

**Magnar Aksland og John Alvsvåg\***  
**OBSERVASJONER AV MARIN FAUNA FRA**  
**FJERNSTYRT UNDERVANNSFARKOST**

*OBSERVATIONS OF MARINE FAUNA FROM A  
REMOTELY OPERATED VEHICLE (ROV)*

**HAVFORSKNINGSINSTITUTTET**

\* Adresse: Institutt for fiskeri- og marinbiologi, Univeristetet i Bergen,  
Høyteknologisenteret, 5020 Bergen, Norway

**Observasjon av marin fauna fra fjernstyrt  
undervannsfarkost**  
[Observations of Marine Fauna from a Remotely  
Operated Vehicle (ROV)]

av  
**Magnar Aksland og John Alvsvåg**

Institutt for fiskeri- og marinbiologi  
Universitetet i Bergen  
Høyteknologisenteret, 5020 Bergen, Norway

### **SAMMENDRAG**

En fjernstyrt undervannsfarkost, utstyrt med et CIT lavlys videokamera og en 330 kHz sveipesonar, ble brukt i forsøk for å observere marin fauna i løpet av tre perioder i 1988 (vår, høst og vinter). Farkosten ble operert via kabel fra et mindre fartøy, og dykkene ble utført i Raunefjorden og Korsfjorden sør av Bergen på steder med variert bunntopografi og dyp ned til 430 m.

Video opptak viser at faunaen av store arter lot seg observere og dels artsbestemme ved hjelp av kamera innenfor den visuelle rekkevidden under vann (8 - 12 m). Mindre og synlige arter lot seg også observere når de forekom tilstrekkelig nær kameraobjektivet, men artsbestemmelse var ofte vanskelig på grunn av smådyrenes relativt hurtige bevegelser over billedskjermen. Dagens utvikling av videokamera- og utstyr betyr imidlertid at den tekniske kvalitet av video observasjoner i havet allerede kan gjøres bedre enn våre opptak. Den raske videre utvikling på dette felt, representerer utsikter til betydelig sikrere bestemmelse av art og andre karakteristika av observerte dyr.

Generelt syntes dyrenes reaksjon på farkosten å være moderat, bortsett fra tilfeller hvor dyr forekom nokså nær farkosten. Det ser ut som at få av dyrene som er tilstede der farkosten beveger seg, rekker å unngå før de kan observeres med kamera. Spesielt virket farkostens lys lite skremmende. Derimot hadde lyset den velkjente tiltreknings effekt på mange dyr når farkosten stod stille. Alt i alt viste forsøkene at observerte dyr reagerte tilstrekkelig på farkosten, til at observasjon av sann atferd i dyrenes naturlige miljø vil være vanskelig. Egne eksperimenter må utføres for å klargjøre hvordan slik atferd best kan observeres fra fjernstyrt undervannsfarkost.

Nærobservasjon av nekton- og planktonfauna med smalstrålet sveipesonar viste seg lovende, idet både planktonorganismer og ulike størrelser av fisk lot seg registrere som oppløste ekko ut til avstander mellom 20 og 100 m fra farkosten, avhengig av tettheten av smådyrene. Mulighetene for videreutvikling av slike system, slik at registrerte dyr både kan posisjonsbestemmes og telles, er åpenbare.

### **Summary**

A cable - operated ROV, equipped with a CIT super sensitive videocamera and a 330 kHz scanning sonar, was used in trials to observe marine fauna during three periods in 1988 (spring, autumn and winter). The vehicle was deployed in the Raunefjorden and Korsfjorden south of Bergen, western Norway in areas of varied bottom topography and down to depths

of 430 m. Video recordings show that observation and determination of species of large animals are possible when these are within the range of visibility (8 - 12 m). Small animals were also observed when these were sufficiently near the camera lens, but the certainty of species determination decreased with decreasing range, due to the corresponding increase of speed over the field of view. However, the present development of cameras and video equipment means that video observations in the sea can already be done with better technical quality than those of our recordings, and this will continue to improve in the future.

In general, the animals react moderately to the presence of the ROV, except when in close proximity. It appears that few animals in the cruise path of the ROV will escape before they can be observed by the camera. Also, there did not seem to be any adverse effects caused by the lights on the ROV, except for the well - known attracting effect on most animals when the vehicle was standing still. In conclusion, these trials show that using ROV to study the true natural behaviour of marine animals in the wild may not be a simple task. Special experiments are needed to determine how natural behaviour best can be observed from a ROV.

Close range detection of nekton and plankton fauna with a narrow - beam scanning sonar (3°), was promising. Both plankton and different sizes of fish could be detected as resolved echoes in ranges from near 0 to 20 - 100 m from the vehicle, depending on the density of the smaller animals. The possibility of further development of such systems, enabling positions and counts of individual animals to be obtained, is obvious.

## INNLEDNING

Sitat:

"I virkeligheten er vår viten om havet, særlig om dyreverden i de større havdypene sørgelig ufullstendig. Vi har ennå ikke midler til å gjøre studier over hele den verden som lever litt dypere nede i vannmassene. Vi må flikke sammen et lappeteppes på grunnlag av de forholdsvis spredte og bruddstykkemessige iakttakelsene havekspedisjonene har evne til å bringe sammen gjennom en lang rekke av år."

Professor dr. Hjalmar Broch.

Oslo, November 1942

Overnevnte uttalelse (Gabrielsen 1944) er tankevekkende når grunnlaget for dagens viten om marine dyr og populasjoner skal oppsummeres. For en stor del er denne fremdeles basert på analyser av fangstprøver tatt med ulike redskaper i felt, samt på forsøk med levende dyr i laboratorium og felt. En viktig kilde til informasjon som er tatt i bruk etter overnevnte sitat, er ekkolodd og sonar. Disse instrumenter har særlig bedret kunnskapene om utbredelsesmønster, tetthetsvariasjoner og vertikalvandring for marine populasjoner i ulike skala, men er, på grunn av lav oppløsningsevne, mindre egnet til småskala studier av atferd og andre biologiske prosesser. Akustiske instrumenter er dessuten kun egnet til deteksjon av den delen av faunaen som står tilstrekkelig klar av bunnen. Det er imidlertid tvilsomt om en vesentlig vil kunne bedre forståelsen av, eller verifisere hypoteser om de grunnleggende økologiske prosesser i havet uten å observere marine dyr detaljert, direkte og uforstyrret i sitt naturlige miljø. Bortsett fra i områder som er tilgjengelige for dykking, har slike observasjoner vært både vanskelige og tungvinte å gjennomføre, da det krever fjernmanøvrering - og operasjon av nærobservasjons-instrumenter i havets ulike habitat. Den kvantitative kunnskapen om sjøbunnens "ikke akustisk detekterbare" makrofauna er spesielt basert på bruk av bunntral, grabb eller bokscorer. Siden slike redskaper bare kan anvendes der bunnen består av relativt fin og løs sediment, vil faunaen på deler av sjøbunnen som består av grovere sedimenter (grus, stein, fjell) ikke kunne studeres kvantitativt.

I de senere år er bruk av fjernstyrte undervannsfarkoster (FUF, /eng: ROV; Remotely Operated Vehicles) blitt vanlig ved flere typer undervanns-operasjoner, særlig innenfor oljevirkosomheten til havs, men andre anvendelser er også økende. Bruken av FUF som transportør og plattform for måle- og observasjonsinstrumenter innen havforskning og marinbiologiske studier viser også økning, men er ennå ikke vanlig, og det finnes få referanser til slik bruk i litteraturen. Bruk av FUF må imidlertid sees på som svært lovende til mange forskningsformål, og særlig for mulighetene til å bedre og effektivisere teknikker for nærobservasjon av naturlige biologiske fenomen. Dette var grunnen til at en gruppe ved Universitetet i Bergen og Havforskningsinstituttet planla et prosjekt for å vinne erfaring i bruk av en instrumentert FUF til marinbiologiske feltstudier. Det ble besluttet å kjøre en del snitt langs bunnen og observere dyr ved hjelp av videokamera og en høyfrekvent sveipesonar. Formålet var, foruten å vinne erfaring i operasjon, å skaffe kunnskap som vil være nyttig ved spesifikasjon av undervannsfarkoster for bruk til biologiske undersøkelser, samt å bli bedre klar over hvilke forventninger en kan ha til slike i fremtiden. Undersøkelsene hadde status som et forprosjekt.

Noen anvendelser av FUF innen forskning relatert til fiskeri og marin biologi kan nevnes: Bergström, Larsson og Petterson (1987) brukte en kommersiell FUF med undervannskamera til bestemmelse av reketettheter i en fjord på den svenske vestkysten. Ona og Eger (1987) brukte en FUF med en sveipesonar for bestemmelse av eksakt geometri og oppførsel til tråler under operasjon. Det er også rapportert om bruk av FUF til kartlegging av egg på gytefelt for sild i Gulf of Maine (Smith 1985). Selv om bruken av FUF i oljevirkosomhet har tekniske og produksjonsmessige formål, har den ikke vært uten marinbiologisk utbytte. Basert på kameraobservasjoner fra en FUF, beskriver Hovland & Thomson (1989) den synlige bunnfauna over spesielle lokaliteter i Nordsjøen som er utsatt for naturlig gasslekasje gjennom bunnsubstratet.

En betydningsfull forskning innen utvikling og bruk av FUF med relevans til marin biologi, foregår i dag ved Monterey Bay Aquarium Research Institute i California. Dette instituttet satser generelt på utvikling av farkostteknologi for dyphavsforskning, inklusive marin biologi, og legger forskningsresultater, observasjoner og erfaringer inn i en database, som kan nåes via et offentlig datanettverk (Barber 1989). En rikt illustrert beskrivelse av Monterey Bay, dets fiskerihistorie og nyere marinbiologisk forskning finnes dessuten i Gore (1990) Det kan også nevnes at mer primitive undervannsfarkoster ble benyttet til marinbiologiske studier, før fjernstyrte farkoster ble tilgjengelige. Se f. eks. Caddy (1970). Gulliksen (1974) gir forøvrig en oversiktlig beskrivelse av observasjonstekniske problem, og deres antatte fremtidige løsninger for studier av økosystemene på bunnen. På denne tiden var troen på bemannede undervannsfarkoster fremtredene som et framtidig redskap til biologiske undersøkelser.

