

FISKEN OG HAVET, NR. 5 - 1993

ISSN 0071-5638

UTSETTING AV TORSK I MASFJORDEN 1985-1992

REARING OF COD IN MASFJORDEN 1985-1992

Av

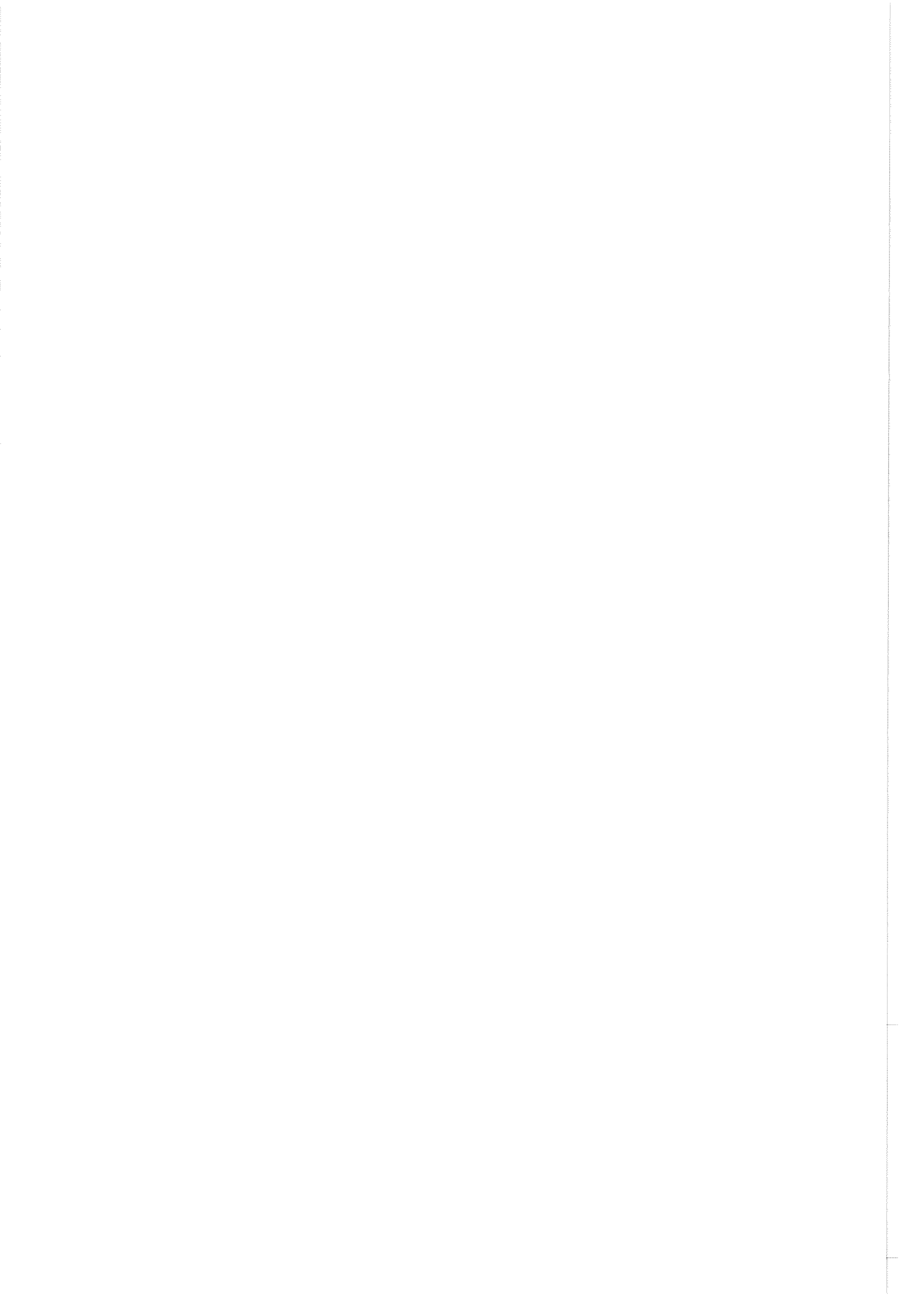
Fosså¹, J.H. , J.T. Nordeide¹, A.G.V. Salvanes², O. Smestad¹ og J. Giske²

¹ Senter for Marine Ressurser, Havforskningsinstituttet

² Institutt for fiskeri- og marinbiologi, Universitetet i Bergen

HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

April 1993



FORORD

På initiativ fra Havforskningsinstituttet (HI) begynte i 1984 planleggingen av et havbeiteprosjekt med torsk mellom Institutt for Marinbiologi, Universitetet i Bergen, og HI. Formålet skulle være å klarlegge de fysiske og biologiske forhold som bestemmer bæreevnen for torsk i en fjord, og å beskrive effekten av utsatt torsk. Prosjektet fikk støtte av NFFR og startet i 1985. I 1987 ble det også innledet samarbeid med Fiskeridirektoratets Ernæringsinstitutt (EI) som skulle foreta ernæringsfysiologiske undersøkelser på torsk. Etter å ha vurdert forskjellige problemstillinger i forbindelse med utsetting av torskeyngel, startet NFFR forskningsprogrammet "Torsk i fjord" i 1987. Programmet besto av utsettingsforsøk på Sørlandet, på Vestlandet (Masfjorden) og i Nord-Norge. NFFR besluttet å videreføre programmet i 1989. Dette året bevilget også NAVF penger til et tre-årig prosjekt for å modellere Masfjordens økosystem. Således har Masfjordundersøkelsen hatt to innfallsvinkler: en fiskeribiologisk (utsetting, vekst, overlevelse, fangst) og en systemøkologisk (bæreevne, drivkrefter, modellering). I 1990 opprettet Stortinget "Program for utvikling og stimulering av havbeite" (PUSH). Utsettingsforsøkene og de systemøkologiske undersøkelsene finansieres nå av PUSH. Oppfølgende undersøkelser i Masfjorden er tenkt å vare til og med 1995. Denne rapporten kommer således før prosjektet er slutført. Vi har allikevel funnet tiden moden til å oppsummere våre erfaringer fra utsettingene i Masfjorden så langt.

Nedenfor gis en liste over medarbeidere i Masfjord-prosjektet: Forskningsssjef *Øyvind Ulltang*, HI, hadde det faglige hovedansvar frem til juni 1988. Etter dette overtok forsker *Odd Smedstad*, HI, som hovedansvarlig. Professor *Ulf Lie*, UiB, har vært prosjektleder for de marinbiologiske undersøkelsene. Dr. scient. *Anne Gro Vea Salvanes* ledet de fiskeribiologiske undersøkelsene 1985-87 og forsker *Jarle Tryti Nordeide* overtok fra 1987. Dr. scient. *Jan Helge Fosså*, UiB/HI, har ledet de marinbiologiske undersøkelsene. Professor *Dag L. Aksnes* og dr. philos. *Jarl Giske*, Institutt for Fiskeri og Marinbiologi (IFM), UiB, har modellert det pelagiske systemet og koplet dette til torsken. Fra 1991 har *A.G.V. Salvanes* deltatt i dette arbeidet. Førsteamanuensis *Stein Kaartvedt*, Universitetet i Oslo, har deltatt i undersøkelsene av dyreplanktonet. Havforskerassistent *Asbjørn Borge*, HI, har fra 1988 arbeidet med de fiskeribiologiske undersøkelsene. Fiskeriassistent *Arne Storaker*, HI, har arbeidet med mageundersøkelsene. Professor II *Einar Lied*, EI, har ledet de ernæringsfysiologiske undersøkelsene. Ingeniør *Gerd Eikeland Berge* og *Anita Birkenes*, har opparbeidet de ernæringsfysiologiske prøvene. Følgende studenter har tatt hovedfagsoppgave innenfor prosjektet i Masfjorden: *Beatriz Maria Baliño*, *Stein Erik Fjeldstad*, *Monica Bente Martinussen* og *Anne Christine Wehn Utne*.

Vi vil til slutt takke alle på HI og IFM som på forskjellig vis har hjulpet til å gjennomføre prosjektet. En spesiell takk til *Ingar Sandnes*, Masfjorden, som har vært med på alle

innsamlingene i felten, kollegaene i Parisvannet som har produsert torskeyngelen, og til dr. philos. *Terje Svåsand* (HI) som har gitt verdifulle kommentarer på manuskriptet og ellers fulgt oss med gode råd gjennom hele prosjekttiden. Vi vil også takke *Elin Holm* (IFM) for tegning av de fleste figurene.

Bergen, mars 1993

INNHOLDSFORTEGNELSE

1. SAMMENDRAG.....	6
2. SUMMARY.....	7
3. INNLEDNING.....	8
4. OMRÅDEBESKRIVELSE.....	10
4.1 Beliggenhet	10
4.2 Hydrografi	11
4.3 Vegetasjon	11
5. METODER.....	13
5.1 Prøvetaking	13
5.1.1 Prøvefiske med garn	13
5.1.2 Kommersielt fiske og hobbyfiske	13
5.2 merking	13
5.3 Utsetting	14
5.4 Estimering av populasjonsparametre for torsk	15
5.5 Mageundersøkelser	15
5.6 Fangst av torskens byttedyr	16
5.7 Simuleringsmodeller	16
5.7.1 Økologisk modellering av Masfjorden	17
5.7.2 Utsettingsstrategi og forvaltning	17
6. RESULTATER OG DISKUSJON.....	18
6.1 Fiskefaunaen i masfjorden	18
6.2 Torsk	18
6.2.1 Utsetting og gjenfangst	19
6.2.2 Vandrings	22
6.2.3 Årsklassestyrke og andel pollproduisert torsk	23
6.2.4 Beskatning	25
6.2.5 Dødelighet	26
6.2.6 Tetthet	28
6.2.7 Vekst	29
6.3 Lyr og sypike	30
6.3.1 Tetthet	31
6.3.2 Vekst	31
6.4 Effekten av utsettingene på torskefisk	34
6.4.1 Vill torsk	34
6.4.2 Lyr	35
6.4.3 Sypike	35
6.5 Torskefiskenes føde	36
6.6 Torskens byttedyr	36
6.6.1 Produksjon av byttedyr	36
6.6.2 Langtidsutviklingen av byttedyrpopulasjonene	40
6.7 Modellberegninger av Masfjordens bæreevne	42
6.7.1 Modell for 0-gruppe torsk	42
6.7.2 Modell for 0, 1, 2 og 3+ gruppe torsk	43
6.8 Modell for utsettingsstrategi og forvaltning	48
6.8.1 Simuleringer	48
6.8.2 Konklusjoner	49
7. STYRENDE ØKOLOGISKE FAKTORER.....	51
8. UTSETTINGENES VIRKNING PÅ ØKOSYSTEMET.....	53
8.1 Effekten på vill torsk, sypike og lyr	53
8.2 Effekten på byttedyr	53
9. KAN PRODUKSJONEN AV TORSK I MASFJORDEN ØKES VED UTSETTING?.....	55
10. REFERANSER.....	58
11. PUBLIKASJONER FRA "TORSK I FJORD".....	62
12. PUBLIKASJONER FRA DET UTVIDEDE MASFJORDPROSJEKTET.....	64

1. SAMMENDRAG

Masfjorden i Hordaland ble i 1985 valgt som område for et bredt anlagt eksperiment med kulturbetinget fiske etter torsk. Formålet har vært; å undersøke om det er mulig å øke produksjonen av torsk i en fjord ved å sette ut pollprodusert torskeyngel; klarlegge de fysiske og biologiske forhold som er bestemmende for bæreevnen for torsk i en fjord; beskrive de biologiske effektene av utsettingene. En viktig strategi har derfor vært å undersøke fiskepopulasjonene og andre økologiske forhold både før og etter utsetting av torskeyngel.

