

# PROSJEKTRAPPORT

ISSN 0071-5638



## HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

MILJØ - RESSURS - HAVBRUK

Nordnesparken 2 Postboks 1870 5024 Bergen

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

Forskningsstasjonen

Flødevigen

4817 His

Tlf.: 37 05 90 00

Faks: 37 05 90 01

Austevoll

Havbruksstasjon

5392 Storebø

Tlf.: 56 18 03 42

Faks: 56 18 03 98

Matre

Havbruksstasjon

5198 Matredal

Tlf.: 56 36 60 40

Faks: 56 36 61 43

Distribusjon:

ÅPEN

HI-prosjektnr.:

Oppdragsgiver(e):

Oppdragsgivers referanse:

Rapport:

FISKEN OG HAVET

NR. 1 - 1999

Tittel:

ETTERLATTE OLJEPLATTFORMER  
SOM KUNSTIGE FISKEREV

Sender:

Marine ressurser

Seksjon:

Fangst

Forfatter(e):

Aud Vold Soldal, Odd-Børre Humborstad, Svein Løkkeborg,  
Ingvald Svellingen og Terje Jørgensen

Antall sider, vedlegg inkl.:

86

Dato:

29.01.99

Sammendrag:

Prosjektet som beskrives i rapporten har til hensikt å belyse i hvilken utstrekning etterlatte plattformer i Nordsjøen samler fisk, og om de kan utnyttes til lønnsomt fiske. Hoveddelen ble utført ved Albuskjell 2/4 Fox ved Ekofisk sommeren 1998. Fiskeforekomstene rundt plattformen ble kartlagt ved hjelp av akustisk mengdemåling fra forskningsfartøy og plattform, fangstforsøk med trål og garn, undervannsfilmning og akustisk merketeknikk.

Det konkluderes med at etterlatte plattformer samler fisk og dermed virker som kunstige fiskerev. Fangstpotensialet er ikke godt nok dokumentert, men resultatene fra undersøkelsen tyder på at det kan stå betydelige mengder fisk, særlig torsk, under en slik plattform. Etterlatte plattformer brukt som kunstige fiskerev vil dermed kunne bidra til å øke lønnsomheten i torskefiske-riene i Nordsjøen.

Emneord - norsk:

1. Oljeplattformer
2. Kunstige fiskerev
3. Fiskemengde
4. Fangstpotensiale

Prosjektleder

Emneord - engelsk:

1. Oil rigs
2. Rigs to reefs
3. Fish quantification
4. Catch potential

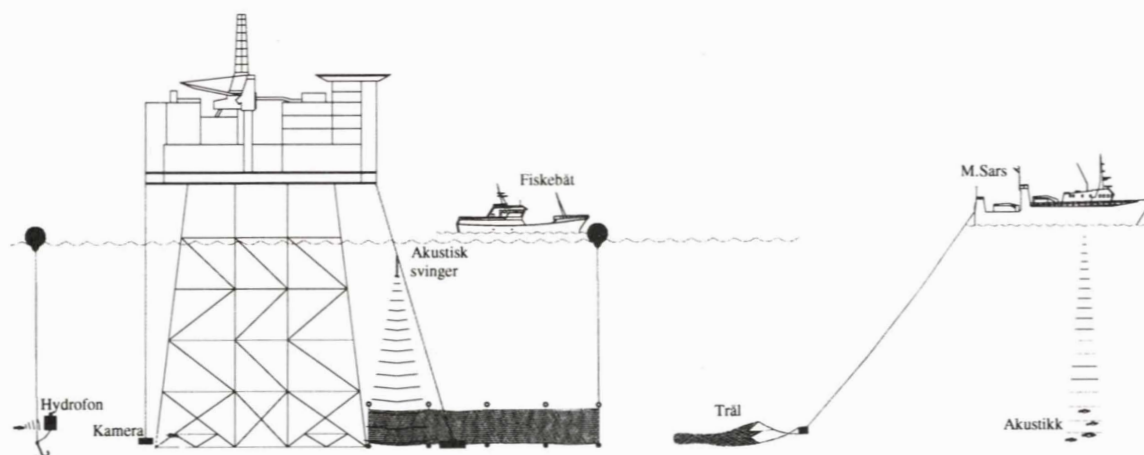
Seksjonsleder





# ETTERLATTE OLJEPLATTFORMER SOM KUNSTIGE FISKEREV

Aud Vold Soldal, Odd-Børre Humborstad, Svein Løkkeborg,  
Ingvald Svellingen og Terje Jørgensen



Havforskningsinstituttet  
Januar 1999



## FORORD

I november 1997 ble Havforskningsinstituttet bevilget midler fra Olje- og Energi-departementet, Fiskeridepartementet og Phillips Petroleum Company Norway for å gjennomføre et prosjekt med tittelen «Virkning på ressurser og fiskeriene i Nordsjøen av at oljeinstallasjoner etterlates på feltet. En utredning om dagens kunnskapsnivå og hvordan nødvendig ny kunnskap kan fremskaffes». Prosjektet skulle gjennomføres i løpet av 12 måneder med avsluttende rapport innen 1.12.1998.

I tildelingsbrevet fra Olje og Energidepartementet ble Havforskningsinstituttet bedt om å forsøke å besvare følgende spørsmål:

1. Departementet har fått opplyst at installasjonene samler fisk. Kan etterlatte installasjoner samle fiskemengder og kan det utvikles fiskemetoder som mer enn oppveier ulempene ved at områdene ikke vil være tilgjengelige for tråling?
2. Departementet har fått opplyst at erfaring fra andre steder i verden indikerer at kunstige fiskerev kan føre til oppbygging av habitat som kan øke produksjonen av blant annet fiskestammer. Er det mulig at etterlatte installasjoner på norsk sokkel kan fungere på denne måten?



## INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD .....	3
INNHOLDSFORTEGNELSE .....	5
SAMMENDRAG.....	7
<b>Del 1 Bakgrunnsmateriale</b> .....	13
1.1 FISKEFORDELING I NORDSJØEN .....	13
Innledning .....	13
Hovedområdene i Nordsjøen .....	13
Kart over fiskeutbredelse i Nordsjøen .....	13
1.2 FISKERIAKTIVITETER I NORDSJØEN.....	20
<b>Del 2 Feltforsøk</b> .....	25
2.1 INNLEDNING.....	25
2.2 FORSØKSOMRÅDER OG FORSØKSPERIODER.....	26
2.2.1 Forsøkslokaliteter .....	26
2.2.2 Feltperioder.....	30
Første feltperiode - mai .....	30
Andre feltperiode – juli .....	30
Tredje feltperiode – september.....	30
Forsøk med akustisk merket fisk .....	30
2.3 UNDERSØKELSER FRA FORSKNINGSFARTØYET «MICHAEL SARS».....	31
2.3.1 Materialer og metoder.....	31
Fartøy .....	31
Trålutstyr .....	31
Akustiske transekter og trålstasjoner .....	31
Akustisk instrumentering og tolkning av ekkointegratordata .....	34
Statistisk behandling av akustiske data .....	35
Statistisk behandling av tråldata .....	35
Biologiske prøver.....	35
2.3.2 Resultater .....	37
Akustisk mengdemåling.....	37
Døgn- og periodevariasjoner.....	37
Forskjell mellom Albuskjell Fox og Alfa i målt akustisk mengde .....	40
Trålfangster .....	41
Fangstmengde .....	41
Størrelsesfordeling .....	43
Veksthastighet.....	47
Mageprøver .....	50

2.4	AKUSTISK MENGDEMÅLING FRA ALBUSKJELL FOX .....	54
2.4.1	Materialer og metoder.....	54
	Akustisk utstyr .....	54
	Kalibrering .....	55
	Bearbeiding av akustiske data og mengdeberegninger .....	55
2.4.2	Resultater .....	57
	Akustiske målinger .....	57
	Artskategori Torsk/Sei .....	58
	Makrell .....	60
2.5	UNDERVANNSFILMING FRA ALBUSKJELL FOX.....	61
2.6	FANGSTFORSØK MED INNLEIDE FISKEFARTØY.....	63
2.6.1	Materialer og metoder.....	63
	Område, periode og redskap .....	63
	Strømmåling.....	64
	Fangstregistrering og databehandling .....	65
2.6.2	Resultater .....	66
2.7	FORSØK MED AKUSTISK MERKET FISK.....	71
2.7.1	Materialer og metoder.....	71
2.7.2	Resultater .....	
2.8	DISKUSJON .....	74
2.8.1	Fiskeforsøk med garn.....	74
2.8.2	Trålforsøk og akustisk mengdemåling med «Michael Sars» .....	75
2.8.3	Fiskearter .....	76
2.8.4	Mengdemåling .....	76
2.8.5	Verneområde for ungfisk? .....	79
2.8.6	Øker plattformene produksjonen av fisk?.....	80
2.8.7	Er det forskjeller mellom en «kald» og en «varm» plattform? .....	80
2.9	UAVKLARTE SPØRSMÅL.....	81
2.10	KONKLUSJONER.....	82
	TAKK.....	83
	LITTERATUR.....	83



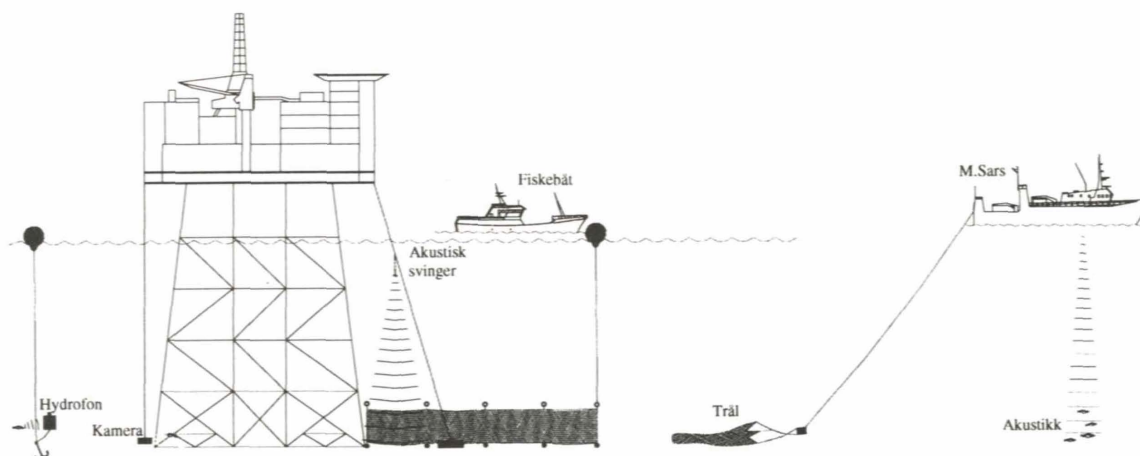
## SAMMENDRAG

Prosjektet som beskrives i denne rapporten er et bidrag til å belyse i hvilken utstrekning etterlatte plattformer i Nordsjøen samler fisk, og om de kan utnyttes til lønnsomt fiske, alternativt til fredete områder for å øke rekrutteringen til fiskebestandene i Nordsjøen.

Hoveddelen av prosjektet ble utført ved Albuskjell 2/4 Fox ved Ekofisk fra mai til september 1998, men det ble også gjort undersøkelser rundt Albuskjell 1/6 Alfa og Gullfaks C i mai. Albuskjell Fox er en «kald» plattform som ble nedstengt i 1990, mens Albuskjell Alfa og Gullfaks C var i drift i forsøksperioden.

Det ble benyttet flere ulike metoder for å kartlegge fiskeforekomstene rundt plattformene:

- Akustisk mengdemåling og tråling med forskningsfartøy
- Akustisk mengdemåling fra plattform
- Fangstforsøk med garn
- Undervannsfilmning
- Akustisk merketeknikk



Oversikt over metodikk som er blitt brukt til å studere fiskeforekomstene rundt Albuskjell Fox [*The various methods utilised to study concentrations of fish near Albuskjell Fox*].

Akustisk mengdemåling og tråling med forskningsfartøyet «Michael Sars» i mai viste ikke økte konsentrasjoner av fisk nær plattformene, men av praktiske og sikkerhetsmessige årsaker kom fartøyet ikke nærmere plattformen enn 50-100 m. Generelt var fisketettheten meget lav i området i mai.

Fiskeforsøk med garn ved Albuskjell Fox og Gullfaks C i mai viste en klar økning i fangstmengde i de garna som var satt nærmest plattformen, med økte fangster ut til ca. 100 m. Fangstratene på albuskjell i mai var lave og ville ikke gitt lønnsomhet i kommersielt fiske. På Gullfaks C var fangstratene lavere. I september fikk man økte fangster ut til mer enn 300

m fra plattformen, fangstratene var betydelig bedre enn i mai og interessante for kommersielt fiske. Ved Albuskjell var fangstene dominert av torsk med noe innslag av sei (særlig i mai). Ved Gullfaks C var lange den viktigste arten, etterfulgt av torsk og sei.

Hydroakustiske svingere ble hengt ut fra tre sider av Albuskjell Fox for å måle fisketettheten like til side for plattformunderstellet. Det ble gjennomført tre måleperioder: i mai, juli og september. Det ble observert store variasjoner i fisketetthet avhengig av side på plattformen, tid på døgnet og sesong. Om natten sto fisken spredt i vannmassene på en slik måte at fordelingen var egnet for mengdemåling. Mengden fisk ved plattformen ble beregnet ved å ta gjennomsnittstettheten for de tre svingerne og la denne tettheten gjelde for hele arealet under plattformen og så langt ut til side for plattformen som fisken sto fordelt. Denne avstanden satte man i første omgang til 50-100 m, men for september ble det også beregnet en alternativ verdi der man benyttet en avstand på 300 m på grunnlag av resultatene fra garnforsøkene. De beregnede mengdene med fisk ble da 7,6, 15,7 og 13,9 tonn torsk/sei i henholdsvis mai, juli og september i tillegg til 2,3 og 1,2 tonn makrell i juli og september. Basert på fiskefordeling ut til 300 m fra plattformen ble estimatet for september på hele 107,7 tonn torsk/sei. Estimaten er imidlertid beheftet med stor usikkerhet.

Undervannsobservasjoner med lavlyskamera under plattformen viste at det svømte stimer med pelagisk fisk (makrell) rundt de øvre deler av plattformunderstellet. De høyeste fiskekonsentrasjonene sto under plattformen og langs stålstrukturene tett nede ved bunnen. Dette var i hovedsak stor torsk (50-70 cm). I juli sto all fisk samlet meget tett under plattformen, mens det i september også sto betydelige mengder torsk langs bunnen ut fra plattformen.

Akustiske merkeforsøk viste at torsken som sto ved Albuskjell Fox var meget stedbunden. Av 38 torsk som ble merket ved Albuskjell Fox i slutten av mai, sto fortsatt minst 17 av de samme individer ved plattformen i august. Fire merkede torsk ble rapportert fisket opp i løpet av forsøksperioden.

Biologiske fiskeprøver viste ingen økt vekst av fisk som sto ved plattformen i forhold til fisk som var fanget i et referanseområde 30-40 nm (1nm=1 nautisk mil=1852 m) unna. Man fant heller ikke ulikheter i mageinnholdet fra fisk fanget nær og fisk fanget lengre unna plattformene. Undersøkelsene ga ingen indikasjoner på at plattformene fører til økt produksjonen av fisk. Dette er imidlertid problemstillinger det er vanskelig å belyse over en så kort forsøksperiode.

Arts- og størrelsesfordelingen av fisk ved plattformen (i hovedsak torsk større enn 50 cm) gjør det lite sannsynlig at kunstige fiskerev basert på umodifiserte understell vil være egnet som beskyttelsesområde for oppvoksende småfisk, fordi stor torsk er kjent som en meget effektiv predator av fisk.

Til tross for stor innsats i prosjektet har det ikke vært mulig å belyse alle problemstillingene knyttet til gjenbruk av understell fra oljeplattformer som kunstige fiskerev. Prosjektet må karakteriseres som et pionerarbeid når det gjelder studier av kunstige rev i Nordsjøen, der bl.a. metodikkutvikling har måtte inngå som en viktig del av prosjektarbeidet. For å kunne gi mer fyllestgjørende svar på de spørsmål som stilles, bør det utføres fiskeribiologiske undersøkelser, atferdsforsøk og fangstforsøk rundt en plattform over en lengre tidsperiode (antydningvis to til fire år).

Gjennom prosjektarbeidet har man avdekket en del viktige emner som bør studeres nærmere. Av disse kan nevnes:

- Variasjoner i fiskeforekomster over tid.
- Geografiske variasjoner i fiskeforekomster
- Fisketettheten under plattformene
- Hvor langt ut fra plattformene er det økte fiskekonsentrasjoner?
- Hvor stor fangst kan tas fra en plattform?
- Hvor ofte kan et rev tømmes?
- Atferdsundersøkelser av ulike fiskearter rundt plattformene.

Det konkluderes med at etterlatte plattformer, selv i den form de står i dag, virker som kunstige fiskerev. Fangspotensialet er ikke godt nok dokumentert, men resultatene fra undersøkelsen tyder på at det kan stå betydelige mengder fisk, særlig torsk, under en plattform. Etterlatte plattformer brukt som kunstige fiskerev kan dermed bidra til å øke lønnsomheten i torskefiskeriene i Nordsjøen. I dag tar norske fiskere ikke den tildelte torskekvoten i Nordsjøen på grunn av lav lønnsomhet.

Dersom det blir tatt en politisk beslutning om å bruke plattformunderstell som kunstige fiskerev, vil de ikke bli stående som i dag, men bli delt opp, flyttet, gruppert, etc. for å maksimere fangspotensialet og samtidig minimalisere negative effekter på omgivelser, miljø og næringsutøvelse. Man må anta at en slik endring i revets utforming vil bidra til å øke den konsentrerende effekten på fisk ytterligere.



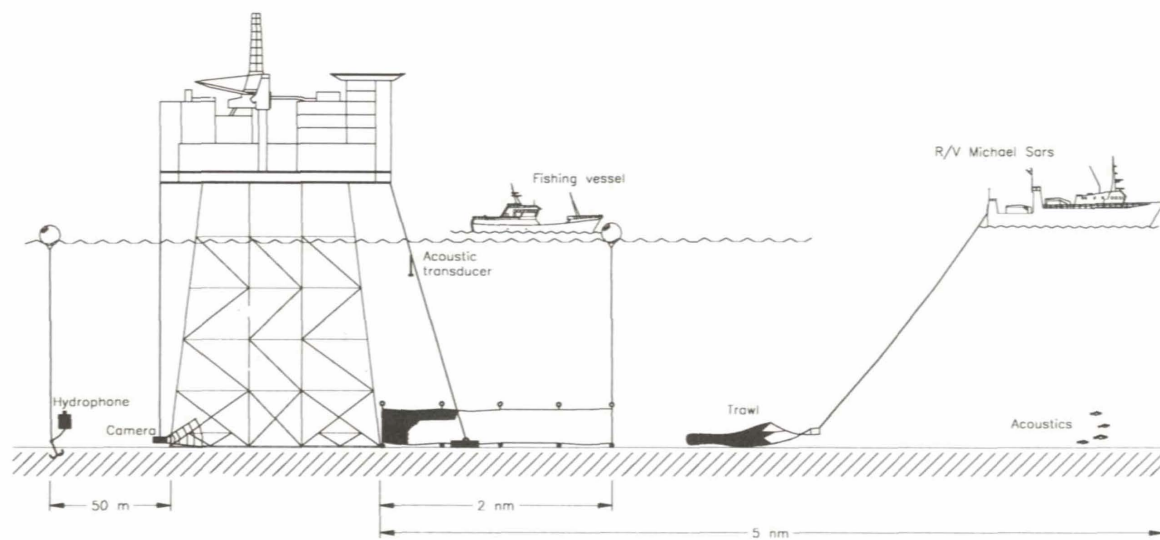
## SUMMARY

The project described in this report is intended to clarify the extent to which abandoned platforms in the North Sea attract fish, and whether they can be utilised for profitable fishing, or alternatively, as protection zones for increasing recruitment to fish stocks in the North Sea.

The main part of the project was carried out at the Albuskjell 2/4 Fox platform on the Ekofisk field between May and September 1998, but studies were also carried out around Gullfaks C in May. Albuskjell Fox is a "cold" platform that was shut down in 1990, while Gullfaks C is still in operation.

A number of different methods were used to map concentrations of fish in the vicinity of the platforms:

- Acoustic quantification and trawling by research vessel
- Acoustic quantification performed from the platforms
- Test fishing using gill-nets
- Underwater filming
- Acoustic tagging techniques.



The various methods utilised to study concentrations of fish near Albuskjell Fox..

Acoustic quantification and trawling carried out by R/V Michael Sars in May did not demonstrate higher concentrations of fish near the platforms, but for practical and security reasons the vessel did not approach the platform closer than 50 - 100 m. Densities of fish in this area in May were generally very low.

Fishing experiments using gill-nets near Albuskjell Fox and Gullfaks C in May showed a clear increase in the catches of the nets that had been set closest to the platform, with rises in catches as far as about 100 m from the platforms. Catches in May were low and would not have been profitable in a commercial fishery. In September catches were higher to more than 300 m from the platforms, catch rates were significantly better than in May and would have been interesting for a commercial fishery at Albuskjell. At Gullfaks the catches were higher. Catches around Albuskjell were dominated by cod, with the addition of a certain amount of saithe, particularly in May. Near Gullfaks C, ling was the most important species, followed by cod and saithe.

Acoustic transducers were hung from three sides of the Albuskjell Fox platform in order to measure concentrations of fish close to the sides of the platform jacket. Three series of measurements were carried out in May, July and September. Large differences in fish concentrations were observed, depending on the side of the platform, time of day and season. At night, the fish were distributed throughout the water column in such a way that their distribution was suitable for biomass measurements. The amount of fish near the platform was estimated by taking the mean concentration indicated by the three transducers and applying this figure to the whole area under the platform and as far out to the side of the platform as the fish were found. This distance was initially set at 50 - 100 m, but for September an alternative value was also estimated, for which a distance of 300 m was used on the basis of the results of the test fishing with nets. The quantities of fish estimated in this way came to 7.6, 15.7 and 13.9 tons of cod and saithe in May, July and September respectively, in addition to 2.3 and 1.2 tons of mackerel in July and September. The alternative value for September, based on fish concentrations out to 300 m, gave an estimate of no less than 107.7 tons. However, these estimates are subject to a high level of uncertainty.

Underwater observations using a high-sensitivity camera under the platforms showed that shoals of pelagic fish (mackerel) were circulating around the upper parts of the platform jacket. The most important concentrations of fish were observed under the platform and along the steel structures close to the bottom. Most of these fish were large cod (50 - 70 cm). In July, all the fish were closely concentrated under the platform, while in September considerable quantities of cod were also observed on the bottom some distance away from the platform.

Acoustic tagging experiments showed that the cod at Albuskjell Fox were very stationary. Of 38 cod tagged near Albuskjell Fox at the end of May, at least 17 of the same individuals were observed near the platform in August. Four tagged cod were reported to have been caught in the course of the experimental period.

Biological sampling showed that the fish that remained in the vicinity of the platform did not grow any faster than those that were captured in a reference area 30-40 m apart. Neither were there great differences between the stomach contents of fish caught close to and far from the platforms. These studies provided no indications that the platforms were the cause of increased fish production. However, it is difficult to shed light on such problems in the course of such a short experimental period.

The species and size distribution of the fish taken near the platform (for the most part, cod with a greater length than 50 cm) makes it unlikely that artificial fish reefs based on unmodified platform jackets would be suitable as protection zones for growing small fish, as

cod are well known to be very efficient predators on other fish.

In spite of the considerable amount of effort put into the project, it was impossible to solve all the problems related to the re-use of oil platform jackets as artificial fish reefs in the course of the short time available. The project must be characterised as a pioneering effort in terms of studies of artificial reefs in the North Sea, and one in which methodological development has been an important aspect. More detailed answers to the questions that have been raised will require studies of fisheries biology, behavioural experiments and test fishing round a platform during a long period of time, at least two to four years.

This project has suggested a number of important topics that require further study, including:

- Temporal variations
- Geographical variations
- Concentrations of fish under platforms
- How far from the platforms are there higher concentrations of fish?
- How large are the catches that can be made from a platform?
- How often can a reef be emptied?
- Behavioural studies of different species of fish near platforms.

We may conclude that abandoned platforms, even in the state in which they are found today, act as artificial fish reefs. Their catch potential has not been sufficiently documented, but the results of the studies suggest that considerable quantities of fish, especially cod, are to be found under abandoned platforms. Utilised as artificial fish reefs, abandoned platforms could thus help to improve the profitability of the North Sea cod fisheries. Norwegian fishermen are at present not taking up their quotas of cod in the North Sea because of the low profitability of this fishery.

If a political decision to utilise platform jackets as artificial fish reefs were to be taken, these would not be left as they are today, but would be cut up, moved and grouped, etc., in order to maximise the yield of fish while simultaneously minimising their negative effects on their surroundings, the environment and the operation of the fishing industry. We may assume that such changes in the design of reefs would help to increase fish concentrations further, but so far, this has not been the subject of study.



## **DEL 1 BAKGRUNNSMATERIALE**

### **1.1 FISKEFORDELING I NORDSJØEN**

#### **Innledning**

Nordsjøen er et høyproduktivt havområde når det gjelder biologisk produksjon (Anon. 1998a). Imidlertid er fiskebestandene i Nordsjøen sett under ett i en svært dårlig forfatning. De viktigste fiskeslagene i Nordsjøen har vært overbeskattet gjennom en årrekke. ICES (International Council for the Exploration of the Seas) bestandsberegninger gir et historisk perspektiv på bestandene over en periode på 25-30 år. Gjennom hele denne perioden har det vært en tendens til vedvarende høyt fiskepress og en nedgang i gytebestanden for de viktigste bunnlevende konsumfiskeslagene torsk, hyse, sei, hvitting, rødspette og tunge.

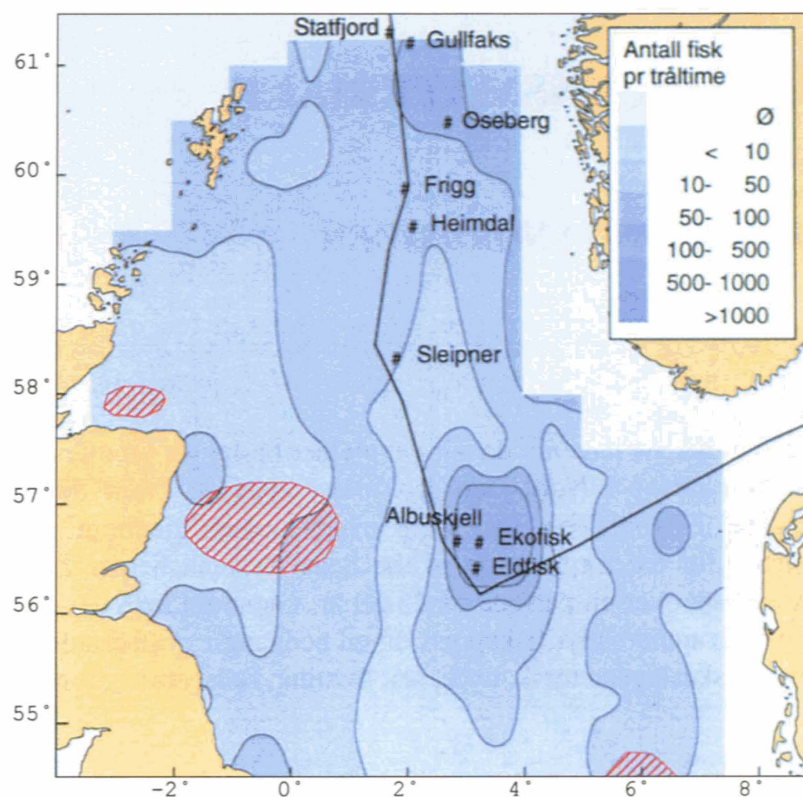
#### **Hovedområdene i Nordsjøen**

Grovt sett kan Nordsjøen deles i fire områder, hver med sin karakteristiske økologiske profil (Anon. 1998a). I nord der dybden stort sett er mellom 100 og 200 m finner vi voksen fisk, f.eks. torsk, sei og sild. Videre har arter som hyse og øyepål sin hovedutbredelse her. Om høsten kommer makrell og taggmakrell i store mengder inn vestfra for å beite i dette området.

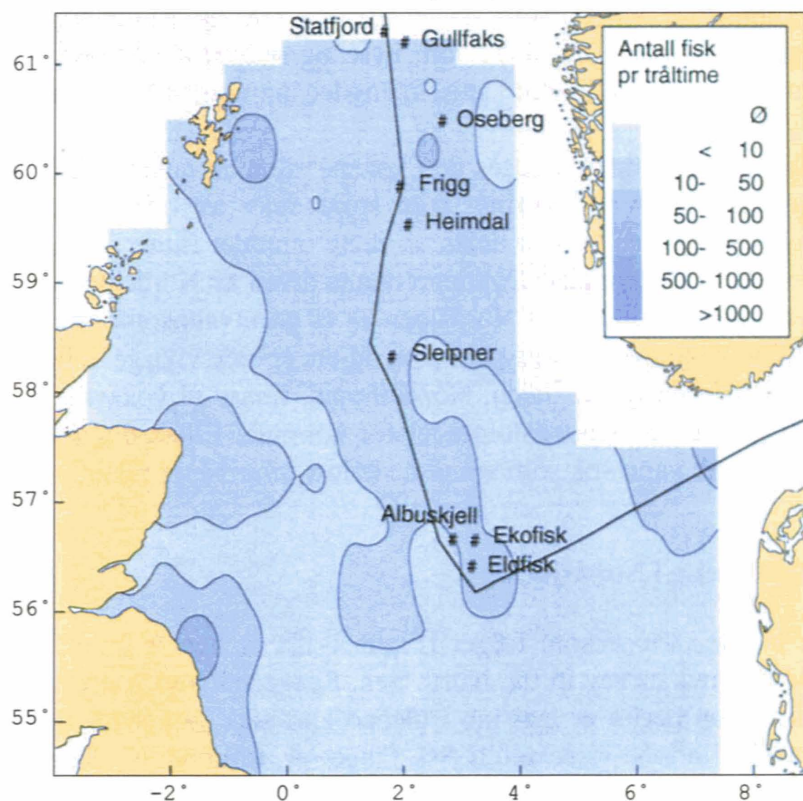
I den sentrale delen av Nordsjøen avløses den voksne silda av ungsild, brisling forekommer, torskefiskene domineres mer av hvitting, men store deler av området er generelt mindre fiskerikt enn lengre nord. I den østlige delen av dette området finner vi oppvekstområder for sild og torsk og viktige tobisområder. Dybden i denne delen av Nordsjøen er stort sett mellom 50 og 100 m. Den sydligste delen av Nordsjøen er et gruntvannsområde. Her er det viktige oppvekstområder for sjøtunge og rødspette, og igjen er det viktige tobisområder, spesielt omkring Doggerbank. I den fjerde delen, Norskerenna, finner vi voksen sild og makrell nær overflaten. I dypet finnes det oppvekstområder for kolmule. Ellers domineres bildet av arter som holder seg på dypere vann slik som vassild, skolest, svarthå og reker.

#### **Kart over fiskeutbredelse i Nordsjøen**

Bakgrunnsmateriale for kartene som følger (Figur 1-12) er hentet fra ICES «Report of the International bottom trawl survey in the North Sea, Skagerrak and Kattegat in 1996; Quarter 1, 2 and 3». Informasjon herfra er lagt inn i Gebco kartatlas og kartprogrammene Surfer og MapInfo Profesjonell. Kartene viser antall fisk fanget pr. tråltid av aldersgruppe 0, 1, 2 og 3+.

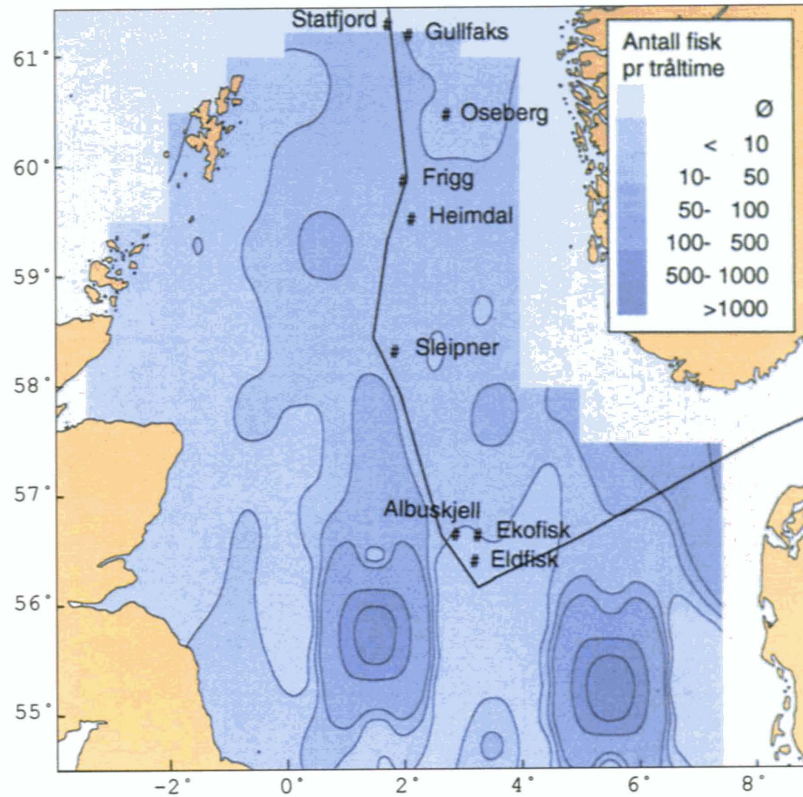


Figur 1. Utbredelse av 1, 2 og 3+-gruppe torsk i første kvartal av 1996. Skraverte røde felter er gyteområder.  $\emptyset$ : Utenfor undersøkelsesområdet [Distribution of 1, 2 and 3+-group cod (*Gadus morhua*) during first quarter of 1996. Spawning areas are marked with red.  $\emptyset$ : not investigated].