## MATERIALE OG METODE

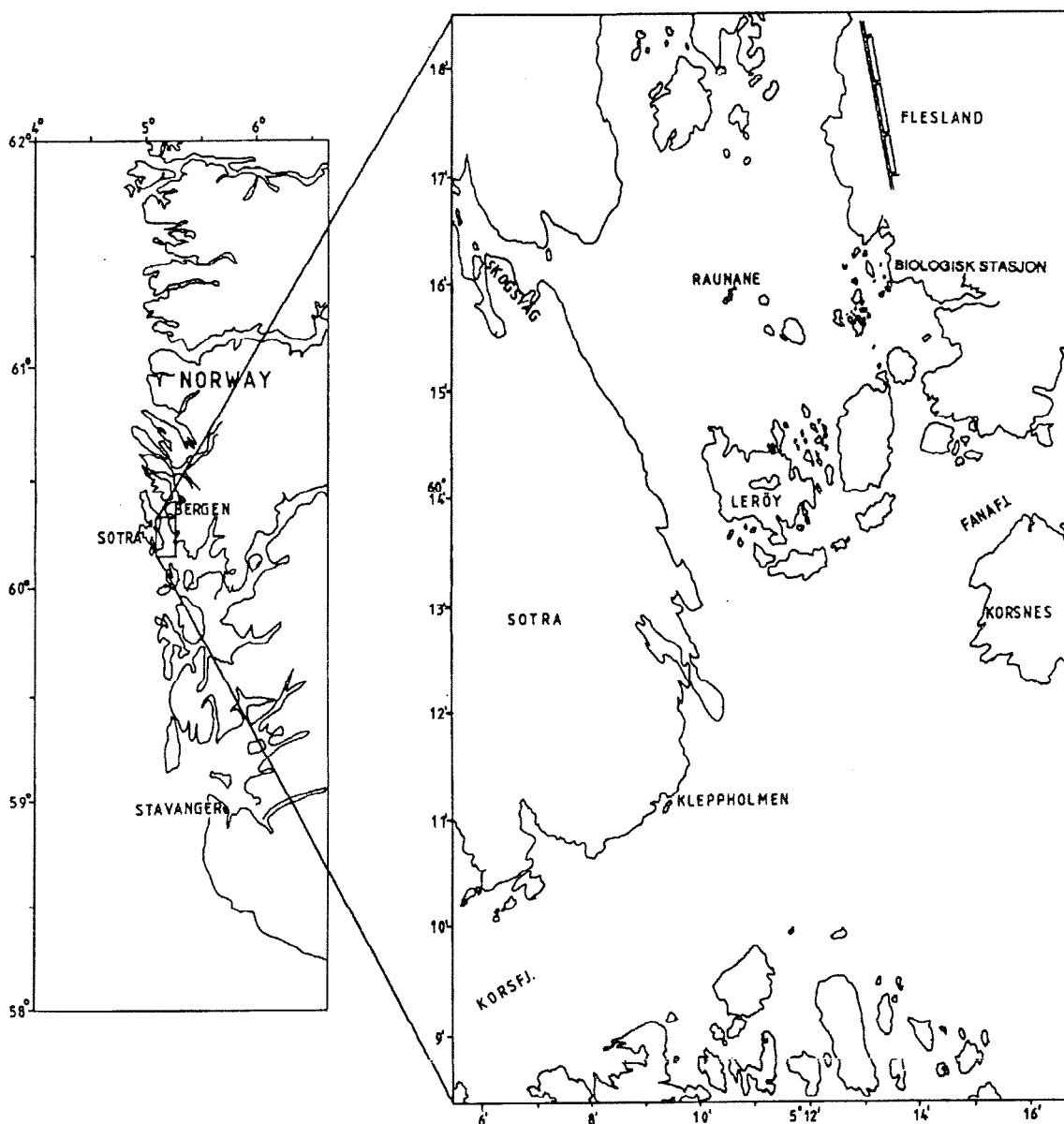
I samarbeid med firmaene Total Subsea a/s og Radek Ocean Research a/s, i Bergen, ble undervannsfarkosten "Buster" (Total Subsea) utrustet med firmaets undervanns videokamera (Supersensitive SIT) og en 330 kHz sveipesonar (Mesotech) fra Radek Ocean Research. "Buster" er en kabelstyrt farkost på ca 100 kg uten instrumenter, og kan opereres fra et mindre fartøy. Farkosten kan arbeide i dyp ned til 500 m. Tekniske data er gitt i appendix 1.

SIT er et lavlys svart-hvittkamera med følsomhet til å kunne observere synbart ned mot 100 m på dagtid, uten bruk av kunstig lys. Lysforsterkningen reguleres automatisk, og er omvendt proporsjonalt med motivets midlere lysstyrke over billedflaten. Kameraet består av et vidvinkelobjektiv som gir stor dybdeskarphet. Det var montert i en vippeanordning, og kunne vippes mellom horisontalt forover og loddrett nedover under operasjon. "Buster"'s lysutstyr

bestod av to foroverrettede 250 watt halogen lamper, som var plassert oppe på hver sin side av farkosten.

Mesotech sonaren har roterende motorstyrt svinger, slik at akustisk akse dreies i et plan og kan sveipe trinnvist frem og tilbake over gitte sektorer. For at ekkointensiteter fra organismer med samme målstyrke skulle være avstandsuaavhengige, var sonaren utstyrt med en spesiell tidsvariert signalforsterkning (TVG) som fulgte en 40 log R funksjon fram til utløpt TVG ved ca 35 m. Med en bryter på svingeren kunne åpningsvinkelen settes til "vifte" ( $3^{\circ} \times 60^{\circ}$ ) eller "kon" ( $3^{\circ} \times 3^{\circ}$ ). Sonaren var fast montert, slik at akustisk akse i nullstilling pekte på skrå nedover og forover, med en helning på ca  $45^{\circ}$ , men mer vertikale og mer horisontale helninger ble også brukt.

Som område for undersøkelsen ble valgt Raunefjorden/Korsfjorden syd for Bergen, og øst og syd for Sotra (Figur 1). Her er det varierte bunnforhold og dyp ned til 700 m. Faunaen i området er dessuten godt kjent fra mange års virksomhet av marinbiologer ved Universitetet i Bergen.

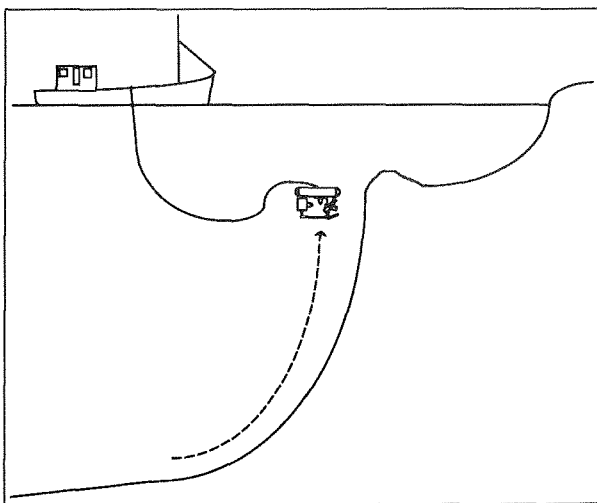


Figur 1. Området for undersøkelsene [ The area of investigation]

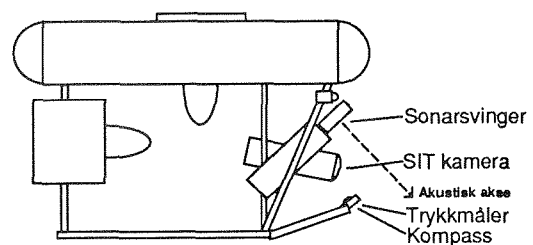
Bortsett fra en kortere periode med leiet fartøy, ble Universitetet i Bergen's fartøy "August Brinkman d. e." benyttet. Dette var stasjonert ved Universitetet i Bergen's biologiske stasjon i Fana, hvor toktene startet. Fartøyet er 49 fot, er utstyrt med vinsj og bom, generator og et 50 kHz ekkolodd fra Simrad, type "Skipper". Medbragt båtplassert utstyr bestod av krafttilførsel og kontrollpanel for FUF, videoskjerm for SIT kamera, videoskjerm for Mesotech sonar, en omformer fra RGB til PAL videoformat, samt 2 - 3 videoopptakere. Både VHS og Video 8 ble benyttet, samt U-Matic lowband for innspilling av sonarbildet. I tillegg ble et 8 mm videokamera benyttet til opptak av toktvirksomheten om bord. Vi disponerte ikke utstyr for kontinuerlig posisjonsregistrering av undervannsfarkosten under operasjon, men farkostens bevegelsesrute kunne likevel registreres godt nok til vårt formål, ved hjelp av farkostens kompass, trykkbaserte dybdemåler og sveipesonar, båtens ekkolodd, samt lengde og retning på utgitt kabel.

Toktvirksomheten ble organisert som dagtokter innen konsentrerte perioder om våren og høsten 1988. Før hver toktperiode ble undervannsfarkosten klargjort og prøvet både operasjonelt og instrumentelt. Av praktiske årsaker foregikk toktvirksomheten i periodene 6/6 -10/6, 31/ 8 - 6/9 og 9/12 - 13/12 i 1988.

Dykk i områder med bratt og ujevn bunn ble prioritert. Dette er områder som både er vanskelige å observere ved hjelp av skrogmontert ekkolodd-svinger, og til å ta prøver fra med tråredskaper. Stort sett ble det valgt å gå langs dybdegradienten, nedenfra og oppover, enten mot strandlinjen eller en grunne. Således startet dykkene med et loddrett snitt fra overflaten og ned til bunnen, ofte på det dypeste stedet av dykket. Undervannsfarkosten holder seg automatisk horisontalt orientert i vannet. Derfor ble instrumentene montert som vist i figur 3 for observasjon mot stigende bunn. Følgefartøyet og farkosten under et typisk dykk, er vist i figur 2. Utsetting og opptak av farkosten foregikk ved hjelp av båtens vinsj, og kabelen ble gitt ut og tatt inn med hånd. Neddykking foregikk langsomt (noen få dm/s i snitt) ved hjelp av farkostens motorkraft. Tiden for å nå et gitt dyp kan reduseres betydelig ved å bruke vekter som siden slippes, men dette ble ikke benyttet av oss, siden vi da ville gått glipp av kameraobservasjonene på vei ned. Opptak av farkosten gikk derimot raskere fordi det ble halt i kabelen på vei mot overflaten. Det ble planlagt å arbeide i dybdeområdet 0 - 500 m. Det var ikke forsvarlig å gå dypere av hensyn til farkostens flottører og fremdrifts-system. Under første og siste toktperiode var vi imidlertid bare utstyrt med 300 m kabel, mens vi i høstperioden disponerte 600 m kabel.

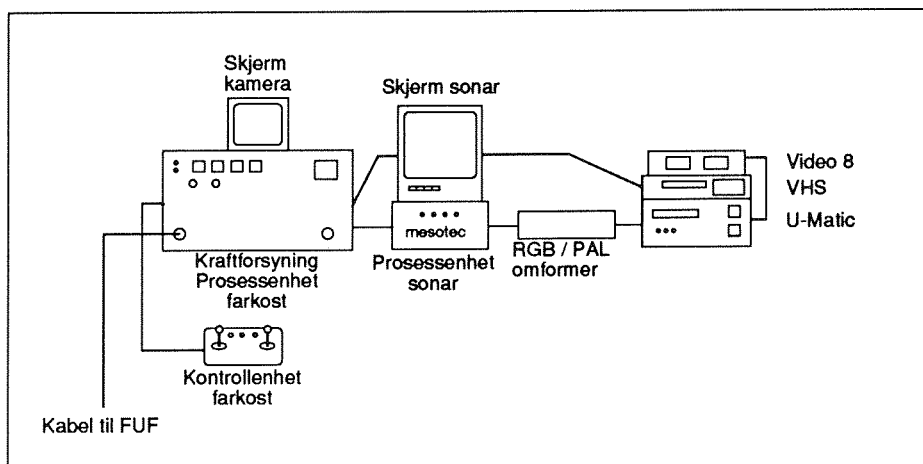


Figur 2. Farkost og fartøy under et typisk dykk  
[Vehicle and vessel during a typical dive]



Figur 3. Farkosten med instrumenter  
[The vehicle with instruments]

Konkrete valg av dykkposisjoner ble gjort ut fra vurderinger av bunntopografien, både fra sjøkart og fra ekkogram. Eventuelle registreringer over bunnen på båtens ekkolodd var også avgjørende. Under dykk ble bildene fra kameraet og sveipesonaren vist på videoskjermer, og ble samtidig spilt inn på videobånd. Utgangssignalet fra kamera (PAL-signal) var koblet til en VHS maskin, mens bildeutgangen fra sonaren (RGB-signal) var koblet via en RGB til PAL omformer, til en video 8 maskin, og senere også til en U-Matic maskin. Instrumentoppsettet om bord er vist i figur 4.