I Masfjorden er de viktigste torskefiskene sei, sypike, lyr og torsk, hvorav torsk utgjør 5-15 % i antall og 45-50 % som vekt. Mellom 1986 og 1989 lå antall vill torsk i fjorden på ca. 38 000 - 112 000 (0-gruppe ikke medregnet). I biomasse utgjorde dette 27-30 tonn. Årsklassene 1984-1989 av vill torsk har som 1-gruppe variert med en faktor på 10. Torsken tar sin føde på grunt vann i fjorden i konkurranse med de andre torskefiskene. Både feltundersøkelsene og modellberegninger tyder på at bæreevnen for torsk i Masfjorden er 30-40 tonn. Det ser ut til å være en positiv sammenheng mellom mengden dyreplankton, torskeføde, vekst og rekruttering av vill torsk. Vi regner derfor med at bæreevnen varierer med mengden dyreplankton siden planktonet danner grunnlaget for produksjonen på de neste ledd i næringskjeden. Modellberegninger antyder at torskeproduksjonen er avhengig av vannutskiftingshastigheten mellom Masfjorden og Fensfjorden, siden denne vanntransporten bringer med seg dyreplankton fra kystvannet.

Det er foretatt 21 utsettinger i tiden 1985-1991, hvorav 4 var storutsettinger på 27 000 - 180 000 individer. For å vurdere effekten av utsettingene ble torskens og de andre torskefiskenes overlevelse, vekst, leverindeks og kondisjonsfaktor fulgt i utsettingsområdet og i et kontrollområde. Torskens fødevalg og populasjonsutviklingen til de viktigste byttedyrene ble også fulgt. I årene 1988, 1989 og 1990 ble henholdsvis 82 500, 61 000 og 28 000 torsk satt ut. På 1-gruppe stadiet førte utsettingene til at antall torsk var signifikant høyere i utsettingsområdet enn i kontrollområdet. Tetthetsavhengig dødelighet i utsettingsområdet førte til at ingen forskjell i antall kunne måles mellom områdene da torsken var på 2-gruppe stadiet. Disse tre utsettingene har altså ikke ført til øket torskeproduksjon. Tilgang på føde er trolig den viktigste tetthetsavhengige faktor for torskeproduksjonen i fjorden. Små effekter er registrert på vill torsk og andre arter som en følge av utsettingene.

Masfjorden ble valgt til dette eksperimentet fordi den er vel avgrenset og har en torskebestand på en størrelse som i utgangspunktet går an å manipulere. Av resultatene fra Masfjordprosjektet kan vi konkludere at et godt utsettingshabitat på Vestlandet (bedre enn Masfjorden) bør være et åpent system med god tilførsel av dyreplankton og ha mye gruntvannsarealer. Man bør veksle på lokalitetene slik at man ikke setter ut hvert år på samme sted. Fiskemønsteret bør bli anderledes enn nå, slik at fisk mindre enn ønsket størrelse ikke blir fisket.

2. SUMMARY

Masfjorden near Bergen, western Norway, was chosen as a site for an interdisciplinary research program on sea ranching of cod. The aims of the program were; to investigate the possibilities of enhancing the cod stock in the fjord by release of artificially reared juveniles; elucidate the physical and biological factors which determine the carrying capacity for cod in a fjord; describe biological effects after the releases. An important strategy has therefor been to study the fish populations and other parts of the ecosystem before and after the manipulation. In Masfjorden the most important codfishes are saithe, poor cod, pollack and cod, of which cod comprises 5-15 % in numbers and 45-50 % in biomass. During 1986-89 the number of wild cod in the fjord was about 38 000 - 112 000 individuals (0-group not included). In biomasse this equals 27-30 tonne. The strength of the year-classes 1984-1989 varied with a factor of 10 as 1 group. The cod feed in shallow waters in competition with the other cod fishes. Both results from the field and model simulations indicate that the carrying capacity for cod in Masfjorden is 30-40 tonnes. There is a positive correlation between the abundance of zooplankton, food organisms of the cod, growth and recruitment of cod. Model simulations indicate that production of cod depends on the velocity of exchange of water between Masfjorden and Fensfjorden, as this watertransport brings zooplankton from the coastal water. The carrying capacity seems to be positive correlated with the abundance of zooplankton. Twenty-one releases of juvenile cod have been performed during 1985-91, of which four have been large-scale, 27 000 - 180 000 individuals. To evaluate the effects of the releases we have monitored the survival, growth, liver index, condition factor in the release area and in an control area, for cod and the other cod-fishes. The stomach content of the cod and development of selected prey populations were also followed. Mass releases of 82 500, 61 000 and 28 000 individuals were performed in 1988, 1989 and 1990, respectively. The releases led to significant higher numbers in the release area than in the control area when the cod was at the early 1-group stage. When the cod reached the 2-group stage no difference in abundance between the two areas were found. We suppose that density dependent mechanisms resulted in higher mortality rates in the release area, and that shortage of food was the main factor. Thus, the three releases did not increase the production of cod in the fjord. Only minor effects were registered on wild cod and other fishes. Masfjorden was chosen for this program because it has an enclosed topography and a cod stock of a size that is possible to manipulate. From the results of the project we may conclude that a suitable habitat for cod enhancement in western Norway (better than Masfjorden) should be an open shallow-water system closely connected to the coastal water which is rich in zooplankton. One has to alternate between release areas, maybe each year, to avoid buildup of an older cod predator stock. Fishing effort should be changed from small cod < 2 years against older individuals > 3 years.

3. INNLEDNING

Er det mulig å styrke den lokale torskebestanden i et område ved å sette ut kunstig produsert torsk ?

Spørsmålet ble stilt av G.O. Sars i 1864 og temaet har siden vært omdiskutert (DAHL 1906; SOLEMDAL *et al.* 1984). Manglende metode for merking av utsatt fisk i tillegg til høy og fluktuerende dødelighet på larvestadiet var trolig hovedårsakene til at utsettingene ikke førte til målbar økning i kystbestanden av torsk. I 1983 kom gjennombruddet i masseproduksjon av torsk i poll (ØIESTAD *et al.* 1985). Fordelen med denne metoden er at store mengder torsk kan ales opp til ønsket størrelse i et miljø med få fiender. Dette fører til høyere overleving enn i naturen.

Forsøk med utsetting av pollprodusert torsk startet i Austevoll i 1983 (oppsummert i SVÅSAND 1991). Forsøkene var lovende med tanke på betydningen av utsetting for å styrke lokale bestander. Positive resultater i Austevoll ga grunnlaget for storskala utsettingsforsøk i Sønderledfjorden, Masfjorden og Balsfjorden.

"Torsk i fjord. Masfjorden" startet i 1985 som et tverrfaglig prosjekt sammensatt av fiskeri-biologer, marinbiologer og ernæringsbiologer. Prosjektet samarbeider også med genetikere. Formålet har vært å klarlegge de fysiske og biologiske forhold som er bestemmende for bæreevnen for torsk i en fjord, og å beskrive effekten av utsettingene. Effekten på økosystemet måles ved å følge bestanden av torsk og dens viktigste konkurrenter, predatorer og byttedyr. Det ble ansett som viktig å starte undersøkelsene av fjordøkosystemet før det ble foretatt storutsettinger, for å ha referanser til et ikke manipulert system. Denne forskningsstrategien i forbindelse med utsettinger er anbefalt av blant andre ULLTANG (1984), GJØSÆTER (1986) og PETERMAN (1991).

Masfjorden ble valgt til undersøkelsen fordi den representerer et vel avgrenset økosystem med en størrelse som passet den mengde yngel man ville få til rådighet til utsetting, og fordi den hadde et lokalt fiskeri. Masfjorden ble også valgt fordi Havforskningsinstituttet fra før av hadde foretatt en del hydrografiske og biologiske undersøkelser i fjorden, og fordi man kunne benytte infrastrukturen på HI's havbrukstasjon i Matre innerst i fjorden. Man antok at det i Hordaland fantes steder med mer torsk enn i Masfjorden, og at Masfjorden derfor ikke var det området som antakelig hadde det største potensialet for en øket produksjon. Masfjorden ble imidlertid antatt å være et passende sted å teste ut to av de underliggende hypotesene for at kulturbetinget fiske med torsk skal kunne bli vellykket:

1. bæreevnen er ikke utnyttet på grunn av underrekruttering av vill torsk, det vil si at det finnes ledige føderessurser til en øket produksjon.

2. ved å øke rekrutteringen kunstig kan man gi torsken en fordel fremfor konkurrentene og hjelpe den med å ta en større del av ressursene (plass, mat) som et resultat av diffus konkurranse.

Forundersøkelsen startet i 1985 og den første storutsettingen ble foretatt i 1988. Her rapporteres resultatene fra de fiskeribiologiske og marinbiologiske undersøkelsene frem til 1992.

4. OMRÅDEBESKRIVELSE

4.1 BELIGGENHET

Masfjorden ligger nord for Bergen ($60^{\circ} 50' N$, $05^{\circ} 25' E$) (Fig. 1). Fjorden er 20 km lang, 0.3 til 1.5 km bred, har et maksimumsdyp på 500 m og et terskeldyp på 75 m. Fjorden er omgitt av opptil 700 m høye fjell og den indre og midtre delen av fjorden har bratte strandsoner. Den ytre delen av fjorden og området utenfor (kontrollområdet) har vik, øyer og holmer, og har således relativt mer grunne arealer enn de midtre og indre delene av fjorden.

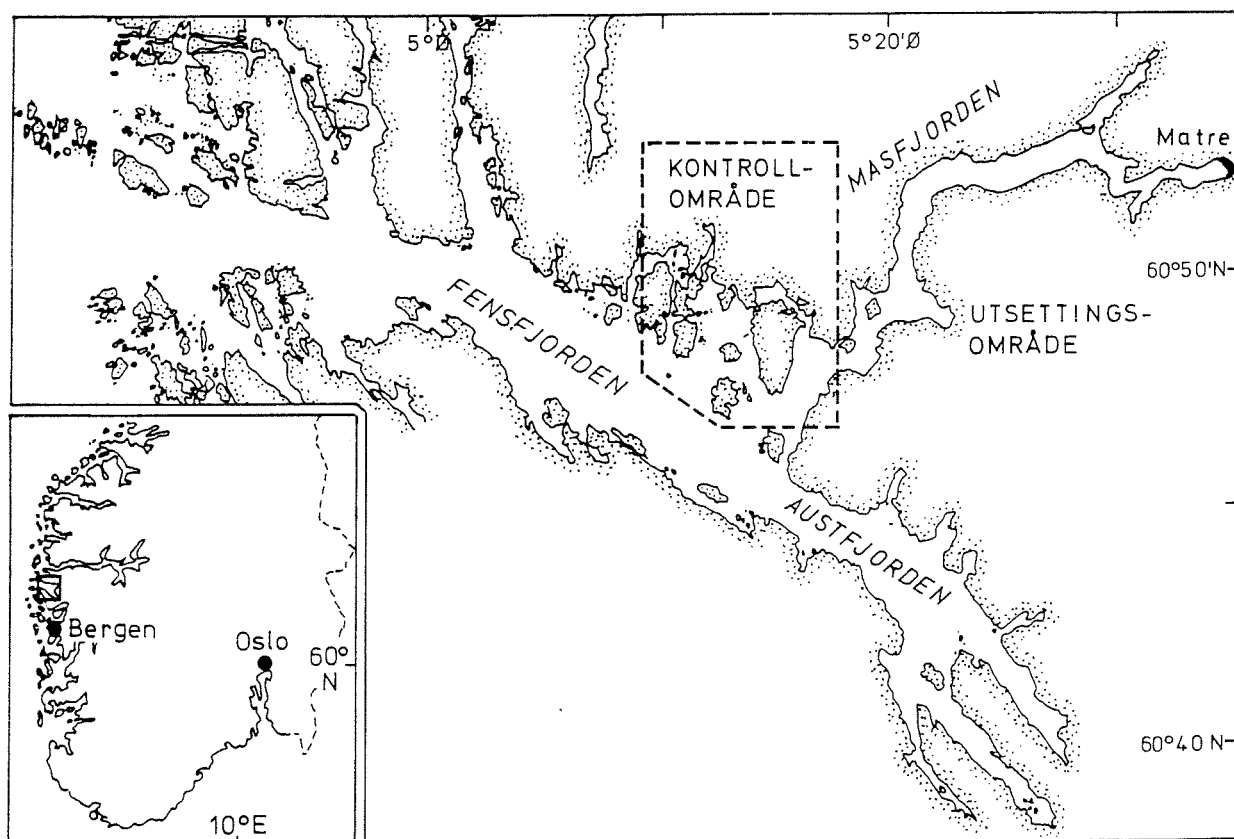


Fig. 1. Masfjorden og omliggende områder. Utsettingsområdet dekker Masfjorden fra terskelen og inn til Matre. Kontrollområdet går fra terskelen og ut mot Fensfjorden (stiplet område). (Masfjorden and the surrounding area. The release area covers Masfjorden from the sill and to the head of the fjord at Matre. The control area is encircled by a stippled line.)