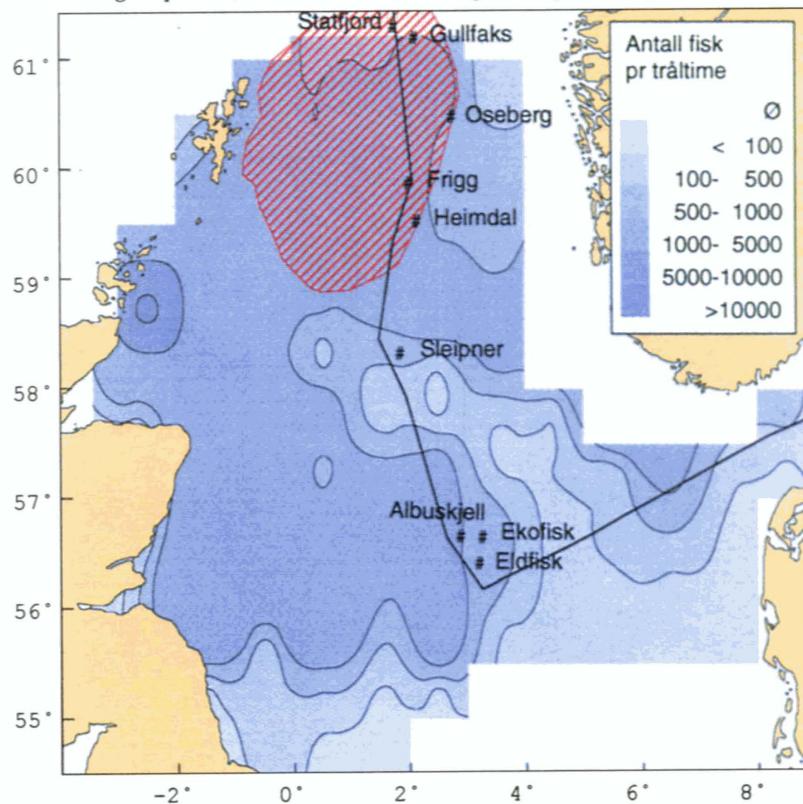


Figur 2. Utbredelse av 0, 1, 2 og 3+-gruppe torsk i andre kvartal av 1996.  $\emptyset$ : Utenfor undersøkelsesområdet [Distribution of 1, 2 and 3+-group cod (*Gadus morhua*) during second quarter of 1996.  $\emptyset$ : not investigated].

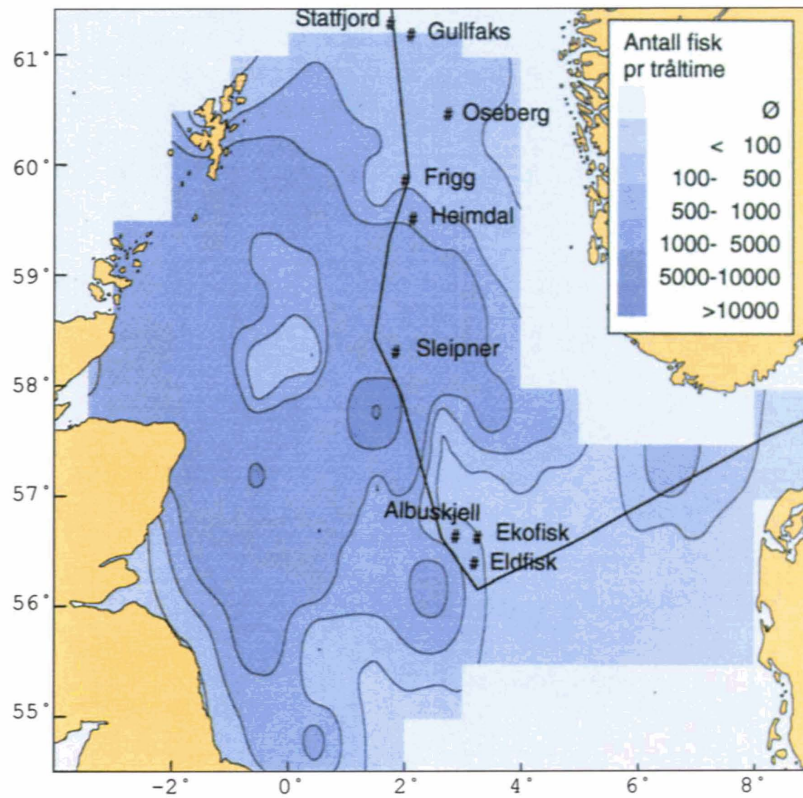




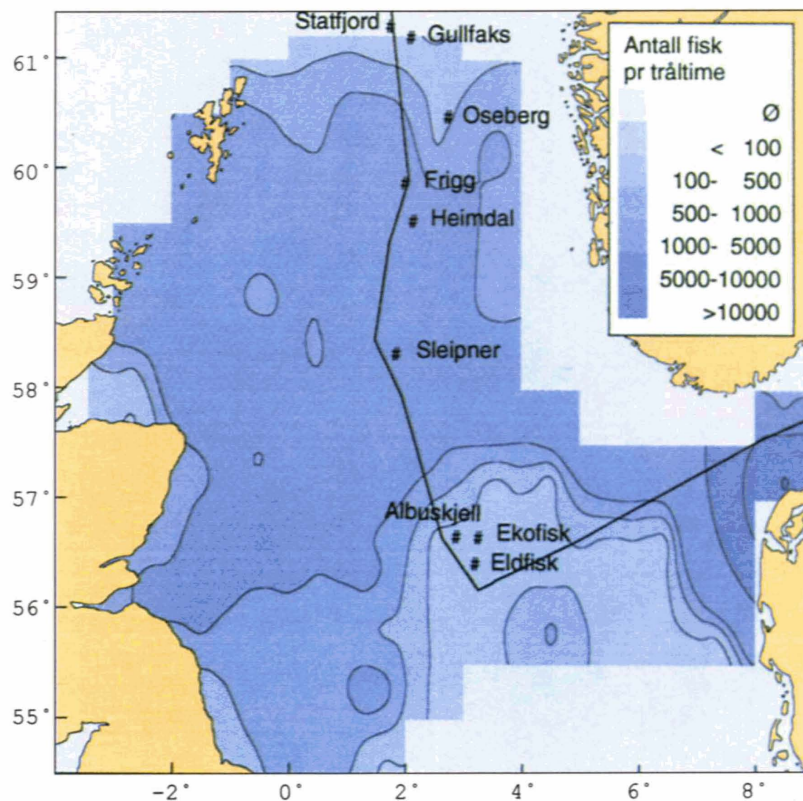
Figur 3. Utbredelse av 0, 1, 2 og 3+-gruppe torsk i tredje kvartal av 1996.  $\emptyset$ : utenfor Undersøkelsesområdet [Distribution of 1, 2 and 3+-group cod (*Gadus morhua*) during third quarter of 1996.  $\emptyset$ : not investigated].



Figur 4. Utbredelse av 1, 2 og 3+-gruppe huse i første kvartal av 1996. Skraverte felt er gyteområder.  $\emptyset$ : Utenfor undersøkelsesområdet [Distribution of 1, 2 and 3+-group haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) during first quarter of 1996. Spawning areas are marked with red.  $\emptyset$ : not investigated].

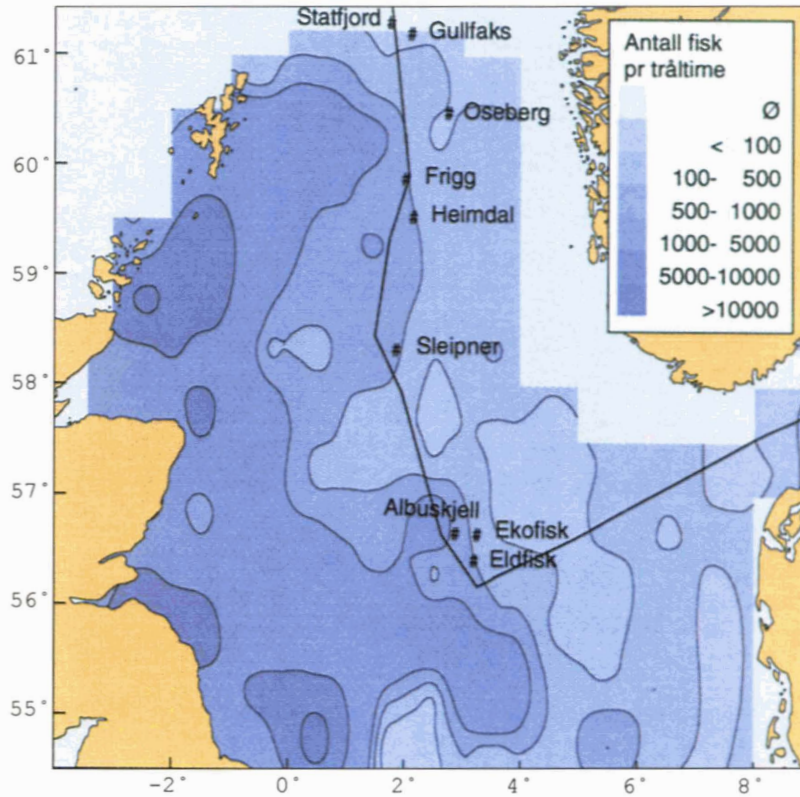


Figur 5. Utbredelse av 0, 1, 2 og 3+-gruppe hyse i andre kvartal av 1996. Ø: Utenfor undersøkelsesområdet [Distribution of 1, 2 and 3+-group haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) during second quarter of 1996. Ø: not investigated].

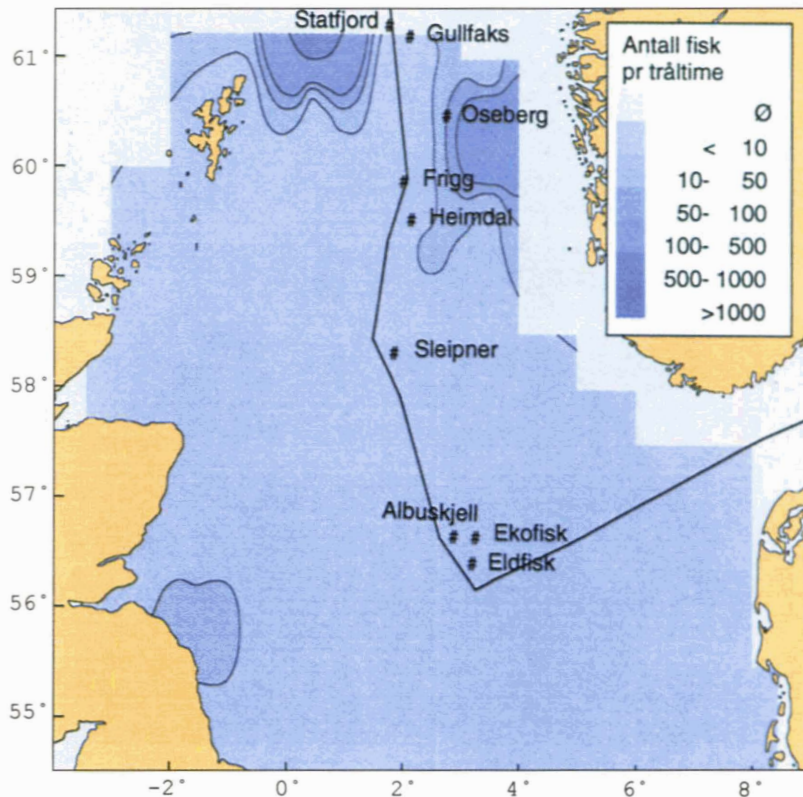


Figur 6. Utbredelse av 0, 1, 2 og 3+-gruppe hyse i tredje kvartal av 1996. Ø: Utenfor undersøkelsesområdet [Distribution of 1, 2 and 3+-group haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) during third quarter of 1996. Ø: not investigated].

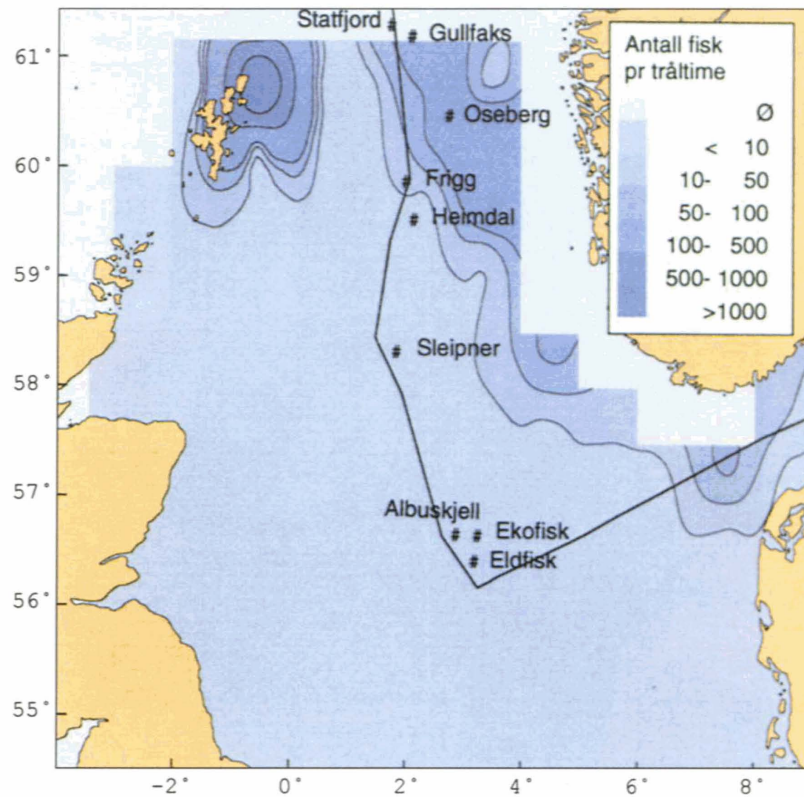




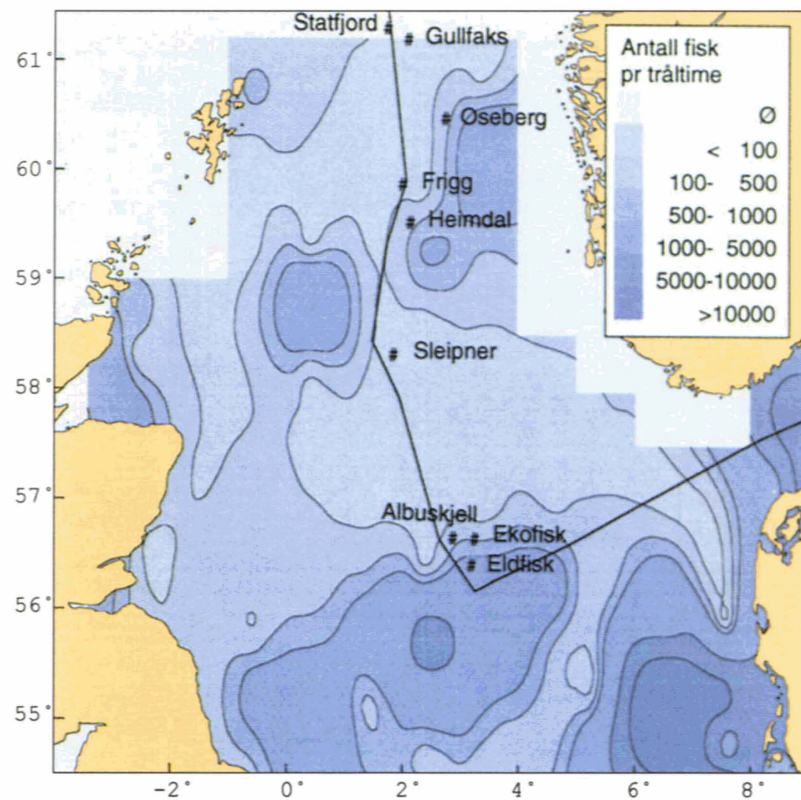
Figur 7. Utbredelse av 1, 2 og 3+-gruppe hvitting i første kvartal av 1996.  $\emptyset$ : Utenfor undersøkelsesområdet [Distribution of 1, 2 and 3+-group whiting (*Merlangius merlangus*) during first quarter of 1996.  $\emptyset$ : not investigated].



Figur 8. Utbredelse av 0, 1, 2 og 3+-gruppe makrell i første kvartal av 1996.  $\emptyset$ : Utenfor undersøkelsesområdet [Distribution of 1, 2 and 3+-group mackerel (*Scomber scombrus*) during first quarter of 1996.  $\emptyset$ : not investigated].

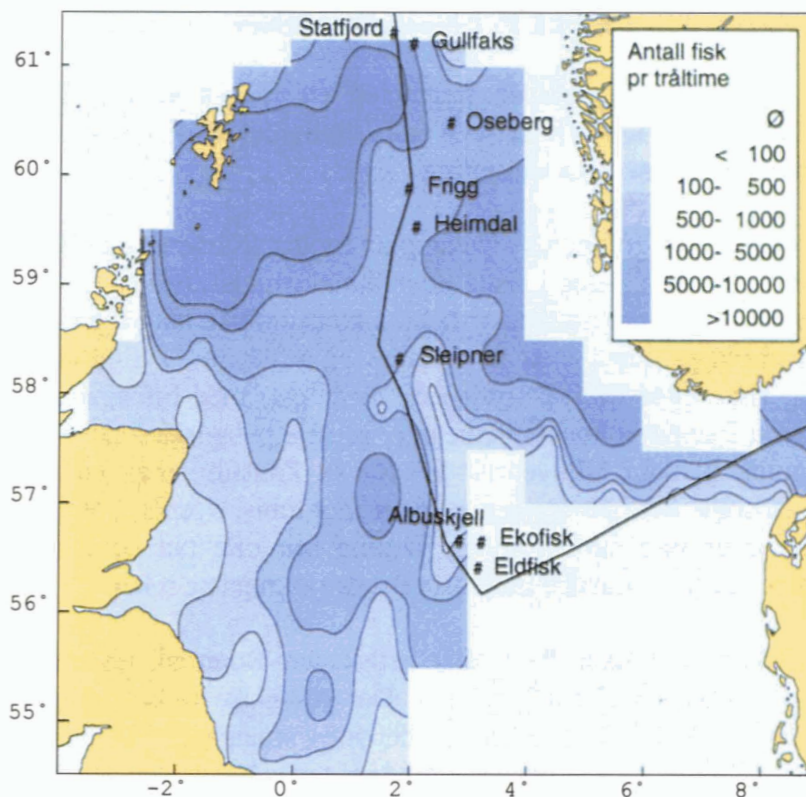


Figur 9. Utbredelse av 0, 1, 2 og 3+-gruppe sei i første kvartal av 1996. Ø: Utenfor undersøkelsesområdet [Distribution of 1, 2 and 3+-group saithe (*Pollachius virens*) during first quarter of 1996. Ø: not investigated].

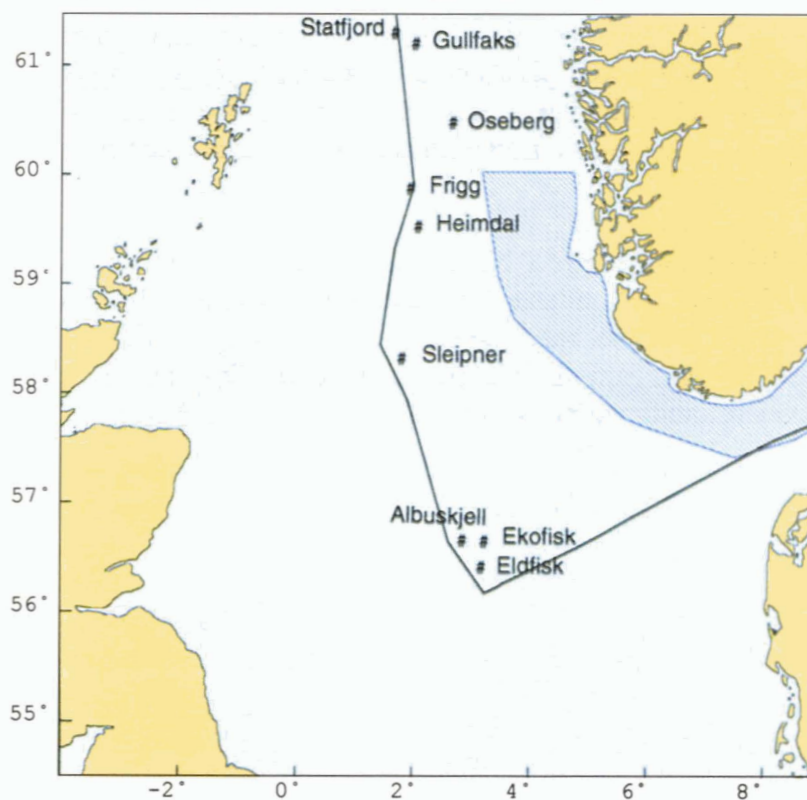


Figur 10. Utbredelse av 0, 1, 2 og 3+-gruppe sild i første kvartal av 1996. Ø: Utenfor undersøkelsesområdet [Distribution of 1, 2 and 3+-group herring (*Clupea harengus*) during first quarter of 1996. Ø: not investigated].





Figur 11. Utbredelse av øyepål i første kvartal av 1996.  $\emptyset$ : Utenfor undersøkelsesområdet  
 [Distribution of Norway pout (*Trisopterus esmarki*) during first quarter of 1996.  $\emptyset$ : not investigated].



Figur 12. Utbredelse av reke første kvartal av 1996 [Distribution of shrimp (*Pandalus borealis*) during first quarter of 1996].

## 1.2 FISKERIAKTIVITETER I NORDSJØEN

Norske fiskere har drevet og driver fremdeles en meget variert, utstrakt og intensiv fiskeriaktivitet i Nordsjøen. Disse fiskeriene er en viktig del av de norske fiskeriene totalt sett, både med hensyn til økonomi og sysselsetting.

Fiskeriene i Nordsjøen kan grupperes avhengig av hvilke fiskearter og/eller -grupper de rettes mot (Soldal 1996). Det kan deles i fiske etter bunnlevende arter og pelagisk fisk. Det kan videre deles opp i konsumfiske og industrifiske. I konsumfiske fanges torsk, hyse og hvitting i ulike blandingsforhold sammen med flere andre bunnfiskarter i mindre antall. Det foregår også et betydelig fiske etter flatfisk (rødspette og tunge) med bifangst av torskefisk. Langs kontinentalsokkelen foregår et konsumfiske etter sei. De pelagiske fiskeriene tar sild, brisling, makrell og taggmakrell som i hovedsak leveres til konsum, men en del leveres også til oppmaling. Industritrålfisket i Nordsjøen er rettet mot tobis, øyepål, kolmule og brisling, men ungfisk av andre arter som sild, hyse og hvitting blir ofte tatt som bifangst i betydelige mengder. Det finnes også en mindre flåte som fisker sjøkreps og reker.

Hvert av disse fiskeriene bruker flere ulike redskaper. Bunnfisk tas med bunntrål, partrål, bomtrål, snurrevad, garn og line (Figur 13). Det pelagiske fisket foregår med ringnot og pelagisk trål (Figur 14). I industritrålfisket benyttes småmasket bunntrål, pelagisk trål og ringnot (Figur 15). Tabell 1 viser norske landinger tatt i Nordsjøen 1985-1997. Den viser at den norske innsatsen er størst i silde- og makrellfisket og industritrålfisket. Oppfisket kvantum av torsk og hyse er marginale.

Utbyttet fra de ulike fiskeriene, både med hensyn til økonomi og kvantum, kan variere fra år til år, noe som skyldes størrelsen på eventuelle kvoter, fangsttilgjengelighet og priser. Den største delen av kvantumet blir tatt med ringnot og trål. De fleste fiskeriene er underlagt strenge reguleringer som kvoter, minstemål, fastsatte spesifikasjoner til redskaper og kriterier for deltagelse.

Den norske fiskeflåten som fisker i Nordsjøen består av fartøyer fra 15 - 75 m med en bemanning på 2 - 35 mann. De minste fartøyene driver hovedsakelig fiske med reketrål, line og garn i de kystnære områdene, mens de største fartøyene driver fiske i hele Nordsjøen med redskaper som trål, ringnot, garn og line. Det meste av det fangsten blir levert på ulike steder langs kysten for videreforedling, mens en mindre del blir ferdig produsert om bord i fartøyene.

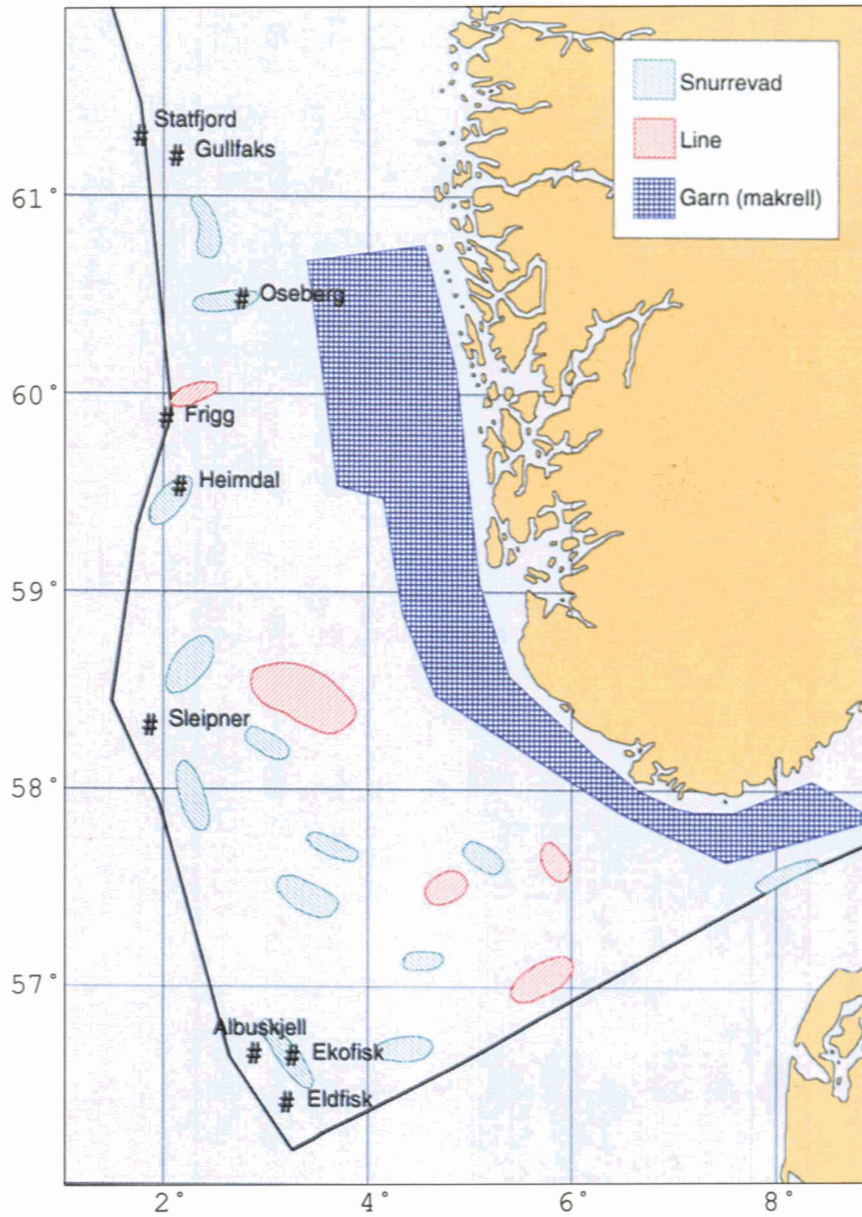
Tabell 1. Norske landinger (1000 tonn) tatt i Nordsjøen og Skagerrak 1987-1996 (Anon. 1998a) [*Norwegian landings of fish (1000 tons) from the North Sea and Skagerrak 1987-1996 (Anon. 1998a)*].

ART	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Sild	241	223	222	158	125	117	123	125	131	44
Makrell	108	60	81	74	102	116	113	116	109	88
Taggmakrell	13	41	89	127	53	100	129	94	96	15
Brisling (1)	0	4	+	2	30	28	44	36	36	53
Sei (1)	66	40	25	19	36	48	49	50	53	55
Torsk	5	4	5	5	5	10	9	8	7	6
Hyse	3	2	2	2	2	3	3	2	2	2
Øyepål	34	21	65	77	68	105	78	74	43	48
Tobis	193	185	187	89	129	89	95	174	263	160
Reker (2)	8	8	7	6	6	7	7	7	8	8

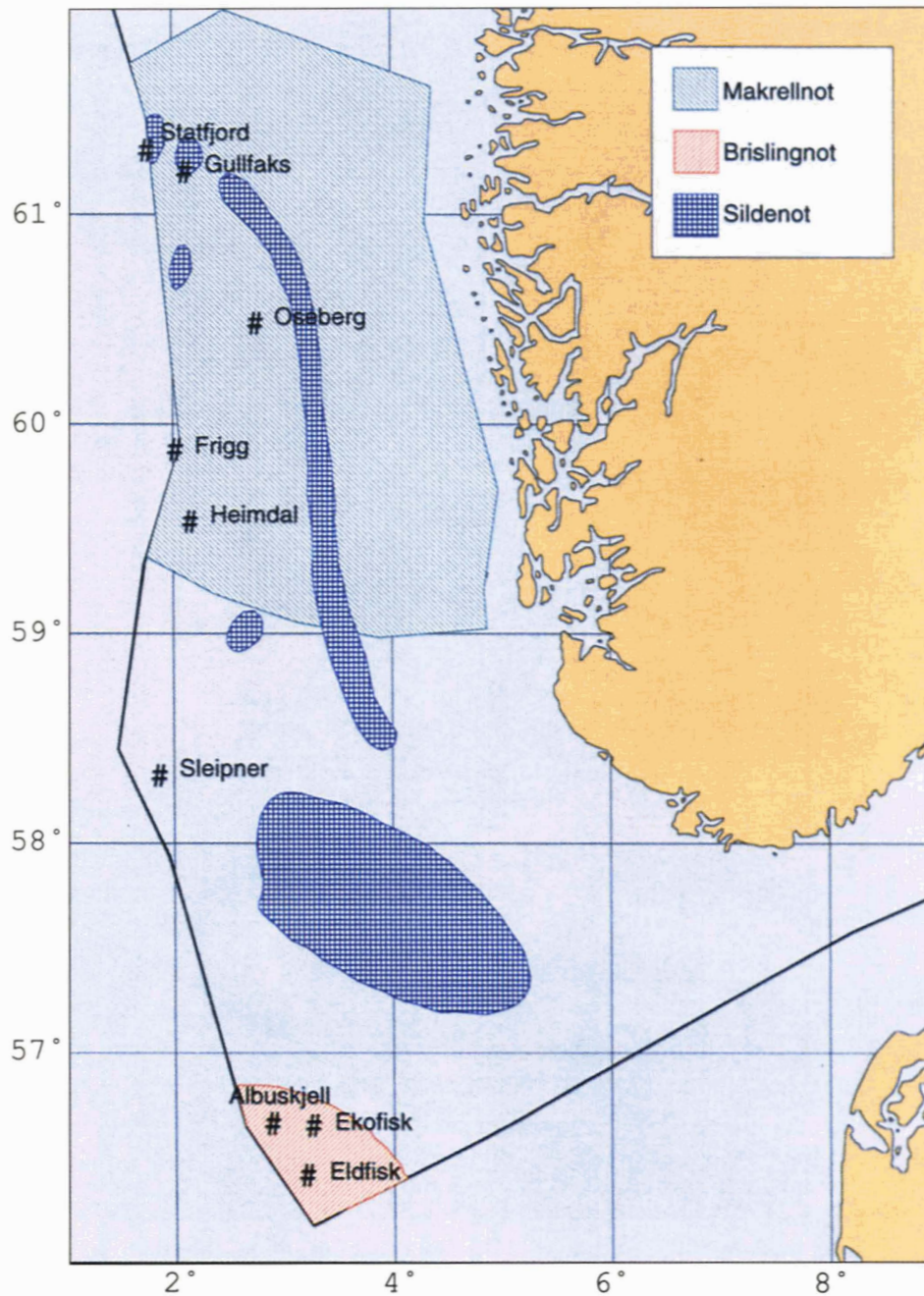
(1) : Nordsjøen og Skagerrak

(2) : Norskerenna og Skagerrak



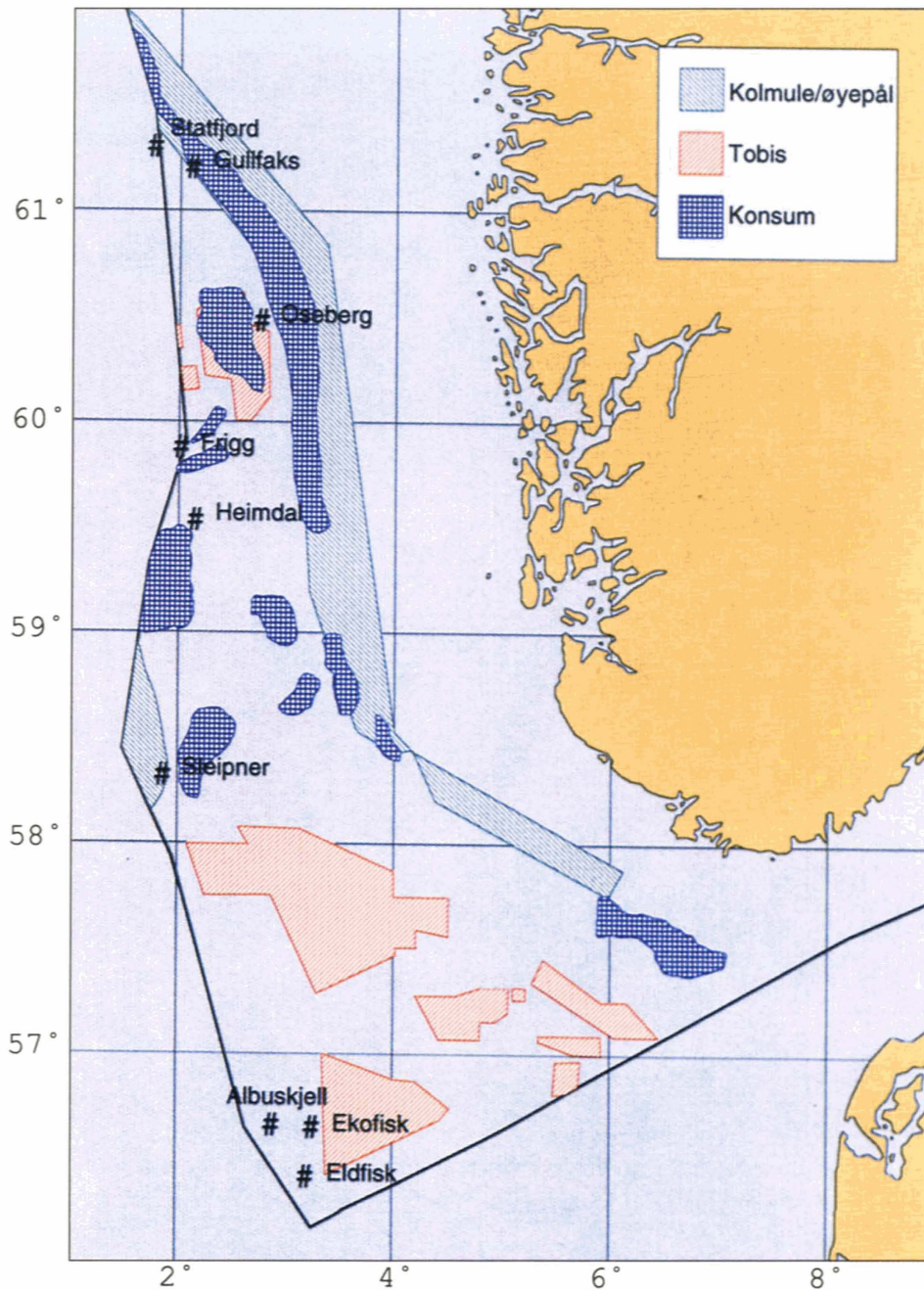


Figur 13. De viktigste feltene for fiske med snurrevad, line og garn i Nordsjøen (data fra Fiskeridirektoratet) [The main areas fished by Danish seine, longline and gillnets in the North Sea (data from the Norwegian Directorate of Fisheries)].