Figur 4. Instrumentoppsettet om bord i fartøyet  
[The instrument setting on board the vessel]

Dykkene ble startet i rom sjø, bortsett fra noen få tilfelle, hvor det var kamerakontakt med bratte skråninger og stup under neddykk. For å kunne se godt med kameraet, ble kunstig lys benyttet under ca 50 - 70 m. Før hvert dykk ble Mesotech innstilt på lengste rekkevidde (100 m), og etterhvert redusert trinnvis når farkosten nærmet seg bunnen. Begge strålediagrammer, "vifte" og "kon", ble forsøkt i første toktperiode, men senere ble bare "kon" valgt, da den ga betydelig kraftigere signal, hadde lengere rekkevidde og bedre oppløsning enn "vifte". Mottakerforsterkningen på sonaren ble justert subjektivt, slik at enkle ekko fra selv små planktonorganismer var synlige innenfor TVG området, uten at støy samtidig var synlig i sonarbildet. En innstilling litt under maksimal forsterkning syntes å gi et brukbart resultat i de fleste tilfelle, selv om ekko fra større fisk da var overstyrte. En sveipesektor på 120° sentralt omkring null-linjen ble benyttet, bortsett fra i helt spesielle tilfelle. Majoriteten av snittene ble utført slik at bunnen var synlig på kameraet (dvs 1 - 3 m over bunnen), og da ble sonarbildet med kortest rekkevidde (5 m) brukt på Mesotech.

Basismaterialet fra toktvirksomheten består hovedsakelig av videoinnspillinger. Kamera opptakene (kommersiell VHS) dekker alle dykk komplett, fra farkosten ble satt ut til den ble heist inn, bortsett fra enkelte korte avbrudd (båndskift og lignende). Sonarbildeopptakene foreligger på video 8 bånd og på U-Matic bånd, men er ikke komplett på grunn av uforutsette problem med videoinnspillingen. Dette skyldtes dels vanskeligheter med omforming av signalet fra RGB til PAL format, men også at bildesignalet fra sonaren var for krevende for både VHS maskiner og Video 8 maskiner. Først etter å ha skiftet RGB til PAL omformer og skaffet en U-Matic Lowband videomaskin til innspilling av sonarbildet, ble det mulig å gjøre tilfredstillende opptak.

Alle video opptakene er gjennomsett og kontrollert, og utvalgte deler er kopiert til 1' VHS på Mediesenteret ved Universitetet i Bergen. Kopien inneholder en tidsreferanse, med nøyaktighet på et stillbilde, som kan brukes for å spesifisere sceneutsnitt. Ved hjelp av redigeringsutstyr, som bl. a finnes på Universitetets mediesenter, kan disse settes sammen til

ferdig redigerte videoer. Ved et par anledninger er dette gjort i forbindelse med presentasjonsvirksomhet.

Stillbildeutsnitt, som er brukt til illustrasjoner i denne rapporten, er laget ved hjelp av en personlig datamaskin med digitaliseringskort for video, og program for billedbehandling. Rutiner for å bedre kontrasten, og for å få fram mørke partier i bildet, ble særlig benyttet.

Dykkenes posisjoner og bevegelsesretning, for hver toktperiode, er vist i figur 5. Disse dekker et variert utvalg av bunntyper som fjell, stein/grus og mudder/leire; og bunntopografi av typen loddrette stup, ulike skråninger, lokale topper, flater så vel som overganger mellom slike. Mesteparten av dykkene foregikk på dyp som krevde kunstig lys for å kunne observere tilfredstillende med kamera (i praksis under ca 70 m). Vi har likevel nok observasjoner med kun naturlig lys til å kunne gjøre sammenligninger.

## RESULTATER

### Operasjonserfaringer

Farkosten "Buster" klarer ifølge oppgitte data en fart på omtrent 1 m/s i forover retningen med en total trust på 25 kg. I praksis er farten svært avhengig av operasjonsdyp og strøm. Vi disponerte ingen hjelpemidler for å måle strøm der vi dykket, men vi erfarte ofte at det var vanskelig, og til tider umulig å bevege farkosten mot strømmen, særlig på dyp under et par hundre meter. Dype dykk ble derfor etterhvert planlagt slik at farkosten gikk med strømmen. Vi opplevde også at strøm trakk kabelen ut i en liggende U-form ved vertikale dykk. Dette begrenset det dyp farkosten kunne nå ved egen motorkraft. En annen effekt som oppsto når motorene arbeidet mot strekk i kabelen, var at farkosten ofte fikk ukontrollerte vippebevegelser. Den fungerte derfor bare delvis som en stabil plattform for instrumentene. Våre erfaringer tyder på at farkoster av "Buster"'s størrelse og motorkraft, og med tykk kabel (kabel med diameter 13 mm ble brukt), har betydelige manøvrerings-begrensninger i strøm på noen dm/s, og på store dyp, særlig dypere enn 200 m. På grunn av farkostens langsomme fart, både under neddykking og bevegelse forover, var dykkene tidkrevende. Det ble normalt ikke tid til mer enn fire dykk i løpet av en vanlig arbeidsdag, som også inkluderte gangtid og tid for klargjøring.

Når det manøvreres nær ujevn bunn, er det alltid en risiko for å skade farkosten og dens utrustning, ved å støte borti harde objekt, som fjellskrenter og store steiner. Det kan skje hvis kontrollen over farkosten tapes en stund. Vi erfarte to årsaker til dette som bør nevnes. Den ene er når det plutselig oppstår for stort strekk i kabelen. Dette skjedde flere ganger på grunn av strøm eller avdrift av følgefartøyet. Det kunne se dramatisk ut, men i slike tilfelle ble alltid farkosten trukket bakover, slik at instrumentene og andre vitale komponenter, som var montert foran eller innenfor farkostrammen, ikke ble utsatt for kollisjonskader. Den andre er når en motor svikter. Vi erfarte en dramatisk kontrollsvikt på grunn av dette, da noe viklet seg inn i en propell under neddykking ved et loddrett stup. Farkosten var på ca 300 meters dyp og skrenset flere ganger mot fjellveggen, før det lyktes å trekke den ut i fri sjø. Selv om vi ikke var utsatt for alvorlige skader på farkosten i løpet av toktvirksomheten, viste det seg svært nyttig å ha med ingeniører fra Total Subsea a/s. De hadde med verktøy og viktige reservedeler, slik at nødvendige reparasjoner kunne utføres på stedet. Ut fra vår erfaring er det ikke tilrådelig å utføre lignende operasjoner, uten rask tilgang på såvel viktige reservedeler som teknisk personell med erfaring og kjennskap til farkosten.



## Kameraobservasjonene

Det generelle intrykket av brukbart eksponerte kamerabilder avhang av, om opptaket ble gjort med eller uten kunstig lys. Når farkosten brukes grunnere enn ca 70 m, og lampene er avslått, er bildet fremfor alt fattig på kontrast. Kontrasten avtar med motivets lysstyrke, og billedkvaliteten er dårlig, særlig når kameraet arbeider med maksimal lysforsterkning. Da var også signal/støy forholdet så dårlig at støy var synlig i bildet. Mindre organismer og partikler var usynlige uten bruk av kunstig lys, og selv større dyr som fisk kunne være vanskelige å oppdage. Et unntak fra dette var observasjoner mot overflatelyst. I moderate dyp kunne dyrene vise seg som mørke siluetter mot lys bakgrunn, og spesielt større fisk kunne observeres på lang avstand (Figur 6b,11). Mindre plankton og partikler var imidlertid usynlige også i motlys.

Ved bruk av kunstig lys fungerte kameraet ulikt ved observasjoner i fri sjø og ved observasjoner hvor en reflekterende flate, som bunnen, dekket mesteparten av billedflaten. Dette skyldes SIT kameraets automatiske forsterkning av bildesignalet og mangel på manuell justering. Det har den ulempe at deler av et motiv med lysstyrke forskjellig fra gjennomsnittet for billedflaten blir feileksponert. Under observasjon i fri sjø førte dette til at organismer og partikler nær kamera, og som derfor var sterkest belyst, ble overeksponerte. Av små arter, som bare lar seg observere på kort avstand, var det derfor kun de som lot seg bestemme ut fra siluetten, som lot seg klassifisere til type eller art. SIT- kameraets gode dybdeskarphet førte ellers til at rolige plankton-organismer kunne observeres skarpt selv helt inne ved kameralinsen. På grunn av SIT- kameraets gode lysfølsomhet, var mindre partikler og planktonorganismer alltid synlig like foran kameralinsen, og selv om tettheten varierte, ble disse observert overalt hvor farkosten beveget seg i fri sjø. Særlig dominerende fremkom såkalt marin snø på kameraskjermen. Dette er flak av synkende organisk materiale (Aldredge og Silver 1988). Denne fantes på alle steder, og i alle dyp, unntatt like under overflaten. Den relativt sterke lysrefleksjonen fra marin snø virket, til tider, forstyrrende på observasjoner av andre ting. Spesielt var det umulig å anslå forholdet mellom tettheten av plankton og marin snø, idet det var vanskelig å se forskjell på marine snøflak og plankton-organismer av noenlunde samme størrelse. En annen plassering av lyskilden (ikke direkte foroverrettet belysning) ville, ifølge uttalelser fra andre brukere av undervannsfarkoster, ha redusert den tilsynelatende dominans av marin snø.

Kamerabildet var best eksponert når bunnen, eller en annen reflekterende flate, dekket mesteparten av billedflaten. Det må imidlertid poengteres, at mange planktonorganismer som kan sees i frie vannmasser, er så transparente at de ikke kan sees mot en reflekterende bakgrunn.

Relative bevegelser av billedmotivet, under bruk av kameraet, reduserte til en viss grad observasjonsmulighetene. Spesielt zooplankton og andre mindre partikler, som kan identifiseres når de forekommer nær kameralinsen, passerte vanligvis for hurtig over skjermen til at dette lot seg gjøre. Selv om årsaken er en kombinasjon av strøm, organismenes egenbevegelse og farkostens bevegelse, var farkostens bevegelse den viktigste årsak under normal gangfart (0.5 - 1m/s). Forøvrig var det bare innenfor de nærmeste dm fra kameralinsen at organismenes relative bevegelse var den viktigste begrensende faktor ved identifisering. Men denne sonen vil øke ved øket gangfart. Disse erfaringene støtter forventningen om at det er nær proporsjonal sammenheng mellom størrelsen på de minste dyrene som lar seg identifisere, og den fart som benyttes på farkosten.

Den tekniske kvaliteten på kameraopptakene var varierende. Mye av dette skyldes nok endringer i signal støyforholdet i billedsignalet på grunn av SIT kameraets automatikk, men innspilling til kommersielt VHS utstyr har også redusert kvaliteten synbart. Bruk av mer profesjonelt innspillingsutstyr ble imidlertid ikke prioritert, da virksomheten hadde status som et forprosjekt. Ytterligere teknisk kvalitet tapes under redigering med gjentatt kopiering til kommersielt VHS utstyr (bildet blir mindre skarpt). Det betyr at profesjonelt

innspillingsutstyr bør brukes hvis formålet er å lage gode redigerte opptak. Et annet argument for dette er at kommersielle VHS maskiner mangler en standard tidsreferanse som trengs for å gjøre et rasjonelt redigeringsarbeid.