4.2 HYDROGRAFI

Vannmassene i Masfjorden kan deles inn i: brakkvann (0-3 m), mellomlagsvann som ligger mellom brakkvannet og terskeldypet på 75 m, og dypvann som ligger under terskeldypet. Mellomlagsvannet kan deles inn i kystvann med saltinnhold under 34.5 S, og Norskerennevann med saltinnhold over 34.5 S. Forholdene i mellomlaget er dynamiske og endringer i kyststrømmen forplanter seg raskt via Fensfjorden inn til Masfjorden. Nedstrømming av vann på kysten forårsaket av sørlige vinder fører til innstrømming av kystvann i den øvre delen av mellomlaget i vestnorske fjorder og en utstrømming i den nedre delen. Denne situasjonen blir reversert når perioder med nordavind fører til oppstrømming av dypvann langs kysten. I perioder uten ned- eller oppstrømming blir lokale prosesser (vind, tidevann og ferskvannsavrenning) viktigere for sirkulasjonsmønsteret. Dypvannet i Masfjorden blir vanligvis ikke påvirket av prosessene i mellomlaget og det kan gå flere år mellom dypvannsutskiftingene i fjorden. Det laveste oksygen-innholdet i dypvannet i en periode mellom to utskiftinger ble målt til 4 ml/l. Typisk temperatur og saltinnhold i dypvannet er 7-8 °C og 35 S. Det som står ovenfor bygger på AKSNES *et al.* (1989).

Temperaturen på to stasjoner i fjorden og i kontrollområdet er vist i Fig. 2. Temperaturen begynner å stige i juni og har en klar topp om sommeren i ytre delen av utsettingsområdet. Innerst i utsettingsområdet er toppen lavere i 1 m og forsinket i 5 m i forhold til ytre fjord. Om vinteren er temperaturen på 5 m dyp høyere i indre enn i ytre fjord. Isoleringseffekt p.g.a. det "kunstige" ferskvannsutslippet fra kraftverket ved Matre kan forklare dette, og er tidligere påvist i Masfjorden (AURE 1978). Saltinnholdet på 1 m dyp er høyere i ytre enn i indre delen av utsettingsområdet, men allerede på 5 m dyp er saltinnholdet praktisk talt likt i hele fjorden (FOSSÅ *et al.* 1989). Saltinnholdet i overflaten innerst i fjorden varierer mye gjennom året og er trolig avhengig av ferskvannsutslipp fra kraftverket i Matre. Lenger ute i fjorden er vannet salttest om vinteren, men årsvariasjonene er små.

4.3 VEGETASJON

Vegetasjon i form av tang og tare er viktig for småtorsk som gjemme plass mot predatorer (KEATS *et al.* 1987) og torsken finner mye av maten sin her. Tang (hovedsakelig *Fucus serratus*), tare (*Laminaria* sp.) og kråkeboller (*Echinus esculentus* og *E. acutus*) er kartlagt i Masfjorden ved hjelp av videokamera og dykking (FJELDSTAD 1991). Resultatene viste at det er større areal med tette bestander av tare i kontrollområdet enn i utsettingsområdet. Innerst i fjorden forsvinner tareskogen helt. Kråkeboller ble registrert i store mengder med størst tetthet der det var minst tare. Et velutviklet tangbelte (*Fucus*-arter) finnes i hele fjorden, også innerst ved Matre, men tarebeltet (*Laminaria*-arter) går dypere i den ytre enn i den indre delen av fjorden. Lokale områder uten tang ble funnet i nærheten av elveutløp (FJELDSTAD 1991).

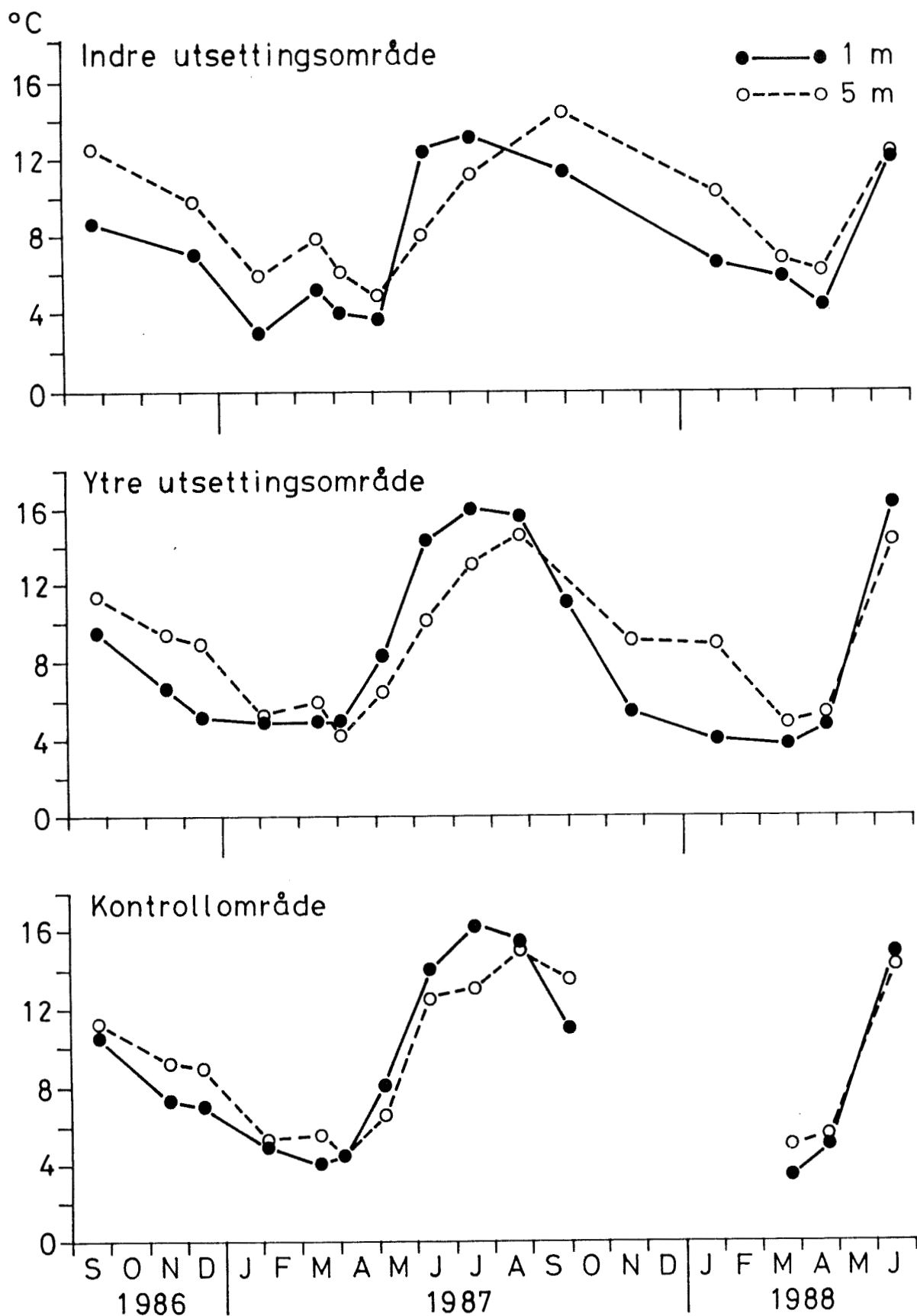


Fig. 2. Temperatur på 1 og 5 m dyp i indre og ytre delen av utsettingsområdet, og i kontrollområdet. (Temperature at 1 and 5 m depth in the inner and outer part of the release area, and in the control area.)

5. METODER

5.1 PRØVETAKING

5.1.1 PRØVEFISKE MED GARN

Det har ikke vært mulig å benytte samme fangstmetodikk på bunnfisk i Masfjorden som man vanligvis bruker i større havområder. Tråling og akustisk mengdemåling var vanskelig på grunn av fjordens topografi. Vi valgte derfor å fiske med garn. Tre ulike garn ble brukt: "ørretgarn" (32 omfar, 39 mm strekt maske), "sildegarn" (28 omfar, 45 mm strekt innermaske) og "makrellgarn" (17 omfar, 70 mm strekt innermaske). Silde- og makrellgarn er begge trollgarn med yttergarn (261 mm strekt maske). Det ble fisket nesten hver måned siden oktober 1985, hovedsaklig i dybdeintervallet 0-20 m, som er hovedutbredelsesområdet for torsk i Masfjorden. Grupper bestående av hvert av de tre garntypene ble satt ut tilfeldig både i utsettingsområdet og i kontrollområdet (Fig. 1).

Selektivitetskurve for torsk for hver garntype ble estimert (SALVANES 1991). Ved å bruke disse kurvene ble torskefangstene korrigerert for seleksjon og man fikk tilnærmede sanne lengdefordelinger som betraktes som representative for populasjonen. En alternativ måte å få representative prøver på, er å kombinere ulike typer av garn med kjent selektivitet for å få tilnærmet ikke-selektive garngrupper. Det ble vist at garngruppene som besto av de tre nevnte garntypene var tilnærmet ikke-selektive. Vi brukte derfor resultatene fra garngruppene til å beregne bestandsparametrene.

5.1.2 KOMMERSIELT FISKE OG HOBBYFISKE

Fangstdagbøker har vært ført av registrerte fiskere i Masfjorden. Informasjon om antall, lengde, vekt, redskap, tid, sted og dyp ble notert. Fiskerne har fått betaling for denne tjenesten. Det lokale fiskemottaket har ført landingsstatistikk. SALVANES (1986) gir en oversikt over hvordan fangstene fordeler seg på art for et av årene. Garn og ruser er de mest benyttede redskapene blant fiskerne i Masfjorden. Garn er hovedsakelig brukt under fisket i gytesesongen i januar-mars. Om sommeren og høsten (juli-desember) er torsk og lyr for det meste tatt som bifangst under ålefisket med ruser på 0-6 m dyp. Sportsfisket etter torsk er betydelig i Masfjorden. Fiskerne har også sendt oss informasjon om merket torsk.

5.2 MERKING

Ved Masfjordprosjektets start i 1985 fantes det ingen god metode for massemerking av torsk i størrelsesorden 100 000 individer. Vi la derfor vekt på å finne frem til egnede metoder.

Metodene som ble funnet brukbare er beskrevet nedenfor. Vi vil tilføye at frysemerking som er brukt med hell på blant annet laks, var ikke brukbart på torsk. Merket forsvant etter et par måneder.

Oxytetracyclin (OTC) ble brukt til massemerking av torsk ved storutsettingene. OTC ble tilført torskene gjennom fôret. OTC danner kompleks med kalsium og fester seg i benstrukturen til fisk som vokser. Merket fisk vil avgi et klart gult lys når for eksempel ryggbeinet blir belyst med ultrafiolett lys. Metoden er beskrevet i NORDEIDE *et al.* (1992).