Figur 14. De viktigste områdene der det foregår fiske med ringnot i Nordsjøen (data fra Fiskeridirektoratet) [The main areas for purse seine fisheries in the North Sea (data from the Norwegian Directorate of Fisheries)].





Figur 15. De viktigste områdene for fiske med industritål etter kolmule, øyepål og tobis, og for trålfiske etter konsumfiske (sei, torsk, hyse) (data fra Fiskeridirektoratet) [The main areas fished by industrial trawl for blue whiting (*Micromesistius poutassou*), Norway pout (*Trisopterus esmarki*) and sandeel (*Ammodytes sp.*), and by bottom trawling for demersal fish (data from the Norwegian Directorate of Fisheries)].



## DEL 2 FELTFORSØK

### 2.1 INNLEDNING

Det er vel kjent at naturlige rev og andre strukturer på sjøbunnen samler fisk. EARRN (European Artificial Reef Research Network) definerer kunstige rev som «undervanns-strukturer som er plassert på sjøbunnen med vilje for å etterligne noen av egenskapene til naturlige rev» (Aabel et al. 1997).

Kunstige rev har blitt utnyttet til fiskeriformål i århundrer over det meste av jordkloden. Utforming og funksjon kan være svært forskjellige. De varierer fra små enkle konstruksjoner av f.eks. bambus eller tre til store komplekse byggverk av stål og betong (Aabel et al. 1997). En annen ytterlighet er bruk av avfall, slik som bildekk, flyvrak, gamle biler, etc. som plasseres på havbunnen. I mange lokale fiskersamfunn i tropiske strøk setter fiskere ut flåter av bambus e.l. i overflaten for å samle pelagisk fisk (FADs: Fish Aggregating Devices), eller gjenstander på sjøbunnen for å samle bunnfisk til eget fiske (Bohnsack et al. 1991; Seaman and Sprague 1991). I den andre enden av skalaen er Japans gigantiske nasjonale og regionale programmer med målsetning å kultivere og høste fra havet. I disse programmene inngår kunstige fiskerev bygd av betong eller stål som en viktig del av kultiveringsarbeidet (Thierry 1988; Grove et al. 1994).

Også i Norge skjer fiske på kunstige rev mer eller mindre bevisst: «Alle» fiskere vet at det kan være godt fiske rundt vrak som ligger på havbunnen (Valdemarsen 1978), og enkelte fiskere utnytter dette til sin fordel ved planmessig å fiske rundt kjente vrak. På samme måte er det fiskere som utnytter fiskekonsentrasjoner langs olje- og gassrørledninger i Nordsjøen. Det er også kjent at trålere tauer i sirkel så nær opptil plattformene i Nordsjøen som det er lovlig (500 m) for å maksimere fangsteffektiviteten. Skotske snurrevadfiskere driver periodevis et intenst fiske etter hyse tett inntil sikkerhetssonene ved Ekofisk. Også linefartøyer driver et lignende fiske i den nordlige delen av Nordsjøen. Oljearbeiderne i Nordsjøen driver fritidsfiske fra plattformene, og det er velkjent i miljøet at fangstene er bra. I Mexicogolfen drives både kommersielt fiske og fritidsfiske ved plattformer som er i drift og ved et stort antall utrangerte plattformer som er tatt i bruk som kunstige fiskerev («rigs to reefs») (Reggio 1987; Gurney 1992). Så populært er dette fisket at det er vanskelig å dekke etterspørselen etter utrangerte plattformer.

Selv om fiskerne lenge har utnyttet fiskeforekomstene ved plattformene i Nordsjøen til å effektivisere fangstutbyttet, har det vært utført få vitenskapelige undersøkelser for å dokumentere og kvantifisere fiskeforekomstene rundt plattformene (Furevik 1989). I april/mai 1977, august 1978 og juli 1985 gjennomførte FTFI (nåværende Fangstseksjonen ved Havforskningsinstituttet) fangstforsøk rundt Ekofisk i mindre skala (Olsen and Valdemarsen 1977; Valdemarsen 1978; Beltestad et al. 1985; Cripps and Aabel, 1995) undersøkte fiskeforekomster rundt en plattform ved hjelp av eksisterende ROV-opptak fra undervannsinspeksjoner av plattformunderstell og langs rørledninger. Det er også blitt utført en del undersøkelser i Britisk Nordsjøsektor, men resultatene fra disse forsøkene er ikke publisert i vitenskapelige tidsskrifter og er derfor vanskelig tilgjengelig. Alle publiserte undersøkelser viser relativt høyere tetthet av fisk rundt plattformene enn ellers i området (Stanley and Wilson 1991; Bull and Kendall 1994; Stanley and Wilson 1997). Selv om det

som oftest blir antatt at denne økningen skyldes en aggregering av allerede eksisterende fiskeforekomster i området, blir det også diskutert om disse strukturene kan øke produksjonen av biomasse (Pickering and Whitmarsh 1997). Dette er en antakelse som det er vanskelig å dokumentere. Det finnes også få undersøkelser som gir et kvantitativt estimat av fiskemengden som står samlet rundt en plattform.

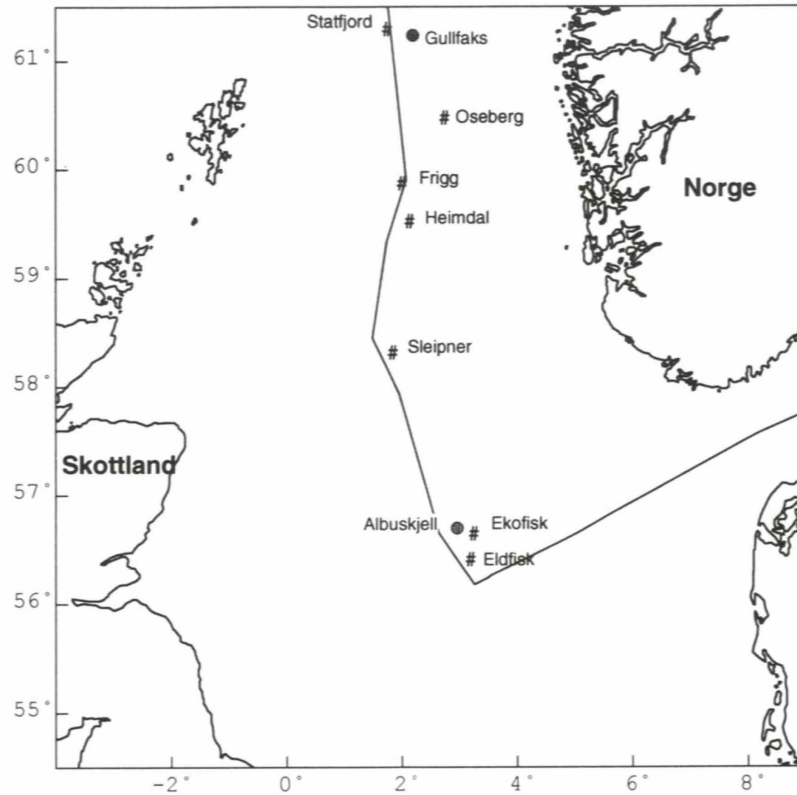
Sommeren 1998 ble 13 installasjoner stengt ned på Ekofiskfeltet ved overgangen til Ekofisk II. Et naturlig spørsmål i den forbindelse er hvordan de etterlatte plattformene skal disponeres. Det eksisterer flere alternativ for hvordan dette kan gjøres. I utgangspunktet sier OSPAR-konvensjonen at alle stålkonstruksjoner som er mindre enn 10.000 tonn skal tas på land for opphogging (Anon. 1998b). Imidlertid gis det en åpning for at understellet av plattformer kan etterlates på feltet dersom de planmessig tas i bruk til annet formål. Et slikt alternativ kan være å benytte understellene som «kunstige fiskerev» etter mønster fra Mexicogolfen (Picken and McIntyre 1989). Imidlertid må konsekvensene av en slik disponering utredes før dette alternativet kan bli aktuelt. Prosjektet som beskrives i denne rapporten er et bidrag til å belyse i hvilken utstrekning etterlatte plattformer samler fisk, og om de kan utnyttes til lønnsomt fiske, alternativt til fredete områder for å øke rekrutteringen til fiskebestandene i Nordsjøen.

## **2.2 FORSØKSOMRÅDER OG FORSØKSPERIODER**

### **2.2.1 Forsøkslokaliteter**

Den største delen av undersøkelsene ble utført ved Albuskjell 2/4 Fox som ligger i utkanten av Ekofiskfeltet i den sørlige delen av norsk nordsjøsektor (Figur 16). Denne plattformen ble valgt fordi den er en såkalt «kald» plattform. Produksjonen ble stengt ned i 1990. Etter dette har den vært ubemannet, med unntak av periodiske besøk av teknisk personell for vedlikehold. Det er således lite støy fra plattformen, og det er ikke utslipp av matavfall og kloakk. Imidlertid er plattformen belyst om natten av sikkerhetshensyn, noe som kan påvirke fiskefordelingen i området.





Figur 16. Forsøksområdene i Nordsjøen. De viktigste undersøkelsene ble gjort ved Albuskjell som ligger i utkanten av Ekofiskfeltet. I tillegg ble det utført fangstforsøk og akustisk mengdemåling fra forskningsfartøy rundt Gullfaks C [Experimental areas in the North Sea. The main investigations were carried out at Albuskjell in the outskirts of the Ekofisk field. Additional investigations were done at Gullfaks C].

Det at Albuskjell Fox var en nedstengt plattform, medførte en del praktiske problemer for forsøksvirksomheten. Havforskningsinstituttets personell fikk av sikkerhetsmessige årsaker ikke lov til å bo på Fox mens forsøkene pågikk. Isteden ble de innkvartert på en bebodd plattform et stykke unna (Albuskjell 1/6 Alfa og Ekofisk 2/4 Kilo) og måtte transporteres over i helikopter sammen med et 6-manns vedlikeholdsteam hver gang det skulle gjøres arbeid på Fox. Arbeidsøktene måtte da tilpasses helikopteravganger og om vedlikeholdsteamet hadde tid og oppgaver å gjøre på Fox. Dette medførte at det ble betydelig færre besøk på Fox enn ønskelig, at arbeidsoppgavene der ute ofte måtte gjøres under stort tidspress, og det ble mindre tid enn ønskelig til å utføre en del oppgaver, som f.eks. undervannsfilmning av fiskeforekomstene under plattformen.

I tillegg til undersøkelsene rundt Fox, ble det foretatt akustisk mengdemåling av fisk rundt Albuskjell 1/6 Alfa der det fortsatt var produksjon da forsøkene ble utført. Alfa-plattformen er tilnærmet identisk med Fox i konstruksjon og størrelse. Dette ble gjort for å sammenligne fiskefordelingen rundt en «kald» plattform og en som fortsatt er i drift. Både Albuskjell Fox og Alfa har stålunderstell (Figur 19). Rundt Albuskjell-plattformene er det relativt flat og homogen sand og leirbunn med et dyp på ca. 70 m.



Figur 17. Albuskjell Fox [*Albuskjell Fox*].



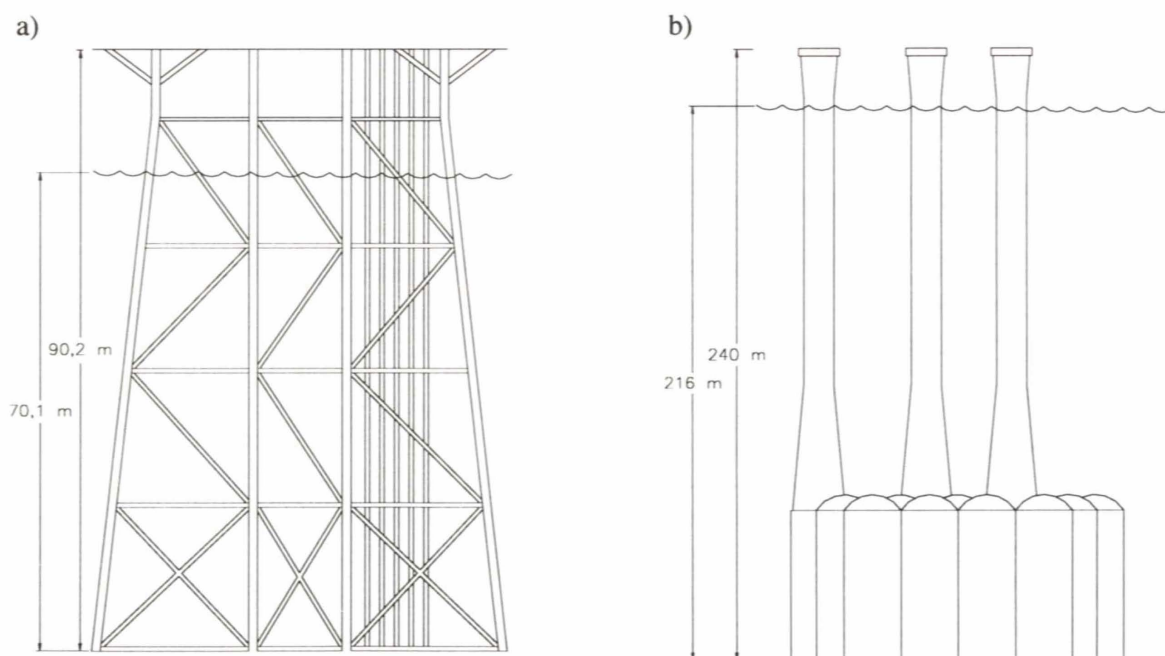
Figur 18. Gullfaks C [*Gullfaks C*].



I mai ble det i tillegg til forsøkene rundt Albuskjell, gjort fangstforsøk og akustisk kartlegging av fiskefordelingen rundt Gullfaks C-plattformen i den nordlige delen av Nordsjøen (Figur 16). Gullfaks C ligger i skråningen mellom Nordsjøplatået og Norskerenna på 220 m dyp. Forsøkene med forskningsfartøy foregikk innenfor en sirkel med radius 5 nm (9,25 km) rundt plattformen. Innenfor dette området skrånet bunnen fra 135 m dyp i sør-vest til 285 m i nord-øst. Gullfaks C plattformen står på betong-understell (Figur 19).

Tabell 2. Viktige parametere for plattformene som ble brukt i undersøkelsen Albuskjell 2/4 Fox og Gullfaks C [Specifications of the oil platforms Albuskjell 2/4 Fox and Gullfaks C used in the investigations].

	Albuskjell 2/4 F	Gullfaks C
Brutto tonn	27 600	846 000
Bunnkonstruksjon (t)	7320	
Mål ved basis (m)	50 X 65	170 X 125
Produksjon	nedstengt (sommer 1990)	fortsatt i drift (1998)
Dyp (m)	70	216
Konstruksjon	Stål	Betong



Figur 19. Plattformens bunnkonstruksjon: (a) Stålunderstellet til Albuskjell 2/4 Fox og Alfa, (b) Betong-understellet til Gullfaks C [Bottom constructions of the investigated platforms: a) Steel jacket from Albuskjell Fox and Albuskjell Alfa, b) Concrete legs of Gullfaks C].

## 2.2.2 Feltperioder

### Første feltperiode - mai

Denne perioden strakk seg fra 11. til 25. mai 1998. Før forsøkene med fiske- og forskningsfartøy tok til ble akustisk måleutstyr satt ut på Albuskjell Fox. Det ble foretatt akustisk mengdemåling fra plattformen parallelt med forsøkene fra fartøyer.

Forskningsfartøyet «Michael Sars» startet akustisk mengdemåling av fisk rundt Fox og Alfa 11. mai, med påfølgende trålforsøk. Da forskningsfartøyet hadde fullført de akustiske målingene, begynte fiskefartøyet «Røyrbuen» fangstforsøk med garn, line og teiner rundt Fox. «Michael Sars» forlot Ekofisk 14. mai med kurs for Gullfaks C, mens «Røyrbuen» fullførte fangstforsøkene ved Albuskjell Fox. På Gullfaksfeltet ble det gjennomført tilsvarende akustisk kartlegging og trålforsøk som på Ekofisk. Disse forsøkene blir i den videre teksten kalt **Periode 1**.

Den 19. mai var «Michael Sars» tilbake på Ekofisk-feltet for å gjøre tilsvarende undersøkelser som i Periode 1, mens «Røyrbuen» foretok fiskeforsøk ved Gullfaks C. «Michael Sars» gikk deretter tilbake til Gullfaks C for å repetere forsøkene der etter at «Røyrbuen» hadde forlatt området. Disse forsøkene blir heretter kalt **Periode 2**. Hovedhensikten med denne forsøksserien var å finne ut om det kunne observeres noen nedgang i fiskemengde på feltet etter at det var drevet fiske i kommersiell skala.

### Andre feltperiode – juli

Fra 8. til 10. juli 1998 ble det foretatt akustisk mengdemåling fra Albuskjell Fox.

### Tredje feltperiode – september

Mellom 1. og 11. september 1998 ble det foretatt akustisk mengdemåling med stasjonære svingere fra Albuskjell Fox. I tillegg ble det utført nye fangstforsøk med innleid fiskebåt («Helgøysund») rundt samme plattform.

### Forsøk med akustisk merket fisk

Den 24. mai ble det merket 38 torsk med akustiske merker og det ble satt ut lyttebøyer (hydrofoner) rundt Albuskjell Fox og Alfa. Dette utstyret sto ute fra 25. mai til 11. september 1998.

## **2.3 UNDERSØKELSER FRA FORSKNINGSFARTØYET «MICHAEL SARS»**

### **2.3.1 Materialer og metoder**

#### **Fartøy**

Forsøkene ble gjennomført ombord i forskningsfartøyet F/F «Michael Sars» som eies og drives av Havforskningsinstituttet.

Lengde: 45,7 m (150 fot)

Tonnasje: 493 GRT

Motor: 1500 Hk

Fartøyet er rigget for hekktråling med to tråltromler for håndtering av to tråler. Det er utstyrt med moderne instrumenter for navigering, redskapsovervåkning og akustisk registrering.

#### **Trålutstyr**

«Michael Sars» var rigget for bunntåling med Campelen 1800 prøvetakingstrål med Rockhopper trålgear. Trålen er en solid bunntåle som benyttes mye på forskningstokt i Norskehavet og Barentshavet ved tråling etter bunnfisk. Denne trålen har en maskevidde på 80 mm (strukket maske) i framparten, gradvis minkende til 40 mm i tråleposen. Trålen var utstyrt med Waco tråldører (2x3 m, 1400 kg).

Trålen var i alle hal utstyrt med Scanmar høyde- og avstandssensor som målte høyden på tråleåpningen og avstanden mellom vingespissene for å kontrollere at trålen fungerte korrekt. Tråleens høyde varierte mellom 3,6 og 4,0 m, og dørspreidningen mellom 45 og 55 m.

#### **Akustiske transekter og trålestopper**

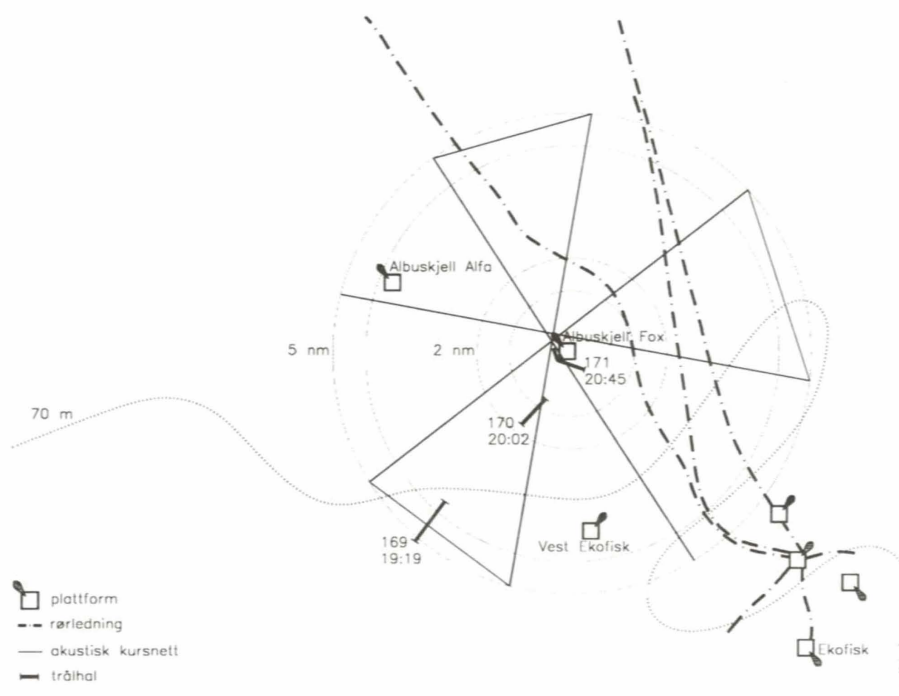
De akustiske målingene ble gjort i transekter fra plattformen som senter og ut til 5 nm (9,26 km) avstand (Figur 20-22). Fartøyet passerte så tett inntil plattformen som mulig. I praksis vil dette si i en avstand på ca. 50-100 m. Ved hver av de tre undersøkte plattformene, Albuskjell 2/4 Fox, Albuskjell 1/6 Alfa og Gullfaks C ble det gjort fire akustiske survey: Ett på dagtid og ett nattetid før fiskefartøyet begynte å fiske i undersøkelsesområdet (Periode 1), og tilsvarende ett om dagen og ett om natten etter at fiskefartøyet hadde avsluttet fangstforsøkene (Periode 2).

Trålehalene ble gjort parallelt med de akustiske transektene i tre ulike avstander ifra plattformen (Figur 20 og 22): a) Så tett forbi plattformen som mulig; b) Fra 1,25 til 2 nm (2,3 til 3,7 km) ifra plattformen; c) Fra 4,25 til 5 nm (7,9 til 9,3 km) ifra plattformen. Det ble tauet med en tauefart på 3 knop (1,5 m/s) i 15 min fra trålen var i bunnen. Vanligvis brukes 30 minutters tauetid ved prøvetaking i fiskeriforskningsammenheng. I dette forsøket ønsket en å gjøre halene så korte som mulig for å kunne detektere eventuelle forskjeller i fiskemengde og sammensetning nær inntil plattformen. Dette kan imidlertid ha påvirket fangst-

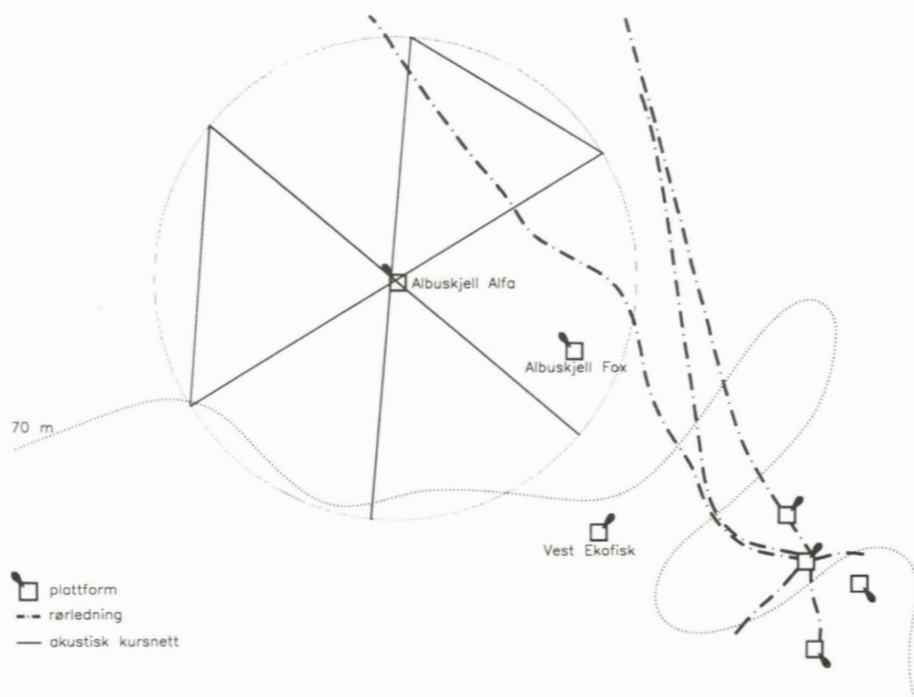


sammensetningen noe. Særlig gjelder dette for fisk med stor svømmekapasitet (stor fisk og rasktsvømmende arter som sei), som kan bli underrepresentert i fangstene. Det går også gjerne noen minutter før trålens konfigurasjon stabiliserer seg etter at den når bunnen. Til tross for Scanmar trålinstrumentering som måler bunnkontakt og trålens høyde og spredning, er det vanskelig å fastslå nøyaktig når trålen begynner å fange representativt. I korte hal vil denne usikkerheten gjøre et relativt større utslag enn i lengre hal.

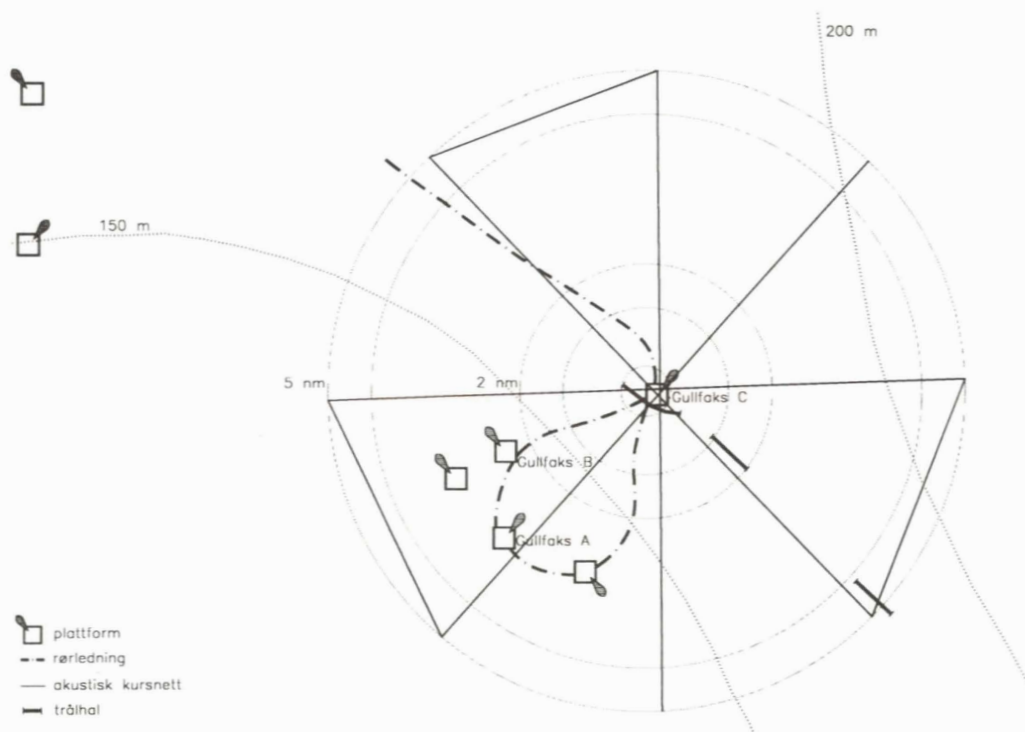
Det ble til sammen gjort 82 trålhal i forsøksperioden. Av disse ble 47 gjort ved Albuskjell (39 ved Fox og 8 ved Alfa) og 30 ved Gullfaks C. I tillegg ble det gjort tre referansehal i ca. 40 nm avstand fra Ekofisk og to ca. 30 nm fra Gullfaks. Hensikten med referansehalene var å ta biologiske prøver av fisk som man antok var upåvirket av oljevirksomheten. Disse halene var gjort i områder med tilsvarende dyp og bunnforhold som på Ekofiskfeltet og Gullfaks.



Figur 20. Akustisk kursnett (heltrukne linjer som går gjennom sentrum av sirkelen) og eksempel på trålhal tatt i tre ulike avstander fra Albuskjell Fox plattformen [Acoustic survey tracks (unbroken lines running through the centre of the circle) and example of trawl hauls taken at three different distances from Albuskjell Fox].



Figur 21. Akustisk kursnett (heltrukne linjer som går gjennom sentrum av sirkelen) ved Albuskjell Alfa-plattformen [Acoustic survey tracks (unbroken lines running through the centre of the circle) at Albuskjell Fox].

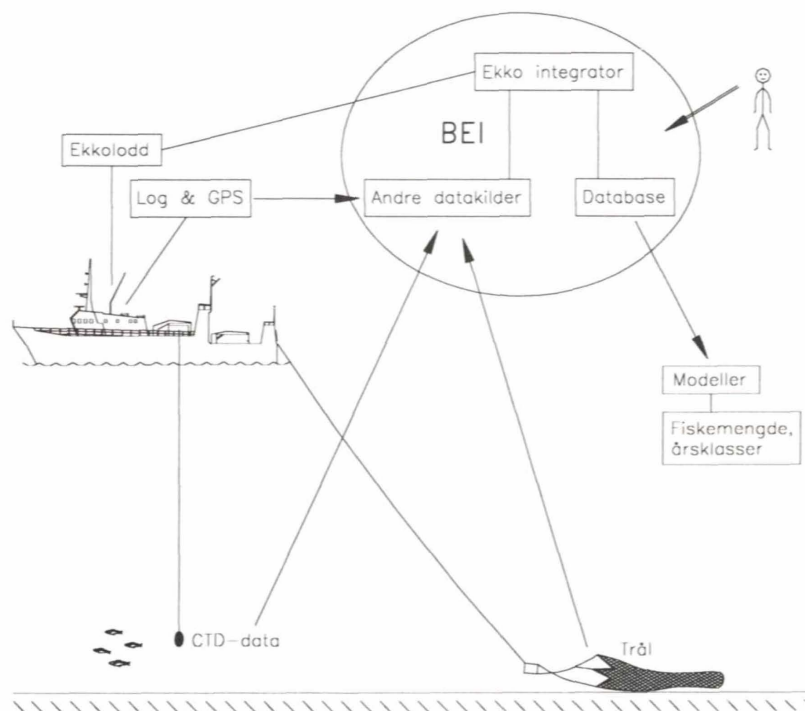


Figur 22. Akustisk kursnett (heltrukne linjer som går gjennom sentrum av sirkelen) og eksempel på trålhål tatt i tre ulike avstander fra Gullfaks C-plattformen [Acoustic survey tracks (unbroken lines running through the centre of the circle) and example of trawl hauls taken at three different distances from Gullfaks C].

## Akustisk instrumentering og tolkning av ekkointegratorordata

«Michael Sars» er utstyrt med skrog-monterte split beam ekkoloddsvingere som sender i tre ulike frekvenser. I dette forsøket benyttet man kun 38 kHz. Svingerne er knyttet til et SIMRAD EK500 ekkolodd som er forbundet med Bergen Echo Integrator system (Knudsen 1990; Korneliussen 1993). Mengdeberegning av fisk ble gjort etter standardiserte metoder (Forbes and Nakken 1972; Johannesson and Mitson 1983; MacLennan and Simmonds 1991). Figur 23 viser en prinsippskisse for tolkning av akustiske data ombord på Havforskningsinstituttets forskningsfartøyer. Data fra ekkoloddet blir sammen med data fra trålfangster og miljødata (salinitet og temperatur, CTD-data) brukt til å beregne mengde, arts- og størrelsesfordeling av fisk.

I tolkningen av akustiske data ble ekkogrammet delt inn i én bunnkanal som omfattet vannvolumet opp til 10 m over bunnen og én pelagisk kanal. I bunnkanalen ble ekkointegratorverdiene splittet opp på artene torsk, hyse, sei, hvitting, sild og annen bunnfisk etter ekkoregistreringenes utseende og mengdeforholdet mellom artene i trålfangstene. I resten av vannsøylen (fra overflaten ned til bunnkanalen) ble integratorverdiene splittet mellom plankton, sei, og pelagisk fisk. Dette ble gjort for hver kabellengde (= 0,1 nm = 185,2 m) langs de transektene fartøyet fulgte.



Figur 23. Prinsippskisse av den akustiske mengdemålingsprosedyren som benyttes ombord på Havforskningsinstituttets forskningsfartøyer (etter Korneliussen 1993) [*Principles of acoustic methods for fish quantification used on board the research vessels belonging to the Norwegian Institute of Marine Research (Korneliussen 1993)*].



### Statistisk behandling av akustiske data

Ekkointegratoren gir akustisk tetthet av fisk langs transektene som  $S_A$ -verdier eller midlere målt akustisk tilbakesperdningskoeffisient, som kan sies å være en sum over alle fiskeekko innenfor et gitt vannvolum. Det ble beregnet en  $S_A$ -verdi for hver utseilt kabellengde (185 m) for følgende arter og fiskegrupper: Torsk, hyse, sei, annen bunnfisk, bunnfisk totalt, pelagisk fisk, plankton og total  $S_A$ -verdi.

For å teste om det var forskjeller i akustisk målt mengde i ulike avstander fra plattformen, ble det utført en GLM-analyse (General Linear Models) der følgende modell ble benyttet for hver art:

$$y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \chi_k + s + \epsilon_{ijkl}$$

der  $y$  er målt  $S_A$ -verdi for gjeldende art

$\mu$  er forventet verdi av  $y$

$\alpha$  er effekten av avstand fra plattformen

$\beta$  er effekten av tid på døgnet (dagslys eller mørke)

$\chi$  er effekten av periode (Periode 1 eller 2)

$s$  er første og andre ordens samspillseffekter,

og  $\epsilon$  står for tilfeldig variasjon

En tilsvarende modell ble brukt for å teste om det var forskjell i akustisk målt mengde av fisk og plankton mellom Albuskjell Fox og Alfa. Modellen var lik, med unntak av at  $\alpha$  her sto for plattformeffekt istedet for avstandseffekt. Analysen ble gjort ved bruk av programpakken SAS (SAS Institute Inc.).