### Sonarobservasjonene

Ved bruk av "kon" (3° innenfor -3dB av strålediagrammet) ble det observert så godt som bare oppløste ekkoregistreringer innenfor 10 m avstand. Vurdert ut fra kameraobservasjonene, var dette stort sett ekko fra planktonorganismer (hovedsakelig krill). Der det var pelagiske fiskeforekomster kunne vi på lenger avstand også observere mange fiskeekko, og det var tilsynelatende enkelt å skille litt større fisk fra plankton ved hjelp av fargerepresentasjonen på sonarbildet, selv langt utenfor utløpt TVG. For hver gang det sveipes over en 120° sektor, avsøker sonarstrålen (innenfor -3 dB, kon) et areal gitt ved  $0.11R^2$ , der R er avstand fra svinger. På 1 m avstand avsøkes altså  $0.11 \text{ m}^2$ , på 3 m  $1 \text{ m}^2$  og på 10 m  $11 \text{ m}^2$ . Dette forklarer at det kun observeres sporadiske ekko på få meters avstand. Store deler av sonaropptakene fra snitt hvor farkosten har kamerakontakt med bunnen, er derfor av liten interesse.

En effekt av å anvende en forsterkning som gir gode ekko fra selv små planktonorganismer, er at bunn og/eller overflateekko fra retninger utenfor hovedstrålen avtegner seg tydelig på skjermen. Dette skjedde på alle aktuelle observasjonsavstander, selv utenfor utløpt TVG. Under neddykk viste for eksempel overflateekkoet seg på sonarskjermen ned til rundt 70 m dyp selv når sonaren sveipet på skrå nedover. Det var derfor ikke mulig å observere mål på lenger avstand enn korteste vei til bunnen selv om hovedstrålen pekte på skrå forover.

Marin snø, som til tider var ganske dominerende på kamerabildet, viste seg tilsynelatende ikke som ekko på sonarbildet. Som regel var "snøflakene" blandet med plankton som ga ekko, men det var også situasjoner med masse marin snø på kamerabildet, uten ekko av betydning på sonarbildet.

Det ble observert sterk støy (radiale striper) på sonarbildet ved kraftig bruk av farkostens motorer. Dette hadde trolig elektriske årsaker og vil således kunne avverges ved å modifisere systemet.

### Konkrete resultater fra dykkene

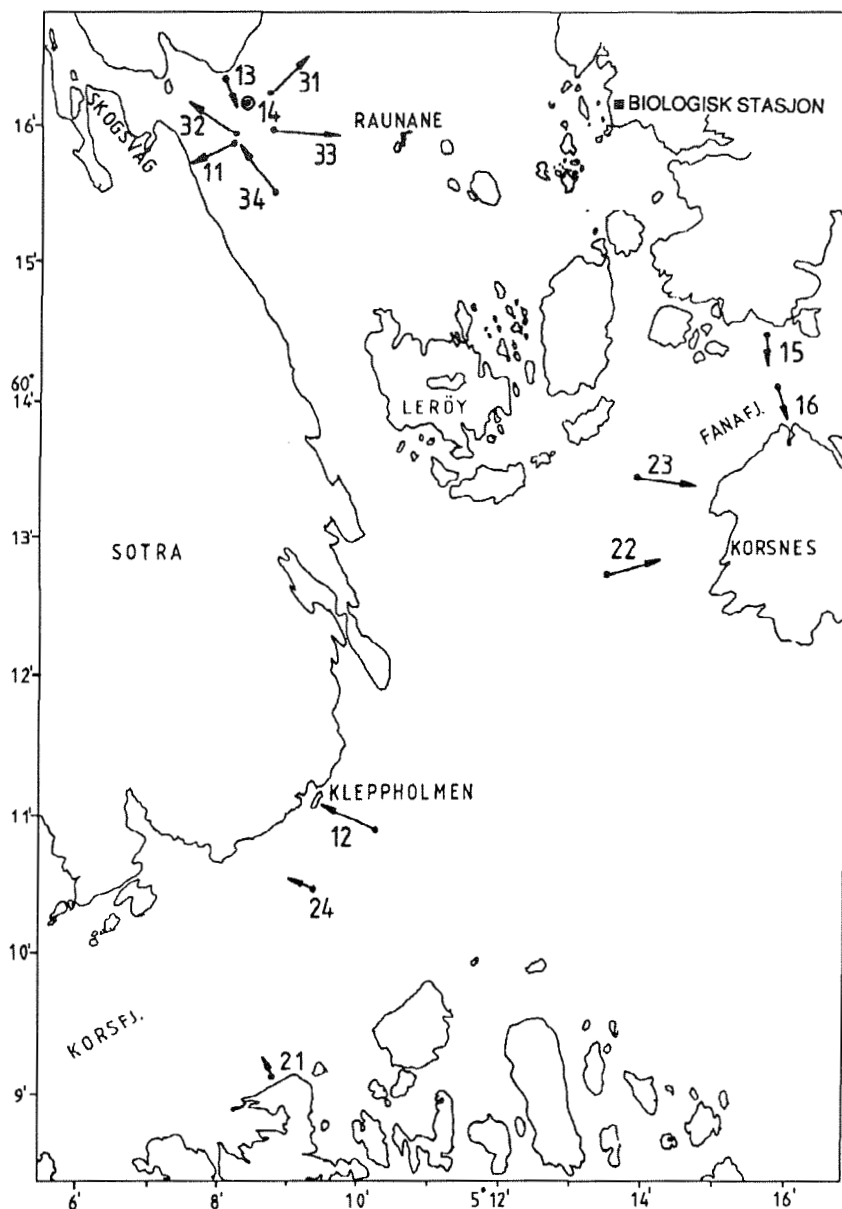
Posisjoner, bevegelsesretning og anslag for horisontal snittlengde er vist i figur 5 for hvert enkelt dykk. Følgende tabell gir dato i 1988 og anslag for maksimalt dyp for dykkene:

Vår			Høst			Vinter		
Dykk nr.	Dato	Max dyp	Dykk nr.	Dato	Max dyp	Dykk nr.	Dato	Max dyp
11	7/6	200	21	31/8	300	31	9/12	230
12	8/6	250	22	1/9	250	32	9/12	230
13	9/6	180	23	2/9	180	33	12/12	230
14	10/6	200	24	6/9	430	34	12/12	250
15	10/6	100						
16	10/6	130						

Som figur 5 viser, var dykkoperasjonene begrenset til følgende tre område:

1. utenfor Skogsvågen,
2. i Korsfjorden sørøst av Sotra, og
3. vest og nord av Korsneset

I deler av første og under hele siste tokttperiode ble det dykket i det førstnevnte området, mens området 2 og 3 ble undersøkt dels i vår og dels i høstperioden.



Figur 5. Posisjoner, retninger og anslag for horisontale snittlengder for hvert enkelt dykk [Positions, directions and estimated horizontal lengths of each dive] (⊙, Et vertikalt dykk [A vertical dive] )

Dykk nr  $ij$  betyr [The meaning of dive no  $ij$  are]:  $j$  = kronologisk dykk nr [cronological dive no], og [and]

$$i = \begin{cases} 1, \text{ vår [spring] 1988} \\ 2, \text{ høst [atumn] 1988} \\ 3, \text{ vinter [winter] 1988} \end{cases}$$

## 1. RAUNEFJORDEN/SKOGSVÅGEN

Det undersøkte området er del av en typisk Vestlandsfjord med tilhørende fauna og flora og består av en nord- sydgående, østkrummende renne, ca. 200 - 250 m dyp. Området er godt

undersøkt av ulike institutt ved UIB, og noen av kommentarene til makrofaunaen baserer seg også på erfaringer fra disse.

Bunndyrsamfunnet var dominert av svamper og ulike bløtkoraller. En annen art som ble observert på de fleste opptakene var rødpløse (*Stichopus tremulus*). Erlingur Haukson (1977) har undersøkt tettheten av rødpløse i dette området i forbindelse med et hovedfagsarbeid. Han kom fram til et minimumstall på 3.3 individ pr. 100 m<sup>2</sup>. Dette baserer seg på tråltrekk fra ca 250 meter. På grunn av manglende posisjoneringsutstyr på farkosten er denne tallverdien vanskelig å verifisere.

Fiskefaunaen i området er også godt kjent. Prøvetaking med bunntål har vist mengder av sølvtorsk, selv om denne arten kun ble sporadisk observert under opptakene. Årsaken til dette kan være at sølvtorsken står noe høyere over bunnen enn det en filmet fra. En annen art fra tråltrekkene er firtrådet tangbrosme (*Rhinonemus cimbrius*). Arten lever av smådyr som den finner på bunnen. Selv om store deler av opptakene er fra mudderbunn, ble det ikke gjort en eneste observasjon av denne arten. Det kan tenkes at fisken lever delvis nedgravd i mudderet, og er derfor vanskelig å observere med undervanns-farkosten.

I vårperioden ble dykkelokalitetene 11, 13 og 14 (figur 5) valgt ut i angjeldene området. Det første dykket ble gjort ned til bunnen av renna, derfra fulgte en bunnen oppover mot land. Det andre gikk nedover langs en fjellskrent, mens det siste dykket var en direkte nedstigning fra overflata og ned til bunnen. Disse områdene vil bli omtalt hver for seg.

#### Dykk 11

Denne delen av fjorden har et dyp ned til ca. 250 meter. Dykket gikk ned i renna utenfor den mere steinete kanten mot Sotra og fortsatte oppover mot land. Nede i renna besto bunnen for det meste av leire og mudder. Faunaen var dominert av griseøresvamp (*Phakellia ventrilabrum*) og den noe større svampen *Geodia baretii*. Det ble også observert planktoniske arter som krill og ribbemaneter. Nærmere land ble det filmet uten lys. Bunnen her var mere steinete og faunaen skiftet karakter. Her stod det en del fisk både i skråningen og nede mellom steinene. Særlig karakteristisk var en del observasjoner av fisk gjort oppover skråningen mot overflatelyset (Figur 6b, 11). Størstedelen av dette var sei (*Pollachius virens*) og lyr (*Pollachius pollachius*). Mellom steinene ble det dessuten observert innslag av uer (*Sebastes spp.*). Disse fiskene viste ikke noen tydelig reaksjon på farkosten før den var helt inntil. Dypet var her fra 50 til 75 meter.

#### Dykk 13

Lokaliteten ble valgt ut for å observere faunaen i og rundt en fjellvegg. Farkosten fulgte vegen fra overflaten og ned til 190 meter, der den gikk over i en slakk skråning med leire/silt som flatet ut til en typisk fjordbunnslette. Gjennom hele dykket ble det observert solitære arter i bergveggen. For det meste var det ulike cnidarier og svamper. I tillegg ble det registrert noen rørbyggende børstemakker. Vannmassene bar preg av samme planktonorganismer som på det første dykket, men i mindre mengder. Nede på bunnen var rødpløse og griseøresvamp de mest iøynefallende organismene.

#### Dykk 14

Dette dykket ble gjort sør for foregående posisjon. Her ble det gjort et dykk fra overflaten og rett ned til ca. 200 meter. Igjen ble det observert et rikt planktonlag med mer eller mindre sporadiske innslag av beitende sei. Fordelingen av enkle fisk i planktonforekomsten lot seg tydelig registrere på avstander opp mot 100 m på Mesotech ved bruk av "kon".

De resterende dykk i området, dykk 31, 32, 33 og 34 (figur 5), ble gjort i vinterperioden og beskrives enkeltvis nedenfor.

#### Dykk 31

Dette dykket startet i de nordlige delene av renna. Farkosten gikk ned til ca. 250 meter og fulgte bunnen oppover mot grunnere vann. Bunnen var en lett blanding av leire og større

steiner. Det ble observert noen fisker ved bunnen. De lot seg ikke identifisere med sikkerhet direkte, men på grunn av den nære tilknytningen til bunnen, er det sannsynligvis kolmule (*Micromesistius poutassou*). En kom også over en brosme (*Brosme brosme*). Denne viste liten reaksjon på miniubåten før det ble direkte kontakt mellom fiskekroppen og farkosten. Ellers var området preget av svamper av ulike arter. Det ble også observert noen bløtkoraller, trolig *Gorgonia arborescens*. I vannet var det her også planktoniske arter som krill og pilormer.