Genetisk merket torsk alet frem av JØRSTAD *et al.* (1987) er også blitt brukt i Masfjorden. Torsk som er homozygot på et bestemt locus, PGI-1 * 30, ble krysset frem. Genetisk merket torsk kan skilles fra vill torsk fordi homozygot PGI-1 * 30 vill torsk er svært sjelden. Storutsettingen i 1990 og 1991 inneholdt henholdsvis 42 og 58 % genetisk merket torsk. Fordelene med OTC- og genetisk merking er lav arbeidsinnsats og små utgifter ved merking. Ulempen er først og fremst at prøvafiske er nødvendig og fisken må analyseres for å påvise eventuell merking. Prøvafiske er arbeidskrevende og dyrt. OTC er dessuten et antibiotikum og bør benyttes i minst mulig grad. For å prøve å unngå den sistnevnte ulempen ble det gjort forsøk med fargestoffet Alizarin fordi skadelige miljøeffekter av dette stoffet ikke er kjent. Alizarin er brukt til massemerking av fisk i Japan. Innledende forsøk med alizarin på torskeyngel har gitt lovende resultater. Storskala merking med alizarin ble prøvd våren 1992.

Utvendige Floymerker er lette å oppdage for fiskere. Høy pris gjør at Floymerker bare kan brukes på et begrenset antall fisk. Derfor ble relativt få individer i storutsettingene merket med Floymerker. Hovedhensikten var å kartlegge vandringsmønsteret til utsatt fisk.

5.3 UTSETTING

Oppdrettet yngel ble fraktet med brønnbåt fra produksjonspollen til Masfjorden. I 1985-1987 ble yngelen produsert i Hyltropolen i Austevoll og i 1988-1991 i Parisvannet i Øygarden. Båtturen tok 4-7 timer. På utsettingslokaliteten ble yngelen håvet opp fra brønnen og oppi en tellerenne med rennende vann. Etter at fisken var telt ble den sluppet ut gjennom et rør (diameter 15 cm, lengde 6 m) og ut i sjøen i overflaten (Fig. 3). For at den utsatte torken raskt skulle kunne søke skjul i vegetasjonen, ble brønnbåten manøvrert så nær land som mulig, og røret ble rettet inn mot land.



Fig. 3. Utsetting av torskeyngel fra brønnbåten "Max" i Masfjorden. Yngelen slippes ut gjennom røret på styrbord side når dette er senket ned til overflaten. (*Release of juvenile cod from "Max" in Masfjorden. The cod is let out through the tube on starboard side as the tube is lowered to the surface.*)

5.4 ESTIMERING AV POPULASJONSPARAMETRE FOR TORSK

Tidsserien med data for torskebestanden i Masfjorden er for kort til å gi gode estimater ved bruk av tradisjonelle metoder som for eksempel VPA (Virtual Population Analysis). Vi har brukt en kombinasjon av andre metoder for årene 1986-89: Fangst pr. enhet innsats fra prøvofisket er kombinert med merke-gjenfangst data, samt data fra fangstdagbøker. Metoden bygger på to hovedantagelser: at garngrupper fanger I-gruppe og eldre torsk tilnærmet uselektivt; og at garngruppene fanger en konstant andel av hver aldersgruppe hvert år (catchabilitykoeffisienten er konstant). Detaljer i SALVANES og ULLTANG (1992).

5.5 MAGEUNDERSØKELSER

Mager fra torsk, lyr, sei og sypike fra prøvofisket ble konservert i 6% nøytralisert formalin eller frosset. Byttedyrene i hver mage ble identifisert til lavest mulig taxon, og fordelt på størrelsesgrupper innen dette. For hver størrelsesgruppe ble vekt og antall registrert. Våtvekten ble målt etter først å ha tørket vekk overflødig væske med trekkpapir.

5.6 FANGST AV TORSKENS BYTTEDYR

Småfisk i algesonen er viktig føde for torsk i Masfjorden. Tradisjonelt er det strandnot som er blitt brukt til å samle strandfisk i algebeltene i Norge. Ulempene med denne metoden er at noten ofte henger fast i bunnen, man må ha et sted som ikke er sleipt og bratt å stå på når man trekker noten inn, og det er vanskelig å beregne hvor stort areal eller vannvolum som er samlet. Det viste seg at store deler av Masfjorden var så bratt at den ikke kunne undersøkes med strandnot. Vi utviklet derfor en fallnot for å kvantifisere småfisk i algesonen (FOSSÅ 1989). I prinsippet er det en not, 4x4 m, opphengt på en flytende ramme. En prøve tas ved å frigjøre noten. En tung kjetting som er festet til notens grunn trekker noten til bunnen. På denne måten blir en kjent vannmasse og bunnareal omsluttet av noten.

Med fallnoten er det mulig å ta prøver i algebeltene langs hele fjorden. De rutinemessige innsamlingene ble allikevel foretatt med strandnot da denne er lettere å håndtere. Resultatene fra fallnoten ble brukt til å kalibrere fangstene i strandnoten.

5.7 SIMULERINGSMODELLER

Simuleringsmodeller er matematiske etterligninger av de viktigste prosessene i det systemet som skal undersøkes, og representerer et supplement til felt- og laboratorieundersøkelser. I laboratoriet studeres et fåtall prosesser nøye, og all annen variasjon ønskes eliminert. I feltundersøkelser måles mengder av de viktigste komponentene i et system, men det er uråd å dekke tid og rom med målinger. Komplekse økosystem kan derfor ikke beskrives fullgodt hverken gjennom feltarbeid eller laboratorieundersøkelser, og matematiske modeller blir et nyttig supplement. Dersom ligningene i modellen beskriver de viktigste prosessene på en god måte, kan en slik modell brukes til å undersøke effekten av endringer av deler av systemet på resten av systemet. Dette kan sette oss i stand til å studere endringer som ikke har funnet sted, noe som ofte er mye billigere og raskere enn en storskala feltundersøkelse. Eksempelvis kan en økosystemmodell belyse effekten av endrede strømforhold i fjorden på produksjonen av torsken og dens byttedyr, mens simulering av alternative utsettingsmetoder kan belyse virkningen av forskjellige utsettingsregimer på overlevelse og vekst av den utsatte fisken. Men verdien av en modell er sterkt avhengig av hvor godt den kan etterligne virkeligheten.

I tillegg til å belyse scenarier, er slike modeller nødvendige for å kunne lage sensitivitetsanalyser. Disse viser systemets følsomhet for endringer, og indikerer samtidig forskerens og forvaltningens behov for presisjon i målinger. Jo mer følsomt systemet er for endringer i tallverdien til en komponent, desto større ressurser bør legges inn på å måle denne variabelen. Tilsvarende kan følsomhetsanalyser si om kjente eller antatte endringer vil få betydning for systemet.

5.7.1 ØKOLOGISK MODELLERING AV MASFJORDEN

Den økologiske simuleringsmodellen er programmert i FORTRAN-77. Modellen blir kjørt på en UNIX arbeidsstasjon. Tilstandsvariablene i modellen er planteplankton, dyreplankton, kutlinger, leppefisk, benthos og forskjellige årsklasser av torskefisk. Startverdiene for tilstandsvariablene er tatt fra Masfjorden, unntatt for benthos som er tatt fra litteraturen. Parameterverdier for torskens fødeinntak bygger på eksperimentelle vekststudier gjort i forbindelse med Masfjordprosjektet. For andre arter ble litteraturverdier brukt. Modellen er utviklet i to steg. Den første versjonen har med prosessene fra planteplankton til 0-gruppe torsk (GISKE *et al.* 1991), mens en utvidet modell inkluderer flere aldersgrupper av torsk, samt deres hovedbyttedyr (SALVANES *et al.* 1992).

5.7.2 UTSETTINGSSTRATEGI OG FORVALTNING

Som modelleringsverktøy til å analysere utsettingsstrategi og forvaltning av torsk, har vi brukt et program for dynamisk modellering, STELLA[®] II v. 1.0 for Macintosh (FOSSÅ og NORDEIDE 1991). Parameterverdiene som er brukt i modellen er tatt fra resultatene fra utsettinger i Masfjorden og i Heimarkspollen i Austevoll. Utsettingene i Austevoll ble foretatt av Havforskningsinstituttet.

6. RESULTATER OG DISKUSJON

6.1 FISKEFAUNAEN I MASFJORDEN

Totalt er det registrert 71 arter (SALVANES *et al.* 1991). Elleve arter dominerte i antall; tre arter fra kutlingfamilien, fire arter fra torskfamilien og fire arter fra leppefiskfamilien (Tabell 1). Av disse er det torsk, lyr og sei som har kommersiell interesse, med torsk som den mest verdifulle.

Tabell 1. Dominerende fiskeslag i Masfjorden før storskala utsettinger av torsk. Artene er fanget med strandnot og med garn fra oktober 1985 og til september 1987. (*Dominating species of fish in Masfjorden before release of young cod. The catches were obtained by beach seine and gillnets between October 1985 and September 1987.*)

A. Strandnot 0-5 m dyp	Antall i %
Kutlingfamilien	
Tangkutling (<i>Gobiusculus flavescens</i>)	79.1
Bergkutling (<i>Pomatoschistus pictus</i>)	8.8
Sandkutling (<i>Pomatoschistus minutus</i>)	7.8
B. Garn 5-20 m dyp	
Torskfamilien	
Sei (<i>Pollachius virens</i>)	16.7
Sypike (<i>Trisopterus minutus</i>)	16.1
Lyr (<i>Pollachius pollachius</i>)	9.4
Torsk (<i>Gadus morhua</i>)	5.4
Leppefiskfamilien	
Blåstål/Rødnebb (<i>Labrus bimaculatus</i>)	12.9
Grasgylt (<i>Centrolabrus exoletus</i>)	11.3
Berggylt (<i>Labrus bergylta</i>)	9.7
Bergnebb (<i>Ctenolabrus rupestris</i>)	6.6

6.2 TORSK

Generelle relasjoner mellom ulike parametre i en fiskebestand er vist i Fig. 4. En bestand minsker i antall ved naturlig dødelighet, fiskedødelighet, og emigrasjon. Økning i biomasse skjer ved rekruttering, individvekst, og immigrasjon. Et av hovedmålene med undersøkelsene var å kvantifisere bestandsstørrelse, aldersammensetning, rekruttering, vekst og dødelighet for torsk og andre arter både før og etter storskala utsettinger av torsk.

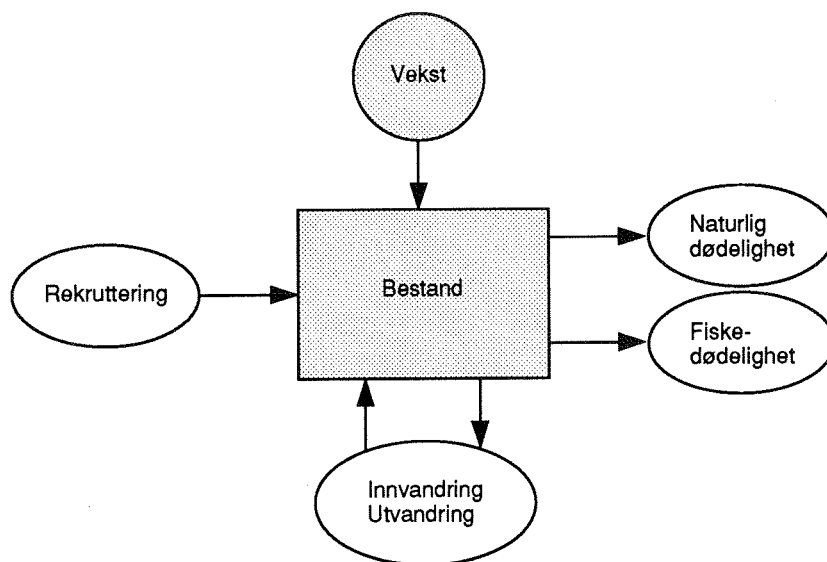


Fig. 4. Prinsippskisse av dynamikken i en fiskebestand som utnyttes. Modifisert etter RICKER (1975). (*The dynamics of an exploited fish stock. Modified after Ricker (1975).*)

6.2.1 UTSETTING OG GJENFANGST

Ni grupper pollproduisert torsk (2 800-9 200 individer) er blitt Floymerket og satt ut i tiden 1985-1991 (Tabell 2). Storutsettinger (27 000-178 000 individer) ble foretatt i 1988 og de tre påfølgende år. I tillegg er vill torsk fanget, merket og satt ut i syv grupper. Gjenfangstprosenten varierer fra 1.4 til 10.7 for utsettingsgruppene av pollproduisert torsk (Fig. 5). Gjenfangst som vekt pr. utsatt individ varierer mellom 10 og 60 g (Tabell 3). Gjenfangst målt som kg pr. utsatt kg ligger mellom 0.23 og 0.96. Av disse utsettingene har vi altså fått mindre biomasse tilbake enn det vi satte ut. Fiskemønsteret i fjorden med hobbyfiske som tar mye småfisk er nok en av årsakene til at det blir så små gjenfangster målt som biomasse. Variasjon i størrelse ved utsetting og vekst i perioden etter utsetting forklarer trolig en god del av variasjonen i gjenfangstprosent mellom gruppene.