### Statistisk behandling av tråldata

Forskjeller i trålfangster ble også testet med en GLM-analyse der følgende modell ble benyttet for torsk, hyse, sei og total fangst:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + s + \epsilon_{ijk}$$

Der  $y$  er observert fangst

$\mu$  er forventet verdi av  $y$

$\alpha$  er effekt av avstand fra plattformen

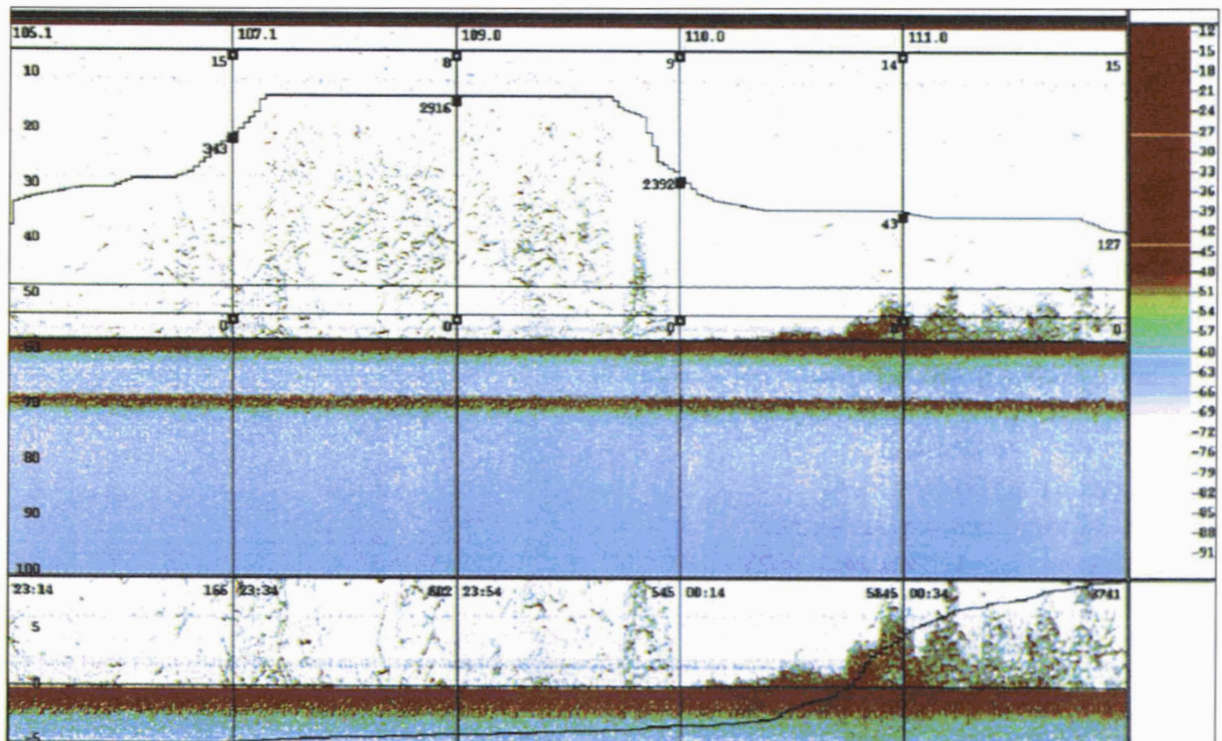
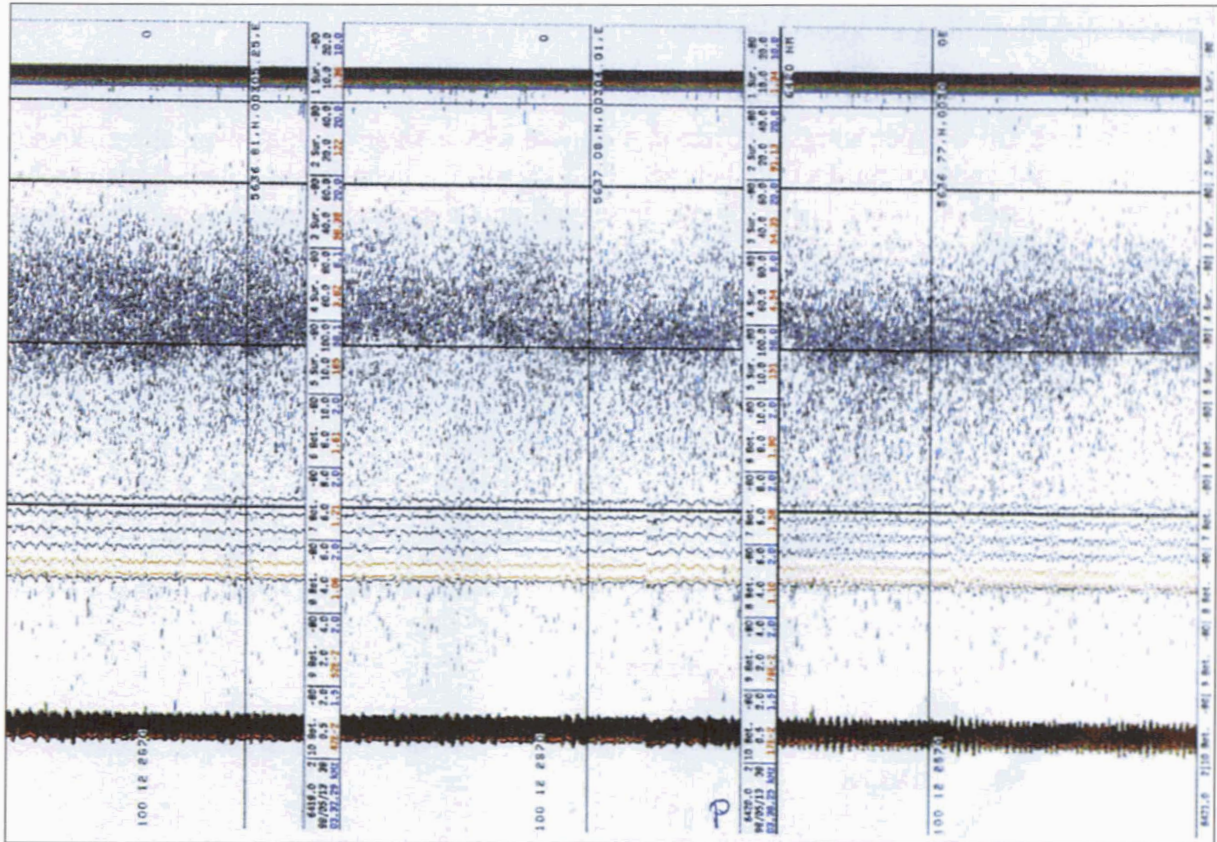
$\beta$  er effekt av Periode (Periode 1 og 2)

$s$  er samspillseffekter og

$\epsilon$  er tilfeldig variasjon

### Biologiske prøver

Fangsten fra trålhalene ble sortert etter art og veiet. Alle arter av kommersiell betydning (torsk, hyse, hvitting, sei, lysing, steinbit, uer, sild, makrell, taggmakrell, brosme, lange, sild, rødspette, lomre, breiflabb) ble lengdemålt. Det ble tatt ut otolitter (ørestein) for aldersbestemmelse og mageprøver fra tre individer fra hver 5-cm lengdegruppe av artene torsk, hyse og sei i de fleste trålhalene. Dette ble gjort for å undersøke om det var forskjeller i



Figur 24. Samtidige ekkogram fra «Michael Sars» (a) og fra stasjonær svinger ved Albuskjell Fox (b). Det ble observert svært lite fisk fra «Michael Sars», bare et tydelig planktonlag på ca. 30 meters dyp. P = Fartøyet passerer ca. 50 m til side for Albuskjell Fox. b) Under den stasjonære svingeren sto det derimot betydelige mengder fisk (torsk/sei) [Simultaneous echogrammes from R/V «Michael Sars» (a) and from a stationary transducer at Albuskjell Fox (b). a) Few fish were observed from «Michael Sars», but a plankton layer is visible at 30 m depth. P = The vessel passes approx. 50 m from the platform. b) Significant amounts of fish (cod/saithe) were observed at the platform].



veksthastighet og næringsopptak mellom fisk fanget ved plattformen og fisk fanget lengre unna.

Forskjeller i individvekt for hver aldersgruppe ble testet med en variansanalyse (GLM, SAS Institute Inc.) der en benyttet følgende modell:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

der  $y$  er observert aldersspesifikk vekt

$\mu$  er forventningen for  $y$

$\alpha$  er effekten av avstand fra plattformen

$\epsilon$  er tilfeldig variasjon

## 2.3.2 Resultater

### Akustisk mengdemåling

Den generelle fisketettheten på Ekofiskfeltet var svært lav i den perioden forsøkene pågikk. Figur 24 viser et typisk ekkogram fra «Michael Sars» idet den passerer Albuskjell Fox. Det var få fiskeregistreringer å se. Bildet domineres av plankton i de øvre vannlag.

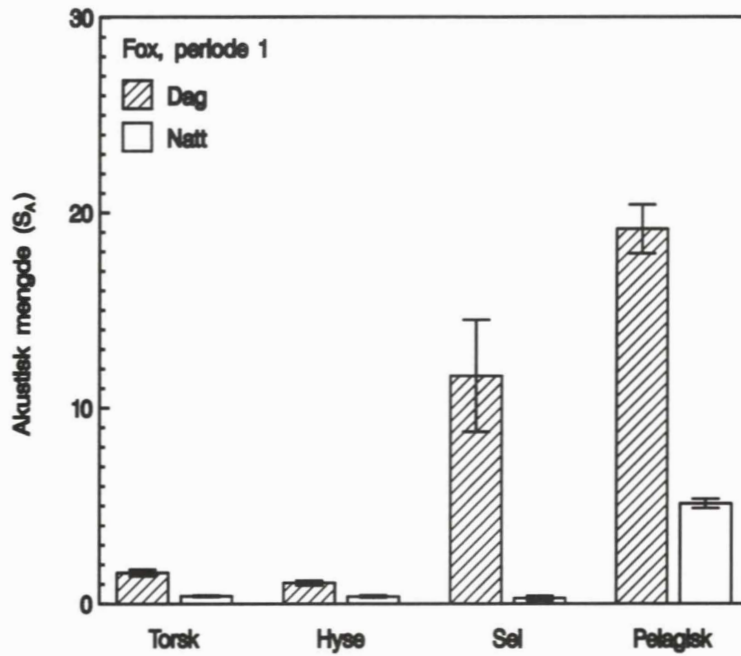
### Døgn- og periodevariasjoner

Variansanalyse av de akustiske målingene (Tabell 3-5) viste at det var signifikante forskjeller i mengden målt fisk avhengig av tid på døgnet (dag/natt) og periode. På Ekofiskfeltet ble det målt mer torsk, sei og plankton om dagen enn om natten (Figur 26). På Gullfaks C ble det målt mer torsk, hyse og annen bunnfisk om dagen enn om natten (Figur 27). Dette skyldes trolig at fiskens fordeling i vannmassene gjør den mer tilgjengelig for akustisk mengdemåling om dagen. Fisk som står tett ved bunnen kan f.eks ikke detekteres med ekkolodd.

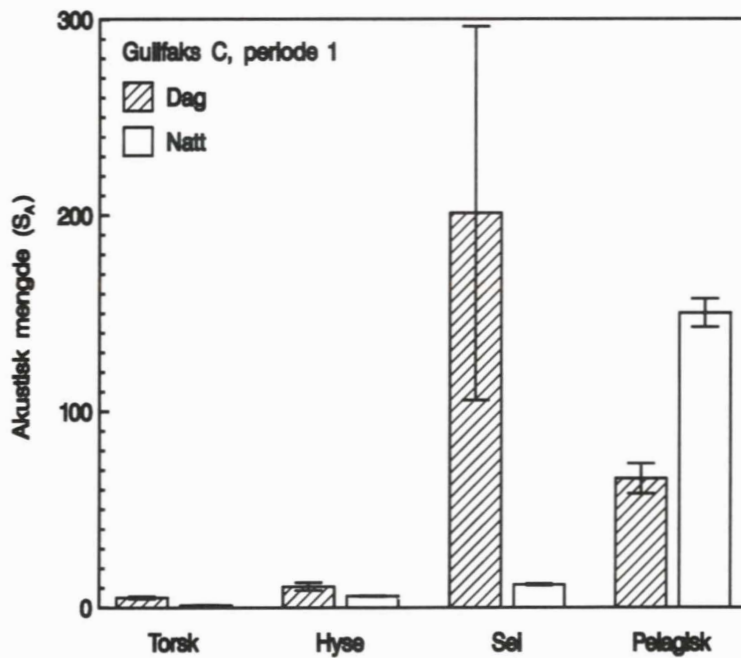
Det var generelt høyere fisketetthet ved Albuskjell Fox i Periode 2 enn i Periode 1 (Figur 27 og 28). Det var signifikant økning i  $S_A$ -verdier (ekkomengde) for alle målte arter med unntak av sei som det var mest av i Periode 1. Ved Gullfaks C var det mer hyse, bunnfisk som øyepål og kolmule («annen bunnfisk»), total mengde bunnfisk og pelagisk fisk i Periode 2, mens det var mer plankton i Periode 1. Det ble altså målt mer fisk i områdene etter at fiskefartøyet hadde gjennomført fangstforsøkene enn før, til tross for at det ble tatt ut til sammen 2,8 tonn fisk ved Fox og 7,8 tonn fisk ved Gullfaks. Dette kan skyldes at innvandring av fisk kompenserte for uttaket som ble gjort ved fangst.

I utgangspunktet hadde man en teori om at det var en større tetthet av fisk i nærheten av plattformene enn i omkringliggende områder. Dette viste seg imidlertid ikke å holde stikk (Tabell 3-5). Det ble ikke funnet signifikante forskjeller i  $S_A$ -verdi nær plattformen i forhold til lengre ut. Man skal imidlertid huske at «Michael Sars» ikke kunne gå nærmere plattformen enn ca. 50 m.

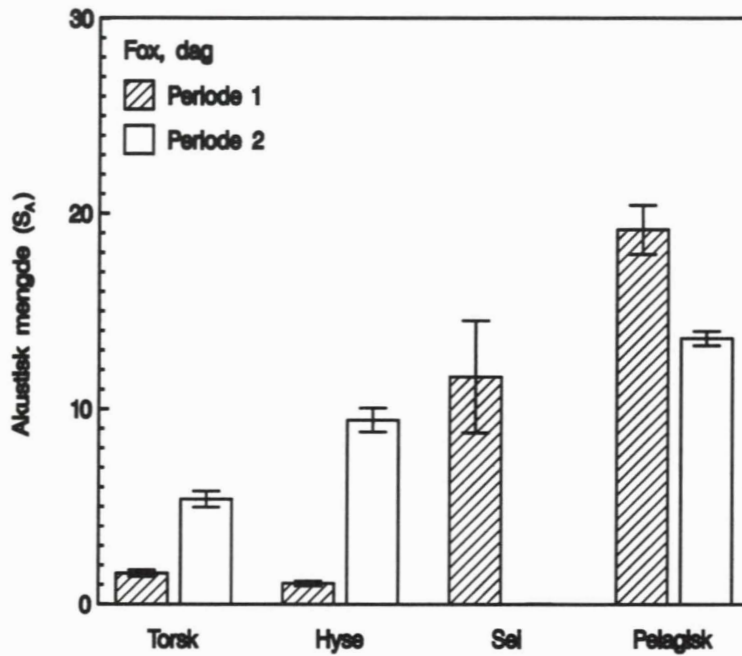




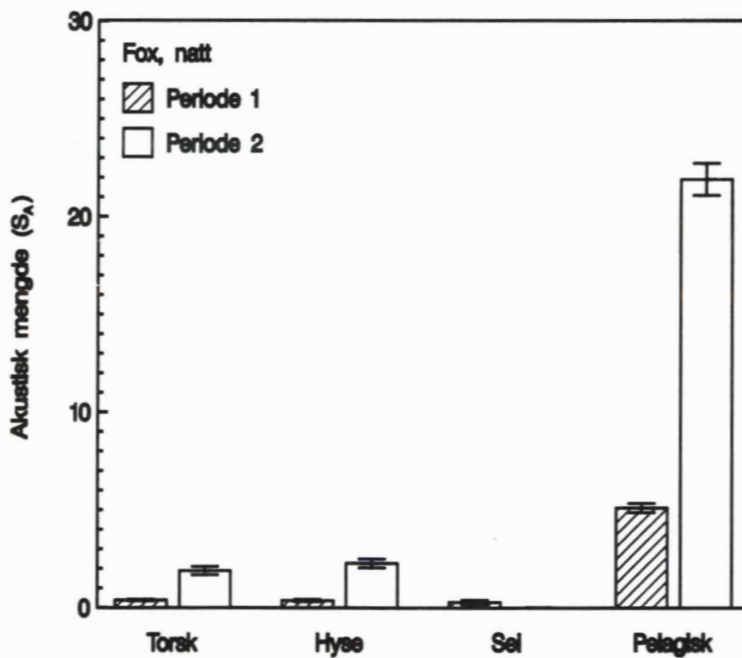
Figur 25. Akustisk målt mengde ( $S_A$ ) for ulike fiskearter ved Albuskjell Fox. Dag- og nattverdier er sammenlignet [Measured acoustic densities ( $S_A$ ) of different fish species around Albuskjell Fox. Day and night values are compared].



Figur 26. Akustisk målt mengde ( $S_A$ ) for ulike fiskearter ved Gullfaks C. Dag- og nattverdier er sammenlignet [Measured acoustic densities ( $S_A$ ) of different fish species around Gullfaks C. Day and night values are compared].



Figur 27. Akustisk målt mengde ( $S_A$ ) for ulike fiskearter ved Albuskjell Fox om dagen. Her er Periode 1 og Periode 2 sammenlignet [Measured acoustic densities ( $S_A$ ) of different fish species around Albuskjell Fox during day. Period 1 and Period 2 are compared].



Figur 28. Akustisk målt mengde ( $S_A$ ) for ulike fiskearter ved Albuskjell Fox om natten. Her er Periode 1 og Periode 2 sammenlignet [Measured acoustic densities ( $S_A$ ) of different fish species around Albuskjell Fox during night. Period 1 and Period 2 are compared].

### Forskjell mellom Albuskjell Fox og Alfa i målt akustisk mengde

Variansanalysen for å teste om det var forskjeller i målt akustisk fiskemengde i nærheten av plattformene Fox og Alfa, viste ingen signifikante forskjeller når det gjaldt  $S_A$ -verdier for de forskjellige fiskeartene (torsk, hyse, sei, pelagisk fisk). Imidlertid var mengden med plankton signifikant høyere ved Fox enn ved Alfa.

Tabell 3. Oversikt over statistisk sannsynlighet (GLM-analyse) for at ulike faktorer ikke har innvirkning på akustisk målt fiskemengde ved Albuskjell Fox. Tid: Tid på døgnet (dag/natt). Periode: Periode 1 eller 2 (se nærmere forklaring i teksten). Avstand: Avstand fra plattformen. Valgt signifikansnivå er  $p=0,05$  [Statistic probabilities (GLM analysis) that different factors do not influence the acoustic density of fish close to Albuskjell Fox. Tid: Time of day (day/night); Periode: Period 1 or 2 (see text for explanation); Avstand: Distance from the platform). Chosen significans level  $p=0,005$ ].

Art	Tid	Periode	Avstand	Tid*Periode	Periode*Avstand	Tid*Avstand
Sei	0.0004	0.0001	0.2103	0.0006	0.2016	0.5048
Hyse	0.0001	0.0001	0.7780	0.0001	0.9558	0.0429
Torsk	0.0001	0.0001	0.5696	0.0001	0.3132	0.2310
Bunnfisk totalt	0.0001	0.3924	0.2325	0.5223	0.2549	0.2860
Pelagisk fisk	0.3922	0.0001	0.0001	0.0001	0.5976	0.1822
Plankton	0.0001	0.0001	0.2419	0.0001	0.0001	0.0880
Total $S_A$ -verdi	0.0001	0.0001	0.7053	0.0001	0.0001	0.3059

Tabell 4. Oversikt over statistisk sannsynlighet (GLM-analyse) for at ulike faktorer har innvirkning på akustisk målt fiskemengde ved Albuskjell Alfa. Tid: Tid på døgnet (dag/natt). Periode: Periode 1 eller 2 (se nærmere forklaring i teksten). Avstand: Avstand fra plattformen. Valgt signifikansnivå er  $p=0,005$  [Statistic probabilities (GLM analysis) that different factors influence the acoustic density of fish close to Albuskjell Alfa. Tid: Time of day (day/night); Periode: Period 1 or 2 (see text for explanation); Avstand: Distance from the platform. Chosen significans level  $p=0,005$  ].

Art	Tid	Periode	Avstand	Tid*Periode	Periode*Avstand	Tid*Avstand
Sei	0.0008	0.0010	0.8858	0.0009	0.8590	0.8709
Hyse	0.2477	0.0080	0.5121	0.3838	0.8246	0.6911
Torsk	0.0001	0.1210	0.6660	0.0042	0.9540	0.9563
Bunnfisk totalt	0.4410	0.0867	0.5087	0.6321	0.9717	0.8775
Pelagisk fisk	0.6565	0.0001	0.5035	0.0141	0.7560	0.6356
Plankton	0.0001	0.0001	0.6950	0.0732	0.7616	0.2958
Total $S_A$ -verdi	0.0001	0.0001	0.9214	0.9895	0.7205	0.5937

Tabell 5. Oversikt over statistisk sannsynlighet (GLM-analyse)(p-verdier) for at ulike faktorer ikke har innvirkning på akustisk målt fiskemengde ved Gullfaks C. Tid: Tid på døgnet (dag/natt). Periode: Periode 1 eller



2 (se nærmere forklaring i teksten). Avstand: Avstand fra plattformen [Statistic probabilities (GLM analysis) (*p-values*) that different factors influence the acoustic density of fish close to Gullfaks C. Tid: Time of day (day/night); Periode: Period 1 or 2; Avstand: Distance from the platform].

Art	Tid	Periode	Avstand	Tid*Periode	Periode*Avstand	Tid*Avstand
Sei	0.0632	0.1009	0.3094	0.1182	0.3931	0.4074
Hyse	0.0001	0.0001	0.0123	0.0063	0.1002	0.1156
Torsk	0.0001	0.8124	0.4912	0.4193	0.2361	0.9035
Annen bunnfisk	0.0001	0.0001	0.2065	0.0001	0.0001	0.4841
Bunnfisk totalt	0.0001	0.0001	0.0991	0.0001	0.0016	0.2782
Pelagisk fisk	0.0001	0.0001	0.0917	0.0001	0.0320	0.4602
Plankton	0.0001	0.0001	0.0001	0.0008	0.0001	0.0144
Total S <sub>A</sub> -verdi	0.0001	0.7873	0.0206	0.0001	0.0022	0.1429

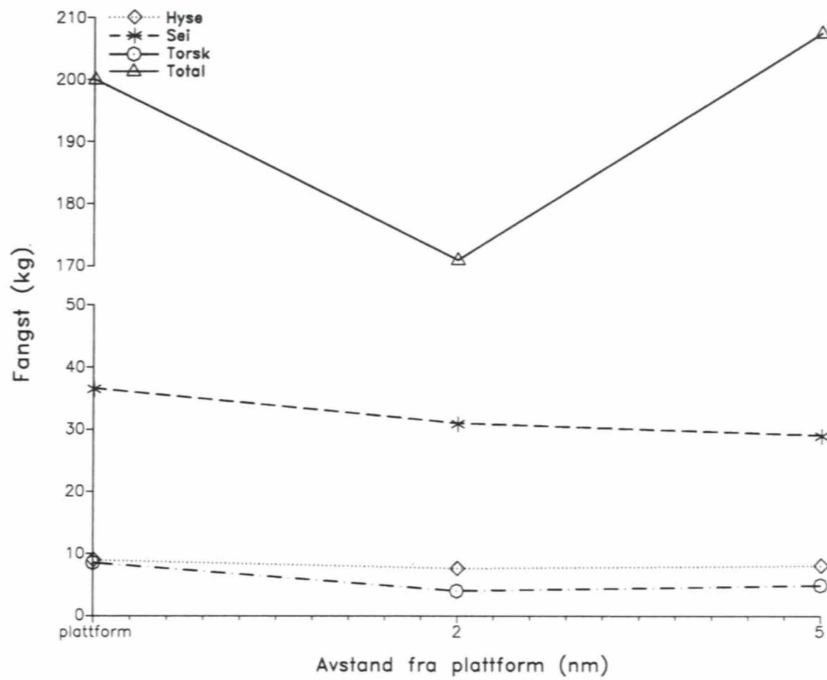
## Trålfangster

### Fangstmengde

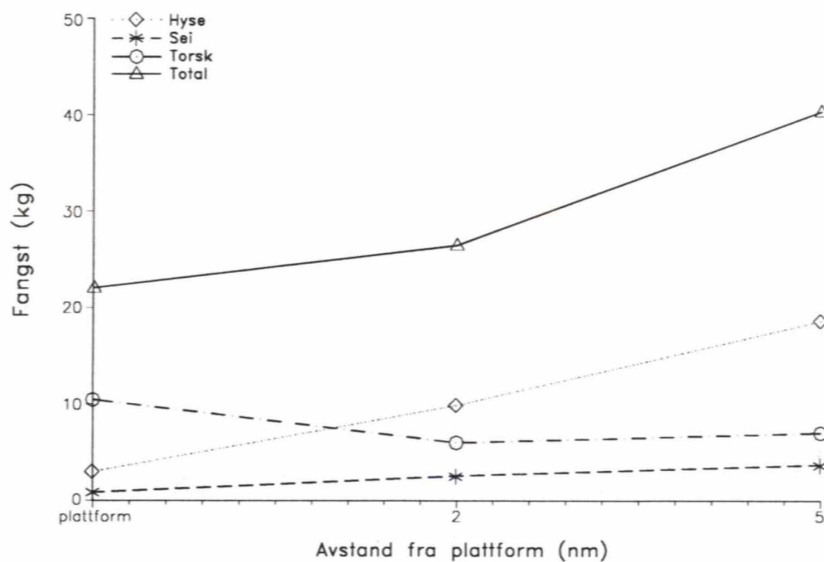
Artssammensetningen ved Albuskjell Fox var dominert av hyse, torsk og flyndrearter. Totalfangstene var imidlertid svært lave (3 til 78 kg pr. trålhal). Ved Gullfaks C var fangstene høyere (44 til 650 kg pr. trålhal). Her var det «industrifisk»-artene kolmule, øyepål, i tillegg til torsk og lange som dominerte i fangstene. Det ble også fanget mer sei ved Gullfaks C enn ved Albuskjell Fox. Figur 29 og 30 og Tabell 6 og 7 viser gjennomsnittlig fangst av torsk, hyse og totalfangst ved Albuskjell Fox og Gullfaks C.

Tabell 6. Trålfangster (midlere antall fisk og vekt i kg) tatt med "Michael Sars" i tre ulike avstander fra Albuskjell Fox [Trawl catches (no. of fish and weight in kg) taken by «Michael Sars» at three different distances from Albuskjell Fox].

	Hyse		Sei		Torsk	
	Antall	Vekt (kg) ± s.d.	Antall	Vekt (kg) ± s.d.	Antall	Vekt (kg) ± s.d.
Nær plattformen	10	3,3 ± 2,5	1	0,6	10,7	10,7 ± 8,8
1,25-2 nm avstand	39,2	9,5 ± 10,2	0	2,0	12,6	5,8 ± 3,7
4,25-5 nm avstand	72,2	17,9 ± 15,9	1	2,9 ± 2,8	15,7	6,8 ± 4,7



Figur 29. Gjennomsnittlige trålfangster av torsk, hyse, sei og totalfangst tatt med «Michael Sars» i tre ulike avstander fra Albuskjell Fox [Average catch rates of cod, haddock and saithe taken by trawl at three different distances from Albuskjell Fox].



Figur 30. Gjennomsnittlige trålfangster av torsk, hyse, sei og totalfangst tatt med «Michael Sars» i tre ulike avstander fra Gullfaks C. [Average catch rates of cod, haddock and saithe taken by trawl at three different distances from Gullfaks C].

Tabell 7. Trålfangster (midlere antall fisk og vekt i kg) tatt med "Michael Sars" i tre ulike avstander fra Gullfaks C [Trawl catches (no. of fish and weight in kg) taken by «Michael Sars» at three different distances from Gullfaks C].

	Hyse		Sei		Torsk	
	Antall	Vekt (kg) $\pm$ s.d.	Antall	Vekt (kg) $\pm$ s.d.	Antall	Vekt (kg) $\pm$ s.d.
Nær plattformen	62,6	8,9 $\pm$ 5,0	22,4	36,4 $\pm$ 36,5	4,9	8,3 $\pm$ 12,7
1,25-2 nm avstand	56,9	7,2 $\pm$ 2,9	14,7	30,0 $\pm$ 34,0	3,5	3,2 $\pm$ 4,0
4,25-5 nm avstand	50,6	7,7 $\pm$ 3,0	14,5	28,3 $\pm$ 22,3	4,7	4,6 $\pm$ 5,3

Verken ved Albuskjell Fox eller Gullfaks C ble det funnet signifikante forskjeller i fangstmengde mellom Periode 1 og 2 for noen av de analyserte artene. Det ble heller ikke funnet signifikante forskjeller i fangstmengde avhengig av avstand fra plattformen, med ett unntak. Fangsten av hyse ved Albuskjell Fox var signifikant mindre nær plattformen enn lengre vekk.

### Størrelsesfordeling

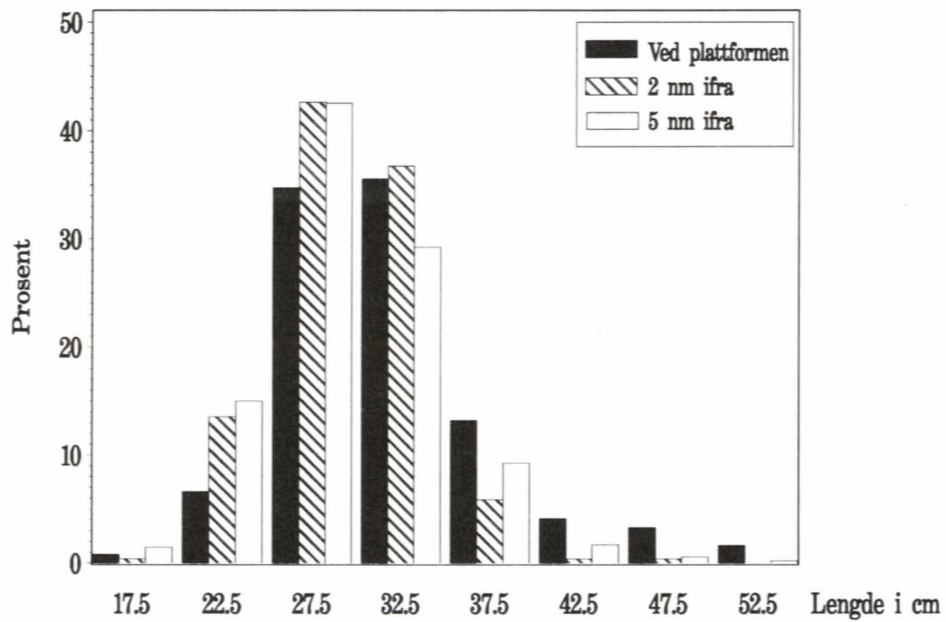
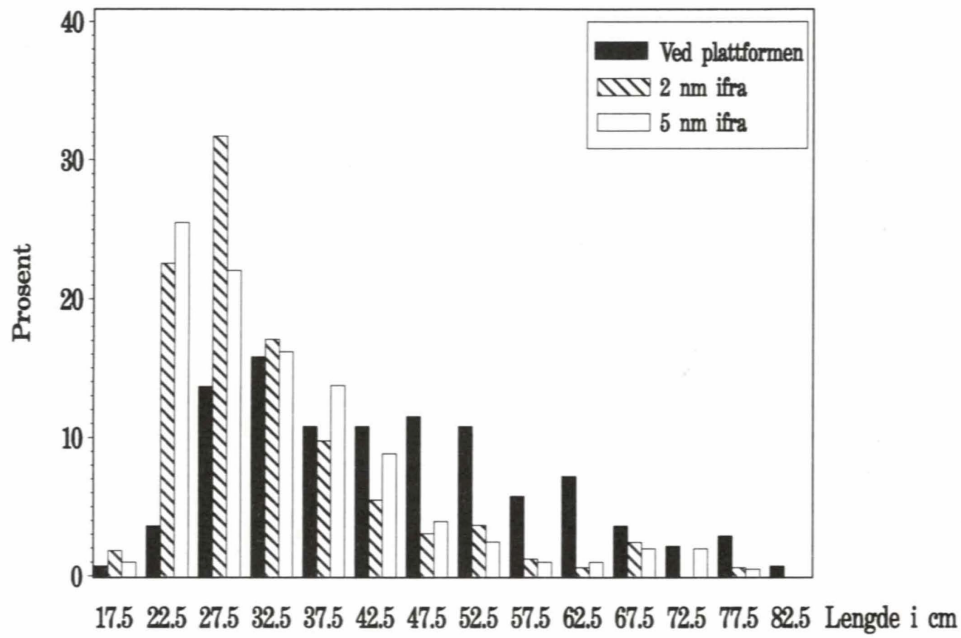
Lengdefordelingen for torsk, hyse, og sei fanget med trål i ulike avstander fra plattformen er vist i Figur 31-33. Forskjellen i middellengde ble testet med en Wilcoxon 2-sample test. Det ble ikke funnet signifikante forskjeller, med ett unntak: Torsk som ble fanget nær Albuskjell Fox var større enn torsk som ble fanget lengre unna plattformen (Tabell 8 og 9).

Tabell 8. Gjennomsnittslengde av torsk og hyse fanget med trål i ulike avstander fra Albuskjell Fox [Average individual lengths of cod and haddock caught by trawl at three different distances from Albuskjell Fox].