#### Dykk 32

Dette dykket ble planlagt gjennomført som det forrige, men i en noe annen retning. Farkosten gikk ned til bunnen av renna og fortsatte mot nordvest. På grunn av vanskelige strømforhold ble ikke skråningen opp mot grunnere vann nådd. Bunnen var her også preget av leire/mudder. Nede langs bunnen ble det gjort en del observasjoner av vassild/strømsild (*Argentinidae spp.*) og kolmule. Det ble i tillegg gjort et par observasjoner av havmus (*Chimaera monstrosa*). Denne fisken lever hovedsakelig på dypt vann og er derfor vanskelig å observere. Det har lenge vært kjent at fisken har en giftig pigg i fremre kant av ryggfinnen, men en vet lite om hva denne piggen blir brukt til.

Opptakene viste et noe særegent svømmemønster hos denne fisken. På avstand svømte fisken i rolige glidende bevegelser langs bunnen. Etter hvert som den nærmet seg farkosten ble denne glidende svømmingen brutt opp i små hopp opp fra bunnen, omtrent en kropplengde høye. Det såg ut som om fisken skjøt rygg, og dermed også giftpiggen opp, i disse hoppene. Dette kan være en forsvarsreaksjon overfor farkosten.

#### Dykk 33

Dykket gikk ned i renna og langs bunnen mot øst. Nede i renna var det noe vassild/strømsild. Oppover mot grunnere vann gikk bunnen over fra leire til fjell. Her var det et yrende fiskeliv. Hele veien langs fjellet ble det observert små uer. Fjellet var her også bevokst av spongier som grisøresvamp og *Geodia baretii*. Fisken i dette området viste mye sterkere reaksjon på farkosten, ved å trekke seg unna, sammenlignet med de nede i renna. Området var ellers rikt på plankton og marin snø.

#### Dykk 34

Dette dykket ble også planlagt å gå ned i renna, for så å følge skråningen oppover mot land. På grunn av avdrift ble heller ikke denne gangen skråningen nådd, og hele dykket foregikk i de dypere delene av renna. Faunaen skilte seg ikke ut i forhold til andre dykk i området. Som kjent lever det mengder med slimål på og i mudderet i de norske fjordene. Men først ved dette dykket ble det observert individer av arten. Her så en også hvordan slimålen graver seg loddrett ned i mudderet. En annen vanlig mudderbunns art er sjøkrepsen (*Nephrops norvegicus*). Ved de fleste dykkene over mudderbunn så en hull etter gravene krepsdyr, men dette var det eneste dykket hvor en observerte individet selv.

Området var her også rikt på plankton og marin snø. Det ble også observert en del fisk. Dette var for det meste vassild/strømsild og sølvtorsk (*Gadiculus argenteus thori*). Sølvtorsken var vanskelig å artsbestemme på grunn av dens sterke lysreflekterende evne som resulterte i en overeksponering av objektet.

## 2. KORSFJORDEN

Denne fjorden står i direkte tilknytning til havet, og er mere preget av atlantisk vann enn Raunefjorden/Skogsvågen. Fjordbassenget har en dybde på ca. 650 meter. Mot vest blir det grunnere, opp mot 250 meter ved Marsteinen, før det igjen blir dypere ned mot Norskerenna. Mot nordøst er det en slakk skråning fra maksimaldybden 678 meter, oppover mot Korsneset og Fanafjorden. Den nære tilknytningen til Atlanterhavsvannet viste seg også ved tilstedeværelsen av salperekker, som er typiske oseaniske arter. Bunnen er for det meste leire.

Det første dykket her, dykk 12 (figur 5) foregikk om våren mens de resterende, dykk 21 og 24 foregikk om høsten. Også disse beskrives enkeltvis.

#### Dykk 12

Her ble det gjort opptak fra ca. 250 meters dyp og en fulgte bunnen mot land. Nede på de dypeste områdene var bunnen preget av leire. Her var det noen eksemplarer av rødpløse, men ellers lite med fisk og plankton. Lengre inn mot land gikk det en fjellskråning oppover mot grunnere vann. Her stod det en fiskestim inntil veggen, slik at den vanskelig kunne registreres med ekkolodd. Fiskene lot seg ikke artsbestemme. Fjellveggen var bevokst med svamper.

#### Dykk 21

Dykket gikk fra overflaten og ned langs en bratt fjellvegg. Denne veggen går nærmest loddrett ned til 400 meter. Dykket ble dessverre avsluttet rundt 2-300 meter, grunnet tekniske problemer. Nedstigningen gikk gjennom et tynt slør med krill og finere plankton. Ellers var det lite liv. For det meste ble det observert ulike typer svamper, men også noen echinodermater og et eksemplar av *Acesta excavata*.

#### Dykk 24

Dykket gikk ned til vel 400 meter og deretter ble bunnen fulgt et kort stykke. Nedstigningen var preget av planktonorganismer og marin snø. En kunne også observere noe beitende småfisk. Nede på bunnen var det liten aktivitet. Her var det tydelig leirbunn, med hull etter gravende krepsdyr. Av større organismer ble det for det meste observert rødpløse, vanlig sjøfjær (*Pennatula phosphorea*), stor piperenser (*Funiculina quadrangularis*) og et eksemplar av en forgreinet hornkorall. Mindre organismer var vanskelig å se, delvis grunnet tekniske problemer med opptakene. Det ble også registrert noen fisk nede på bunnen. En enslig uer utgjorde den lengste opptaksekvensen. Selv om en var svært nærgående med farkosten reagerte den lite. Men flest observasjoner ble gjort av vassild/strømsild, noe som også går igjen på de fleste opptakene gjort på større dyp.

### 3. KORSNESET

Korsneset ligger innerst i Korsfjorden med Fanafjorden i nord, og Lysefjorden i sør. Her er det en blanding av Atlanterhavsvann fra Korsfjorden, og vann fra Fanafjorden som stort sett er fordelt over Atlanterhavsvannet. Dette kan være årsaken til de skifte i plankton en kunne observere ved dykkene i dette området. Selv ved dykket som gikk nærmest Fanafjorden ble det observert en salperekke, som er med på å indikere atlanterhavsvann.

#### Dykk 22

Dykket ble gjort rett vest for Korsneset. Nedstigningen gikk gjennom et slør av marin snø og planktonorganismer. I dette laget var det en stor aktivitet av beitende fisk. Det var vanskelig å artsbestemme disse fiskene da de var overeksponerte på videoskopjermen. Men vurdert ut fra svømmemønsteret kunne det se ut som sild. Den beitende fisken i planktonsløret lot seg tydelig registrere i form av oppløste fiske- og planktonekko på Mesotech skjermen, og det var illustrerende å se her hvordan kamerabildet og sonarbildet utfyllte hverandre ved at det førstnevnte viste detaljer, mens det andre ga en registrering over et større volum. Nærmere bunnen ble det et sterkere innslag av småreker. Bunnen bestod for det meste av mudder med noen steiner stikkende opp. Dypet var ca. 250 m. Som ellers i fjorden var faunaen preget av svamper og rødpløse. Det ble også registrert noen eksemplarer av sølvtorsk og av vassild/strømmsild.

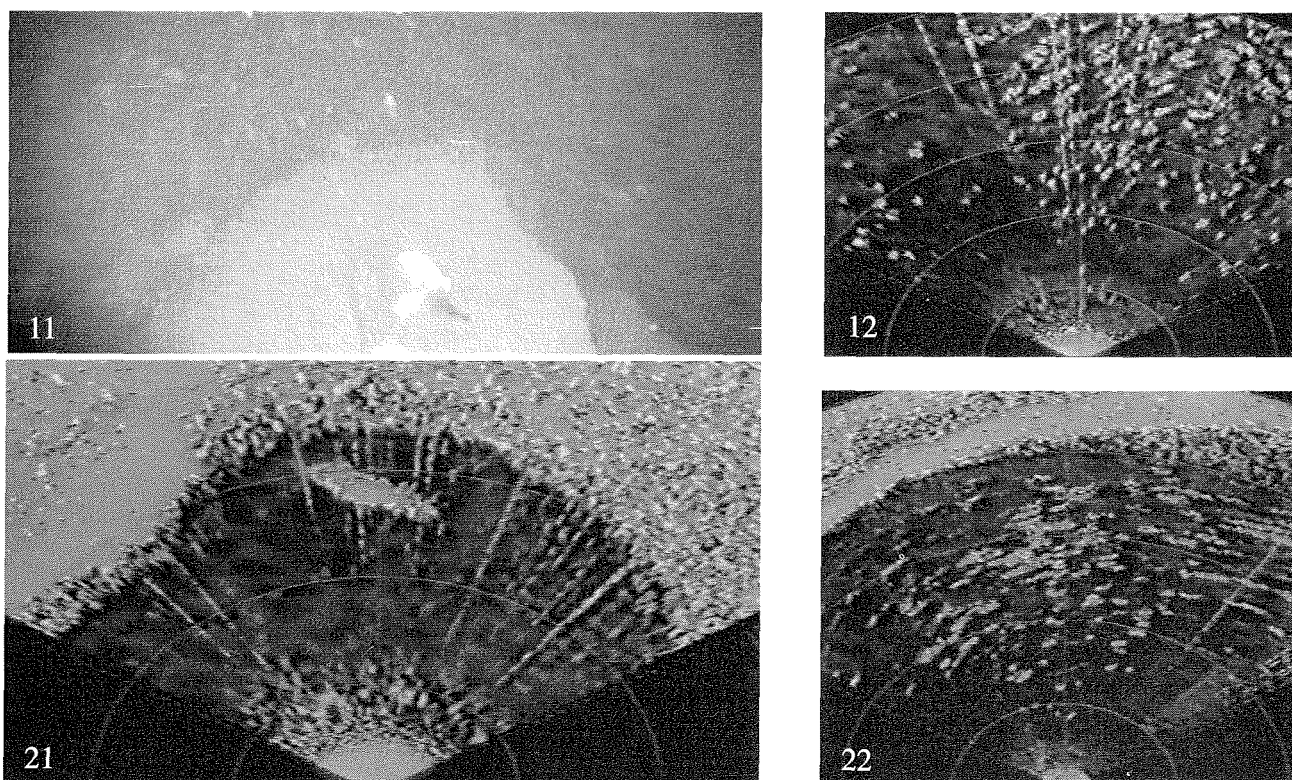
#### Dykk 23

Denne lokaliteten ligger noe lengre øst for Korsneset. Det ble gjort video opptak fra overflaten og ned til bunnen. Videre fulgte en bunnen et stykke opp mot land. Området her var også rikt på planktonorganismer. Som på det forrige dykket var det her også stor aktivitet av beitende sild. Ned mot bunnen virket det som om planktontettheten avtok. Det kan derfor se ut som planktonet holder seg noe over bunnen. Bunnen, som her var på 200 meter dyp, bestod for det meste av silt og leire. Faunaen skilte seg ikke noe særlig ut fra det som tidligere ble observert på same bunntype. Straks en beveget seg ca. 10 meter over bunnen, var en igjen

inne i det rike planktonlaget. Nede langs bunnen var det en del marin snø. I tillegg til de tidligere observerte mudderbunns-artene, ble det her også observert noen bunnlevende småfisk. På grunn av observasjonsavstanden, var det vanskelig å artsbestemme disse. Men ut fra måten fiskene svømte på er det sannsynlig at det kan være mudderkutling. Mot slutten av dykket gikk farkosten opp langs en bergvegg som var bevoskt med svamper og anemoner. Denne skilte seg ikke noe ut i forhold til andre tilsvarende områder. Oppe på omtrent 40 meters dyp endret faunaen karakter, og en fikk kraftigere innslag av alger.