Gjenfangst som funksjon av torskens størrelse ved utsetting

Utsettingsgruppene P87, P88V og P89V, hadde størst gjennomsnittslengde ved utsetting (20.1-25.3 cm) (Tabell 2) og har markert høyere gjenfangst enn andre grupper, henholdsvis 10.2, 10.7 og 9.5 % (Fig. 5). Gruppene P86, P88H og P89H, ble satt ut om høsten og var små ved utsetting (17.6-20.4 cm) og har lave gjenfangstprosent, henholdsvis 3.7, 3.4 og 1.4. Individer fra 1988 og 1989-årsklassene ble satt ut både om høsten som 0-gruppe (P88H og P89H) og om våren som 1-gruppe (P88V og P89V). Gjennomsnittslengden for torsk satt ut om våren var ca. 5 cm større enn for de som ble satt ut om høsten, mens gjenfangstprosenten var mer enn tre ganger større for vår-utsettingene. Gjennomsnittslengde ved utsetting var mye

Tabell 2. Pollproduisert og vill torsk satt ut i utsettingsområdet i Masfjorden (U), i kontrollområdet (K) og i Austfjorden (Au). OTC = oxytetracyclin. (Reared and wild cod released in the release area in Masfjorden (U), in the control area (K) and in Austfjorden (Au). OTC = oxytetracyclin.)

Navn	Måned og år	Lokalitet	Antall satt ut	Gj. snitts lengde (cm)	Merkemetode
Poll-produisert					
P85	Nov 1985	U, K	3 331	18.1	Floy
P86	Des 1986	U, K	2 779	17.6	Floy
P87	Nov 1987	U	7 026	20.1	Floy, OTC
P88S	Aug 1988	U	82 500	11.6	OTC
P88H	Sep-Nov 88	U, K	8 815	18.5-20.4	Floy, OTC
P88V	Apr 1989	U	1 944	25.3	Floy
P89S	Sep 1989	U	61 300	15.6	OTC
P89H	Nov 1989	U	9 188	19.8	Floy, OTC
P89V	Apr 1990	U	4 950	23.9	Floy
P90S	Okt 1990	U	26 760	17.1	OTC, Genetisk
P90H	Nov 1990	U	4 109	22.1	Floy, OTC, Genetisk
P91S	Aug 1991	K	178 000	9.4	OTC
P91H	Okt 1991	K	6 598	20.1	Floy, OTC, Genetisk
Vill					
V873	Mar 1987	Au	87	67.8	Floy
V874	Mar 1987	K	60	41.5	Floy
V87	Mar 1987	U	103	50.0	Floy
V87S	Apr-Okt 87	U	186	40.1	Floy
V88	Feb 1988	U	155	65.4	Floy
V883	Feb 1988	Au	278	56.1	Floy
V90	Aug 1990	U	903	43.2	Floy
V91	Sep 1991	U	428	46.2	Floy

Tabell 3. Gjenfangst for hver utsettingsgruppe når alle gjenfangstene er inkludert og når bare fisk større enn minstemålet (> 34 cm) er tatt med. Gjenfangster rapportert til og med 31. desember 1991 er tatt med. P88H = pollproduisert høsten 1988, V = vår. (Recatch for each release group when all individuals are included and when only fish above legal size (> 34 cm) are included. Catches until 31 December 1991 are included. P88H = pond-produced in the autumn 1988, V = spring.).

Utsetting	Utsetting		Gjenfangst			
	Antall	Biomasse (kg)	Biomasse alle (kg)	Biomasse ind. > 34 cm	Utbytte i g pr. utsatt individ	Utbytte i g pr. kg utsatt
P85	3 331	178	134	116	40	750
P86	2 779	140	68	63	20	490
P87	7 219	351	337	250	50	960
P88H	8 248	451	102	67	10	230
P88V	1 944	297	116	89	60	390

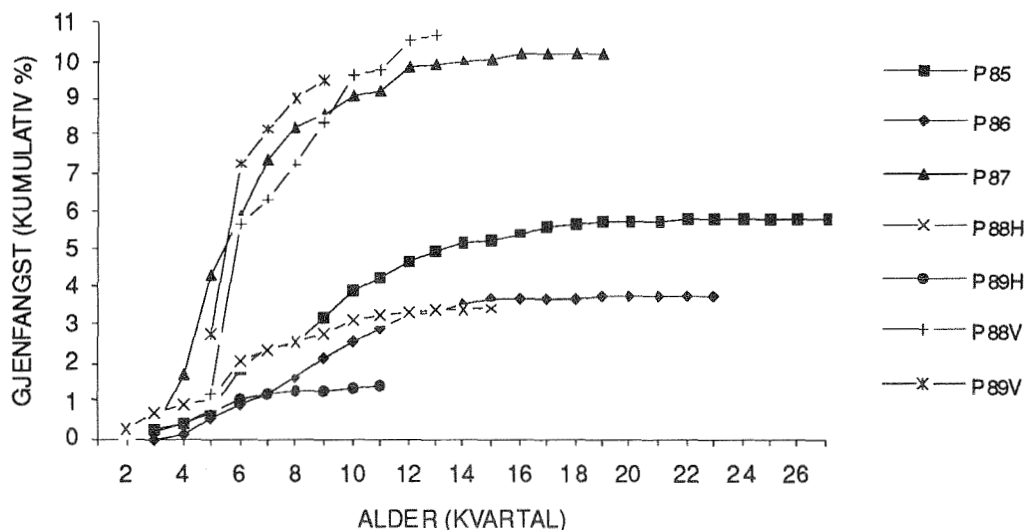


Fig. 5. Gjenfangst av Floymerket pollproduert torsk. (P88H) pollproduert og utsatt høsten 1988, (V) vår. (Recapture of Floy-tagged reared cod. (P88H) poll-produced and released in autumn 1988, (V) spring.)

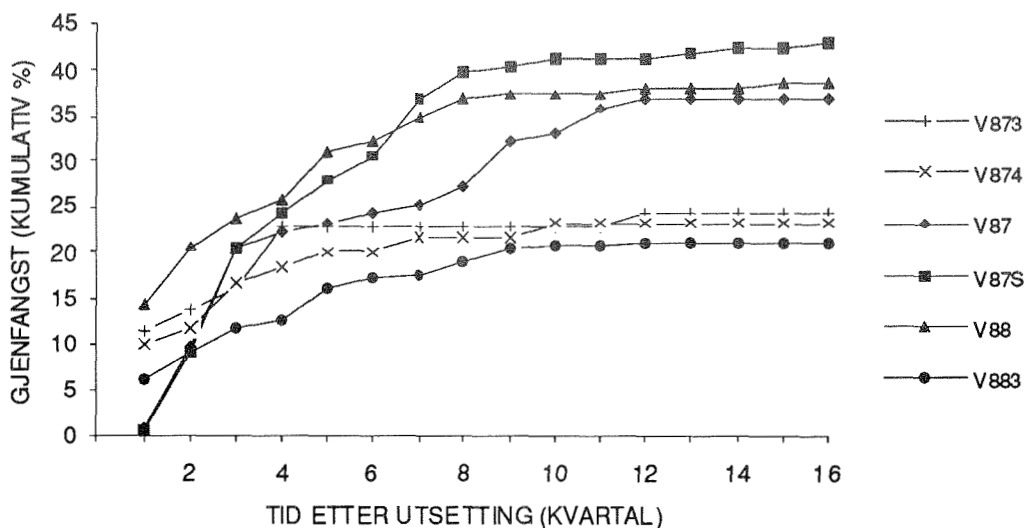


Fig. 6. Gjenfangst av Floymerket vill torsk i Masfjorden. (Recapture of Floy-tagged wild cod in Masfjorden.)

større for vill torsk (41.5-67.8 cm) enn for pollproduert torsk (17.6-25.3 cm) (Tabell 2). Gjenfangstprosenten var høyere for vill torsk (21-43 %) enn for pollproduert torsk (1.4-10.7 %) (Fig. 6). Disse resultatene tyder på at størrelsen ved utsetting er viktig for overlevelse og gjenfangst av torsk og går i samme retning som resultatene fra SVÅSAND og KRISTIANSSEN (1990a). Fig. 6 viser også at gjenfangsten i Masfjorden (de tre øverste kurvene) er høyere enn i kontrollområdet (de tre nederste kurvene). Forklaringen på dette kan være en høyere overlevelse i Masfjorden, en høyere rapporteringsfrekvens og en høyere fiskeintensitet. Det er

vanskelig med våre opplysninger å bestemme hvilke av disse faktorene som eventuelt betyr mest.

Fødetilbudets betydning for resultatet av utsettingene

Av de gruppene som ble satt ut om høsten og dermed hadde noenlunde lik gjennomsnittstørrelse ved utsetting, skiller utsettingen i november 1987 (P87) seg ut med relativ høy gjenfangstprosent (Fig. 5). Perioden fra våren 1987 og halvannet år fremover markerer seg med godt mattilbud og rask vekst for torsk. Høst-utsettingene 1986 (P86), 1988 (P88H) og 1989 (P89H) ble derimot satt ut i perioder med dårlig mattilbud og lav vekst. Gjenfangsten var liten for gruppene som ble satt ut i perioder med dårlig vekst. Dette viser betydningen av tidspunktet for utsetting og vekstforholdene i fjorden for gjenfangstprosent av utsatt torsk. Størrelse ved utsetting og tetthet av torsk påvirket overlevelse av utsatt torsk også i Austevoll (SVÅSAND og KRISTIANSEN 1990a). De fleste gjenfangstene ble tatt innen 2 år etter utsetting (Fig. 5 og 6). Torsk yngre enn 2 år har verdi for hobbyfiskere, men i liten grad for et kommersielt fiske.