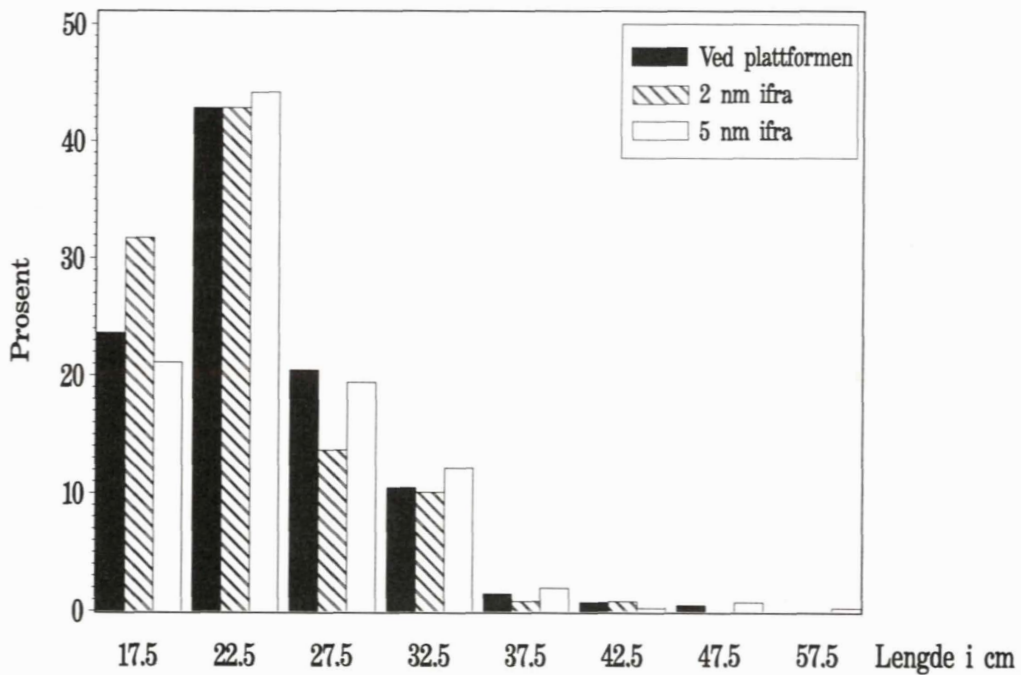
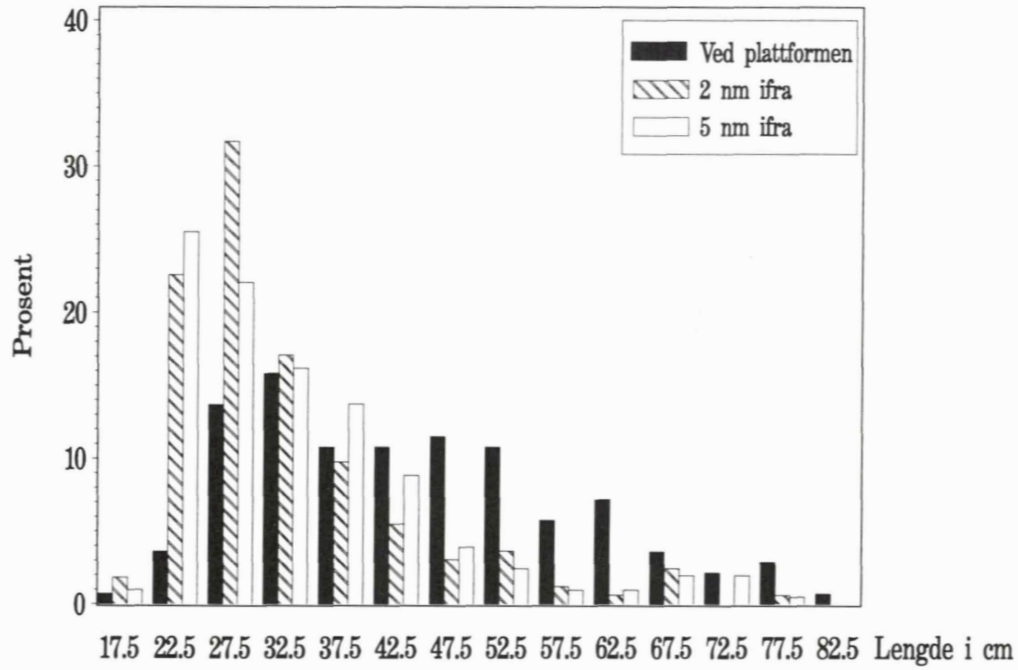
	Torsk		Hyse	
	N	lengde (cm) $\pm$ s.d.	N	lengde (cm) $\pm$ s.d.
Nær plattformen	139	43,8 $\pm$ 14,3*	121	31,4 $\pm$ 6,0
2 nm avstand	164	31,8 $\pm$ 11,0	509	28,9 $\pm$ 4,2
5 nm avstand	204	33,1 $\pm$ 11,8	886	28,8 $\pm$ 4,9

\* Signifikant større enn torsk fanget lengre unna plattformen.

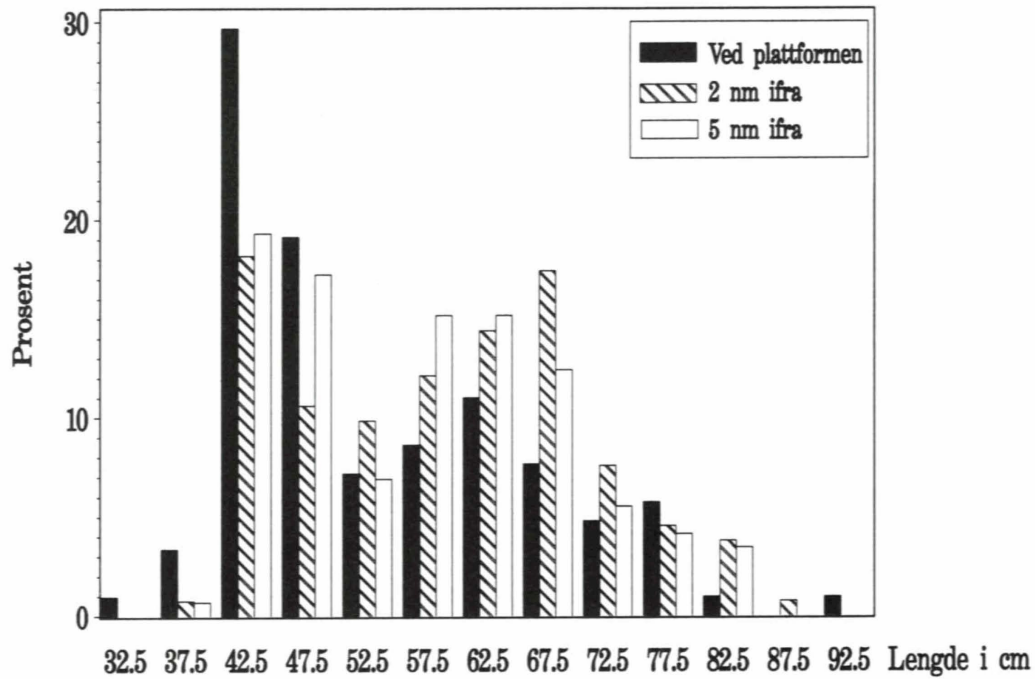




Figur 31. Observert lengdefordeling for torsk (øverst) og hyse (nederst) i trålfangster tatt med «Michael Sars» i tre ulike avstander fra Albuskjell Fox [Observed length frequency distribution of cod (at top) and haddock (below) in trawl catches taken by «Michael Sars» at three different distances from Albuskjell Fox].



Figur 32. Observert lengdefordeling for torsk (øverst) og hyse (nederst) i trålfangster tatt med «Michael Sars» i tre ulike avstander fra Gullfaks C [Observed length frequency distribution of cod (at top) and haddock (below) in trawl catches taken by «Michael Sars» at three different distances from Gullfaks C].



Figur 33. Observert lengdefordeling for sei i trålfangster tatt med «Michael Sars» i tre ulike avstander fra Gullfaks C [*Observed length frequency distribution of saithe in trawl catches taken by «Michael Sars» at three different distances from Gullfaks C*].

Tabell 9. Gjennomsnittslengde av torsk, hyse og sei fanget med trål i ulike avstander fra Gullfaks C [*Average individual lengths of cod, haddock and saithe caught by trawl at three different distances from Gullfaks C*].

	Torsk		Hyse		Sei	
	N	lengde (cm) ± s.d.	N	lengde (cm) ± s.d.	N	lengde (cm) ± s.d.
Nær plattformen	32	44,4 ± 20,0	411	23,3 ± 5,1	209	53,1 ± 12,2
2 nm avstand	27	39,4 ± 15,7	476	22,4 ± 4,9	132	58,2 ± 11,9
5 nm avstand	28	42,4 ± 13,1	412	23,7 ± 5,5	145	56,4 ± 11,5



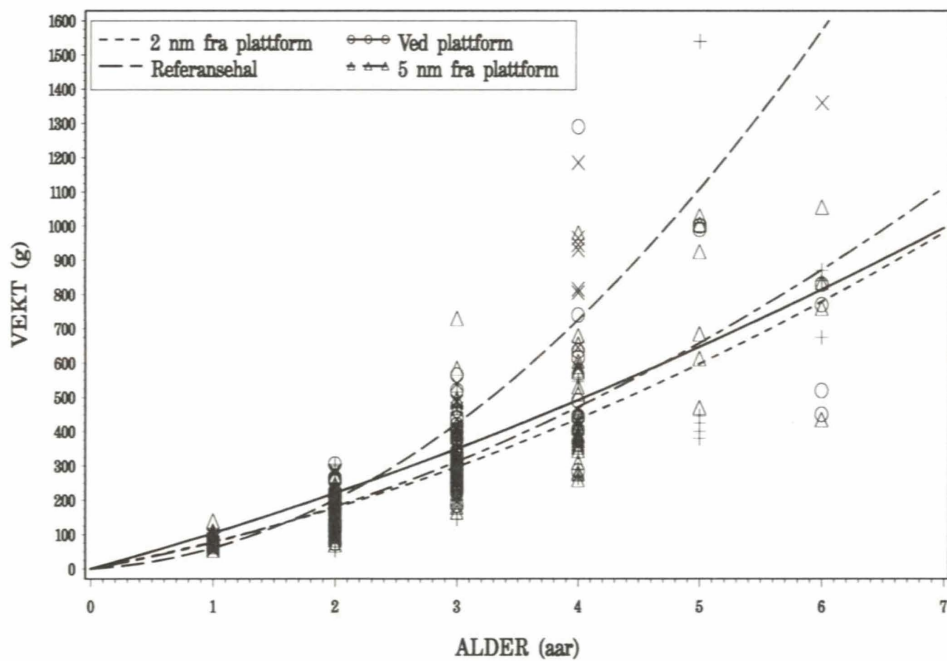
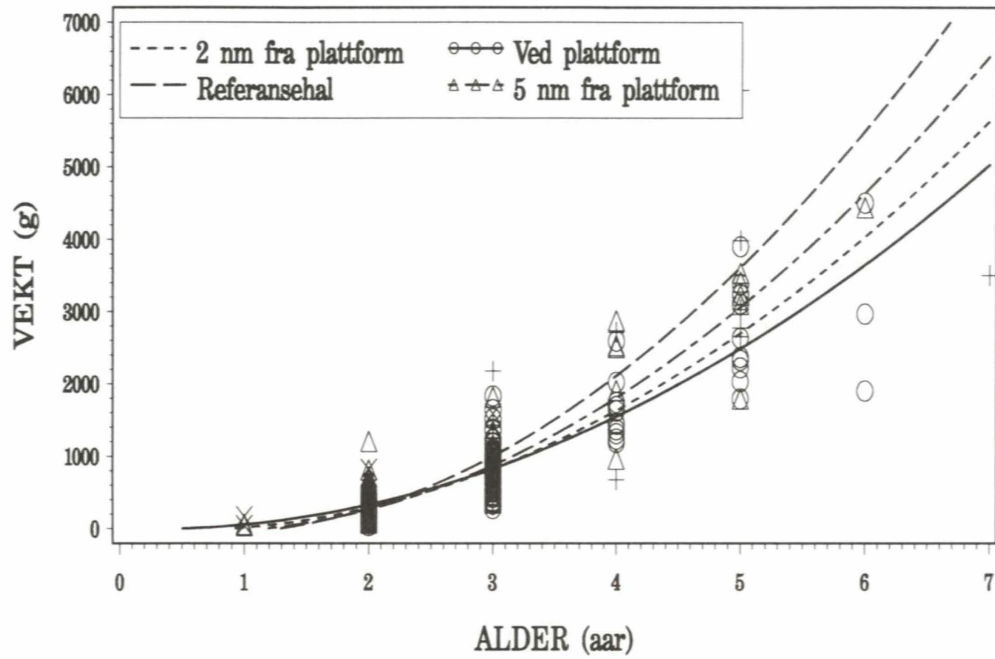
## Veksthastighet

Figur 34 og 35 viser vekstkurver for torsk og hyse ved Albuskjell Fox og Gullfaks C tatt med trål i tre ulike avstander fra plattformen sammenlignet med referansehal tatt 30 - 40 nm unna plattformene. Ikke i noe tilfelle var veksthastigheten til fisk fanget like ved plattformen større enn fisk tatt lengre unna. Tabell 10 viser resultater fra variansanalyse for å teste om det var forskjeller i vekt pr. aldersgruppe avhengig av avstand fra plattformen. De eneste resultatene som viser signifikante forskjeller er for hyse fra Ekofiskområdet. Her viste det seg at 3 og 4 år gammel hyse fanget ved plattformen hadde signifikant lavere vekt enn hyse fra referansehalene. Dette tyder på at fisken som står ved plattformene ikke har noen fordel av dette som gir seg utslag i økt veksthastighet. Det må imidlertid bemerkes at fisken som var analysert var fanget med trål ca. 50 til 100 m fra plattformen, som var det nærmeste «Michael Sars» kunne komme med trålen. Det ble ikke tatt biologiske prøver fra fisk som sto rett under plattformen.

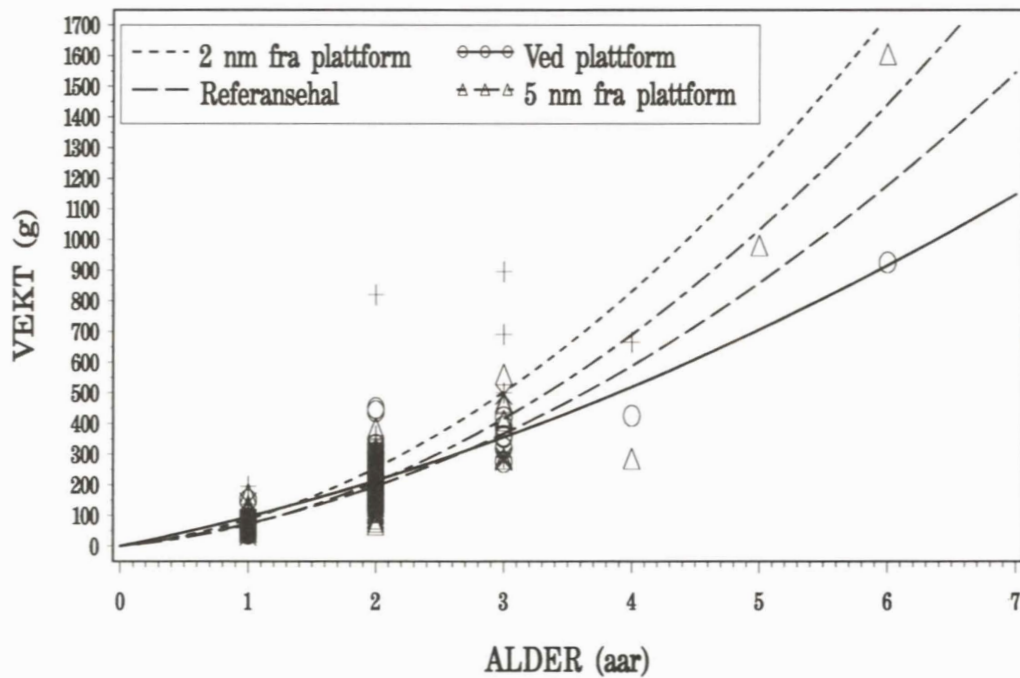
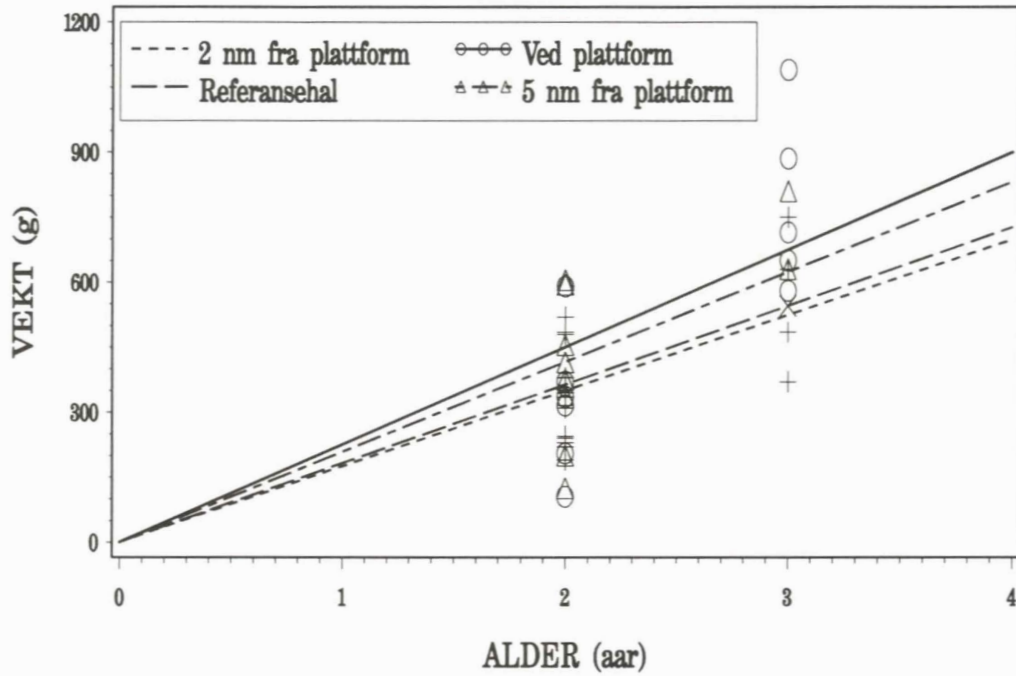
Tabell 10. Signifikansnivå fra variansanalyse for å teste om det var forskjeller i vekt pr. aldersgruppe i forhold til avstand fra plattformen. i.d. = ikke datagrunnlag for å foreta variansanalyse [*Significance level from variance analysis (GLM) to test for differences in weight pr. age group relative to distance from platform. i.d. = insufficient data to perform test*].

	Alder (år)					
	1	2	3	4	5	6
<b>Albuskjell Fox</b>						
Hyse	0.3887	0.1770	<b>0.0317*</b>	<b>0.0001*</b>	i.d.	i.d.
Torsk	i.d.	0.2892	0.7543	0.2973	i.d.	i.d.
<b>Gullfaks C</b>						
Hyse	0.1990	0.2078	0.0918	i.d.	i.d.	i.d.
Torsk	i.d.	0.6279	0.2308	i.d.	i.d.	i.d.
Sei	i.d.	i.d.	i.d.	0.3061	0.7406	<b>0.0312*</b>

\* Signifikant raskere vekst i referanseområdet enn nær plattformen



Figur 34. Vekstkurver for torsk (øverst) og hyse (nederst) i trålfangster tatt med «Michael Sars» i tre ulike avstander fra Albuskjell Fox sammenlignet med fisk som var fanget i et referanseområde 40 nautiske mil fra Albuskjell Fox [Growth curves for cod (top) and haddock (below) taken by trawl at three different distances from Albuskjell Fox compared to fish caught in a reference area 40 nautical miles away from the platform].



Figur 35. Vekstkurver for torsk (øverst) og hyse (nederst) i trålfangster tatt med «Michael Sars» i tre ulike avstander fra Gullfaks C sammenlignet med fisk som var fanget i et referanseområde 30 nautiske mil fra Gullfaks C [Growth curves for cod (top) and haddock (below) taken by trawl at three different distances from Gullfaks C compared to fish caught in a reference area 30 nautical miles away from the platform].



## Mageprøver

Tabell 11-14 viser innholdet av de viktigste fødeemnene i mager fra torsk og hyse fanget nær inntil plattformen og i 5 nm avstand fra plattformen. Figur 36-39 viser den prosentvise fordelingen av de ulike fødeemnene. I hovedsak er mageinnholdet fra fisken som er tatt nær plattformen typisk for fisk i området. Hovedtyngden av innholdet er naturlige fødeemner fra økosystemet i Nordsjøen slik som bunnlevende organismer, plankton og annen fisk. Imidlertid er det funnet noe materiale, om enn i begrenset mengde, som kan stamme fra avfall fra plattformer.

Tabell 11. Mageinnhold (gjennomsnitt) fra torsk tatt med trål ved Albuskjell Fox plattformen [*Average stomach content from haddock caught by trawl at Albuskjell Fox*].

Mageinnhold		Ved plattform		5 nm fra plattform	
Norsk navn	Latinsk navn	Vekt pr. mage (g)	Vekt (%)	Vekt pr. mage (g)	Vekt (%)
Gullmus	Aphrodite aculeata	2,00	7,24	0,69	1,84
Krabber	Brachyura	0,45	1,62	0,91	2,44
Snegler	Gastropoda	0,31	1,12	0,18	0,48
	Hyperiidae	0,21	0,78	0,66	1,77
Fisk	Teleostei	21,99	79,88	30,0	80,75
Avfall	Terrestrisk	1,04	3,77	2,97	7,93
Annet		1,52	5,59	1,85	4,79
Totalvekt pr. mage (g)		27,52	100	37,66	100
Antall mager		39		40	
Antall tomme mager		9		5	
Fiskens gjennomsnittslengde (cm)		49,67		42,15	

Tabell 12. Mageinnhold (gjennomsnitt) fra hyse tatt med trål ved Albuskjell Fox plattformen [*Average stomach content from cod caught by trawl at Albuskjell Fox*].

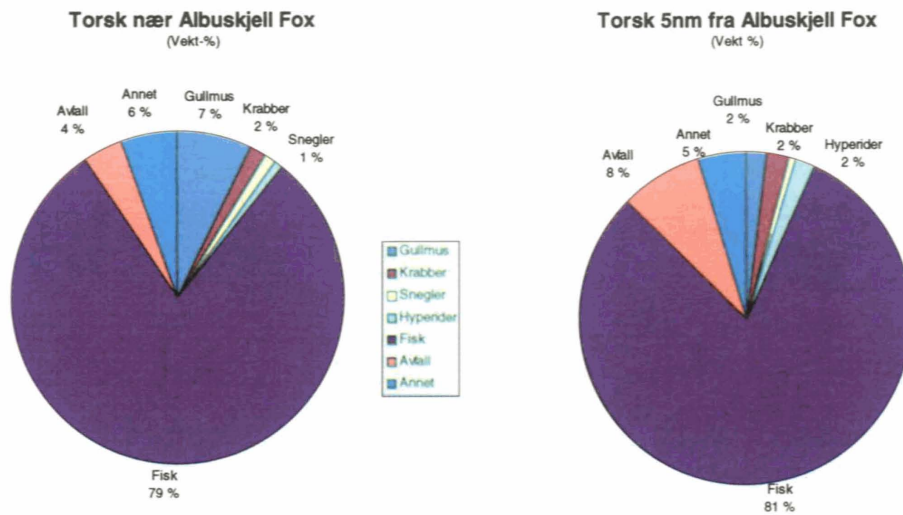
Mageinnhold		Ved plattform		5 nm fra plattform	
Norsk navn	Latinsk navn	Vekt pr. mage (g)	Vekt (%)	Vekt pr. mage (g)	Vekt (%)
Muslinger	Bivalvia	0,34	24,51	0,29	10,62
Reker	Caridea			0,06	2,23
	Hyperiidae			1,08	39,46
Ukjent	Indeterminatus	0,05	3,75	0,01	0,18
Slangestjerne	Ophiuroidea	0,67	47,86	1,16	42,25
Annet		0,34	23,88	0,14	5,26
Totalvekt pr mage (g)		1,40	100	2,74	100
Antall mager		19		59	
Antall tomme mager		5		12	
Fiskens gjennomsnittslengde (cm)		30,68		32,14	

Tabell 13. Mageinnhold (gjennomsnitt) fra torsk tatt med trål ved Gullfaks C plattformen [*Average stomach content from cod caught by trawl at Gullfaks C*].

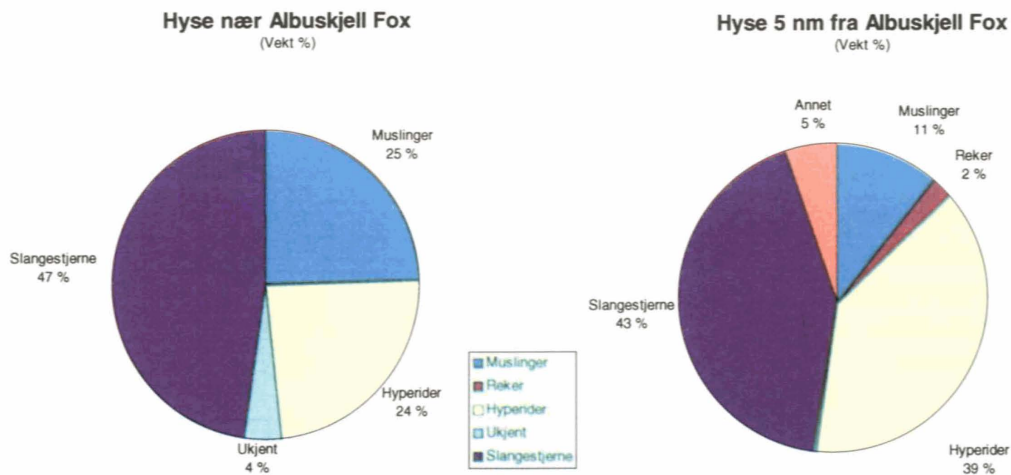
Mageinnhold		Ved plattform		5 nm fra plattform	
Norsk navn	Latinsk navn	Vekt pr. mage (g)	Vekt (%)	Vekt pr. mage (g)	Vekt (%)
Amfipoder	Amphipoda			0,18	4,05
Reker	Caridea			0,32	7,23
Krill	Euphausiidae	0,20	1,57	0,56	12,39
Trollhummer	Galatheidae	0,38	2,98		
Fisk	Teleostei	11,22	87,23	2,25	49,80
Annet		1,06	8,22	1,20	26,53
Totalvekt pr. mage (g)		12,86	100	4,51	100
Antall mager		9		11	
Antall tomme mager		2		3	
Fiskens gjennomsnittslengde (cm)		60,22		37,46	

Tabell 14. Mageinnhold (gjennomsnitt) fra hyse tatt med trål ved Gullfaks C [*Average stomach content from haddock caught by trawl at Gullfaks C*].

Mageinnhold		Ved plattform		5 nm fra plattform	
Norsk navn	Latinsk navn	Vekt pr. mage (g)	Vekt (%)	Vekt pr. mage (g)	Vekt (%)
Amfipoder	Amphipoda	0,07	13,38	0,14	13,31
Gullmus	Aphrodite aculeata			0,05	4,33
Muslinger	Bivalvia	0,04	8,73	0,09	9,26
Krepsdyr	Crustacea	0,02	3,9		
Reker	Caridea			0,15	14,57
Krill	Euphausiidae	0,2	37,76	0,25	23,46
Tanglopper	Gammaridea	0,07	13,19		
Ubestemt	Indeterminatus	0,09	15,83	0,31	29,26
Slangestjerne	Ophiuroidea			0,03	2,42
Børstemark	Polychaeta	0,04	7,21	0,03	3,39
Annet					
Totalvekt pr. mage (g)		0,53	100	1,05	100
Antall mager		40		35	
Antall tomme mager		11		9	
Fiskens gjennomsnittslengde (cm)		26,00		26,15	

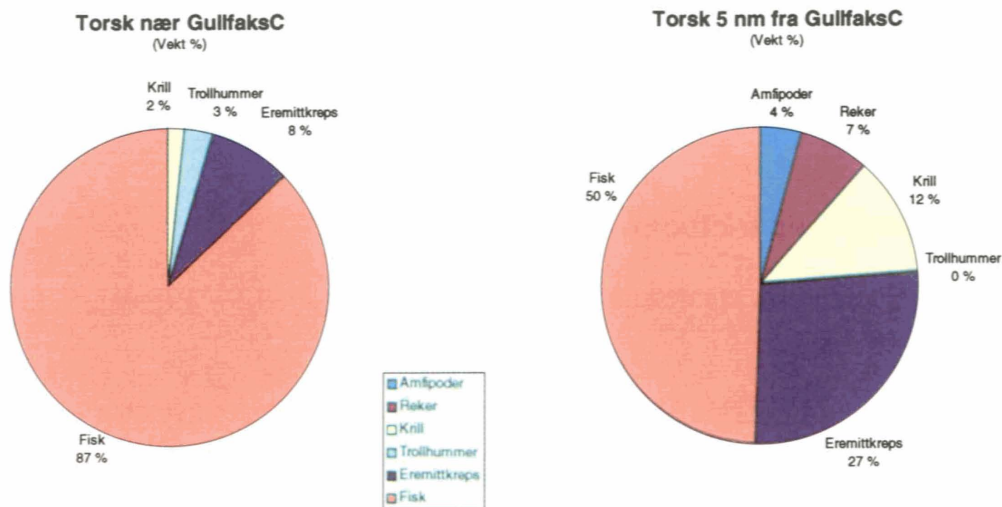


Figur 36. Mageinnhold fra torsk fanget med trål nær inntil og 5 nautiske mil fra Albuskjell Fox [Stomach contents of cod caught by trawl close to and 5 nautical miles apart from Albuskjell Fox].

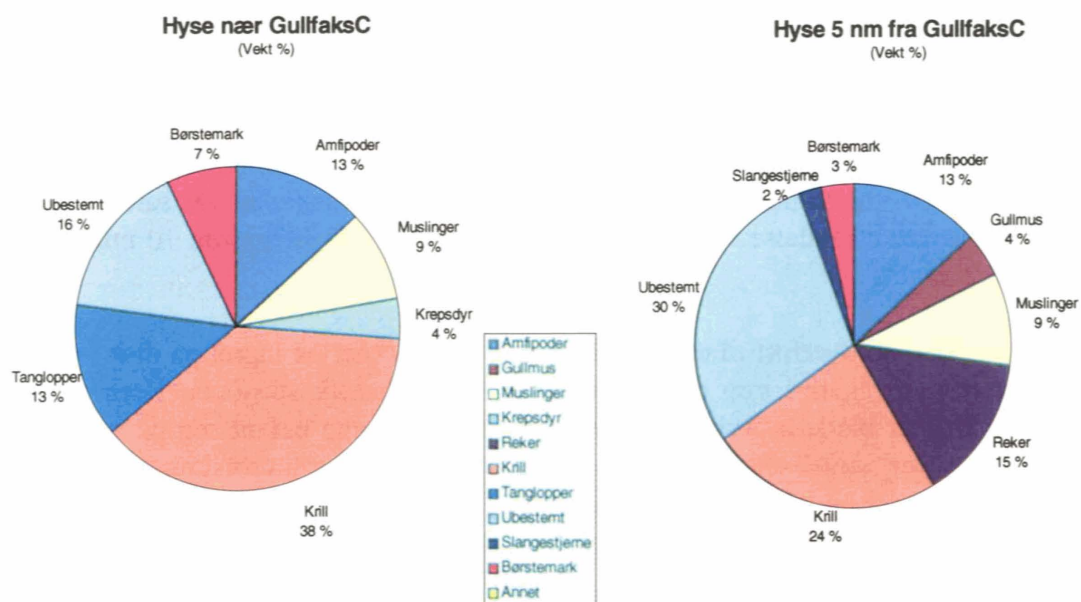


Figur 37. Mageinnhold fra hyse fanget med trål nær inntil og 5 nautiske mil fra Albuskjell Fox [Stomach contents of haddock caught by trawl close to and 5 nautical miles apart from Albuskjell Fox].





Figur 38. Mageinnhold fra torsk fanget med trål nær inntil og 5 nautiske mil fra Gullfaks C plattformen [Stomach contents of cod caught by trawl close to and 5 nautical miles apart from Gullfaks C].



Figur 39. Mageinnhold fra hyse fanget med trål nær inntil og 5 nautiske mil fra Gullfaks C plattformen [Stomach contents of haddock caught by trawl close to and 5 nautical miles apart from Gullfaks C].

## 2.4 AKUSTISK MENGDEMÅLING FRA ALBUSKJELL FOX

### 2.4.1 Materialer og metoder

Måling av fisketetthet fra plattformen ble utført i tre perioder. 12. - 19. mai, 8. til 10. juli og fra 1. til 11. september.

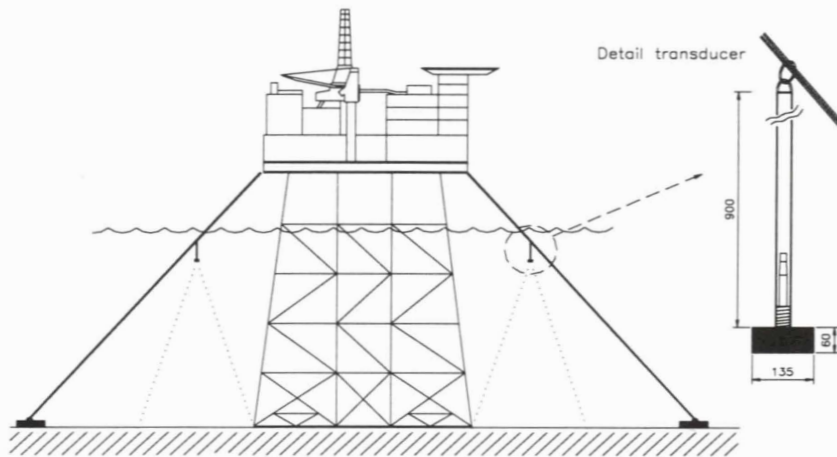
#### Akustisk utstyr

Ekkolodd	Simrad EK500
Svingere	Simrad Split stråle svingere, ES120-7/G
Multiplexer	Simrad MP500
Arbeidsstasjon	Axil 230. (SUN Compliant spark10)
Tape enhet	Exabyte, 6 Gbyte for backup av data.
Printer	HP Paintjet
UPS	Pulsar ESV 8+

Utstyret ble montert på et bord i tavlerommet på sørsiden av plattformen. Herfra ble det strukket kabler til hver posisjon på plattformen. Ekkoloddsvingere ble plassert på henholdsvis nord, øst og sørsiden, og satt i 6 - 8 m dyp. Svingerne ble firt ned i sjøen langs en trosse som på forhånd var strukket mellom et anker på bunnen og på plattformdekket (Figur 40). På vestsiden var vi forhindret fra å utplassere svinger fordi forsyningskip måtte ha tilkomst for lasting/lossing av nødvendig gods.

Det ble benyttet 3 stk. 120 kHz svingere som var tilkopleet samme sender/mottakerenhet i ekkoloddet sekvensielt via multiplexer. Antall utsendelser i hver sekvens var satt til 10, og intervallet mellom hver utsendelse var 2 sekunder slik at hver svinger gjorde 10 utsendelser hvert minutt hele døgnet.