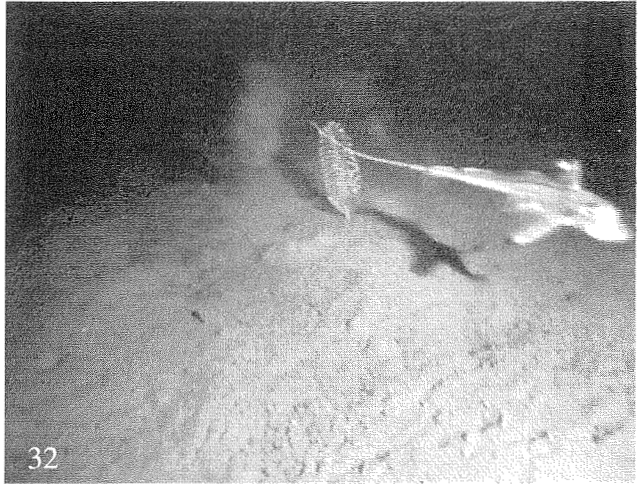
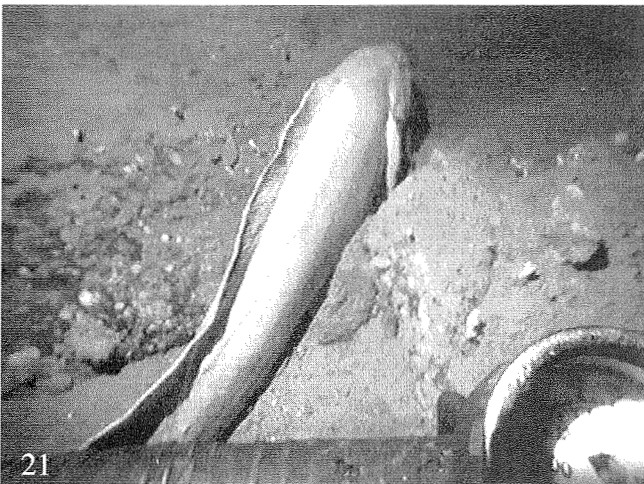
Det ble også gått to korte dykk like utenfor terskelen til Fanafjorden (15 og 16, figur 5). Bortsett fra noen få enkle fisk, var det lite liv å se. Største dyp her er litt over 100 m, og mye av opptakene er gjort uten bruk av lys. Men der lyset var slått på, ble det som vanlig observert plankton og marin snø.

Figur 6a, b og c viser utvalgte stillbilder fra videoopptakene. Disse er delvis justert ved hjelp av et billedanalyseprogram. For hvert bilde er dyp og dykknummer i figur 5 angitt i parentes i figurteksten, norsk versjon.



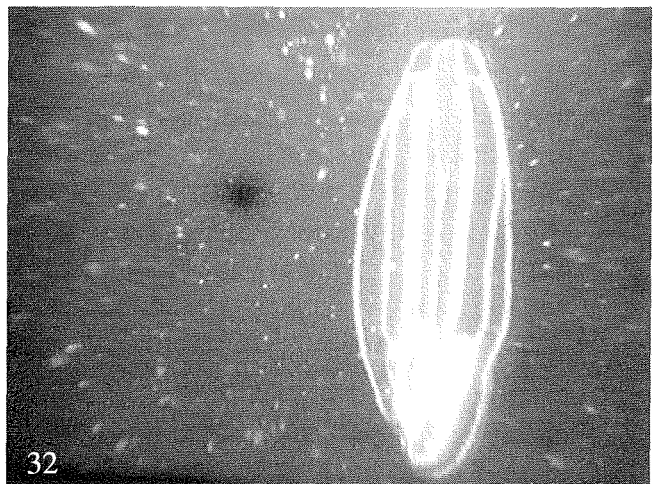
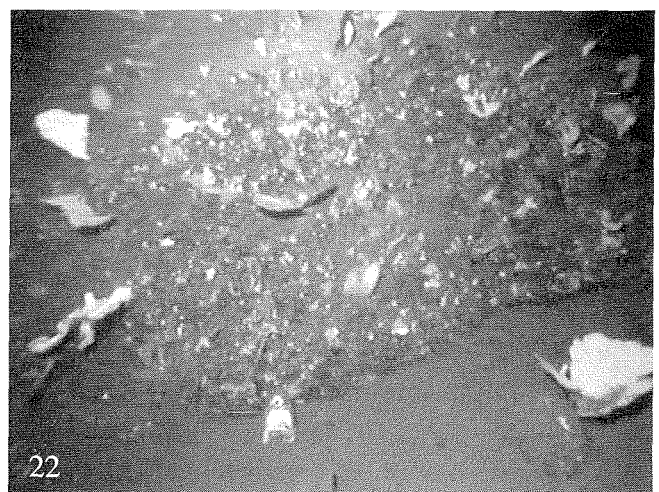
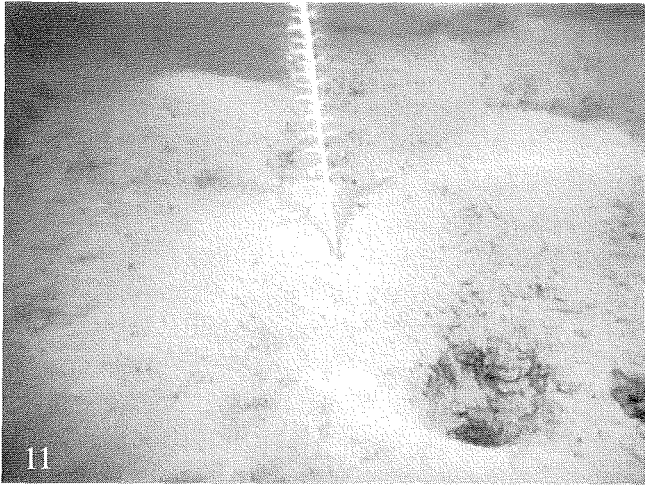
Figur 6a. (11 & 21): Samtidig observasjon av en fisk fra 3 m hold med Mesotech sonar og SIT kamera (170 m, 5:33) [Simultaneous observation of a fish at 3 m range with Mesotech sonar and SIT camera].

(12 & 22): Oppløste plankton ekko (mest krill) observert med Mesotech (220 m, 5:32). Avstanden er: (12), 0 - 5 m og (22), 0 - 10 m. Originalene er i farge. [Resolved plankton echoes (mainly krill) observed with Mesotech. The range is: (12), 0 - 5 m and (22), 0 - 10 m. The originals are colour pictures]



Figur 6b. (11): Fisk sett nedenfra uten bruk av kunstig lys (70 m, 5:11). [Fish seen from below without the use of artificial light]. (12): Kolmule på bunnen (220 m, 5:32). [Blue whiting on the sea bed]. (21): Brosme på bunnen (170 m, 5:31). [Tusk on the sea bed]. (22): Vassild like over bunnen (200 m, 5:32). [Greater silver smelt just above the sea bed]. (31): Sei og annen ubestemt fisk (150 m, 5:33). [Saithe and other undetermined fish]. (32): Svømmende havmus ved bunnen. Sjøfjær, antakelig *Pennatula phosphorea*, i bakgrunnen (240 m, 5:32). [Swimming Rabbit fish at the sea bed. Sea pen in the background].





Figur 6c. (11): Sjøfjær, antagelig *Funiculina quadrangularis*, og hull etter gravende krepsdyr (430 m, 5:24) [Seapen and holes made by digging Crustaceans]. (12): Fjellskråning med trollkrabbe og svamper (100 m, 5:23) [Hillside with Stone crab and Sponges]. (21): Sjøkrep i muddrhule (240 m, 5:34) [Norway lobster in mud hole]. (22): Stein bevekst med svamper (170 m, 5:31) [Stone overgrown with sponges]. (31): Slimåler, krypende og buktende loddrett i muddret (240 m, 5:34) [Hagfishes, both horizontal and vertical in the mud]. (32): Ribbemanet og marin snø (200 m, 5:24) [Comb jelly and marine snow].

## DISKUSJON/KONKLUSJON

Selv om resultatene fra vår toktvirksomhet er interessante, og viser at tilsvarende utstyr vil kunne benyttes med utbytte til mange ulike marine feltstudier, ser vi et langt større nyttepotensiale i spesialtilpassede farkoster og instrumenter. Et generelt ønske for de fleste formål er høyere maksimal fart og sikrere manøvrering enn vi oppnådde med farkosten "Buster". Det betyr at løsninger som ikke er basert på en minimal kabeltykkelse i forhold til farkostvekt, bør unngås for farkoster som ikke skal være begrenset til kun å undersøke små lokale område med kjent lokalitet. Mange av de problemer vi opplevde med farkosten "Buster" kunne vært unngått ved en del tekniske forbedringer. En direkte logging av dybde og kompasskurs, fremfor å filme disse instrumentene med videokamera, vil være en opplagt forbedring. Ved en annen anordning av trusterne vil en kunne avverge at kontrollen over farkosten tapes fullstendig når en av trusterne streiker. Dessuten ville en bedre belysning, bestående av flere lamper rettet i ulike retninger, eller alternativt av dreibare lamper, ha bedret kvaliteten på kameraobservasjonene. "Buster" er imidlertid konstruert med tanke på et lavt kostnadsnivå, og mange av forbedringene som måtte ønskes, vil øke dette.

Utviklingen av nye farkosttyper er økende, og farkoster som gir større fart og bedre manøvrering kan ventes å bli tilgjengelige i de nærmeste år (Sørensen og Berg 1989). Kabelløse, såkalte autonome undervannsfarkoster, ser ut til å være mest interessante på sikt, hvis en for disse klarer å oppnå en tilfredstillende rekkevidde og fart for survey formål (minst 5 knop). Men farkoster med meget tynn kabel som inneholder fiberoptisk forbindelse for signaloverføring og eventuelt en tynn leder for overføring av høgspennet ladestrøm, vil også representere en betydelig forbedring.

Et nødvendig krav for surveyformål med FUF, ved siden av tilfredstillende fart og rekkevidde, er et pålitelig system for posisjonsbestemmelse av farkosten under operasjon. Med den utvikling som foregår i dag når det gjelder ulike måle og observasjonssystemer basert på undervannsakustikk, må det forventes at slike system vil kunne leveres som tilbehør til de fleste farkoster i fremtiden.

Selv om SIT kameraet har svært gode tekniske data, ser vi allerede i dag en sterk videre utvikling innen kamerateknologi. Digitale kamerasystemer, som allerede er på markedet, har bedre kontrastegenskaper og gir svært skarpe stillbilder i forhold til analoge systemer som blant annet SIT kameraet er. Dessuten har opptak med digitale systemer langt bedre etterbehandlingsegenskaper- og muligheter enn opptak med analoge kamera. Særlig var kvaliteten på stillbilder fra våre opptak med SIT kamera ikke tilfredstillende idet de stort sett var uskarpe (se figur 6). Dette skyldes imidlertid mer bildeoverførings- og behandlingsprosessen enn selve kameraet (lang kabel mellom kamera og opptaker, bruk av ikke-profesjonell opptaker samt digitalisering av billedsignalet ved overføring til billedanalysator).

Et alternativt lysarrangement på farkosten ville også ha bedret billedkvaliteten på store deler av opptakene. Det ble imidlertid ikke prioritert å prøve ut nye løsninger for belysning innen for rammene av dette prosjektet. På fremtidige farkoster anbefales det spesielt å plassere lyskildene så langt fra kamera som mulig, for å oppnå en delvis sidebelysning av av motivene.