6.2.2 VANDRING

Gjenfangster fra hobbyfiskere og lokale yrkesfiskere viser at 89-97 % av gjenfangstene av de fire Floymerkede gruppene satt ut i Masfjorden i 1988 og 1989 ble gjenfanget inne i Masfjorden (Tabell 4). Tilsvarende gjenfangster for Floymerket pollprodusert torsk satt ut i Masfjorden i 1985, 1986 og 1987, var 93.2, 94.5 og 87.0 % (SALVANES og ULLTANG 1992). Det er en svak tendens til at gjenfangster utenfor Masfjorden øker når fisken blir eldre. Dette gjelder for alle utsettingene (Tabell 4). I prøvefisket ble 63, 16, 26 og 39 individer gjenfanget fra de fire gruppene satt ut i 1988 og 1989. Av disse ble henholdsvis 1, 1, 0 og 1 gjenfanget i kontrollområdet. To individer fra storutsettingene, P88S og P89S, ble gjenfanget i kontrollområdet. Dette tyder på at de fleste pollproduserte torskene blir værende i Masfjorden. Lav gjenfangst av kjønnsmodne torsk gjør at vi ikke kan dra sikre konklusjoner om i hvor stor grad de vandrer ut av Masfjorden etter kjønnsmodning. Kjønnsmoden vill torsk fanget i gytetiden på gytetfeltene i Masfjorden og nærliggende fjorder, vandret mer enn både pollprodusert torsk og vill torsk utenfor gyteperioden (NORDEIDE og SALVANES 1988). Disse vandrende individene består trolig av torsk fra ytre fjord- og kystområder, som trekker inn i fjordene for å gyte og vandrer tilbake etter gyting.

Ingen tydelige forskjeller er funnet i vandringsmønsteret til pollprodusert og vill torsk i Austevoll (SVÅSAND 1990; SVÅSAND og KRISTIANSEN 1990b). De fleste studier konkluderer med at juvenil kysttorsk er stasjonær (DAHL 1906; LØVERSEN 1946; SVÅSAND 1990; SVÅSAND og KRISTIANSEN 1990b). Kjønnsmoden kysttorsk kan foreta lengre vandringer

Tabell 4. Floymerket pollprodusert torsk gjenfanget i utsettingsområdet (U), i kontrollområdet (K) og i andre områder (A). Gjenfangster fra hobby- og yrkesfiskere til og med 1. mai 1992 er inkludert. P88H = pollprodusert i 1988 om høsten, V = vår. Utsettingsdata i Tabell 2. (Recaptured poll produced cod with Floy marks from the release area (U), the control area (K) and other sites (A). Recaptured cod from recreational and professional fishermen are included until 1 May 1992. P88H = poll produced 1988 autumn, V = spring. Data from the releases are found in Table 2.)

År og kvartal	Utsettings grupper og lokaliteter											
	P88H			P88V			P89H			P89V		
	U	K	A	U	K	A	U	K	A	U	K	A
1988 3	4	0	0									
1988 4	16	0	0									
1989 1	4	0	0									
1989 2	15	0	0	15	2	0						
1989 3	77	0	0	71	1	3						
1989 4	22	1	0	16	0	1	5	0	0			
1990 1	17	0	2	10	1	3	7	0	0	2	0	0
1990 2	20	0	0	21	0	0	22	0	0	112	0	0
1990 3	25	0	1	23	0	0	37	1	0	203	3	1
1990 4	11	0	1	3	0	0	5	1	0	39	0	0
1991 1	2	1	4	9	0	6	6	1	0	34	5	0
1991 2	2	0	1	0	1	1	2	1	0	24	0	0
1991 3	1	0	0	2	1	1	7	1	0	33	3	1
1991 4	4	0	0	1	0	0	4	0	0	18	0	0
Tot. antall	220	2	8	171	6	15	95	5	0	465	11	2
Tot. %	95.6	0.9	3.5	89.1	3.1	7.8	95.0	5.0	0	97.3	2.3	0.4

(HYLEN 1964; JAKOBSEN 1987), men kan også være stasjonær (SVÅSAND og KRISTIANSEN 1990b).

6.2.3 ÅRSKLASSESTYRKE OG ANDEL POLLPRODUSERT TORSK

Torsken kom inn i prøvefisket i januar som ett-åring. Målt som ettåringer var årsklassene fra 1984 og 1987 (ca. 100 000 individer) omtrent 10 ganger sterkere enn årsklassene fra 1985 og 1986 (Tabell 5-7). Årsklassen fra 1988 var ca. tre ganger sterkere enn de svakeste. I august 1988 ble denne årsklassen estimert til > 180 000. Dette antyder stor dødelighet av 0-gruppen dette året.

Årsklassene fra 1989 og 1990 er ikke kvantifisert slik som de foregående år. Fangst pr. innsats viser likevel at som 1-gruppe var 1989 og 1990-årsklassene omtrent på nivå med 1988-årsklassen (Fig. 7). Pollprodusert torsk utgjorde 42, 89 og > 50 % av henholdsvis 1988, 1989 og 1990-årsklassene.

Tabell 5. Estimert antall rekrutterte aldersgrupper av torsk for perioden 1984-1989. a = alder, - = estimat ikke tilgjengelig. (Estimated number of cod 1984-1989. a = age, - = estimate not available.)

a	1984	1985	1986	1987	1988	1989
1	21 112	101 336	9 841	13 016	100 952	29 524
2	-	9 392	45 080	5 397	6 032	35 239
3+	-	-	6 666	20 000	4 761	4 444
Total	-	-	61 587	38 413	111 745	69 207

Tabell 6. Estimert biomasse i tonn av rekrutterte aldersgrupper av torsk i 1984-1989. a = alder, - = estimat ikke tilgjengelig. (Estimated biomass (tonne) of cod 1984-1989. a = age, - = estimate not available.)

a	1984	1985	1986	1987	1988	1989
1	4.28	20.52	1.99	2.64	20.44	5.97
2	-	4.37	20.96	2.51	2.80	16.39
3+	-	-	7.27	21.79	5.19	4.84
Total	-	-	30.22	26.94	28.43	27.74

Tabell 7. Mengden vill og pollproduisert torsk i 1983-1989 i utsettingsområdet. Tallene er estimert det året torskene er ett år gamle. Data om årsklassestyrke er tatt fra SALVANES og ULLTANG (1992). (Year-class strength of wild and reared cod of the year-classes 1983-1989 in the release area. The year-class strengths are estimated as 1-group.)

Årsklasse	Antall	Pollproduiserte torsk som % av totalt antall
1983	21 100	0
1984	101 000	0
1985	9 800	< 1
1986	13 000	< 1
1987	101 000	2
1988	29 500	45

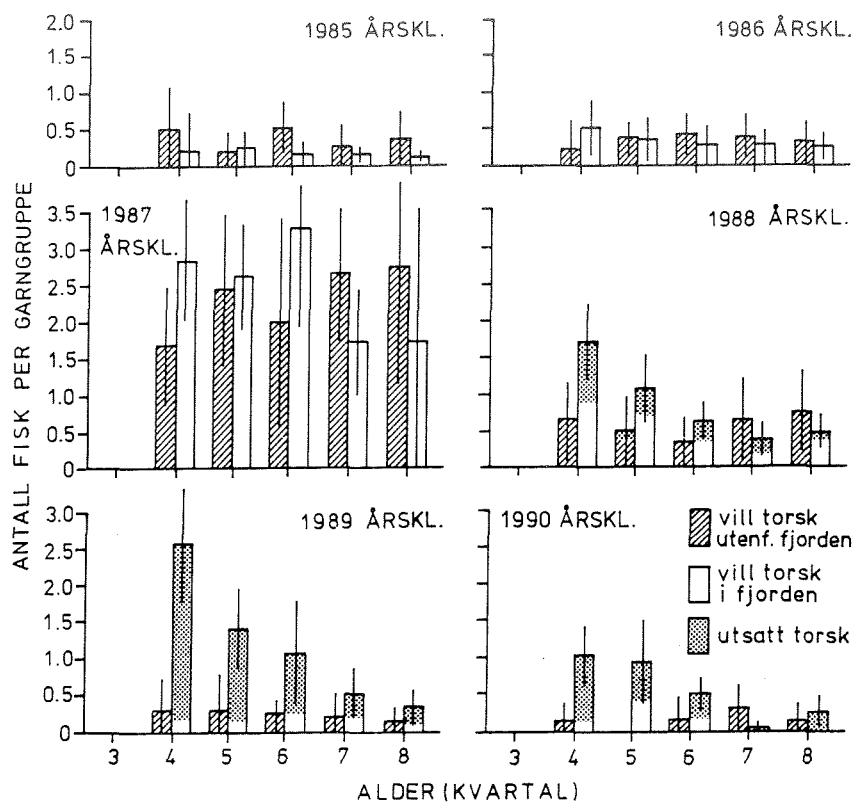


Fig. 7. Gjennomsnittlig fangst pr. tre garn av ulike årsklasser av torsk. Skravert felt er vill torsk i kontrollområdet, hvitt felt er vill torsk i utsettingsområdet, mens prikket felt viser fangst av utsatt torsk. Intervallene som viser ± 2 S.E. er beregnet etter at vill og utsatt torsk er slått sammen. (Mean catches of year-classes of cod per three nets. Shaded bars show wild cod in control area, blank bars show wild cod in release area and dotted bars show reared from release area. Intervals showing ± 2 S.E. are calculated after pooling of wild and reared cod.)

Det er enten 1- eller 2-gruppen som dominerer i antall og vekt, bortsett fra i 1987 da det var 3+ gruppen som var størst (Tabell 6). Den totale biomassen var noenlunde lik alle årene (27-30 tonn), men det trengs en lengre dataserie for å kunne si at bestanden er stabil. Vi ser av Tabell 5 og 6 at hverken antall eller biomasse av 1-gruppe torsk er av samme størrelsesorden i 1989 som de rike årsklassene fra 1984 og 1987 ved samme alder selv om et stort antall 0-gruppe ble satt ut året før. Mulige årsaker til dette diskuteres nedenfor.

6.2.4 BESKATNING

Fangstene av torsk i Masfjorden var store i 1988 og 1989 (Tabell 8). Det var den sterke 1987-årsklassen som dominerte fangstene.

Tabell 8. Estimert fangst av torsk i antall (N x 1000) og vekt (B tonn) for hver aldersgruppe hvert år. (Estimated catches of cod. Numbers (N x 1000) and weight (B tonne) for the different year-classes).

Årsklasse	1986		1987		1988		1989	
	N	B	N	B	N	B	N	B
1	0.09	0.02	0.24	0.05	5.65	1.14	2.59	0.53
2	2.36	1.10	0.25	0.12	0.54	0.25	11.93	5.55
3	0.37	0.31	0.77	0.64	0.81	0.67	0.64	0.53
4+	2.67	4.14	1.60	2.48	1.97	3.06	1.91	2.98
Total	5.49	5.58	2.86	3.29	8.97	5.12	17.07	9.59

6.2.5 DØDELIGHET

Total dødelighet pr. år er estimert for torsk i Masfjorden (Tabell 9) og er i samsvar med liknende estimater for torsk i Austevoll (SVÅSAND og KRISTANSEN 1990a). Fiskedødeligheten (F) derimot, synes å være langt lavere i Masfjorden enn i Austevoll. I Masfjorden er $F_{2/3}$ estimert til 0.08-0.17 pr. år for perioden 1986-1989 (Tabell 10), mens estimatene for $F_{2/3}$ i Austevoll er mellom 0.40-0.76 (SVÅSAND og KRISTIANSEN 1990a).

Tabell 9. Estimert årlig øyeblikkelig total dødelighet for aldersgruppe a/a+1 fra midten av år t til midten av år t+1. (Estimated yearly instantaneous total mortality for age group a/a+1 from the middle of year t until the middle of year t+1.)

t/t+1 a/a+1	1986/1987	1987/1988	1988/1989	Mean
1/2	0.60	0.77	1.05	0.81
2/3	0.97	1.04	1.56	1.19
3+/4+	0.85	1.95	0.41	1.07

Tabell 10. Estimert øyeblikkelig fiskedødelighet pr. år for aldersgruppe a/a+1 fra midten av år t til midten av år t+1. (*Estimated instantaneous fishing mortality for age group a/a+1 from the middle of year t until the middle of year t+1.*)

t/t+1 a/a+1	1986/1987	1987/1988	1988/1989	Mean
1/2	0.05	0.04	0.11	0.07
2/3	0.08	0.20	0.17	0.15
3+/4+	0.43	0.26	-	0.35

Differansen mellom total dødelighet og fiskedødelighet i Tabell 9 og 10 tyder på at den naturlige dødeligheten er høy for alle aldersgruppene. Selv for eldre fisk er den naturlige dødeligheten høyere enn rapportert andre steder. Forklaringen på dette kan være at det er en underestimert av hobbyfisket og at en god del fisk blir utilgjengelig for fiske for eksempel ved habitatskifte.

