1,0843309	13,04	0,92	*	*	*	*
4	6129,0-6130,0	251-147m	104	110,6284	1,0637346	1,0045411	0,2064125	5,23	0,45	*	*	*	*
5	6129,0-6130,0	147-96m	52	85,8411	1,6507904	0,6189954	0,1934361	7,87	0,46	*	*	*	*
6	6129,0-6130,0	96-48m	48	164,9451	3,4363563	8,3507307	5,9973429	52,72	4,29	*	*	*	*
7	6129,0-6130,0	48-20m	28	31,2372	1,1156143	20,09747	0,7890462	35,88	5,24	*	*	*	*
8	6129,0-6130,0	20-0m											
287,1	6629,1-6630,1	641-551m											
2	6629,1-6630,1	551-452m	48	141,3423	2,9446313	14,288171	6,2596733	3,71	0,29	*	*	*	*
3	6629,1-6630,1	452-400m	52	243,1593	4,6761404	23,004336	5,5343025	12,04	0,79	*	*	*	*
4	6629,1-6630,1	400-250m	148	390,5306	2,6387203	2,8714048	1,4071785	26,79	0,99	*	*	*	*
5	6629,1-6630,1	250-151m	96	124,7792	1,2997833	0	0,1938469	0,43	0,04	*	*	*	*
6	6629,1-6630,1	151-102m	48	15,205	0,3167708	5,3466034	2,1062377	5,53	1,2	*	*	*	*
7	6629,1-6630,1	102-52m	50	0,0657	0,001314	0	0,3205699	0,59	0,25	*	*	*	*
8	6629,1-6630,1	52-2m	32	0,3836	0,0119875	0	0,2540447	4,49	1,03	*	*	*	*

stasjon, nett	logg	dybdeintervall,		aku	aku/deltad	fraksjon				ekko korrelert	ekko korrelert	ekko korrelert	ekko korrelert
		MOCNESS	deltadyp			krill mg/m3	>2000µ mg/m3	1000-2000µ mg/m3	180-1000µ mg/m3	med krill 0-500 m	med zoopl. >2000µ 0-500 m	med krill 200-500 m	med zoopl. >2000µ 200-500 m
288,1	6638,1-6639,1	614-497m											
2	6638,1-6639,1	497-377m		120	245,5224	2,04602	10,280743	11,236924	6,36	0,89	*	*	*
3	6638,1-6639,1	377-293m		82	47,0864	0,5742244	31,558277	5,0825921	24,54	0,83	*	*	*
4	6638,1-6639,1	293-245m		48	8,8798	0,1849958	2,1906896	1,742594	90,27	4,68	*	*	*
5	6638,1-6639,1	245-194m		50	10,3637	0,207274	2,3717759	1,1858879	22,59	2,25	*	*	*
6	6638,1-6639,1	194-96m		98	91,4391	0,933052	0,2908386	0,9140641	6,84	0,91	*	*	*
7	6638,1-6639,1	96-50m		46	30,6686	0,6667087	0	0,333287	0,69	0	*	*	*
8	6638,1-6639,1	50-0m		30	13,9945	0,4664833							
289,1	6646,1-6647,1	672-499m											
2	6646,1-6647,1	499-452m		48	46,6392	0,97165	0,9618547	9,832292	6,17	0,44	*	*	*
3	6646,1-6647,1	452-302m		148	449,0876	3,0343757	4,7447107	3,873355	12	0,43	*	*	*
4	6646,1-6647,1	302-199m		102	46,9274	0,4600725	11,084577	0,6368159	11,08	0,6	*	*	*
5	6646,1-6647,1	199-152m		46	22,0682	0,4797435	9,4833687	0,6369427	8,53	0,71	*	*	*
6	6646,1-6647,1	152-100m		52	160,8003	3,0923135	20,381284		3,64	0,23	*	*	*
7	6646,1-6647,1	100-49m		50	84,4679	1,689358	0	0,4324799	15,94	0,71	*	*	*
8	6646,1-6647,1	49-4m		30	26,8936	0,8964533	3,7543577	52,809441	37,46	1,93	*	*	*
290,1	6653,1-6654,1	606-498m											
2	6653,1-6654,1	498-402m		96	290,5231	3,0262823							
3	6653,1-6654,1	402-300m		102	268,016	2,6276078	17,691872	6,8434113	14,65	1,05	*	*	*
4	6653,1-6654,1	300-251m		50	6,0788	0,121576	3,6269944	4,8558121	19,56	0,46	*	*	*
5	6653,1-6654,1	251-199m		50	25,1382	0,502764	0	0,5565638	3,53	0,41	*	*	*
6	6653,1-6654,1	199-100m		100	129,7039	1,297039	0	0,2942534	2,23	0,46	*	*	*
7	6653,1-6654,1	100-52m		48	0,0246	0,0005125	6,886411	0	0,81		*	*	*
8	6653,1-6654,1	52-3m		32	0,1631	0,0050969		2,7131525	8,82	0,6066262	*	*	*

Appendiks 7. Resultat av de lineære regresjonsanalysene mellom ekkoverdier og biomasseverdier

fraksjon	dyp	regresjonslikning	R ²	n
krill	0-500 m	$\log(\text{mg krill}/\text{m}^3+0.1)=0.42\text{aku}/\text{deltad}+0.34$	0.07	76
Krill	200-500 m	$\log(\text{mg krill}/\text{m}^3+0.1)=0.24\text{aku}/\text{deltad}+0.54$	0.03	29
zooplankton >2000	0-500 m	$\log(\text{mg zooplankton } >2000\text{m}/\text{m}^3+0.1)=0.55\text{aku}/\text{deltad}-0.03$	0.22	75
zooplankton >2000	200-500 m	$\log(\text{mg zooplankton } >2000\text{m}/\text{m}^3+0.1)=0.60\text{aku}/\text{deltad}+0.08$	0.19	29