Bruk av video i biologisk forskning er økende. I tillegg til å være et et meget nyttig hjelpemiddel i studiet av mange naturlige biologiske fenomen, egner video seg også godt til populærvitenskapelig informasjon, noe som almenheten allerede er blitt kjent med via mange fjernsynsprogrammer. Video-opptak med biologisk innhold er naturlig nok gjort mest på landjorda og i gruntvannsområder, da opptak fra dypere vann ennå hemmes av tilgjengelighet på egnet spesialutstyr. Men etter hvert som prisnivået og bruksegenskapene til dyptgående farkoster tillater økt bruk av slike, vil videoopptak av biologiske observasjoner på dypere vann bli vanligere. I dag kan imidlertid ikke videoopptak konkurrere kvalitetsmessig med fotografering basert på film. Av denne grunn er det vanlig å bruke stillbilde-filmkamera, i

tillegg til video, for å ta kvalitetsbilder. Eksempler på svært gode fargefoto av marine dyr finnes i Gore (1990). Noen av disse er tatt fra farkosten "Alvin" i Monterey Bay ned til dyp på 3680 m. Andre teknisk svært gode foto av marine dyr på dypt vann er gitt av Wu (1990).

På grunn av de såkalte HDTV (High Definition Tele Vision) standarder, og det store markedspotensialet som forventes for slike video- og televisjonssystemer, foregår det nå utvikling av kommersielle kamera og videosystem med fem ganger høyere oppløsning enn med dagens standarder. Den betydelige forbedring i billedkvaliteten som derved oppnåes, vil ytterligere øke betydningen av video som et hjelpemiddel i studier av biologiske prosesser. Samtidig vil det redusere behovet for å nytte filmkamera for ta kvalitetsbilder.

En videre utvikling av superlysfølsomme elektroniske kamerasystem fortsetter også på grunn av mange militære og sivile behov. Behovet for kamera med bedre lysfølsomhet, enn hva som er tilgjengelig i dag, er selvsagt tilstede i havforskning, da det vil utvide det dybdeområdet som kan observeres uten lys. Men selv om dette lar seg utvide til flere hundre meter, vil neppe kameraobservasjoner noen gang kunne gjøres i større havdyp uten bruk av kunstig lys. Det betyr at det alltid vil være aktuelt å videreutvikle kunstige lyssystemer for bruk ved marinbiologiske kameraopptak på dypt vann. I denne forbindelse bør det nevnes at dyr som lever på noen få hundre meter og dypere, kan påføres varige synskader og blindhet ved selv kortvarig eksponering av dagslyslignende lys (Attramadal, Fosså og Nilson 1985). For å unngå å skade synet til observerte dyr, bør derfor lys med en "ufarlig" spektral-sammensetning, benyttes.

En noe uventet erfaring fra våre kamera-observasjoner ved bruk av kunstig lys, er den nærmest kontinuerlige synbare tilstedeværelsen av mindre planktonorganismer like foran kameralinsen. Disse iakttagelser, som var mest iøynefallende i frie vannmasser, er selvsagt et resultat av SIT kameraets høye lysfølsomhet og dybdeskarphet, og viser at gode "in situ" observasjonssystem for plankton kan utvikles ved tilpasning av spesielle kamerasystemer og lyssetting. Innpassing og kombinert bruk av egnete høyfrekvens-sonarer, vil også muliggjøre mengdemåling (ekkotelling) av de planktonarter som observeres med kameraet. Farkosten's fart må selvsagt være lav for at små organismer skal kunne identifiseres/telles. Det er ikke mulig, fra våre observasjoner, å gi noen eksplisitt relasjon mellom art/størrelse og den høyeste fart hvorfra de lar seg telle og identifisere. En slik relasjon vil dessuten, i tillegg til størrelse, også avhenge av kvaliteten på instrumentene som benyttes, og av tetthet av organismer. Bruk av kamera på en tauet farkost, hvor tauet ikke kan reguleres fritt, vil av denne grunn ha begrensninger i forhold til bruk av FUF ved observasjon av mindre organismer.

Bruk av sonar fra en styrt undervannsfarkost har mange fordeler fremfor skrog/overflatebaserte sonarsystemer. Ved at avstanden mellom svinger og registrering kan justeres fritt, blir det, i motsetning til for overflate systemer, alltid mulig å registrere fra den beste avstand med hensyn på oppløsning og signal støyforhold. Det er også mulig å gjøre vanskelige registreringer fra den mest gunstige retning, noe som er viktig når organismer befinner seg nær ujevn bunn. Flere formål med bruk av sonarer på en FUF kan nevnes. Det vil ofte være behov for å observere rundt farkosten til betydelig større avstander enn rekkevidden for kamera, både for å gi en visuell fremstilling av hvor farkosten befinner seg i forhold til bunntopografien, og for å gjøre storskala kartlegging av hvordan eventuelle ressurser fordeler seg rundt farkosten. Dette kan oppnåes med en dreibar enstrålesonar med passende rekkevidde.

Bruk av særskilt instrumentert FUF vil kunne brukes til akustisk registrering og mengdemåling av ressurser som står klar av bunnen i typisk kystnære farvann med bratt og ujevn bunn. Da avstanden mellom svinger og registreringsmål kan reguleres, er det aktuelt med nye teknikker for akustisk mengdemåling, som baseres på ekkotelling i volum hvor kun oppløste enkle ekko er registrert; i praksis innenfor en gitt avstand fra farkosten (se Appendiks 2). Direkte måling av volumtettheter av organismer vil kunne bli mer rasjonell enn

ekkointegrasjonsteknikken, fordi denne bygger på en indirekte beregning basert på integrerte ekkointensiteter og målstyrkedata (Johannesson and Mitson 1983).

Å anslå størrelsen av den delen av en ressurs som ikke er akustisk detekterbar, er alltid et problem ved akustisk mengdemåling nær bunnen. Selv typiske pelagiske fiskeslag, som sild og lodde, kan periodevis stå på bunnen, men problemet er størst for bunnfiskartene. Våre observasjoner viser imidlertid at fisk og andre synlige dyr nær bunnen lar seg observere med undervannskamera (Se figur 6). Skremmeeffekten forårsaket av farkosten, med belysning, syntes heller ikke å være større enn at det er godt mulig, fra kameraobservasjoner, å danne seg et realistisk bilde av hvordan ulike arter fordeler seg på, og like over, bunnen. Korte kamerasnitt like over bunnen, vil således kunne gi verdifull tilleggsinformasjon ved akustiske målinger av ressurser som står nær bunnen.

Til tross for mange måle- og observasjonstekniske muligheter ved bruk av FUF (Klepsvik 1991), som til eksempel "in situ" målinger av ytre dimensjoner, former og lignende, vil det alltid være behov for individprøver. Det kan likevel tenkes at bruken av FUF vil åpne for nye metoder innenfor prøvetaking. Fordelen med å bruke FUF er at en ser organismene en vil ta prøver av, og at en kan komme til i områder en ikke når med konvensjonelle redskaper. Problemet er at i mange tilfeller vil en organisme være mere mobil enn observasjonsfarkosten. Nye metoder for prøvetaking må da tilpasses den organismen en forventer å finne ved de aktuelle dykk. For planktonorganismer kan dette være et pumpesystem der en tar inn vannprøver som blir silt gjennom dertil egnet planktonduk. En bør da også kunne skille de enkelte prøvene ved å legge inn en ny duk for hver prøve. Ved å styre inntaket til pumpen med en manipulator, kan en også ta prøver fra bunnen. For planktonorganismer som er for raske for farkosten, kan det tenkes at de kan lammes ved hjelp av elektrisk strøm eller ved hjelp av lydbølger. Hvordan en skal håndtere større objekter krever nye idéer. Vi ønsker ikke her å gå mer detaljert inn på dette, men nevner det fordi vi, etter erfaringene fra toktvirksomheten, føler oss nokså sikker på at slik teknologi vil bli aktuell.

Utvikling av nye og forbedrede måle- og observasjonshjelpemidler har ofte vært avgjørende for å oppnå viktige framskritt innen naturvitenskapene. For fagfeltet marin økologi, inklusive fiskeribiologi, med store deler av havet som studieområde, bør nødvendigheten av en aktiv og målrettet utvikling av hjelpemidler være innlysende. Desverre er det ikke vanlig med slike tradisjoner i marinbiologiske miljø.

## TAKK

Norges fiskeriforskningsråd takkes for finansiell støtte til prosjektet. En spesiell takk rettes til John Dalen, Havforskningsinstituttet, for hans deltakelse i planlegging og gjennomføring av feltvirksomheten, og for råd i forbindelse med administrasjonen av prosjektet. Takk også til Torleiv Brattegard, Institutt for fiskeri- og marinbiologi (IFM) ved Universitetet i Bergen (UiB), for hjelp med planlegging, og for gjennomsyn og kommentarer av utvalgte videopptak. Paul Løvik, IFM, takkes for innsatsen under feltvirksomheten, og særlig for overvåking av videoinnspillingene. Han har også tegnet figurene nr 2, 3 og 4 i denne artikkelen. Erik Valevatn, EDB Senteret ved UiB, takkes for nyttig og velvillig hjelp for å lage figur 6. Til slutt takkes de deltakende firma Total Subsea a/s (TS) og Radek Ocean Research a/s (ROR) for deres medvirkning i prosjektet. Her vil vi særlig nevne Vidar Saue, TS og Raymond Brede, tidligere, ROR.

## Referanser

- Aldredge, A.L. & Silver M.W. 1988. Characteristics, dynamics and significance of marine snow — PROG. OCEANOGR., vol. 20, no. 1: 41 - 82.
- Attramadal, Y. G., Fosså, J. H. & Nilson, H. L. 1985. Changes in behaviour and eye-morphology of *Boreomysis Megalops* G. O. Sars (Crustacea: Mysidacea) following exposure to short periods of artificial and natural daylight — J. Exp. Biol. Ecol., Vol. 85: 135 - 148
- Barber, R. 1989. Deep Ocean Research Using Computer Controlled ROVs — Sea Technology, August 1989.
- Bergstrøm, B. I., Larson, J. & Petterson, J. O. 1987. Use of a Remotely Operated Vehicle (ROV) to study marine phenomena: I. Pandaliid shrimp densities — Mar. Ecol. Prog. Ser., 37: 197 - 101.
- Caddy, J. F. 1970. A method of surveying scallop populations from a submersible — J. Fish. Res. Bd. Canada 27: 535 - 549.
- Johannesson, K. A. & Mitson, R. B. 1983. Fisheries Acoustics. A practical manual for aquatic biomass estimation — FAO Fisheries Technical Paper, 240, FIRM/T240.
- Gore, R. (editor) 1990. Between Monterey Tides — National Geographic, vol. 177, NO. 2
- Gabrielsen, B. 1944. Fra havdypets eventyrverden — P. V. serien, Dreyers Forlag, Oslo
- Gulliksen, B. 1974. Dykkerutstyr, dykkerklokker, undervannsbåter og undervannslaboratorier som biologiske hjelpemidler — Naturen nr. 2: 55 - 61.
- Haukson, E. 1977. Ernæringsøkologiske undersøkelser av *Stichopus Tremulus* (Gunnerus), en detritus - etende holothuroid — Hovedfagsoppgave i marinbiologi, Universitetet i Bergen
- Hovland, M & Thomson, E. 1989. Hydrocarbon-based communities in the North Sea? — Sarsia 74: 29 - 42.
- Klepvik, J. O. 1991. Observasjonssystemer for fiskeri- og marinbiologiske feltstudier ved hjelp av fjernstyrte undervannsfarkoster — Seatex Rapport P 197/01/91, Seatex A/S, Trondheim.
- Ona, E. & Eger, K. 1987. Sonar observations of trawl performance — International Symposium on Fisheries Acoustics. Seattle, Washington. June 1987.
- Smith P. F. 1985. Low-Cost ROVs: An Emerging Success — Sea Technology, Desember 1985.
- Sørensen, A. & Berg, T. E. 1989. Evaluering av kartleggingskonsepter — MARINTEK rapport nr. OR 601013.00.01.89.
- Wu, N. 1990. Fangtooth, viperfish, and black swallower: At 3000 feet, the light goes out, and life depends on strange adaptations — Sea Frontiers 36(5): 32 - 39.