Utsatt torsk blir trolig predatert i større grad de første dagene og ukene etter utsetting enn senere (NORDEIDE og SALVANES 1991). Dette kan skyldes stress ved transport og utsetting, nye og uvante omgivelser, for stor tetthet etter utsetting, eller ulikt seleksjonspress i produksjonspoll og fjord. Pollprodusert torsk var mer forsiktig i forhold til en predator enn vill torsk i et laboratorieforsøk, uten at dette nødvendigvis forklarer større dødelighet av pollprodusert torsk like etter utsetting (NORDEIDE og SVÅSAND 1990). Forholdet mellom vill og utsatt torsk av 1988-årsklassen avtok ikke signifikant fra de var 4 til 9 kvartal gamle (NORDEIDE *et al.* 1992). Dette tyder på at dødelighet til vill og utsatt torsk ikke var forskjellig fra og med et halvt år etter utsetting. Disse resultatene kan tyde på at nylig utsatt pollprodusert torsk trenger noen dager eller uker for å tilpasse seg de nye og uvante omgivelsene i fjorden.

Antall torsk fanget pr. tre garn var omtrent lik i utsettingsområdet og kontrollområdet for 1985, 1986 og 1987-årsklassene (Fig. 7). Torsk fra storutsettingene i 1988, 1989 og 1990 førte til økt fangst av sine respektive årsklasser, slik at gjennomsnittlig fangst var signifikant større i utsettingsområdet enn i kontrollområdet. For 1988-årsklassen gjelder dette kun før de ble fem kvartal gamle og for 1989-årsklassen kun før en alder av 6 kvartal. I perioden etter dette var det små forskjeller i fangst mellom områdene. Gjennomsnittlig fangst av de svake 1985 og 1986-årsklassene og den tallrike 1987-årsklassen, avtok lite fra en alder av 4 til 8 kvartal (Fig. 7). Fangstene av 1988 og 1989-årsklassene avtok derimot i dette aldersintervallet.

Overlevelse av den første storutsettingen (P88S) fra utsetting i august 1988 og de påfølgende åtte måneder, ble estimert til 17 prosent. Av torsk satt ut i Austevoll som 0-og 1-gruppe

overlevde mellom 13 og 32 prosent til de ble to år gamle (SVÅSAND og KRISTIENSEN 1990a). Overlevelsen var altså lavere for 1988-årsklassen i Masfjorden enn for utsettingene i Austevoll. Rickers-to utsetningsmetode ble brukt til disse estimatene (RICKER 1958).

6.2.6 TETTHET

Mengden 1 og 2 år gammel torsk var relativt høy i 1986, 1988 og 1989 og lav i 1987, 1990 og 1991 (Fig. 8). Gjennomsnittlig antall fanget torsk i 1986 var høyere i kontrollområdet enn i utsetningsområdet. Fra 1987 til 1989 var det ingen tydelige forskjeller mellom de to områdene. I første halvdel av 1990 og 1991 var tettheten av 1- og 2-gruppe torsk større i fjorden enn utenfor. Forskjellene skyldes storutsettingene i 1989 og 1990.

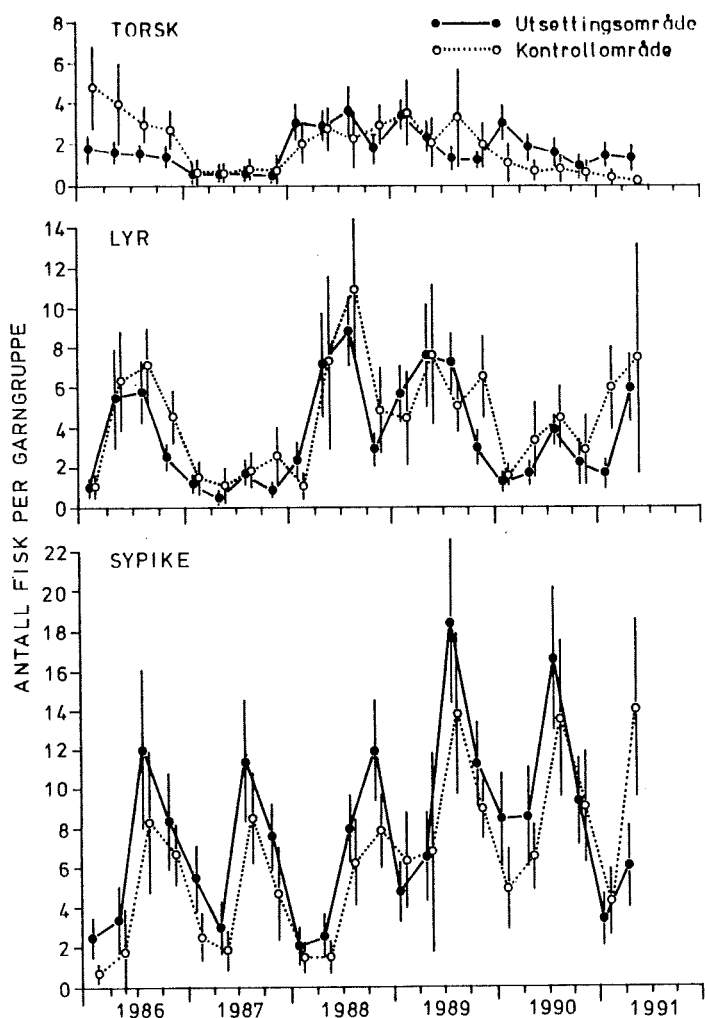


Fig. 8. Gjennomsnittlig (± 2 S.E.) antall torsk, lyr og sypike fanget per tre garn 1986-1991. For torsk og lyr er antall ett- og to-åringer vist, mens for sypike er alle aldersgrupper inkludert. (Mean (± 2 S.E.) number of fish caught per three nets 1986-1991. Number of 1- and 2-year old fish are shown for cod and pollach, while all age-groups of poor-cod are included.)

6.2.7 VEKST

Variasjon mellom år

Som 1- og 2-åring vokste 1987-årsklassen raskere enn de andre årsklassene (Tabell 11). 1988-årsklassen vokste meget godt sommeren og høsten 1988. I denne perioden var fødetilgangen (mengden av kutlinger) den største av alle undersøkte år. Gjennomsnittlig kondisjonsfaktor (sløyd vekt x 100/lengde³) til 1984-årsklassen av torsk i utsettingsområdet var ca. 0.85 i 1986 (Fig. 9). Kondisjonsfaktoren til 1987-årsklassen av torsk i fjorden var over 1.0 i tredje kvartal 1988, for deretter å synke til rundt 0.85 i 1989 og 1990 (Fig. 9). Gjennomsnittlig kondisjonsfaktor til torsk i kontrollområdet viser tilsvarende mønster som i selve Masfjorden, selv om svingningene er mindre. Gjennomsnittlig leverindeks til torsk av 1987-årsklassen var høy i 1988, avtok og var lav i 1989 (Fig. 10). For 1988-årsklassen var indeksen lav i 1989 og 1990.

Tabell 11. Vekst for vill og utsatt torsk estimert med lineær regresjon. Individuer mellom 270 og 800 dager gamle er inkludert. Utsettingsområde (U), kontrollområdet (K). (*Growth of wild and reared cod estimated by linear regression. Cod, 270 to 800 days old, are included. Release area (U), control area (K).*)

Årsklasse	Lokalitet	Vill eller pollproduisert	Antall	Vekst (mm/dag)
1985	U	Vill	30	0.30
1985	K	Vill	32	0.27
1987	U	Vill	510	0.40
1987	K	Vill	214	0.37
1988	U	Vill	129	0.25
1988	K	Vill	32	0.27
1988	U	Pollprod.	97	0.28
1989	U	Pollprod.	267	0.34

Sammenligning av vekst i utsettings- og kontrollområdet

Ingen signifikante forskjeller er registrert i lengdevekst mellom torsk i utsettingsområdet og i kontrollområdet ($p > 0.05$, ANCOVA). Dette gjelder både før og etter storutsettingene. Gjennomsnittlig kondisjonsfaktor av 1984-årsklassen var ikke signifikant forskjellig i utsettingsområdet og kontrollområdet i 1986 og 1987 (Fig. 9). I perioden like før og under første storutsetting (3. kvartal 1988), var gjennomsnittlig kondisjonsfaktor til 1987-årsklassen størst i utsettingsområdet. Etter storutsettingen ble ingen signifikante forskjeller målt.

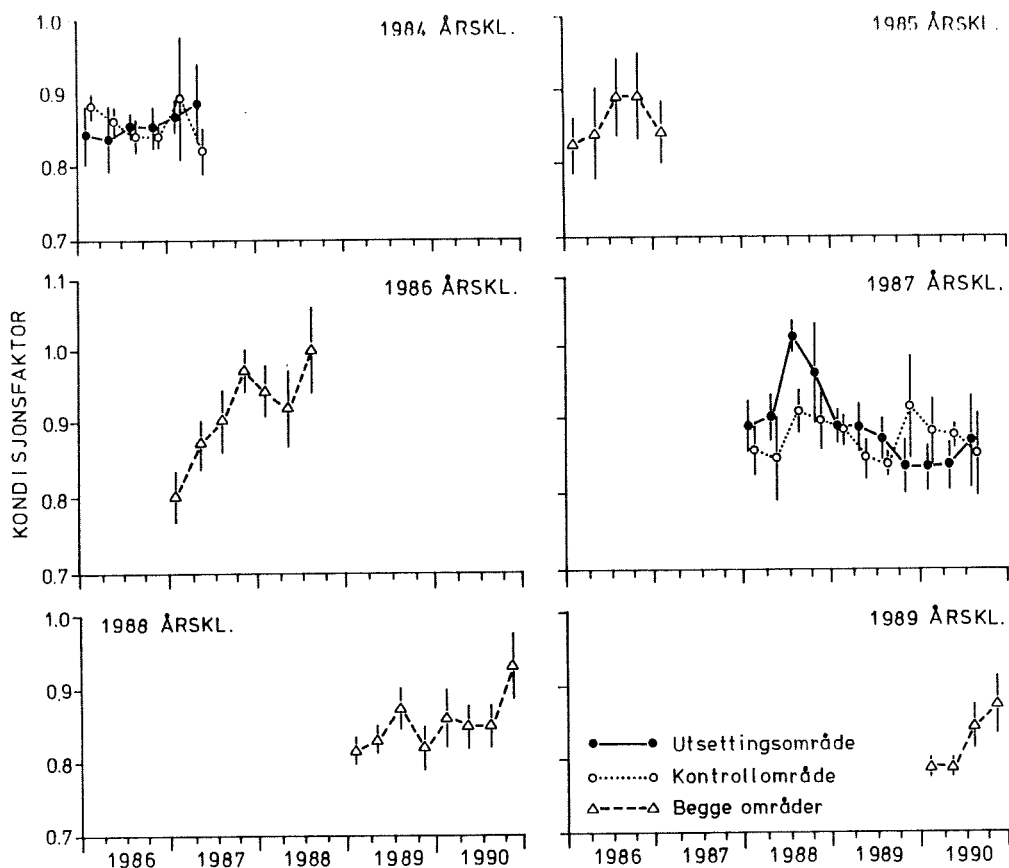


Fig. 9. Torsk. Gjennomsnittlig (± 2 S.E.) kondisjonsfaktor. For de tallrike 1984 og 1987 årsklassene er kondisjonsfaktoren for utsettings- og kontrollområdet vist hver for seg, mens for de andre årsklassene er indeksen beregnet med sammenslåtte data. (*Cod. Mean (± 2 S.E.) condition factor. For the rich 1984- and 1987-year-classes the index from the release area and the control area are shown separately, while the index for the other year-classes are based on pooled data.*)

Gjennomsnittlig leverindeks til 1987-årsklassen var ikke signifikant forskjellig i utsettingsområdet og kontrollområdet, bortsett fra i 3. kvartal 1988 (Fig. 10).