Rådata fra ekkoloddet ble overført til en arbeidsstasjon via ethernet og lagret på disk i et slikt format at dataene kunne kalles opp og bearbeides i ettertid i tolkestasjonen Bergen Ekko Integrator (BEI). Printer ble kun brukt i de periodene mannskapene befant seg på Albuskjell Fox. Utstyret tilsvareer stort sett det som i dag benyttes på Havforskningsinstituttets forskningsfartøyer (Knudsen 1990, se kapittel 2.3). Til forskjell fra fartøyene ble det her benyttet tre svingere som arbeidet på samme frekvens, aktivisert av samme sender ved bruk av multiplexer. Siden dette ikke er standard metodikk, ble det nødvendig med en del spesialbehandling av dataene før tolking kunne foretas.



Figur 40. Rigging av akustiske svingere fra Albuskjell Fox. Svingerne ble firt ned langs et tau som var forankret i bunnet og gikk på skrå opp mot plattformen. De ble dermed hengende et lite stykke ut fra plattformunderstellet slik at den akustiske strålen ikke fikk reflekser fra stålstrukturene [Rigging of acoustic transducers at Albuskjell Fox. The transducers were lowered along a rope anchored at bottom in one end and at the platform in the other].

## Kalibrering

For å oppnå enhetlige og sammenlignbare integratorverdier fra de tre svingerne, og mellom plattform og forskningsfartøyet «Michael Sars», ble hver svinger kalibrert separat etter standard prosedyre, og tilhørende konstanter satt inn i sender/mottaker-meny i ekkoloddet.

Nedenfor er gitt de viktigste parametre fra kalibrering med referansekule 38,1mm tungsten, (WC38.1 med TS= -39,5 dB).

Svinger no./ plassering	Kabel lengde	Kalibreringskonstanter		2 Way Beam Angle
		Sv GAIN	TS GAIN	10log ( $\psi$ )
No 1 (Nord)	160 meter	24.20 dB	24.15 dB	-20.6
No 2 (Øst)	110 meter	24.45 dB	24.50 dB	-20.7
No 3 (Sør)	110 meter	24.55 dB	24.60 dB	-20,5

## Bearbeiding av akustiske data og mengdeberegninger

Splitting av de akustiske registreringene under tolking ble basert på ekkogrammene. Torsk og sei var blandet i vannmassene nær bunnen, og ettersom de også var av samme størrelse, var det ikke mulig å splitte dem ut fra ekkogrammet. De ble derfor behandlet som en felles artskategori, torsk/sei. I tillegg ble det splittet på følgende artskategorier: Sild, makrell og plankton.



Makrell ble registrert hele perioden både i juli og september. Relativt lite sild ble registrert, og andre arter utgjorde en ubetydelig del av totalen. Bare torsk/sei og makrell ble videre analysert.

Alle data ble lagret med 1 nm oppløsning horisontalt og 10 m vertikalt. Tolkingen av alle data ble gjort etter at feltforsøkene var avsluttet.

Det akustiske tilbakespredningstverrsnittet av en enkelt fisk er uttrykt ved  $\langle\sigma\rangle$ . Dette er det gjennomsnittlige 'bidraget' hver fisk gir under ekkointegreringen. Vi bruker denne for å regne om de 'akustiske' tetthetene til reell fisketetthet. Middelerverdier for akustisk tilbakespredningstverrsnitt, eller midlere målstyrke, er kjent for en rekke arter (Foote 1987; MacLennan and Simmonds 1991). Ut fra slike målinger av enkeltfisk har Havforskningsinstituttet etablert en størrelsesavhengig målstyrkefunksjon for torskefisk som blir brukt under mengdemåling av bestander:

$$TS = 20 \log L - 68 \text{ (dB)}$$

der TS er målstyrken, og L er fiskens lengde i cm. Ettersom dette er en logaritmisk skala, må vi regne om denne størrelsen til en lineær enhet. Etter Urick (1975) er målstyrke definert som:

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

eller

$$\langle\sigma\rangle = 4\pi 10^{(0,175)TS}$$

For å kunne gjøre en nøyaktig mengdeberegning må vi vite hvilken art vi har målt, og vi må ha en størrelsesfordeling for arten. De nødvendige fiskedata, lengdefordeling og lengde/vekt relasjoner, ble hentet fra data fra forskningsfartøyet «Michael Sars» og fiskebåtene som fisket ved Albuskjell Fox.

Dimensjonen på akustisk tetthet,  $S_A$ , som vi måler med integratorsystemet (BEI), er  $m^2/nm^2$ . Ettersom vi fra plattformen måler i faste punkt kan vi ikke uten videre gjøre disse målingene gjeldende for store områder. For å bestemme hvor stor utbredelse, eller hvor stort areal, de målte tetthetene gjelder for har vi gjort visse antagelser basert på data fra fartøyene: «Michael Sars» som dekket områdene rundt plattformen inn til ca. 50-100 m avstand, hadde svært lave fiske-registreringer. Fiskebåtene hadde til dels gode fangster nær plattformen, og spesielt på de to garna som sto nærmest. I de neste to garna var fangsten halvert.

I beregningene av totalbestanden av torsk/sei antar vi i de etterfølgende beregningene at fisken er fordelt to garnlengder (en garnlengde er 27 m) ut fra plattformen i den tetthet som ble målt ved hjelp av ekkoloddet. I de neste 50 m står fisken halvparten så tett. Utenfor 100 m er tettheten tilnærmet null.

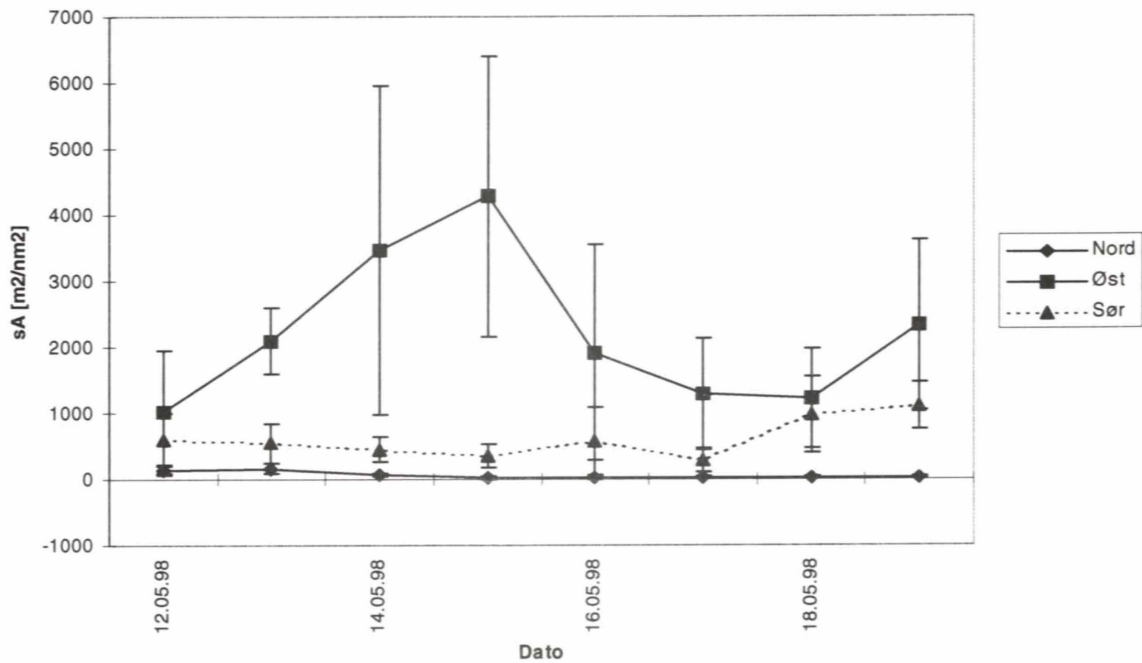
I september viste imidlertid garnforsøkene at fisken sto spredt lengre ut fra plattformen. I denne perioden fikk man økte garnfangster ut til minst 300 m fra plattformen. For september er det gitt to alternative beregninger for fiskemengde, en der man har brukt sammeutbredelsesområde som i mai og juli, og en annen der man forutsetter at konsentrasjonene står jevnt ut til 300 m fra plattformen.

## 2.4.2 Resultater

### Akustiske målinger

Registreringene i mai var dominert av sei med relativt svakt innslag av torsk. De største tetthetene var registrert nær bunnen opp til ca 10 meter. I perioder var fisken oppløst og sto spredt i det meste av vannsøylen. Det var til dels store variasjoner i tettheten over tid. Særlig gjaldt dette for data fra svinger på østsiden av plattformen.

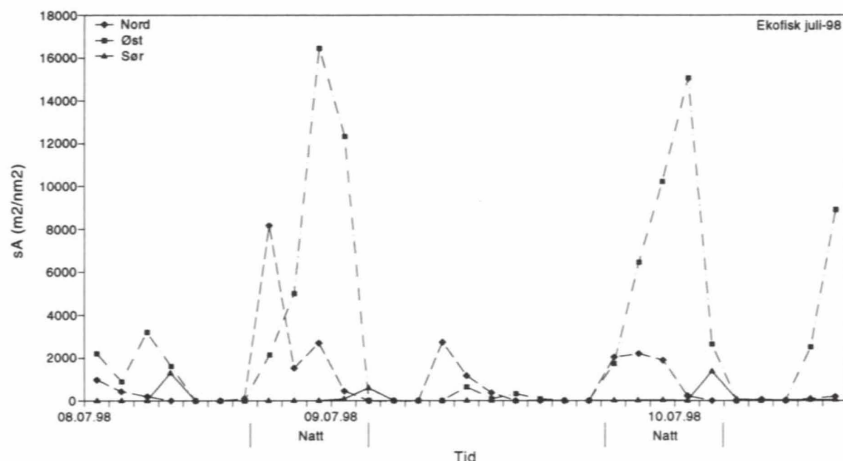
Diagrammet nedenfor (Figur 44) viser gjennomsnittlig målt akustisk tetthet,  $S_A$ , og standardavvik for hvert døgn i mai. Standardavviket viser at det er store variasjoner i den målte tettheten gjennom døgnet.



Figur 41. Gjennomsnittlig målt akustisk tetthet,  $S_A$ , og standardavvik for hver akustisk svinger i feltperioden i mai [Average measured acoustic density,  $S_A$ , and standard deviation for the three transducers at Albuskjell Fox in May].

Bortsett fra et par sildestimer, utgjorde mengden av andre arter en ubetydelig del av totalen, og er ikke videre analysert.

I juli var andelen av torsk i registreringene større enn i første periode. Fisken var sterkere knyttet til bunnen om dagen og døgnvariasjonen i registreringene var større. Det var lave tettheter om dagen, og vesentlig høyere om natten (se Figur 42). I denne perioden var det også brukbare registreringer av makrell. Denne var registrert i ca. 30 m dyp gjennom hele



Figur 42. Målt akustisk tetthet, ( $S_A$ ), av torsk og sei på henholdsvis nord, øst og sørsiden av Albuskjell Fox i juli. Tiden mellom hvert punkt på kurvene er 1 time og 30 minutter [Measured acoustic density,  $S_A$ , of cod and saithe at the northern, eastern and southern side of Albuskjell Fox in July. The interval between each symbol on the curve corresponds to a period of 1h 30m].

perioden og variasjonene i tettheten over tid var meget små sammenlignet med variasjonen i tettheten av torsk/sei.

I siste måleperiode, 1.-11. september, var det torsk som dominerte. Tettheten varierte sterkt gjennom døgnet, med meget lave verdier om dagen i forhold til om natten (døgnvariasjon). Makrell var fortsatt registrert pelagisk i hele perioden og i samme dyp som i juli, men i noe lavere tettheter.

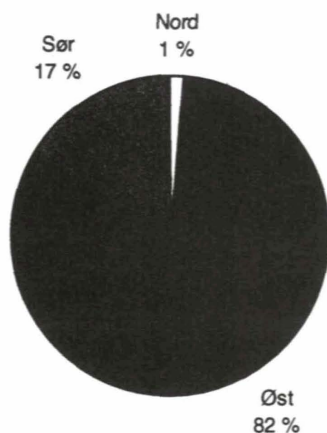
Lengdefordelingen for torsk og sei ved plattformen var ikke vesentlig forskjellig. Lengdemålinger fra fangstene på fiskefartøyene viser at hovedtyngden av både torsk og sei lå i størrelsesorden fra 60 til 90 cm.

### Artskategori Torsk/Sei

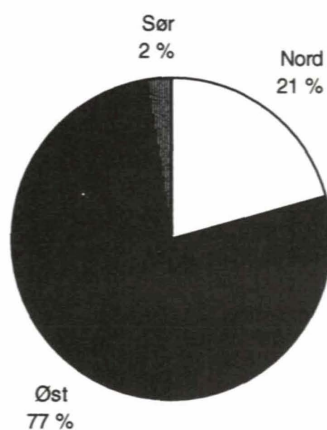
Å benytte akustisk mengdemålingsmetodikk fra plattform er teknisk en kurant sak. Problemet kan være at fisken ikke er tilgjengelig for ekkoloddsvingerne. Særlig gjelder dette torsk som tydeligvis er sterkt knyttet til understellskonstruksjonene og bunnen om dagen. Observasjoner med videokamera viste at torsk om dagen sto tett inne mellom konstruksjonene, og/eller tett ved bunnen. Under slike forhold kan vi ikke måle fisken akustisk. Om natten løfter torsken seg fra bunnen og fordeler seg mer utover. Denne 'døgnvariasjonen' er vanlig adferd for torsk og godt illustrert i diagrammet nedenfor (Figur 42).

Som en ser var det klart høyere verdier om natta enn om dagen. Beregning av fisketettheter for artskategori torsk/sei er basert på gjennomsnittlige nattverdier av den målte akustiske tetthet,  $S_A$ . Figur 42 viser også at den målte tettheten på østsiden av plattformen var høyere enn på nordsiden, og vesentlig høyere enn verdiene fra svinger nr. 3 på sørsiden.





Figur 43. Fordeling av  $S_A$  nattverdier fra nord, øst og sørsiden av plattform i mai [Distribution of  $S_A$ -values by night north, east and south of the platform in May].

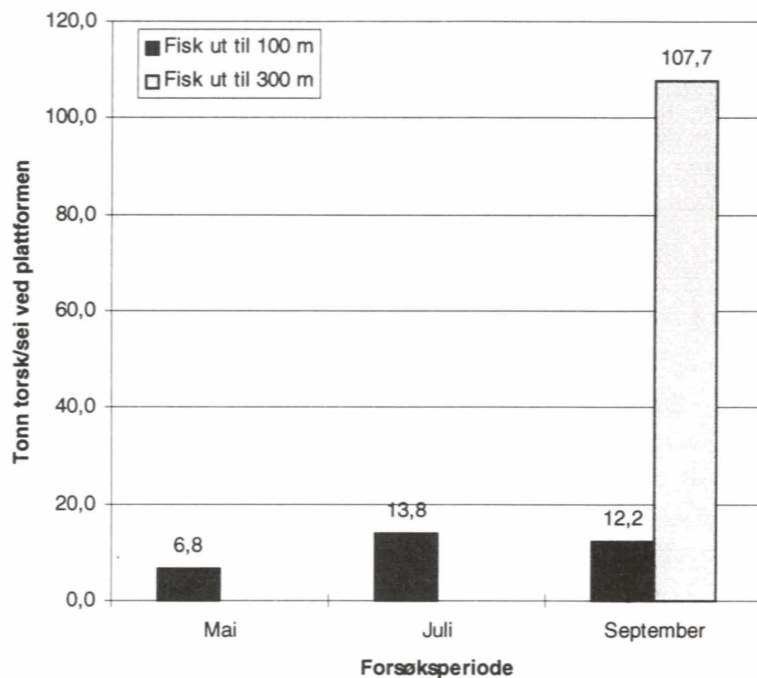


Figur 44. Fordeling av  $S_A$  nattverdier fra nord, øst og sørsiden av plattform i juli [Distribution of  $S_A$ -values by night north, east and south of the platform in July].

Både i første og andre måleperiode ble den klart største tettheten av torsk/sei målt på østsiden av plattformen. Figur 43 og 44 viser den prosentvise fordelingen av gjennomsnitts nattverdier av  $S_A$  fra de tre måleposisjonene i henholdsvis mai og juli.

Som diagrammene ovenfor viser (Figur 43 og 44), ble henholdsvis 82 og 77% av akustisk tetthet, ( $S_A$ ), for torsk/sei i mai og juli målt på østsiden av plattformen. I september fikk vi ikke gjort målinger på østsiden, fordi det oppsto problemer med å henge ut denne ene svingeren. Imidlertid er det grunn til å anta at situasjonen ville vært tilnærmet den samme også i denne perioden. Vi har derfor justert gjennomsnitts  $S_A$  fra svinger på nord- og sørsiden i september tilsvarende (78%) før fisketettheten er beregnet.

Fisketettheten av torsk/sei i  $\text{kg}/\text{m}^2$  er for mai beregnet til 0,133, for juli 0,271 og for september 0,24  $\text{kg}/\text{m}^2$ . Beregnet fiskemengde for de tre periodene er vist i Figur 45.



Figur 45. Beregnet mengde av torsk og sei ved Albuskjell Fox. I alle tre periodene beregnet at fisken står i full tetthet ut til 50 m fra plattformen og halv tetthet ut til 100 m. For september er det også gitt et alternativt estimat der det er forutsatt at det står fisk ut til 300 m som indikert i garnforsøkene [Estimated quantity of cod and saithe at Albuskjell Fox. It is assumed that the density of fish is equal underneath the platform and out to a distance of 50 m, and half the fish density from 50 to 100 m. An alternative estimate is given for September, where the fish concentrations is assumed to reach out to 300 m from the platform as indicated by the fishing experiments].

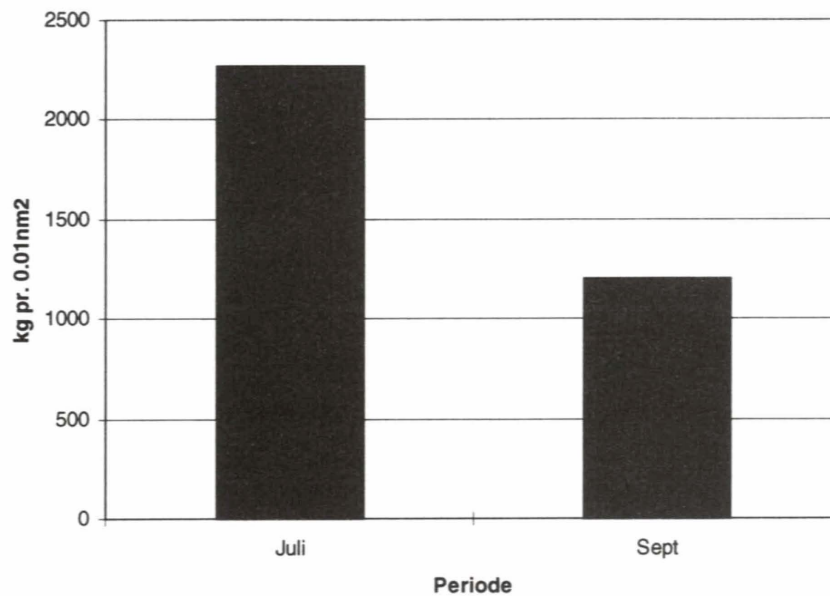
## Makrell

Forskjellene i målt akustisk tetthet av makrell om dagen og natten var ubetydelig. Fisken så heller ikke ut til å forholde seg til konstruksjonene og strømforholdene i området på samme måte som torsk og sei. Det ble ikke foretatt justeringer av verdier som følge av manglende data fra østsiden av plattformen i september. I juli var den prosentvise fordeling av målt tetthet av makrell 51, 33 og 16% på henholdsvis nord, øst og sørsiden. Beregnet fiskemengde for denne arten er basert på et gjennomsnitt av målt akustisk tetthet over hele perioden i juli og i september.

For makrell benyttes en annen omregningsfaktor eller målstyrkefunksjon enn for torskefisk når vi skal regne om fra akustisk tetthet til fisketetthet. For makrell ved 120 kHz er målstyrken:

$$TS = 20 \log L - 77 \text{ (dB)}$$

Vi kan da beregne antall fisk eller total mengde i kg, som går fram av Figur 46.



Figur 46. Beregnet mengde makrell ved Albuskjell Fox i juli og september. Det er lagt til grunn at fiskekonsentrasjonene var utbredt over et område på 0,01 nm<sup>2</sup> [Estimated quantity of mackerel at Albuskjell Fox in July and September. It was assumed that the mackerel concentrations were spread over an area of 0.01 nm<sup>2</sup>].

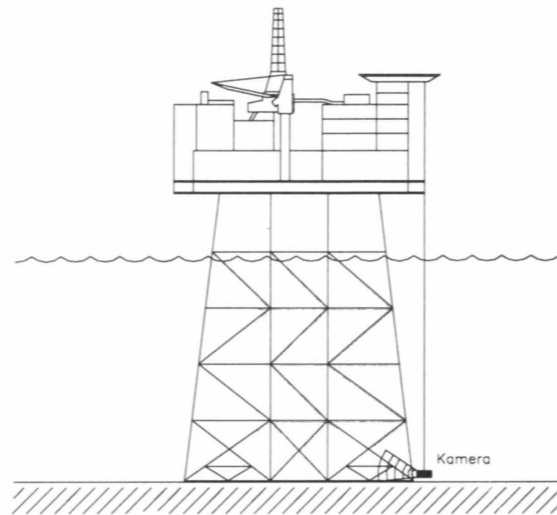
## 2.5 UNDERVANNSFILMING FRA ALBUSKJELL FOX

I juli og september ble det gjort videoopptak av fisk under plattformen. Et lavlys kamera (Osprey SIT kamera) med pan and tilt ble senket rett nett fra plattformdekket, og fiskeforekomster filmet fra overflaten nedover langs plattformbena til bunnen (Figur 47).

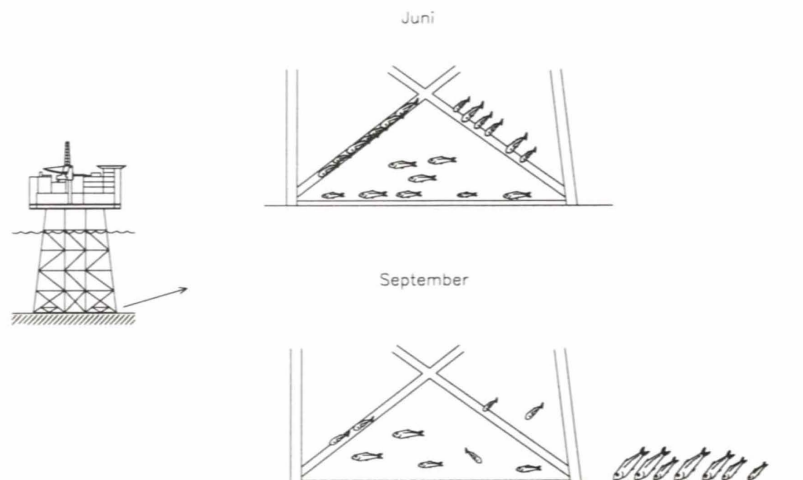
I de øverste vannlagene ble det observert stimer med makrell som sirklet rundt plattformunderstellet. Etter som kameraet ble senket videre nedover langs plattformbena ble det ikke observert fisk før kameraet var ca. en meter over bunnen. I juli ble det observert tette konsentrasjoner av torsk og noe sei som stod mellom og oppå stagene i understellet (se Figur 48) og opp til ca. en meter over bunnen. Den så ikke ut til å være spredt i området omkring. All fisk så ut til å ha tilnærmet samme størrelse (anslått til 50-70 cm).

I september ble det også observert makrell i de øvre vannlag og i hovedsak torsk nær bunnen. I motsetning til i juli sto torsken nå også spredt langs bunnen ut ifra plattformen (Figur 48). Det er vanskelig å si hvor stort areal den sto spredt over. Torsken beveget seg sakte rundt og beitet på bunnlevende organismer. I tillegg til torsk ble det sett noe flyndre, hovedsakelig lomre.





Figur 47. Undervannsobservasjoner ble gjort ved Albuskjell Fox ved å senke et lavlyskamera (SIT-kamera) med pan and tilt rett ned fra plattformdekket [Underwater observations at Albuskjell Fox were done by lowering a low light camera (SIT) with pan and tilt down from the platform deck].



Figur 48. Prinsippskisse av fordelingen av torsk som observert ved hjelp av kamera under plattformen i juli og september. I juli sto så godt som all torsk tett under plattformen og langs stagene opp til ca. 1 m over bunnen. I september gikk det også torsk og beitet langs bunnen et stykke ut ifra plattformen [Distribution of cod observed by camera underneath the platform in July and September. In June the majority of fish were located among the jacket steel structures up to 1 m above bottom. In September cod were also seen feeding along the bottom off from the platform].

Både i juli og september sto torsk fordelt på en måte som er uegnet for akustisk mengdeberegning av fisk. Inne mellom stagene under plattformen kan det ikke benyttes akustiske målemetoder fordi stålkonstruksjonene interfererer med de akustiske signalene. Heller ikke er det mulig å beregne mengden av fisk som står nærmere bunnen enn ca. en halv meter (den akustiske dødsonen).

## 2.6 FANGSTFORSØK MED INNLEIDE FISKEFARTØY

### 2.6.1 Materialer og metoder

#### Område, periode og redskap

Det ble gjort fiskeforsøk rundt plattformene Albuskjell Fox og Gullfaks C (Figur 16). Ved Albuskjell ble det fisket i to perioder, 12. - 16. mai og 4. - 10. september 1998, mens det ble fisket i en periode ved Gullfaks, 17. - 20. mai 1998. Garnbåten M/S «Røyrbuen» ble innleid til fiskeforsøkene i mai, og i september ble garnbåten M/S «Helgøysund» brukt (Tabell 15).

Tabell 15. Tekniske spesifikasjoner av fiskefartøyene [*Technical specifications of the fishing vessels used in the fishing experiments*].

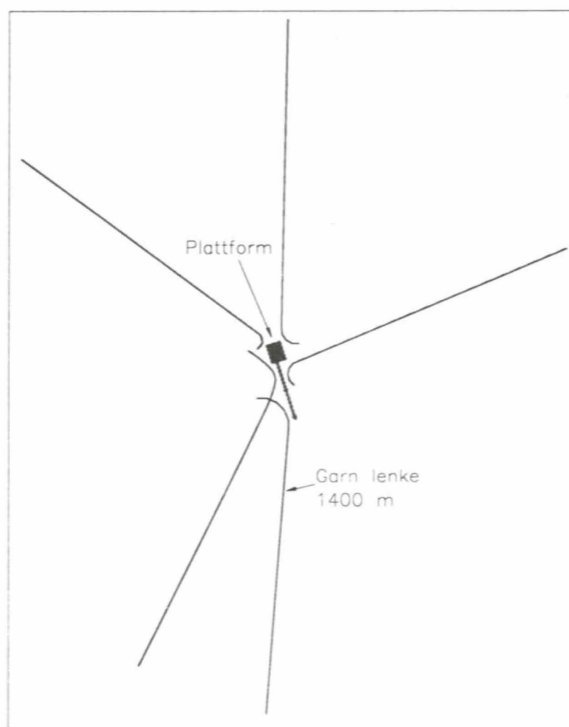
Fartøy	Br. tonn	Lengde (m)	Bredde (m)	Motor	Frysekapasitet (m <sup>3</sup> )	Mannskap
Røyrbuen	367	34,35	7,52	690/750 Bhp Callesen	260	9
Helgøysund	160	27,01	6,11	690 Bhp Callesen	105	4

I første periode av fiskeforsøkene ved Albuskjell ble det fisket med garn, line og teine, mens det i de to andre periodene kun ble brukt garn. Forsøkene med line og teine ga svært lave fangstrater, og er derfor ikke nærmere omtalt i rapporten. For å få fangster som best mulig reflekterte arts- og størrelses sammensetningen i områdene ble det brukt garn med ulike maskevidder. Det ble brukt ulike garntyper i de to forsøksperiodene som følge av at en brukte den redskapen som tilhørte de to båtene (Tabell 16).

Tabell 16. Spesifikasjoner av garntypene til «Røyrbuen» og «Helgøysund» [*Specifications of the gillnets used by «Røyrbuen» and «Helgøysund»*].

	«Røyrbuen»	«Helgøysund»
Trådtype	Monofilament	Monofilament
Tråddiameter	0,60-0,65 mm	0,60-0,65 mm
Trådfarge	Grønn	Blå og grønn
Maskelengde	132-180 mm	140-168 mm
Fellingsgrad	0,5	0,5
Lengde montert	27,5 m	75 m
Høgde montert	40 masker	40 masker
Overtelne(fløyt)	16 mm + 5 ringer	16 mm + 7 ringer
Undertelne	12 mm blyline	12 mm blyline
Dregg	90 kg	17 og 50 kg

I forsøkene i mai utført ombord i «Røyrbuen» ble det satt 50 garn i hver lenke. Garna som ble brukt av «Helgøysund» var lengre, og i september ble det derfor satt lenker med 10-12 garn. Garnlenkene ble satt i et stjernemønster ut fra plattformen (Figur 49), og så nært inntil plattformen som det var forsvarlig å gå ut fra værforholdene og skipperens vurderinger. Det ble satt 4-5 garnlenker hver dag (Tabell 17). Garna ble satt mellom kl. 1600 - 2300 og halt neste dag kl. 0800 - 1400.



Figur 49. Garnlenkene ble satt i et stjernemønster rundt plattformene, og her er vist et eksempel fra en setting rundt Albuskjell Fox. [Gillnet fleets were set in a star formed pattern around the platforms. The figure shows one representative setting at Albuskjell Fox].

Tabell 17. Antall fiskedøgn og redskapsmengde i de tre forsøksperiodene [Number of fishing days and gillnet fleets used in the three experiment periods].

Periode	Lokalitet	Båt	Fiskedøgn	Totalt antall lenker
12.5-16.5	Albuskjell	«Røyrbuen»	4	18
17.5-20.5	Gullfaks	«Røyrbuen»	3	15
4.10-10.10	Abuskjell	«Helgøysund»	5	25

### Strømmåling

For registrere strømforholdene under fiskeforsøkene ble det brukt en strømmåler av typen SD6000 (Sensordata A/S). Denne måleren registrerer strømhastighet, -retning og temperatur. Strømmåleren ble satt en meter over bunnen og gjorde registreringer hvert 10. minutt.



## Fangstregistrering og databehandling

For å kunne vise avstandseffekter i fiskekonsentrasjonen ut fra plattformen ble fangsten registrert for bestemte intervall. I mai ble fangsten registrert for hver 55 m (2 garn), og i september for hver 75 m (1 garn). Ulike intervallengder er et resultat av forskjellige garnlengder brukt av de to båtene.

Sortering av fangsten skjedde etter art. Lengden ble målt for hvert individ og totalvekt av fangsten for hvert intervall er registrert. Lengdemåling ble gjort med Scantrol Fishmeter (FMS01). Dette er et elektronisk målebrett som automatisk lagrer opplysninger om enkeltindivid, og i dette tilfellet lengder. Data lagres i målebrettet og kan overføres til reknearket Excel. Bare de viktigste kommersielle artene, torsk, sei, lange og hyse, ble registrert. Disse artene utgjorde tilnærmet 100% av fangsten.

En database som omfattet all vesentlig informasjon fra hver garnlenke ble lagret i Excel. Denne databasen inneholdt ubehandlet data slik de ble observert. En vanlig tilnæringsmetode for konsentrasjonsmål for fiskebestander er å bruke indekser istedenfor absolutte mål (Fernö and Olsen 1994). Det ble derfor laget en database der en 'fangst per enhet innsats' (cpue) indeks ble brukt. En antar da et linært forhold mellom fiskekonsentrasjon og fangstrate. Indeksen ble laget etter følgende formel:

$$cpue = \frac{f}{e}$$

der:

*cpue* = fangst per enhet innsats (catch per unit effort)

*f* = vekt i kg fanget innenfor en sektor ut ifra plattformen

*e* = antall innsatsenheter

For å kunne beregne denne størrelsen må en vite hvor mange garn det er innenfor sektoren og fangsten (i kg) på disse garn. Sektorene ble satt lik lengden på intervallene, det vil si henholdsvis 55 m (mai) og 75 m (september). Siden avstanden inn til plattformen varierte mellom hver setting og garn kunne bli satt langsetter plattformen (se Figur 49), ble en registrering lagt til den sektoren der mer enn 50 % av garnet befant seg. Det ble fisket med høyere innsats i den innerste sektoren fordi denne sektoren var vesentlig mindre og det ble satt garn langs plattformen.

Det er vist i tidligere forsøk at strømforholdene kan påvirke den fysiske formen til garn (Stewart 1988). På grunn av mer strøm på Gullfaksfeltet enn på Ekofisk kan garn i hver ende av lenka ha lagt seg slik at de ble flattrykte og ikke fisket like effektivt som de midterste garn (skipper M. Rundereim, «Røyrbuen», pers.medd). Av denne grunn ble disse garn utelatt fra den statistiske behandlingen av resultatene siden de kan ha representert en feilkilde.

Statistiske beregninger forutsetter ofte underliggende normalfordeling og lik varians mellom gruppene som skal sammenlignes. Disse forutsetningene ble det sjekket for visuelt gjennom frekvenshistogram og normalplott. Den generelle formen på et frekvenshistogram som er gjort på normalfordelte data er klokkeformet med like lange haler. Tilsvarende skal punktene i et normalplott ligge på en tilnærmet rett linje (Bhattacharyya and Johnson 1977). Det er vist at fangstdata (cpue) kan normaliseres ved å foreta en ln-transformering (Gulland 1983;

Pennington 1996), og fordelingene under  $\ln(\text{cpue})$  ble det også sjekket for. Ved få observasjoner (lav  $n$ ) er det ofte vanskelig å vurdere hva slags fordeling som ligger til grunn. En måte å omgå dette problemet på er bruk av ikke-parametriske tester som ikke forutsetter normalfordeling. En slik test er Kruskal Wallis som undersøker om middelverdiene for hver gruppe er forskjellige. Dette er den ikke-parametriske analogen til en enveis ANOVA test. For mer teori angående slike tester se Bhattacharyya and Johnson (1977).

Statistisk bearbeidelse av resultatene fra fiskeforsøkene ble utført ved hjelp av programpakken SYSTAT 7.0. Til å klargjøre data til analyser og databaseopparbeidelse brukte en Wordpad og Excel.

## 2.6.2 Resultater

Torsk var den klart dominerende arten i garnfangstene tatt ved Albuskjell Fox både i mai og september (Tabell 18). Det ble også tatt en del sei, spesielt i mai der denne arten utgjorde 26% av totalfangsten. Ved Gullfaks var lange den dominerende arten, men sei og torsk utgjorde en betydelig del av totalfangsten, henholdsvis 35 og 16%.