## APPENDIKS 1

### Tekniske spesifikasjoner

Undervannsfarkost (Buster)	Kontrollboks	Kraftkonsoll
Lengde: 102 cm	34 cm	37 cm
Bredde: 104 cm	20 cm	53 cm
Høyde: 79 cm	20 cm	31 cm
Vekt: 125 kg	3 kg	25 kg
Operasjonsdybde: 500 m		
Kabeldiameter: 13 mm		
Kabelbruddstyrke: 500 kg		
Kraftbehov:		2.5 kW (220 V, 50 Hz)
Trustere:	2 horisontale, 1 vertikal og 1 lateral	
Total trust:	25 kg forover, 20 kg bakover, 10 kg sideveis og 8 kg opp/ned	

Lyskastere: 2 stk. 250W halogenlamper  
Navigasjon: 1 dybdemåler og 1 kompass

#### SIT lavlyskamera

Linse: 5.5 mm f 1.5  
Fokus: 15 cm — ∞ (fast)  
Åpningsvinkel: 110°  
Oppløsning: 600 linjer  
Lysfølsomhet:  $5 \times 10^{-4}$  lux

#### Mesotech sveipesonar system, model 971

Frekvens: 330 kHz  
Åpningsvinkel (lydstråle): 2.6 x 30° (vifte) og 2.6 x 2.6° (kon)  
Pulsengde: 0.3 millisekund  
Tidsvarierte forsterkning: 40 logR til ca. 35 m  
Sveipeprogram: valgbar innenfor gitte sektorer  
Prossessor: signalbehandling for gitte valgbare display mode

## APPENDIKS 2

### Potensielle bruksområde for FUF i fiskeri - og marinbiologisk forskning med noen tekniske krav til farkost og instrumentering

Fjernstyrte undervannsfarkoster er spesielt egnet til å bevege "in situ" observasjonsinstrumenter på en kontrollert måte i havets tre dimensjoner. Særlig nyttig er dette ved hyppige eller kontinuerlige observasjoner langs kompliserte snitt; typisk langs bunnen eller langs ulike pelagiske skikt, slør og lignende, og vedfølging av bevegelige mål. De nærmeste alternativ til FUF for transport av instrumenter i havet er: 1) tauet farkost, og 2) instrumenter som senkes ned hengende i kabel. Ulempen med 1) er dårligere manøvreringsevne enn hva som oppnåes med FUF. Derimot er tauet farkost overlegen til dekning av store havområde fra moderate dyp, spesielt ved bruk av sonar som kan opereres under større hastigheter enn hva som normalt oppnåes med FUF. Bruk av 2) er begrenset til observasjoner langs vertikale snitt eller punktobservasjoner i forhåndsbestemte posisjoner. Det er likevel mange formål, hvor dette rimelige alternativ til bruk av FUF, vil være tilstrekkelig.

#### *Akustisk mengdemåling*

Det må skilles mellom å registrere/måle pelagisk-, og å registrere/måle demersalt fordelte arter.

Pelagisk fordelte marine dyr er velegnet for akustisk registrering og mengdemåling både fra overflate/skrogmontert utstyr og fra utstyr montert på FUF. Selv om aktuelt utstyr må være tilpasset et gitt størrelsesområde av organismer, vil prinsippene for målemetodikkene være uavhengige av størrelsen på organismene. Ekko-integrasjonsteknikken er motivert ut fra bruk av relativt langtrekkende akustisk utstyr hvor mye av ekkosignalet består av tidsoverlappende ekko. Når den akustiske platform kan beveges i tre dimensjoner, vil registreringer innenfor

avstander med fullstendig oppløste ekko ha en langt større betydning. Da vil det være aktuelt med en egen behandlingsmetodikk for denne delen av ekkosignalet. Idéen om en spesiell mekanisk/elektronisk sveipesonar som kan sveipe 360° rundt, nær loddrett på bevegelsesretningen til farkosten, er spesielt interessant. Et slikt system vil, helt eller delvis, kunne gi akustisk avbildning av dyrefordelingen innenfor en sylinder rundt bevegelsesruten til farkosten. Særlig vil teknikker for mengdemåling basert på ekkotelling innenfor passende kjente volumutsnitt kunne utvikles. Bruk av ekko-telle teknikker vil være begrenset til betydelig kortere avstand fra sonaren enn tilfellet er for ekko-integrasjonsmetoden. Derimot vil alltid interessante registreringer utenfor denne avstanden kunne oppsøkes for telling/måling. Det er forøvrig et sterkt behov for en direkte "in situ" måleteknikk for absolutt tetthet av pelagiske marine dyr, som et supplement til ekko-integrasjonsmetoden, fordi denne er avhengig av kalibrering for å kunne omregne ekkointensiteter til tetthet av dyr. En absolutt kalibrering basert på samtidig ekkotelling og ekkointegrasjon er særlig viktig når sonar brukes utenfor vertikalretningen, fordi relasjonen mellom integrert ekkointensitet og tetthet, spesielt for fisk, avhenger av hvordan de enkelte dyr er orientert i forhold til lydretningen.

Mulighetene for registrering og mengdemåling av demersale marine dyr ved hjelp av sonar, er mer begrenset, selv fra kort avstand ved bruk av FUF. Når det gjelder dyr på selve bunnen er bruk av sonar uaktuelt når en ser bort fra avanserte sonarsystemer som kan gi nær fotografisk avbildning av undervannsstrukturer (sektor scannere o. l.). For å gjenkjenne bunndyr fra andre naturlige uregelmessigheter på bunnen, må imidlertid slike systemer bruke så høgfrekvent lyd at rekkevidden ikke blir nevneverdig større enn rekkevidden for undervannskamera. Dyr som står litt klar av bunnen er derimot detekterbare ved ekko som ikke overlapper med bunnekket, særlig hvis sonaren rettes så nær vinkelrett mot bunnen som mulig.

I relativt grunne områder og ved grunne dykk forøvrig (mindre enn 100 m), vil kabelstyrte farkoster kunne benyttes, mens operasjon på større dyp vil kreve kabelfri farkost for å kunne dekke områder over en viss størrelse.

#### *Bunnfaunaundersøkelser*

Kjennskapen til faunaen, ved og på bunnen, er ofte mangelfull i områder hvor prøvetaking med trål- og slederedskaper ikke er mulig. Mye av faunaen her vil kunne observeres ved å kjøre en FUF, utstyrt med videokamera og passende belysning, noen få meter over bunnen. Bruk av FUF med videokamera vil også kunne gi verdifull informasjon om faunaen på jevn bunn, i tillegg til informasjonen fra trål- og sledefangster. Som tidligere nevnt, vil det være behov for kabelfri farkost ved bunnfaunaundersøkelser på større dyp.

#### *Observasjon av organismer i bunnssubstratet*

Observasjoner av organismer under bunnen, gjøres tradisjonelt ved å samle prøver av bunnssubstratet med grabb, eller spesielle slederedskaper. Alternativt vil observasjoner av denne fauna kunne gjøres ved hjelp av en FUF utstyrt med et fjernoperert kameratilbehør, som kan føres ned i mudder eller sandbunn, slik at dyr i et snitt på en glassplate, kan sees. Slikt utstyr må eventuelt utvikles.

#### *Kartlegging av demersale gytefelt; måling av eggtetthet*

Kabelstyrt farkost, utstyrt med belysning og et egnet videokamera, samt eventuelt stillbildekamera, kan benyttes. Eggtettheter i ikke overlappende lag, vil kunne måles ved telling på kamerabilde, når dette inneholder en farkosttilknyttet målereferanse, som kan fjernopereres. Eksperimentering med belysning vil være nødvendig, for å gjøre eggene best mulig synlige. Lagtykkelsen av overlappende egglag vil også kunne bestemmes, fra kamerabilde av passende utsnitt av laget. En spesiell mekanisk innretning må konstrueres for dette formål. Observasjoner til kartlegging av bunn- og substrattypen oppnåes også enkelt, ved å gjøre vidoopptak fra farkosten.

### *Mengdemåling/kartlegging av fiskeressurser på dypt vann (500 - 2000m)*

FUF må vurderes som et supplerende hjelpemiddel til tauet farkost, for å observere i dyphavet. Farkosten må være kabelfri, og være stor nok til å kunne opereres lenge med marsjfart på 5 - 10 knop, mellom hver gang energikilden må skiftes/lades (minst et døgn). Det finnes ikke farkoster med slike egenskaper i dag, men utviklingen innen batteriteknologi og undervannskommunikasjon tyder på at slike farkoster kan utvikles i nær fremtid. Farkosten må være utstyrt med sonar, som har rekkevidde på noen hundre meter, samt eventuelle høyfrekvens-sonarer. Undervanns-kamera og belysning bør være standardutstyr. Farkosten vil kreve akustisk kommunikasjon over avstander på inntil et par tusen meter. Overføring av data og kontrollsignaler vil derfor skje med lave hastigheter, og dette nødvendiggjør lagring av data i selve farkosten. Bruk av en eller flere link-farkoster vil øke overføringshastigheten. Fordeler med FUF i forhold til tauet farkost på dypt vann, er dybdeuavhengig framdrift og manøvrering, samt valgfri marsjfart opp til farkostens maksimale fart

### *Feltstudier av atferd til, og interaksjoner mellom marine organismer*

Innenfor havmiljøstudier, og særlig i relasjon til oppvekst av fiskeyngel, er det behov for "in situ" observasjon og telling av matorganismer innenfor volum av den størrelsesorden som kan sanses av yngel og ungfisk. Men også for andre mer generelle atferdstudier er finskala-observasjoner viktig. Spesielle kamerateknikker og belysning må utvikles for dette. Selv om slike studier, til en viss grad kan utføres ved hjelp av instrumenter hengende i en kabel, vil bruk av FUF muliggjøre søking etter bestemte mål (patcher og lignende) på en effektiv måte. Atferd av større organismer, og i større skala, er også aktuelt fra FUF. Studium og realistisk beskrivelse av atferdsprosesser som predasjon, beiting, sosial atferd og reproduksjon, er grunnleggende for å bedre forståelsen av økologiske mekanismer og populasjonsdynamikk. Men selv om FUF er et lovende redskap til å skaffe slik viten, vil det kreve omfattende eksperimentering med operasjon og utprøving/utvikling av lys- og kamerasystemer, for å kunne observere naturlig atferd upåvirket av farkosten.

### *Observasjon av fiskeredskapers fangstprosess*

FUF, utstyrt med egnet kamerautstyr, vil kunne benyttes for å studere fangstprosessen til både passive og aktive fiskeredskap. Men både hengende, og eventuelt bunnplasserte instrumenter for observasjon av passive redskap; og tauete instrumenter, i et enkelt manøvrerbart legeme, for observasjon av aktive redskap, er rimelige alternativer i forhold til bruk av FUF.

### *Kartlegging av tareskog og organismer i den; Studier i strandsona*

I svært grunne område (de øverste 10 metre), vil vanlig dykking kunne være et alternativ til bruk av FUF. I disse dyp har også dykking lang tradisjon som observasjonsmetodikk i marinbiologiske studier, blant annet med bruk av bærbart undervannskamera. Bruk av FUF vil imidlertid være nødvendig til operasjoner som krever kontrollert bruk av flere typer instrumenter/sensorer.