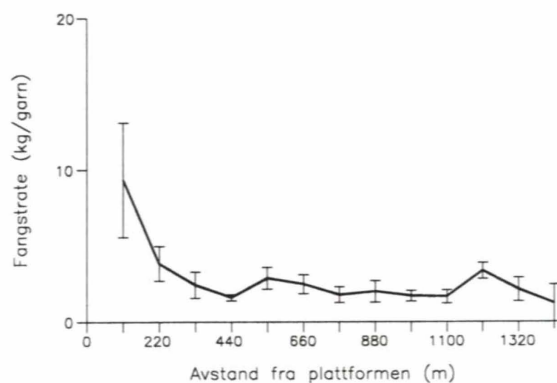
Det var store forskjeller i fangstrate mellom de tre forsøksperiodene. Fangstratene i mai var større ved Gullfaks enn ved Albuskjell Fox, og større ved Albuskjell i september enn mai. Gjennomsnittlig fangstrate (per garn) for forsøkene ved Albuskjell var 3,2 kg i mai og 32,3 kg i september. Ved Gullfaks ble det i gjennomsnitt tatt 10,5 kg per garn. Tas det hensyn til at garna brukt ved Albuskjell i september var tre ganger lengre enn garna brukt i de to andre periodene blir fangstraten 10,4 kg for denne perioden.

Tabell 18. Totalfangst og fangst (i kg) av de viktigste artene i de tre forsøksperiodene [*Total catch of the most important target species in the three experiment periods*].

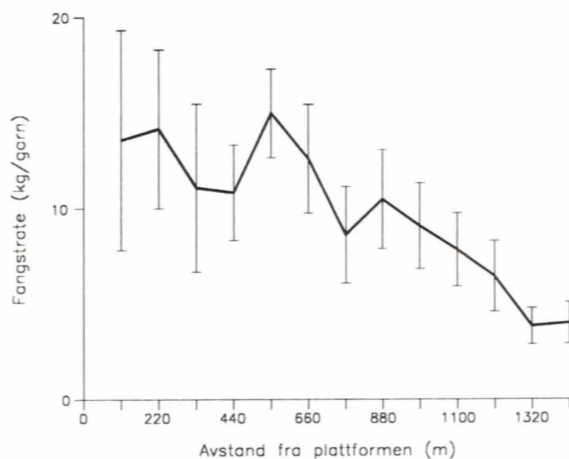
Art	Albuskjell 12-16.05	Gullfaks 17-20.05	Albuskjell 4-10.09
Torsk	2075	1232	8462
Sei	734	2716	380
Lange	21	3886	7
Totalt	2837	7842	8869

Fangstresultatene for garn registrert i sektorer med ulik avstand fra plattformen, viste høyere fangstrater for de garna som stod nærmest plattformen. Dette var hovedtendensen for alle periodene, men resultatene var ikke identiske. I forsøket utført ved Albuskjell Fox i mai ble det registrert tre ganger høyere fangstrater i de to innerste sektorene (110 m), sammenlignet med de andre sektorene (Figur 50). Fangstratene for sektor 1 (0 - 55 m) og 2 (55 - 110 m) var henholdsvis 12,8 og 6,1 kg per garn, mens de i gjennomsnitt var 2,4 kg for de andre sektorene. Forsøket ved Gullfaks indikerte jevnt avtagende fangstrater fra innerste til ytterste sektor når en ikke tar hensyn til at sterk strøm kan ha lagt garna i enden av lenkene flate (Figur 51). Tas det hensyn til en slik «ende-effekt» ved å eliminere resultatene for endegarna, får en samme resultat som ved Albuskjell med en tre-dobling av fangstratene for de to innerste sektorene (Figur 52). Fangstratene for sektor 1 og 2 var henholdsvis 41,3 og 20,1 kg per garn, mens de gjennomsnittlig var 9,2 kg for de andre sektorene. I september-forsøket ved Albuskjell ble det registrert høyeste fangstrater for garna i sektor 3 og 4 (225 og 300 m) med 4,4 ganger høyere

fangstrater enn garn som stod lengre fra plattformen (henholdsvis 57,7 og 13,1 kg pr. garn) (Figur 53). Fangstraten for garna i de to innerste sektorene var lavere, og det var jevnt avtagende fangstrater fra sektor 4 og utover i økende avstand fra plattformen.

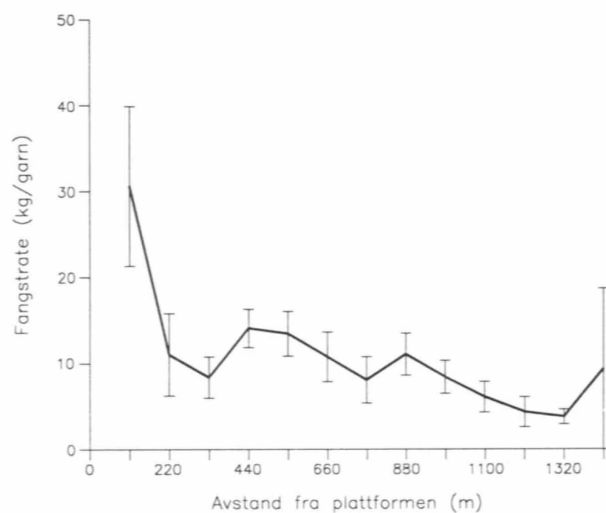


Figur 50. Gjennomsnittlige fangstrater (med inntegnet standardavvik) for garn i ulike avstander fra Albuskjell Fox i mai. Det var signifikant høyere fangster i de innerste garna ( $p < 0.05$ ) [Average catch rates ( $\pm$  standard deviation) of gillnets set at different distances from Albuskjell Fox in May].

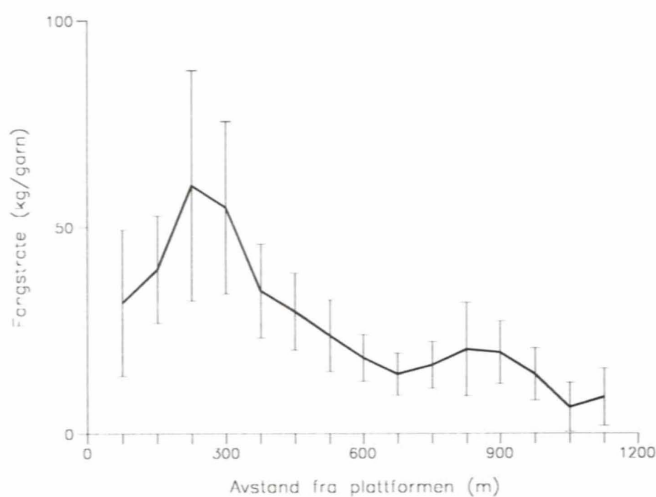


Figur 51. Gjennomsnittlige fangstrater (med inntegnet standardavvik) for garn i ulike avstander fra Gullfaks C i mai. Det var ikke signifikant høyere fangster i de innerste garna ( $p < 0.05$ ) [Average catch rates ( $\pm$  standard deviation) of gillnets set at different distances from Gullfaks C in May. The catch rates of the inner nets were not significantly higher than that of those further apart].





Figur 52. Gjennomsnittlige fangstrater (med inntegnet standardavvik) for garn i ulike avstander fra Gullfaks C i mai. I denne figuren er det korrigert for at endegarna ikke fisker skikkelig (se forklaring i teksten). Det var signifikant høyere fangster i de innerste garna ( $p < 0.05$ ) [Average catch rates ( $\pm$  standard deviation) of gillnets set at different distances from Gullfaks C in May. The catch rates of end nets are corrected. The catch rates of the inner nets were significantly higher than that of those further apart].



Figur 53. Gjennomsnittlige fangstrater (med inntegnet standardavvik) for garn i ulike avstander fra Albuskjell Fox i september. Det var signifikant fangstreduksjon fra garna i sektor 3 til den siste sektoren ( $p < 0.05$ ) [Average catch rates ( $\pm$  standard deviation) of gillnets set at different distances from Albuskjell Fox in September. The catch rates of the inner nets were significantly higher than that of those further apart].

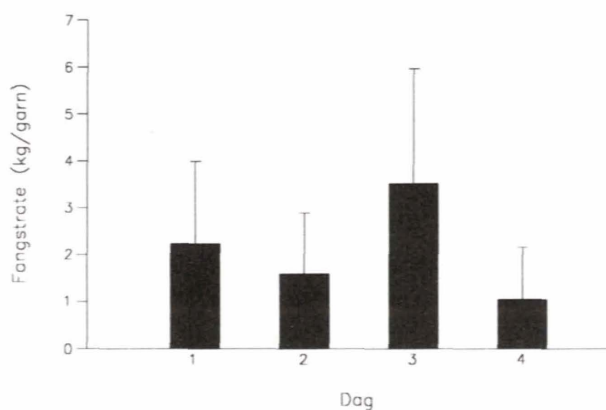
Størrelsen på fisken som var fanget i sektoren nærmest plattformen ble sammenlignet med fisk fanget i sektorene lengst fra plattformen. Begge forsøkene utført ved Albuskjell Fox viste

at torsk fanget nær plattformen var signifikant mindre enn torsk fanget lengre ute (Tabell 19). Resultatene for lange fanget ved Gullfaks viste ingen signifikante forskjeller i middellengde mellom fisk fanget i ulik avstand fra plattformen.

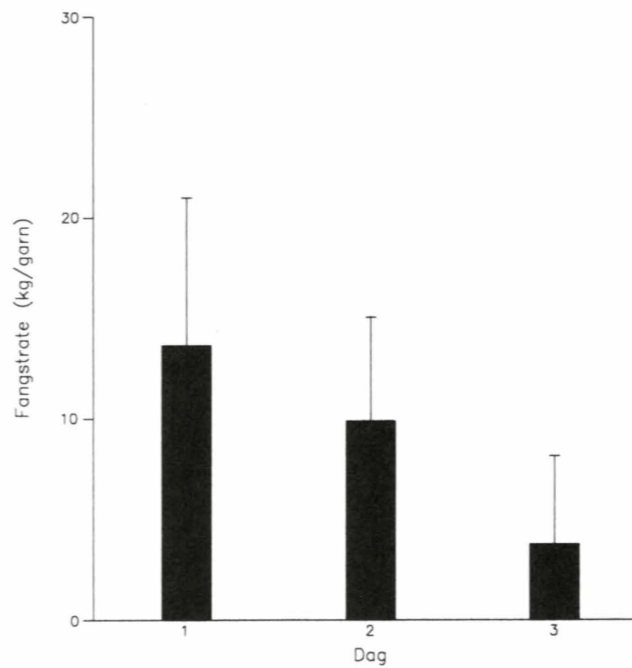
Tabell 19. Middellengde for fisk (Albuskjell: torsk, Gullfaks: lange) fanget i sektoren nærmest plattformen og i de 3-5 ytterste sektorene. Resultatene er signifikant forskjellige for Albuskjell, men ikke for Gullfaks. Tallene i parentes angir henholdsvis standardavvik og antall fisk målt [*Average individual length (standard deviation and no. of fish measured in parenthesis) of cod (Albuskjell) and ling (Gullfaks C) caught in the sector closest to the platform (innerst) compared to the 3-5 outermost sectors (ytterst). The differences at Albuskjell are significant, but not at Gullfaks C.*]

Sektor	Albuskjell 12.-16.05	Gullfaks 17.-20.05	Albuskjell 4.-10.09
Innerst	64,2 (8,0, 144)	99,5 (13,8, 99)	64.4 (18,0, 271)
Ytterst	69,4 (9,0, 69)	102,2 (10,8, 107)	73,0 (14,1, 324)

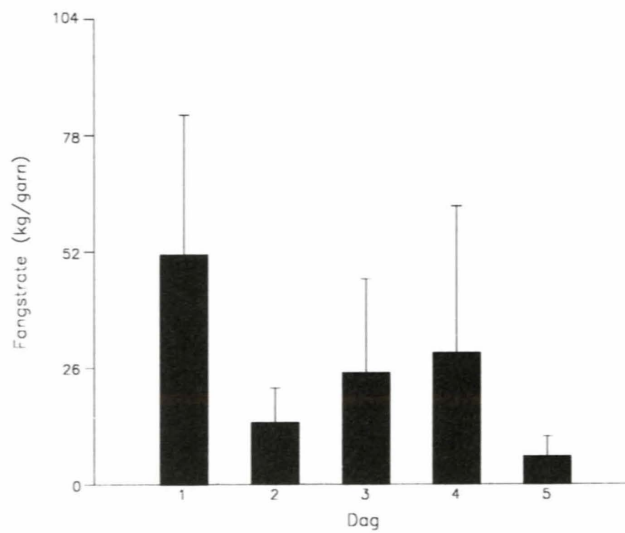
Det var store variasjoner i fangstratene fra dag til dag. I forsøkene utført i mai var det ingen systematisk trend i variasjonene i fangstdataene fra Albuskjell, mens det for Gullfaks var en jevn og signifikant nedgang fra dag 1 til dag 3 (Figur 54 og 55). Forsøket ved Albuskjell i september viste høye fangstrater for dag 1 og svært lave fangstrater for dag 5 (Figur 56). I tolkningene av dette resultatet må det imidlertid tas hensyn til at ståtiden var to døgn for dag 1. Dette skyldes avbrudd på grunn av mekaniske problemer ombord i garnbåten.



Figur 54. Gjennomsnittlig daglig fangstrate ved Albuskjell Fox fra 13. til 16. mai. Reduksjonen fra dag 3 til 4 var signifikant [*Average daily catch rates at Albuskjell Fox from 13 to 16 May. The decrease from day 3 to day 4 was statistically significant.*]



Figur 55. Gjennomsnittlig daglig fangstrate ved Gullfaks C fra 18. til 20. mai. Reduksjonen var signifikant [Average daily catch rates at Gullfaks C from 18 to 20 May. The decrease was significant].



Figur 56. Gjennomsnittlig daglig fangstrate ved Albuskjell Fox fra 6. til 10. september. (NB: Ståtida var to døgn for dag 1). Reduksjonen fra dag 1 til dag 5 var signifikant [Average daily catch rates at Albuskjell Fox from 6 to 10 September. (NB: the soaking time day 1 was two nights). The decrease from day one to day five was significant].



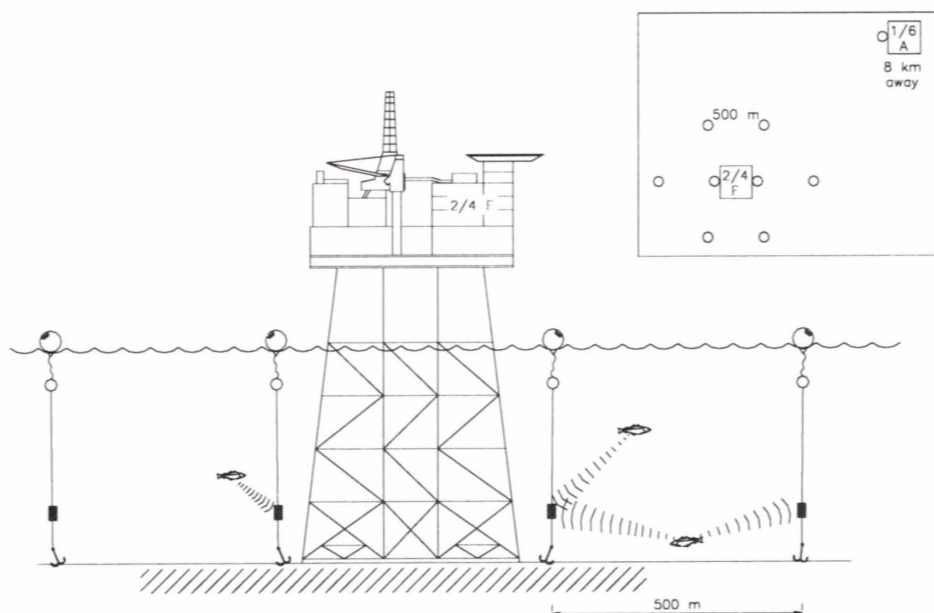
## 2.7 FORSØK MED AKUSTISK MERKET FISK

### 2.7.1 Materialer og metoder

For å studere bevegelsesmønsteret til fisk rundt Albuskjell Fox ble 38 fisk merket med akustiske merker (VEMCO Coded transmitters, VEMCO Ltd., Canada). Disse merkene sender ut kodete akustiske signaler bestående av en pulsserie på 6 pulser fulgt av en hvileperiode. Flere merker sender på samme frekvens, men kodingen er unik slik at enkeltmerker likevel kan identifiseres. Det ble nyttet to typer sylindriske merker, V8 som er 8 mm i diameter og V16 som er 16 mm i diameter. V16 merkene sender med større signalstyrke enn V8.

Fisk for merking ble fanget med snøre og i havteiner nær inntil Albuskjell Fox den 22. og 23. mai. Ombord i "Røyrbuen" ble de tatt over i kar med rennende vann. Fisk som så livskraftig ut ble bedøvet med Metomidat, og det akustiske merket ble operert inn i bukhulen. De ble så sluppet tilbake i karet og gikk der inntil det ble klart om operasjonen var vellykket (opptil 12 timer). De som overlevde (38 av 45) ble deretter satt ut igjen. To av de utsatte fiskene var hyse (35 og 37 cm), de resterende 36 torsk (30-74 cm).

Rundt Albuskjell Fox ble det satt ut 8 ultrasoniske mottakere (VEMCO VR20, VEMCO Ltd., Canada). Disse lytter etter signaler fra de kodete senderne og lagrer opplysninger om hvilke



Figur 57. Skjematisk oversikt over plassering og forankring av de akustiske mottakerne ved Albuskjell 2/4 Fox og Albuskjell 1/6 Alfa plattform [Location and anchoring of the acoustic receivers at Albuskjell Fox and Albuskjell Alfa].

merker som ble detektert i nærheten av lyttebøyene til enhver tid. Det ble satt 6 bøyer i en sirkel rundt plattformen med en innbyrdes avstand på 500 m (Figur 57). I tillegg ble det satt to bøyer tett inntil plattformen. En bøye ble satt ut ved Albuskjell Alfa. Mottakerne lagret data over en periode på ca. en måned. Da måtte de interne batteriene byttes, og datalagrene tømmes. Batteriene ble byttet én gang i løpet av forsøksperioden (9. juli), da hadde bøyene stått i ca. én uke uten skikkelig registrering. Første registreringsperiode varte derfor fra 25. mai til ca. 3 juli. Etter at batteriene ble byttet mottok bøyene signal fram til ca. 13. august.

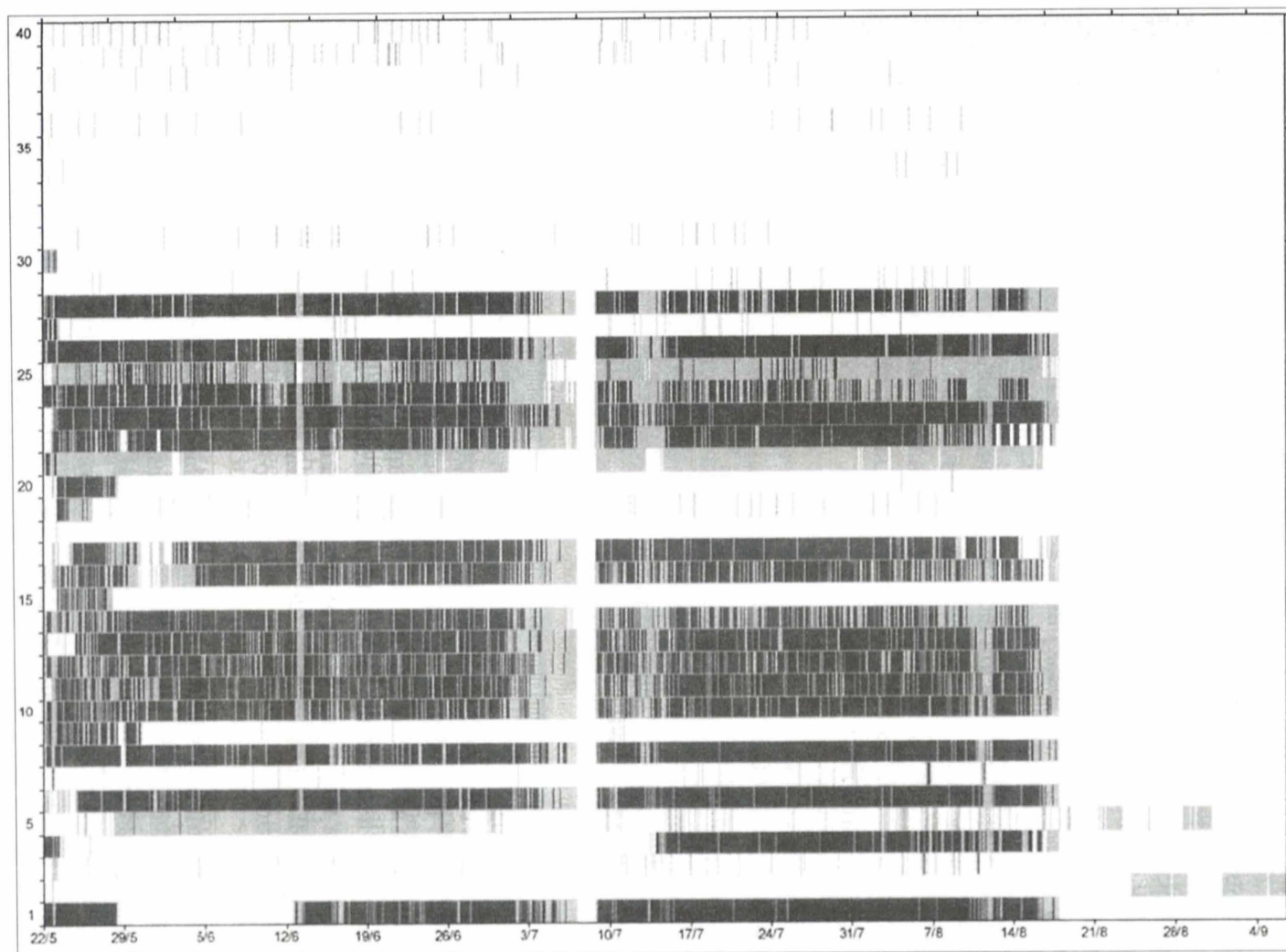
Bøyene skulle ifølge leverandørens spesifikasjoner kunne registrere signalet fra fisk innenfor en radius på ca. 500 m rundt bøyene under gode forhold. I perioder med mye bakgrunnsstøy, f.eks. i dårlig vær, reduseres denne avstanden betydelig.

### 2.7.2. Resultater

En oversikt over når hver av de merkete fiskene ble registrert nær plattformen er gitt i Figur 58. Figuren bruker 10 minutter som tidsenhet. Hvit farge betyr at fisken ikke er blitt registrert i nærheten av noen av de åtte bøyene i dette tidsintervallet. Lys grå farge betyr at fisken er registrert kun i en del av intervallet, mens sort antyder at fisken har holdt seg nær plattformen gjennom hele 10 minutters intervallet. Merker av typen V8 ble bare sporadisk detektert av mottakerne. Dette skyldes sannsynligvis at signalstyrken var for lav til å bli registrert under de rådende forhold rundt plattformen, med bl.a. støy fra bølger som bryter mot plattformbeina. Perioder med dårlig vær er synlige som lyse bånd, med få registrerte signaler fra samtlige merkete fisk (f. eks. 13. juni og 13. juli).

Figuren viser at fisken (torsk) generelt var svært stasjonær ved Albuskjell Fox. Av de 30 som opprinnelig ble merket med V16-merker, sto fortsatt 17 individer relativt stabilt ved plattformen i slutten av observasjonsperioden som da hadde vart 2,5 måneder. Enkelte individer forlot deteksjonsområdet rundt plattformen for kortere eller lengre perioder, f. eks. fisk nr. 4 som forlot Fox like etter merking, men vendte tilbake 15. juli, mens fisk nr. 17 har tatt gjentatte kortere turer utenfor deteksjonsområdet. Det ble ikke funnet klare døgnvariasjoner i antall fisk rundt plattformen. To fisk (fisk nr. 2 og 5) er registrert av mottakeren ved Albuskjell Alfa plattformen, fisk nr. 5 i begge registreringsperioder, fisk nr. 2 kun i siste.

I tillegg til et kommersielt fiske med garn og trål utenfor sikkerhetssonen til plattformene, forgår det også fiske med snøre fra plattformer og forsyningsfartøy. Hittil er tre merkete fisk rapportert fanget. Den første (fisk nr. 9, en 72 cm lang torsk) ble tatt i begynnelsen av juni av en skotsk konsumtråler 5 nm fra Ekofisk-komplekset. Denne fisken ble sist registrert ved 2/4 Fox i månedsskiftet mai/juni. En 66 cm lang torsk (fisk nr. 34) ble tatt på snøre ved Ekofisk-tanken 25. juni. Den var merket med et V8-merke og det er derfor usikkert når den forlot 2/4 Fox. Den siste rapporterte fangst av merket fisk var en 49 cm lang torsk (fisk nr. 20) som ble fanget på snøre ved Ekofisk-komplekset 4. september. Også denne ble sist 2/4 Fox i månedsskiftet mai/juni.



Figur 58. Registrering av askustisk merket fisk ved Albuskjell 2/4 Fox. Sort farge indikerer at fisken er registrert i hele observasjonsintervallet, grå farge at den er registrert i deler av intervallet og hvit farge at den ikke er registrert av noen av hydrofonene i det aktuelle observasjonsintervallet [Recording of fish with acoustic tags at Albuskjell Fox. Black indicates presence of individual fish during the whole observation interval; grey means that the fish was recorded during parts of the interval, and white means absence of fish during the interval].



## 2.8 DISKUSJON

### 2.8.1 Fiskeforsøk med garn

Fiskeforsøkene med garn viste at konsentrasjonen av fisk var langt høyere i nær tilknytning til plattformen enn i området utenfor. Resultatene fra forsøkene i mai viste tre ganger høyere konsentrasjoner av fisk (hovedsakelig torsk ved Albuskjell Fox, og lange og sei ved Gullfaks) i området innenfor av avstand på ca. 100 m fra plattformen, mens konsentrasjonene av fisk var raskt avtagende utenfor dette området. Fangstratene for garna satt i de to innerste sektorene indikerte at fisketettheten var to ganger høyere innenfor en avstand på 0-55 m fra plattformen enn 55-110 m fra plattformen. Disse resultatene stemmer godt overens med tidligere fiskeforsøk utført på Ekofiskfeltet. Forsøk med juksa ga fangstrater tilnærmet null i en avstand på 100 m fra plattformen sammenlignet med 3,3 fisk pr. 15 min innenfor en avstand på 50 m (Olsen and Valdemarsen 1977). I et tilsvarende forsøk med garn, line og juksa var fangstraten 3-10 ganger høyere innenfor en avstand på 0 - 200 m sammenlignet med området utenfor 500 m fra plattformen (Valdemarsen 1978; 1979).

Resultatet fra forsøket som ble utført ved Albuskjell Fox i september viste en annen avstandseffekt enn i forsøkene i mai. I september-forsøket ble det observert høyere fiskekonsentrasjoner ut til en avstand på 300 m fra plattformen. Videre ble den høyeste fiskekonsentrasjonen i denne perioden registrert innenfor et område på 200-300 m fra plattformen med en nedgang i fisketetthet i områdene både utenfor og innenfor denne avstanden.

Det er tre forhold som var forskjellige mellom de to forsøksperiodene ved Albuskjell og som kan ha påvirket og delvis kan forklare disse resultatene: mengde fisk rundt plattformen, årstid og værforhold. Fangstratene var tre ganger høyere i september enn mai, og fisketettheten rundt plattformen var derfor langt høyere i september. Tiltrekning av fisk til kunstige rev forklares med at fisk som oppholder seg ved et rev har økt næringstilgang, lavere predasjonstrykk eller lavere energiforbruk på grunn av hydrodynamiske årsaker (Bohnsack et al. 1991; Spanier 1996). Alle disse tre fordelene ved å oppholde seg ved et rev vil avta med økende fisketetthet. Det er derfor naturlig at fisken vil spre seg over et større areal rundt plattformen når det er generelt mye fisk i området.

Forsøket i mai ble utført i etterkant av gyteperioden for torsk i Nordsjøen (januar - april), og det ble ikke registrert gytende fisk i fangstene. Fisken var derfor utgytt, og det er lite sannsynlig at gyteatferd kan forklare forskjellen i fiskefordelingen ut fra plattformen i mai og september. Det er registrert ulike gyteområder for torsk i Nordsjøen, og det kan tenkes at fisken enda ikke hadde vent tilbake fra gyteområdet slik at det var lavere fisketetthet ved Albuskjell i mai enn september. Årstidsvariasjoner i fiskefordeling kan således være forklaring på at fangstratene var tre ganger høyere i september.

Værforholdene var forskjellige i de to forsøksperiodene med dårligere vær og grovere sjø i september. Fiskere med erfaring fra garnfiske på vrak og rundt plattformer i Nordsjøen hevder at fisken har en tendens til å trekke ut fra plattformene under dårlige værforhold (skipper A. Fjellskår, «Nesejenta», pers. medd.). En forklaring på dette kan være at fisken har



vanskeligere for å opprettholde sin posisjon mellom stagen på plattformunderstellet under turbulente forhold og sterk strøm.

Fisketettheten i ulike avstander fra plattformen ble beregnet på bakgrunn av fangstratene for garn satt i ulike sektorer ut fra plattformen. Det er tre forhold ved denne metoden som kan ha ført til en underestimert fisketetthet i den innerste sektoren. Arealet av den innerste sektoren var vesentlig mindre enn de andre sektorene, og garna ble ofte satt langs plattformen (Figur 49). Det ble derfor fisket med høyere innsats i den innerste sektoren noe som over tid kan ha ført til sterkere utfisking i dette området. Garna ble alltid satt fra plattformen og utover for å få garna så nærme plattformen som mulig. Det var derfor alltid de samme garna som ble satt i den innerste sektoren. På grunn av en del skrot på bunnen i denne sektoren ble disse garna påført større slitasje og dermed fikk gradvis redusert fangsteffektivitet. Videre stod garna i den innerste sektoren ofte i en bue, og kan derfor ha fisket mindre effektivt enn de andre garna som stod langs en rett linje. Forskjellen i fisketetthet mellom den innerste sektoren og sektorene lengre fra plattformen kan derfor ha vært større enn estimert på bakgrunn av forskjellene i fangstrate. Dette kan også bety at nedgangen i fisketetthet i de to innerste sektorene ved Albuskjell i september ikke er reell.

Fangstratene fra dag til dag i de tre forsøksperiodene ble sammenlignet for å undersøke om fisketettheten rundt plattformene avtok som en følge av flere dagers fiske. Resultatene fra Gullfaks indikerte en slik utfiskingseffekt, mens det ikke var noen systematisk trend i dataene fra de to periodene ved Albuskjell. Data basert på fangstrater er ofte beheftet med store variasjoner, og det trengs derfor et stort datamateriale for å kunne påvise effekter av bestemte faktorer. På bakgrunn av våre resultater kan det ikke trekkes statistisk sikre konklusjoner med hensyn til hvor lenge en båt kan fiske rundt en plattform før fangstratene går merkbart ned.

### **2.8.2 Trålforsøk og akustisk mengdemåling med «Michael Sars»**

Akustisk mengdemåling og fangstforsøk med trål fra forskningsfartøyet «Michael Sars» viste ingen økning i fisketetthet nær plattformene. Dette gjaldt alle de tre plattformene som var med i undersøkelsen (Albuskjell Fox og Alfa og Gullfaks C). Imidlertid var det av sikkerhetshensyn ikke mulig å komme nærmere plattformene med fartøyet enn ca. 50 til 100 m.

Fangstforsøk med garn i samme periode viste signifikant høyere fangstrater i de garnene som sto nærmest plattformen. Garna lengre ut hadde svært lave fangstrater. Det er derfor sannsynlig at «Michael Sars» ikke kom nær nok inntil plattformen til å detektere ansamlingene av fisk som sto i tilknytning til plattformunderstellet.

Også UTV og akustisk mengdemåling viste at forekomstene av fisk sto svært konsentrert under og inntil plattformene. Disse observasjonene stemmer godt overens med tidligere observasjoner på Ekofisk (Olsen and Valdemarsen 1977; Valdemarsen 1978; 1979). Også gjennomgang av videoopptak fra rutinemessige undervannsinspeksjoner langs rørledninger og av plattformunderstell viste at det var betydelige mengder med fisk samlet rundt undervannsstrukturene, og at disse var knyttet svært nær opptil plattformunderstellene (Cripps and Aabel 1995). Konsentrasjonene av pelagisk fisk sto hovedsakelig nærmere plattformene enn 100 m (AUMS 1987, sitert av Cripps and Aabel 1997). Også bunnfisk sto svært tett opptil plattformene. På samme måte som i vår undersøkelse rundt Albuskjell-plattformene og

Gullfaks C ble det observert at fisketettheten ikke avtok lineært med økende avstand fra plattformene, men at det var en skarp grense ved en avstand på ca. 50-100 m fra plattformen mellom et nærområde med høy tetthet og et fjernområde med lavt jevn tetthet.

### 2.8.3 Fiskearter

Ved Albuskjell dominerte torsk og sei garnfangstene. Dette var også blant de viktigste artene som ble observert med UTV, men denne metodikken viste at det også sto stimer med makrell i de øverste vannlag rundt stålunderstellet. Disse sto imidlertid så høyt i vannmassene at de ikke var tilgjengelig for garn eller trål. I trålfangstene ble det i tillegg til de nevnte artene også fanget en god del hyse og ulike flyndrearter. Disse artene synes ikke å være knyttet til stålstrukturene på samme måte som sei, torsk og makrell. På Gullfaks C, der bunndypet var større en ved Albuskjell, fanget trålen lange, kolmule og øyepål i tillegg til torsk, hyse og sei. I garnfangstene ble det tatt mer lange inne ved plattformen enn lengre ut. Siden kolmule og øyepål er for små til å fanges med garn, vet vi ikke om disse artene sto i større konsentrasjon under eller nær plattformen enn lengre ute.

Man kan dele opp fiskeartene som står rundt plattformene i tre hovedgrupper (Talbot et al. 1978):

- *Tilfeldige gjester*

Arter som utnytter revene tilfeldig som opportunistiske gjester for en kortere periode. Til denne kategorien kan vi regne sild og makrell.

- *Midlertidige innbyggere*

Arter som tar tilflukt ved revet for en kortere eller lengre periode. Seien er en art som ofte tiltrekkes rev, og som blir der for en periode (se f.eks. Wyche 1984), men som har større vandringsradius enn neste gruppe.

- *Faste innbyggere*

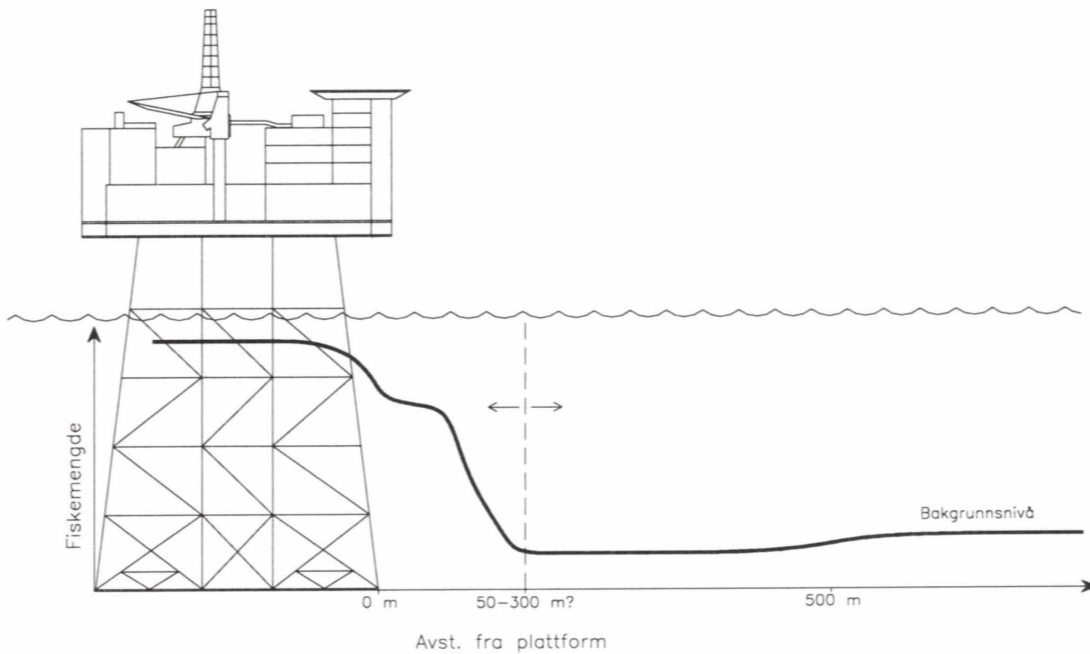
Til denne gruppen hører torsk, som tilbringer det meste av sin tid på eller tett ved revet, og utviser minimal vandring.

Den observerte artssammensetningen stemmer godt overens med andre undersøkelser som er gjort ved plattformer i Nordsjøen (Olsen and Valdemarsen 1977; Valdemarsen 1978; AUMS 1987; Cripps and Aabel 1995).

### 2.8.4 Mengdemåling

Figur 59 viser en prinsippskisse av hvordan vi mener fisketettheten endret seg med økende avstand fra Albuskjell Fox. Den er basert på alle de ulike observasjons- og målemetodene som ble brukt gjennom forsøksperioden.





Figur 59. Prinsippskisse av målt fiskemengde i forhold til avstand fra plattformen. Det sto tette forekomster av fisk (torsk, sei, makrell) under plattformen og tett opp til understellet. Tettheten sank imidlertid raskt ned mot gjennomsnittsnivå i området som helhet når man beveget seg vekk fra plattformen. Den nøyaktige yttergrensen for økt fisketetthet er vanskelig og fastsette, og vil ganske sikkert også variere med værforhold, tid på døgnet, sesong, m.v. [Sketch of measured fish density related to distance from the platform. Dense concentrations of fish were measured underneath the platform and close to the jacket structure. The density decreased rapidly with increasing distance from the platform. It was, however, difficult to measure the outer border of the fish concentrations].

Direkte observasjon med undervannskamera viste at det sto tette konsentrasjoner av fisk, i første rekke torsk, under plattformen, men visuelle metoder er lite egnet til å gi kvantitative estimater for fisketetthet. Heller ikke akustisk mengdemålingsmetodikk er egnet til å måle fiskemengden under plattformen fordi stagene i understellet interfererer med de akustiske signalene fra ekkoloddet. Vi hadde altså ingen sikre metoder til å kvantifisere den fisken som sto **under** plattformen.

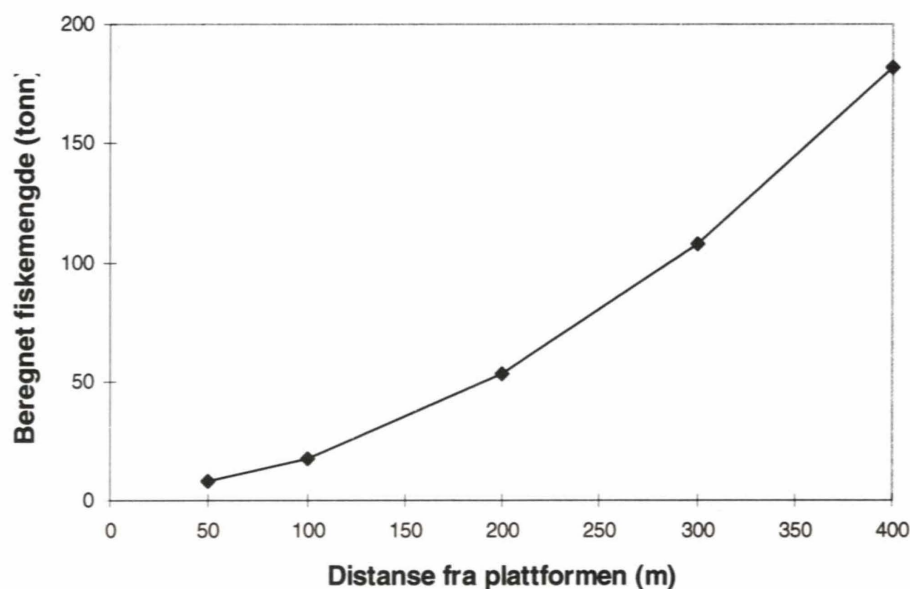
Mengden av fisk som sto i sonen mellom plattformen og det området som ble dekket fra forskningsfartøyet, dvs. fra plattformen og ut til ca. 50 - 100 m, ble forsøkt målt med ekkoloddsvingere hengt rett til side for understellet. Disse målingene viste økte konsentrasjoner av fisk, men fiskemengden varierte svært gjennom døgnet og var også svært forskjellig på de ulike sidene av plattformen. Observasjoner med undervannskamera viste at torsk som beveget seg ut fra plattformunderstellet på dagtid, gikk og beitet helt nede ved bunnen. Fisk som står nærmere bunnen enn ca. en halv meter kan ikke kvantifiseres korrekt med ekkolodd (den akustiske dødsone). De lave akustiske verdiene som ble funnet om dagen skyldes derfor mest sannsynlig at fisken sto under plattformen og/eller tett ved bunnen. Om natten ble det funnet høyere verdier, trolig fordi fisken løftet seg fra bunnen og fordelte seg i vannmassene på en måte som gjør dem mer tilgjengelige for akustisk mengdemåling.

For å komme fram til et totalestimat av mengden fisk ved Albuskjell Fox i de tre måleperiodene, har vi som ett alternativ forutsatt en jevn fordeling av fisk under plattformen og ut til ca. 50 m avstand og halv tetthet. Dette tilsvarer en kabellengde (185 m) i hver retning,



eller  $0.01 \text{ nm}^2$ . Dette ga en beregnet fiskemengde på 7,6 tonn torsk/sei i mai 15,7 tonn torsk/sei i juli og 13,7 (7,6 /15,7/13,9) tonn hovedsakelig torsk i september. I tillegg ble det målt 2,3 tonn makrell i juli og 1,2 tonn i september.

Det er imidlertid på det rene at mengdeberegningene som gjøres på grunnlag av en målt gjennomsnittstetthet på utsiden av plattformunderstellet er svært sensitive for størrelsen på det arealet man lar denne tettheten gjelde for, dvs. hvor langt ut fra plattformen den økte fiskekonsentrasjonen strekker seg. Figur 60 viser hvordan totalestimatet av torsk øker med økende utbredelsesareal. I våre forsøk har vi ingen sikker dokumentasjon av arealet, bare en indikasjon på at det kunne dreie seg om en avstand på 50-100 m fra plattformen i mai, siden vi ikke klarte å måle yttergrensene med «Michael Sars». Dette stemmer også overens med økte garnfangster de innerste 100 m fra plattformen. I september var arealet større når en tar i betraktning økte garnfangster helt ut til 300 m. Dersom en regner at fisken sto jevnt spredt ut til 300 m, får vi et totalestimat av torsk på i overkant av 107 tonn. Stanley and Wilson (1997) målte den horisontale utbredelsen av fisk ved hjelp av en horisontalt stilt akustisk svinger, og fant at den økte fisketettheten bare strakk 16-20 m ut fra en plattform i Mexicogolfen. Høyst sannsynlig vil denne avstanden variere med sesonger, mengde fisk som står samlet, værforhold, m.v.



Figur 60. Mengde fisk ved plattformen ble beregnet ved å multiplisere den målte fisketettheten i ekkoloddstrålen med arealet for fiskekonsentrasjonens utbredelse. Det er imidlertid vanskelig å bestemme yttergrensene for fiskens utbredelsen. Denne figuren viser hvor avhengig beregnet fiskemengde er av hvor langt ut fra plattformen fisken står [The quantity of fish at the platform site was estimated by multiplying the acoustically measured fish density with the distribution area. It was, however, difficult to measure this area correctly. The figure shows how critical a correct area estimate is for a reliable estimate of fish quantity].

En annen forutsetning som ligger til grunn for våre estimater er at konsentrasjonene av fisk rundt og under plattformen har like stor tetthet over hele det beregnede arealet i måleperioden. Det er imidlertid ikke urimelig å anta at fisketettheten også på den tid av døgnet da den sto egnet til for mengdemåling (nattetid) var større under plattformen enn rundt. Vi har imidlertid ingen dokumentasjon på dette, fordi hverken akustiske eller visuelle metoder egner seg til mengdemåling under plattformer. UTV med kunstig lys vil påvirke fiskefordelingen for sterkt

til å gi sikre resultater. Det er imidlertid dokumentert at mange fiskearter forlater revet om natten for å ta til seg føde (Thorne et al. 1989).

Det er tidligere gjort forsøk på å beregne mengden av fisk rundt plattformer i britisk nordsjøsektor (AUMS 1987). Her ble det ved hjelp av visuelle og akustiske observasjoner beregnet å være fra 5,8 til 253 tonn med pelagisk fisk og fra 10 til 50 tonn med bunnfisk ved fire plattformer. Estimatenes av pelagiske fiskearter er betydelig høyere enn våre estimater ved Albuskjell Fox, mens estimatene for bunnfisk er høyere enn våre i mai og juli, men lavere enn i september dersom vi regner med en utbredelse ut til 300 m fra plattformen.

De fleste forsøk på å kvantifisere fisk rundt kunstige rev baserer seg på visuelle teknikker (dykking, UTV) (Bortone et al. 1989), men det finnes enkelte rapporter som bygger på hydroakustiske metoder som ligner den som ble brukt ved Albuskjell Fox (Thorne et al. 1989; Stanley and Wilson 1996; 1997). Stanley and Wilson (1997) beregnet fiskemengde ved hjelp av fire akustiske svingere hengt ned fra hver side av en plattform. På samme måte som i våre estimater, ekstrapolerte de fisketettheten som ble målt rett til side for plattformunderstellet til også å gjelde for arealet under plattformen.

Fiskeforsøkene tyder på at fiskemengden ved plattformen kan ha vært høyere enn det som er beregnet ut ifra de akustiske registreringene. Etter fem fiskedøgn i september, var det tatt ut 8,46 tonn fisk, hovedsakelig torsk, ved Albuskjell Fox. Selv om denne fiskemengden ble fanget over et større areal, ble den største fangstmengden tatt nær plattformen. Dette uttaket av fisk resulterte imidlertid ikke i nedgang i akustisk målt fiskemengde ved plattformen gjennom fangstperioden.

### **2.8.5 Verneområde for ungfisk?**

Med unntak av stimfisk som makrell, som syntes å sirkle mer eller mindre tilfeldig rundt plattformstrukturene i de øvre vannlag, og sei nærmere bunnen, var fiskeforekomstene rundt understellet i første rekke dominert av torsk av relativt ensartet størrelse. Selv om det er vanskelig å fastsette fiskestørrelse ut ifra videoopptak, antar en at de fleste var større enn 50 cm. Dette passer godt overens med størrelsen av torsk tatt på garn nær plattformen.

Det er tidligere rapportert at man ved store rev vil få større innslag av stor fisk enn ved mindre rev (Bohnsack et al. 1994). Det er også klart at larver og småfisk har et mer spesialisert habitatkrav, særlig større behov for skjul, enn større fisk (Anderson et al. 1989). Understellene til plattformen har en relativt ensartet åpen struktur som gir få gjemmesteder for småfisk. Torsk er kjent som en effektiv predator som spiser fisk opptil 70% sin egen lengde. Mageanalysene av torsk som var fanget med trål inntil Albuskjell Fox viste at ca. 80% av mageinnholdet besto av fisk.

Det har tidligere blitt foreslått at understell fra etterlatte oljeplattformer skal kunne brukes som verneområder for truede fiskebestander, dvs. at de skal virke som beskyttelse for yngel og rekrutterende årsklasser for å øke tilveksten til bestandene (se f.eks. Aabel et al. 1997). De observasjoner som er gjort i denne undersøkelsen tyder ikke umiddelbart på at de er egnet til et slikt formål. Dersom man ønsker en større diversitet i arts- og størrelsessammensetningen ved strukturene, må de trolig modifieres og gjøres mer varierte med hensyn til skjulesteder for fisk av ulike størrelser. Fisk foretrekker huler og gjemmesteder av tilnærmet samme størrelse



som kroppen (Shulman 1985). Dette ble også dokumentert av West et al. (1994), som konkluderer med at dersom et rev ikke konstrueres spesielt med ungfisk for øyet, vil potensialet for bruk som beskyttelsesområde hindres av anormal høy dødelighet av rekruttene gjennom predasjon. Jo flere hulrom og jo større andel av små hull, jo større blir revets kapasitet til å huse et stort antall individer og beskytte dem mot predatorer (Hixon and Beets 1989).

### **2.8.6 Øker plattformene produksjonen av fisk?**

Et av spørsmålene som Olje og Energidepartementet stilte da prosjektet tok til var om kunstige fiskerev kan føre til oppbygging av habitat som kan øke produksjonen av fisk.

I vår undersøkelse har vi ikke funnet noe som indikerer at så er tilfelle. Vi har vist at fisk som var fanget tett inntil plattformen ikke hadde signifikant bedre vekst (dvs. høyere vekt i forhold til alder) enn fisk fanget lengre unna eller i referanseområder utenfor oljevirkosomhetens innvirkning. I de tilfeller hvor man fant signifikante forskjeller i kondisjon (hyse på Ekofiskfeltet) var vekten lavere ved plattformen enn i referanseområdet. Dette tyder på at det ikke er et bedret næringstilbud som gjør at fisk tiltrekkes plattformene. Analysene av mageinnhold fra fisk tatt nær plattformene viser også at fødevalget i all hovedsak består av fødeemner som normalt finnes i fiskemager i Nordsjøen. Observasjoner med undervannskamera viste også at det ikke var noen økt forekomst av småfisk under plattformene som tyder på økt tilvekst av ungfisk.

En undersøkelse av veksthastighet hos sei fanget ved Beryl-feltet i britisk sektor sammenlignet med sei fanget i Loch Ewe (AUMS 1987, sitert etter Aabel et al. 1997) viste ingen signifikant forskjell i veksthastighet mellom de to lokalitetene.

En gjennomgang av litteraturen viser svært ulike synspunkter på om kunstige rev virkelig øker produksjonen av biomasse og ikke bare samler biomasse fra området omkring (se f.eks. Pickering and Whitmarsh 1997). Til tross for at det er lagt ned betydelig forskningsinnsats på å svare på nettopp denne problemstillingen, er det fortsatt ikke enighet blant forskerne som arbeider med kunstig rev-problematikk.

### **2.8.7 Er det forskjeller mellom en «kald» og en «varm» plattform?**

Vi har ikke sikre data som kan vise om det er forskjeller i fiskemengde rundt en «kald» og en «varm» plattform. Det er ikke mulig å trekke noen direkte sammenligning mellom Albuskjell Fox og Gullfaks C, selv om den ene er «kald» og den andre er «varm». Til det er det for mange faktorer som skiller de to plattformene, slik som understellets konstruksjon (stål/betong), geografisk plassering, dyp, m.v. Imidlertid ble det foretatt akustisk kartlegging med forskningsfartøy rundt både Albuskjell Fox og Alfa. Variansanalyse viste ingen forskjeller i fiskemengde mellom de to plattformene, mens det var signifikant mer plankton rundt Fox enn Alfa. Som tidligere beskrevet, sto fiskekonsentrasjonene ved plattformene så tett opptil og under konstruksjonen at de ikke var målbare fra «Michael Sars». Derfor kan man neppe heller vente å finne noen forskjell mellom de to plattformene når data fra forskningsfartøyet legges til grunn.



## 2.9 UAVKLARTE SPØRSMÅL

Denne undersøkelsen, «Virkning på ressurser og fiskeriene i Nordsjøen av at oljeinstallasjoner etterlates på feltet», har tatt mål av seg til å bidra til å belyse en bred og omfattende problemstilling over en kort prosjektperiode. Til tross for omfattende innsats (fra et betydelig antall forskere, ingeniører og assistenter) i planlegging og gjennomføring av feltundersøkelser og i databearbeiding i den korte perioden som var tilgjengelig mellom avslutningen av feltarbeider og sluttrapporten skulle være ferdigstilt, er det helt klart at det ikke har vært mulig å gi gode svar på alle spørsmål som har blitt stilt underveis. Det er i praksis umulig å belyse en så komplisert problemstilling over en feltperiode på noen få måneder.

De vitenskapelige undersøkelser som tidligere har vært gjennomført for å studere «rigs to reefs»-konseptet, har alt overveiende blitt utført i Mexicogolfen under helt andre økologiske og klimatiske betingelser. Metodikken som er blitt brukt i disse undersøkelsene har ikke uten videre kunnet overføres til våre forhold. Derfor har en ikke ubetydelig del av vårt prosjektarbeid nødvendigvis måtte vies utprøving og tilpassing av forsøksmetodikk som egner seg for Nordsjøen. Det har altså ikke uten videre vært mulig å reise ut i felt for å finne svar på de spørsmål man stiller. Først har en måttet finne ut hvilke metoder man skal benytte for å lete etter svarene. En annen viktig kompliserende faktor var at sikkerhetsforskriftene i Nordsjøen gjorde at den tiden man fikk til rådighet på Albuskjell Fox til å utføre forskningsarbeid ble svært begrenset.

Våre undersøkelser har konkretisert en rekke problemstillinger som bør dokumenteres grundigere for å kunne gi et fullgodt svar på om etterlatte oljeplattformer brukt som kunstige fiskerev er et alternativ for disponering. De viktigste av disse, sett i fiskeriforsknings-sammenheng, er listet opp nedenunder:

1. **Variasjoner over tid.** I denne undersøkelsen har vi gjort tre grove «punktmålinger» av fiskekonsentrasjonene rundt én plattform. Både mengde og artssammensetning av fisk var svært ulik ved de tre målepunktene. Vi vet lite om hvordan fiskemengden ved en plattform varierer gjennom året (sesongvariasjoner) eller fra ett år til neste (langtidsvariasjoner).
2. **Geografiske variasjoner.** Det ble dokumentert store forskjeller i fiskemengde, artsammensetning og fangsttilgjengelighet mellom de to plattformene som ble studert i undersøkelsen (Albuskjell Fox og Gullfaks C). Trolig vil en finne store ulikheter avhengig av geografisk beliggenhet, dyp m.v. som vil påvirke potensialet som kunstig rev. Skal man få et mer allmenngyldig forståelse for mulighetene som ligger i å benytte plattformer som kunstige rev, bør undersøkelsene utvides til å omfatte flere oljefelter.
3. **Fisketettheten under plattformer.** Vanlige metoder for bestandsberegning kan ikke brukes til å måle fisk som står mellom stålstrukturene under en plattform. Det bør arbeides videre med metodikkutvikling og måleforsøk for å komme fram til sikrere estimater av fisketettheten under en plattform.
4. **Hvor langt ut fra plattformen er det økte fiskekonsentrasjoner?** Som diskutert tidligere er estimatene av fiskemengden rundt en plattform svært avhengig av beregnet areal for de målte fisketettheter i de forskjellige avstander fra plattformen. Våre forsøk har dokumentert at dette arealet varierer betydelig mellom gjentatte dekninger. Vi har ikke nok kunnskaper

til å kunne si hvorfor og hvordan det varierer. For å kunne gi sikrere estimater av fiskemengde ved plattformene bør dette studeres videre.

5. **Hvor stor fangst kan tas fra en plattform?** I våre forsøk klarte vi ikke å fiske «tomt» området rundt plattformene, og har dermed ingen sikre estimater over hvor stort fangstpotensiale fiskeforekomstene ved plattformene har.
6. **Hvor ofte kan et rev tømmes?** For å kunne beregne et revs fangstpotensiale må man vite hvor lang tid det tar før det invaderes av ny fisk dersom det fiskes tomt. Hvor lang tid må det gå mellom hver gang man fisker på et rev?»?
7. **Fører kunstige rev til økt produksjon?** Dette er et meget vanskelig spørsmål å svare på. I denne undersøkelsen fant vi ingen indikasjoner på at revet fører til økt produksjon av fisk. Dette må imidlertid studeres videre og fra nye vinklinger dersom en skal kunne svare med noen grad av sikkerhet.
8. **Atferdsforsøk med akustiske merker.** Vi har gjort atferdsforsøk med akustisk merket torsk rundt Albuskjell Fox, og funnet ut at torsk i stor grad var stasjonær ved plattformen gjennom den sesongen forsøkene pågikk. Vi vet imidlertid ikke om dette gjelder til andre årstider, f.eks. under gytetida (senvinteren/våren).

## 2.10 KONKLUSJONER

Det ble funnet økt fisketetthet nær oljeplattformer i Nordsjøen sammenlignet med områdene omkring. Det er dermed dokumentert at de virker som «kunstige fiskerev». Dette gjaldt både en nedstengt plattform (Albuskjell Fox) og en plattform i fortsatt drift (Gullfaks C). De økte fiskekonsentrasjonene var lokalisert til plattformens nærområde, og var som sådan vanskelig å måle med akustisk mengdemålingsmetodikk.

Gjennom en så begrenset forsøksperiode som vi har hatt i dette prosjektet, der man i tillegg har måttet bruke tid på å teste, utvikle og tilpasse metodikk, har det ikke vært mulig å få fram gode nok data til å kunne gi et godt estimat av fangstpotensialet for et kunstig rev basert på plattformunderstell. Dette er ikke mulig uten gjentatte forsøk over en lengre periode.

I forsøkene ved Albuskjell Fox ble mengden med torsk og sei ved plattformen beregnet til å være fra i underkant av 10 tonn til opp i 100 tonn, men dette estimatet er beheftet med stor usikkerhet. Det er imidlertid ingenting som tyder på at plattformene øker produksjonen av biomasse, men snarere at de konsentrerer allerede eksisterende fisk i området. Gytebestanden av torsk i Nordsjøen er for tiden rundt 100.000 tonn (Anon. 1998a), og den norske torskekvoten i Nordsjøen var i fjor 14.800 tonn. Sett i forhold til den norske kvoten er det en relativt betydelig mengde torsk som står samlet rundt plattformene, i det minste til visse årstider. Norske fiskere har i de siste årene ikke tatt opp hele torskekvoten, fordi fangstratene har vært for lave til å gi lønnsomhet i fiske. Dersom det blir bestemt at understell fra plattformer skal bli brukt til kunstige fiskerev i Nordsjøen, vil de økte fangstrater som kan oppnås rundt disse kunne bidra til økt lønnsomhet i torskefiskeriene, og dermed muligens også bidra til at flere norske fiskere satser på konsumfiske i framtida.



Arts- og størrelsesfordelingen av fisk som ble observert ved plattformen (dominans av torsk over ca. 50 cm) gjør det lite trolig at kunstige fiskerev basert på umodifiserte understell fra plattformene på Ekofisk vil være egnet som beskyttelsesområde for oppvoksende småfisk.

Det er et faktum at selve Ekofiskfeltet har hatt og har liten verdi som fiskeplass for norske fiskere (Valdemarsen 1994). Fjerning av installasjoner på Ekofisk vil derfor ikke bety bedre fangstmuligheter for Norge. Tvert om kan fjerning av installasjoner bety at en potensiell god fiskeplass forsvinner. Etterlatte plattformer som kunstige fiskerev har potensiale til å kunne øke fangsteffektiviteten for et lite antall fiskere som fisker med passive redskaper.

## TAKK

Prosjektet er finansiert av Olje og Energidepartementet, Fiskeridepartementet og Phillips Petroleum Company Norway. Vi vil rette en takk til ansatte i Phillips Petroleum, spesielt Kjell Jørgensen, Vigleik Sexe, Jan Erik Jensen og Britt Tøsse Brun for velvillig assistanse i prosjektperioden. Vi vil også takke mannskapene på Albuskjell Alfa og Ekofisk Kilo for velvillig innstilling til forskere. Statoil takkes for å ha tillatt forsøksfiske innenfor sikkerhetssonen rundt Gullfaks C. Videre vil vi takke skippere og mannskap ombord på «Røyrbuen», «Helgøysund» og «Michael Sars» for godt samarbeid og god lagånd under feltarbeidene. Uten deres innsats hadde det ikke vært mulig å gjennomføre forsøkene på sjøen.

Vi vil også takke våre medarbeidere på Havforskningsinstituttet som har deltatt i prosjektarbeidet: Bjørn Totland, Oddvar Chruickshank og Jan Tore Øvredal som har deltatt i feltarbeidet på Albuskjell Fox, Elen Hals, Bjarte Kvinge og Arve Kristiansen som har deltatt i feltarbeidet på båtene, Kjell Gamst som har funnet fram data om fiskerivirksomhet i Nordsjøen, Bente Hoddevik som har deltatt i feltarbeid og laget karter over fiskefordeling i Nordsjøen, Rolf Korneliussen som har hjulpet til med behandling og tolking av akustiske data, Oddvar Brønstad som har hjulpet til med å tolke data fra akustisk merket fisk, Per Ågotnes som har aldersbestemt fisk, Inger Marie Beck som har analysert mageprøvene, og til slutt Adnan Adjad som har hjulpet til med behandling av data fra mageprøver.

## LITTERATUR

Aabel, J.P., Cripps, S.J., Jensen, A.C. and Picken, G. 1997. Creating artificial reefs from decommissioned platforms in the North Sea: review of knowledge and proposed programme of research. Report to the Offshore Decommissioning Communications Project (ODCP) of the E&Å Forum, the International petroleum industry federation, London, 129 pp. (ISBN: 82-7220-837-7).

Anderson, T.W., DeMartini, E.E. and Roberts, D.A. 1989. The relationship between habitat structure, body size and distribution of fishes at a temperate artificial reef. *Bull. Mar. Sci.* 44(2): 681-697.

Anon. 1998a. Havets ressurser 1998. *FiskenHav*. 1998 (Særnummer 1) 152 pp.



Anon. 1998b. OSPAR Decision 98/3 on the Disposal of Disused Offshore Installations. Summary Record OSPAR (Oslo and Paris Conventions for the Prevention of Marine Pollution) 98/14/1-E, Annex 33.

AUMS, 1987. Fish activity around North Sea oil platforms. Unpublished Report by Aberdeen University Marine Studies Ltd., sitert etter Aabel *et al.* 1997.

Beltestad, A.K., Olsen, S., Ona, E., Bjordal, Å., Angelsen, K.K. og Løkkeborg, S. 1985. Studie av oljeinstallasjoners virkning på fiskemengde og fangst-tilgjengelighet. FTFI-rapport 1985, kontrakt T-80051.

Bhattacharyya, G.K. and Johnson, R.A. 1977. Statistical Concepts and Methods. Wiley & Sons, Inc., New York, 639 pp.

Bohnsack, J., Harper, D.E., McClellan, D.B. and Hulsbeck, M. 1994. Effects of reef size on colonization and assemblage structure of fishes at artificial reefs off southeastern Florida, U.S.A. *Bull. Mar. Sci.* 55(2-3): 796-823.

Bohnsack, J.A., Johnson, D.L. and Ambrose, R.F. 1991. Ecology of artificial reef habitats and fishes. In: Seaman, L.M., and Sprague, L.M. (Eds.) *Artificial Habitats for Marine and Freshwater Fisheries*, pp. 61-107. Academic Press.

Bortone, S.A., Kimmel, J.J. and Bundrick, C.M. 1989. A comparison of three methods for visually assessing reef fish communities: Time and area compensated. *Northeast Gulf Science* 10: 85-96.

Bull, A.S. and Kendall, J.J. 1994. An indication of the process: Offshore platforms as artificial reefs in the Gulf of Mexico. *Bull. Mar. Sci.* 55(2-3): 1086-1098.

Cripps, S.J. and Aabel, J.P. 1995. DP1 - Fish survey using ROV data. RF-Rogaland Research Report no. RF-95/301, 12 pp.

Foote, K.G. 1987. Fish target strengths for use in echo integrator surveys. *J. Acoust. Soc. Am.* 82: 981-987.

Forbes, S.T. and Nakken, O. 1972. Manual for methods for fisheries survey and appraisal. Part 2. The use of acoustic instruments for fish detection and abundance estimation. *FAO Man. Fish. Sci.* 5, 138 pp.

Furevik, D. 1989. Fiskeansamlinger rundt oljeinstallasjoner og andre strukturer. En litteraturstudie. FTFI oppdragsrapport 04-89, 32p.

Godø, O.R. 1994. Factors affecting the reliability of groundfish abundance estimates from bottom trawl surveys. In: Fernö, A. and Olsen, S. (Eds.) *Marine Fish Behaviour in Capture and Abundance Estimation*, pp. 166-199. Fishing News Books. Oxford.

Grove, R.S., Nakamura, M., Kakimoto, H. and Sonu, C.J. 1994. Aquatic habitat technology innovation in Japan. *Bull. Mar. Sci.* 55(2-3): 276-294.

Gurney, J. 1992. Abandonment of offshore rigs. Experience in the Gulf of Mexico. *Petroleum Review* 46: 237-239.

Hixon, M.A. and Beets, J.P. 1989. Shelter characteristics and Caribbean fish assemblages: experiments with artificial reefs. *Bull. Mar. Sci.* 44: 666-680.

Johannesson, K.A. and Mitson, R.B. 1983. Fisheries acoustics: a practical manual for biomass estimation. *FAO Fish. Tech. Pap.* 240, 249 pp.

Knudsen, H.P. 1990. The Bergen Echo Integrator: an introduction. *J. Cons. Int. Explor. Mer.* 47: 167-174.

Korneliussen, R.J. 1993. Advances in Bergen Echo Integrator. *ICES C.M.* 1993/B:28, 11 pp. (Mimeo.).

MacLennan, D.N. and Simmonds, E.J. 1991. *Fisheries Acoustics*. Chapman Hall' London' 336 pp.

Olsen, S. and Valdemarsen, J.W. 1977. Fish distribution studies around offshore installations. *ICES C.M.* 1977/B:41.

Picken, G.B. and McIntyre, A.D. 1989. Rigs to reef in the North Sea. *Bull. Mar. Sci.* 44(2): 782-788.

Pickering, H. and Whitmarsh, D. 1997. Artificial reefs and fisheries exploitation: a review of the 'attraction versus production' debate, the influence of design and its significance for policy. *Fish. Res.* 31: 39-59.

Reggio, W.C., Jr. 1987. Rigs to reefs. *Fisheries*: 12: 2-7.

Seaman, L.M. and Sprague, L.M. 1991. *Artificial Habitats for Marine and Freshwater Fisheries*. Academic Press.

Shulman, M.J. 1985. Recruitment of coral reef fishes: effects of distribution of predators and shelter. *Ecology* 66: 1056-1066.

Soldal, A.V. 1996. Ansvarlig fangststrategi. *FiskenHav.* 1996 (14), 81pp.

Spanier, E. 1996. Assessment of habitat selection behaviour in macroorganisms on artificial reefs. Proc. 1<sup>st</sup>. Conference of the European Artificial Reef Research Network, Ancona, Italy, 26-30 March 1996.

Stanley, D.R. and Wilson, C.A. 1990. A fishery-dependent based study of fish species composition and associated catch rates around oil and gas structures off Louisiana. *Fish. Bull.*, U.S. 88:719-730.

Stanley, D.R. and Wilson, C.A. 1996. Abundance of fishes associated with a petroleum platform as measured with dual-beam hydroacoustics. *ICES J. Mar. Sci.* 53: 473-475.

- Stanley, D.R. and Wilson, C.A. 1997. Seasonal and spatial variation in the abundance and size distribution of fishes associated with a petroleum platform in the northern Gulf of Mexico. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 54: 1166-1176.
- Talbot, F.H., Russell, B.C. and Anderson, G.R.V. 1978. Coral reef fish communities: unstable high diversity systems? *Ecol. Monogr.* 47: 425-446.
- Thierry, J.-M. 1988. Artificial reefs in Japan - A general outline. *Aquacult. Eng.* 7: 321-348.
- Thorne, R.E., Hedgepeth, J.B. and Campos, J.A. 1989. The use of stationary hydroacoustic transducers to study diel and tidal influences of fish behaviour. *Bull. Mar. Sci.* 44: 1058-1064.
- Urich, R.J. 1975. Principles of underwater sound. Mc Graw-Hill Book Company, New York, 1975, 384 pp.
- Valdemarsen, J.W. 1978. Fiskeatferd ved bunnstrukturer - forsøk på Ekofiskfeltet og ved vrak i den sørlige delen av Nordsjøen. FTFI rapport desember 1978, 28 pp. (Mimeo).
- Valdemarsen, J.W. 1979. Behaviour aspects of fish in relation to oil platforms in the North Sea. ICES C.M. 1979/B:27.
- Valdemarsen, J.W. 1994. Fiskeforekomster og fiske på Ekofiskfeltet. Noen konsekvenser av at "brukte" oljeinstallasjoner helt eller delvis blir etterlatt på feltet. Havforskningsinstituttet, Interne notat 1994 (1), 15 pp.
- West, J.E., Buckley, R.M. and Doty, D.C. 1994. Ecology and habitat use of juvenile rockfishes associated with artificial reefs in Puget Sound, Washington *Bull. Mar. Sci.* 55: 344-350.
- Wyche, C.J. 1984. Observations on the behaviour of a saithe (*Pollachius virens*) school on a temperate reef. *Prog. Underwat. Sci.* 9: 87-98.