Veksten til pollprodusert og vill torsk av 1988-årsklassen er ikke signifikant forskjellig (NORDEIDE *et al.* 1992). Lignende resultat ble funnet i Austevoll (KRISTIANSEN og SVÅSAND 1990). Levervekten er signifikant høyere for pollprodusert enn for vill torsk de første to månedene etter utsetting (NORDEIDE og SALVANES 1991). Forklaringen på dette er at pollprodusert torsk blir foret før utsetting og overskuddsenergi blir lagret i leveren. Leverindeksen (levervekt $\times 100$ /sløyd vekt) til utsatt torsk avtar gradvis og tre-fire måneder etter utsetting er det små forskjeller i leverindeks mellom vill og utsatt torsk.

6.3 LYR OG SYPIKE

Sypike og lyr spiser i stor grad de samme byttedyrene og lever på de samme stedene som små torsk (SALVANES *et al.* 1991). Disse artene er derfor potensielle konkurrenter til små torsk.

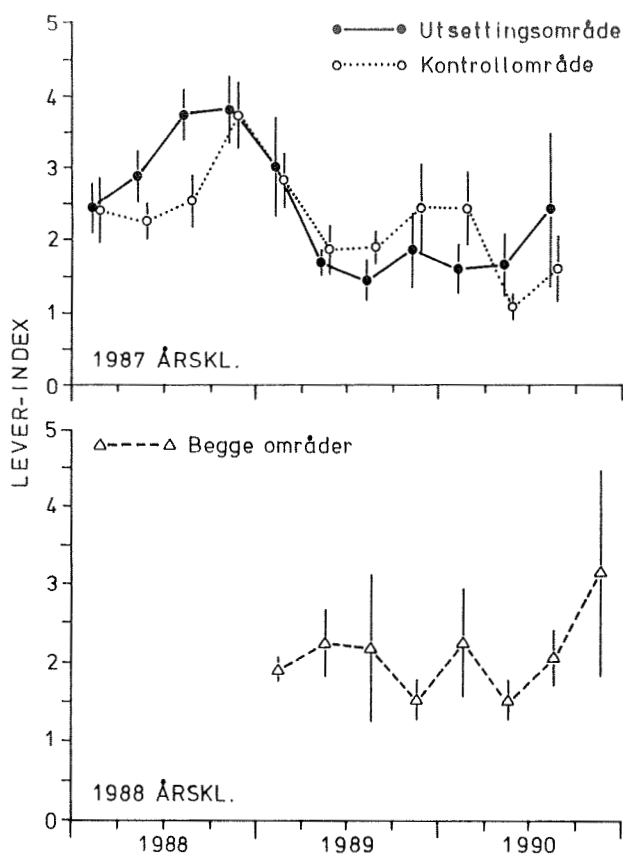


Fig. 10. Torsk. Gjennomsnittlig (± 2 S.E.) leverindeks. For den tallrike 1987 årsklassen er leverindeksen for utsettings- og kontrollområdet vist hver for seg, mens for 1988 årsklassen er indeksen beregnet med sammenslåtte data. (Cod. Mean (± 2 S.E.) liver index. For the rich 1987 year-class the index from the release- and control area are shown separately, while the index for the 1988 year-class is based on pooled data.)

6.3.1 TETTHET

Ett- og to-årig lyr var omtrent dobbelt så tallrik i fangstene som torsk av samme aldersgrupper (Fig. 8). Det var få små lyr i 1987 og 1990, mens det var flere i 1988 og 1989. Signifikante forskjeller i fangster mellom utsettings- og kontrollområdet ble målt i bare to av de 22 undersøkte kvartalene. Estimert biomasse for 1985, 1987 og 1988-årsklassene av lyr har to topper, den første om høsten som 1-gruppe, den andre om høsten som 2-gruppe (1988-årsklassen) eller 3-gruppe (1985 og 1987-årsklassene) (Fig. 11). Fangstene av sypike varierer i større grad innen et år enn fangstene av torsk og lyr (Fig. 8). Fangstene er størst i tredje kvartal. Sypike var tallrikest i 1989-91. I bare tre av 22 kvartal var antall sypiker i fangstene signifikant forskjellig i utsettings- og kontrollområdet.

6.3.2 VEKST

Variasjon mellom år

Gjennomsnittslengde ved en gitt alder til de forskjellige årsklassene av lyr, varierer ikke mye (Fig. 12). Forskjellene følger likevel stort sett mønsteret med sen vekst før tredje kvartal 1987, god vekst i siste del av 1987 til fjerde kvartal 1988, og ikke fullt så rask deretter. Kondisjonsfaktoren til lyr og sypike (Fig. 13 og 14) følger også stort sett samme mønster, med relativt

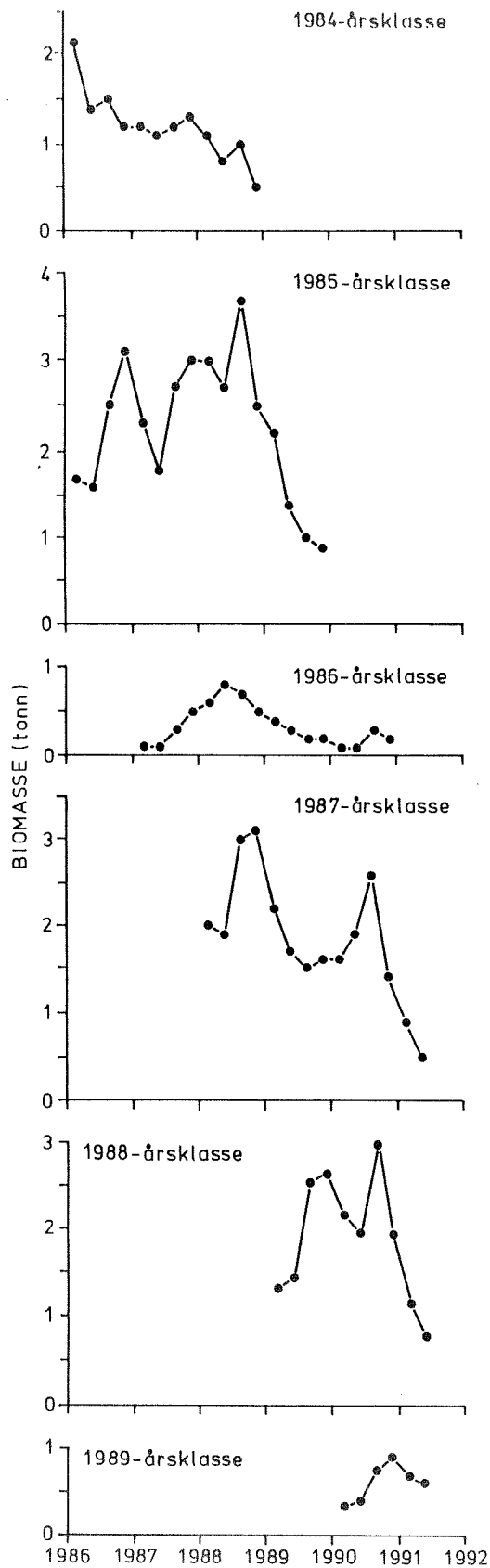


Fig. 11. Biomasse for årsklassene 1984-1989 for lyr i tiden januar 1986 - juni 1991 estimert ved kohortanalyse. Biomassen er en kombinasjon av antall og vekt, og da antallet her synker hele tiden så er hver økning i biomassen et resultat av øket individvekst. (Estimated biomass of the year-classes 1984-1989 of pollach from January 1986 through June 1991.)

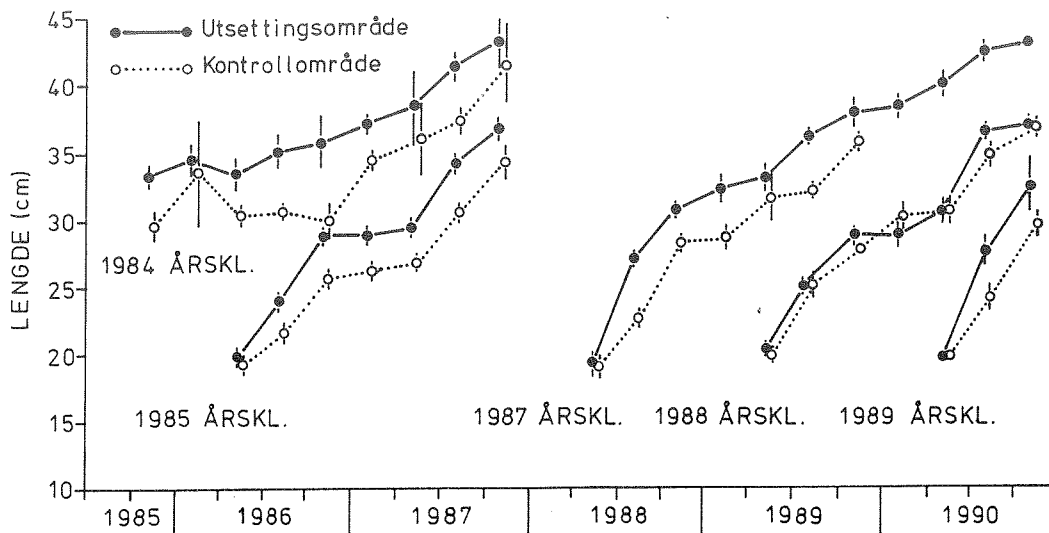


Fig 12. Lyr. Gjennomsnittlig lengde (± 2 S.E.) til fem årsklasser i utsettings- og kontrollområdet. (Pollach. Mean length (± 2 S.E.) of five year-classes in the release- and control area.)

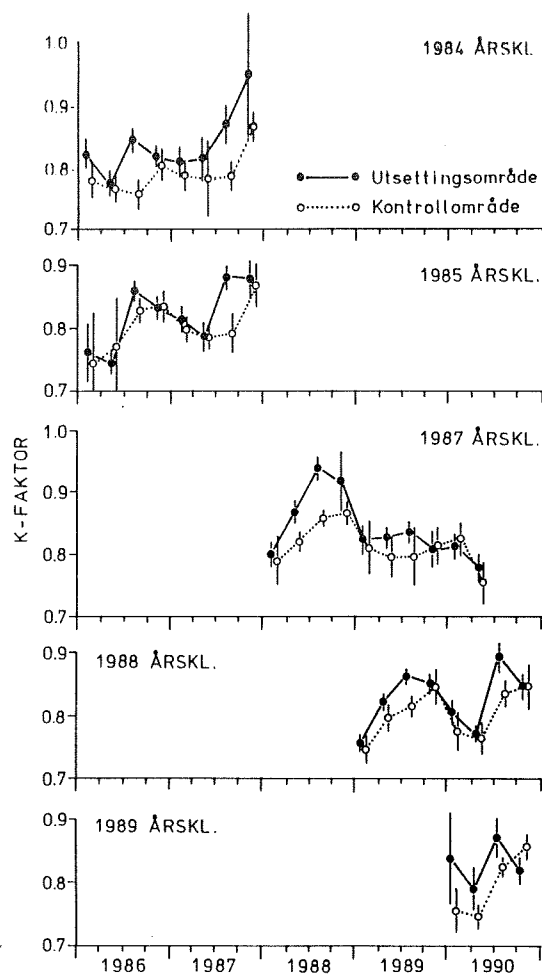


Fig. 13. Lyr. Gjennomsnittlig (± 2 S.E.) kondisjonsfaktor for fem årsklasser i utsettings- og kontrollområdet. (Pollach. Mean (± 2 S.E.) condition factor for five year-classes in the release- and control area.)

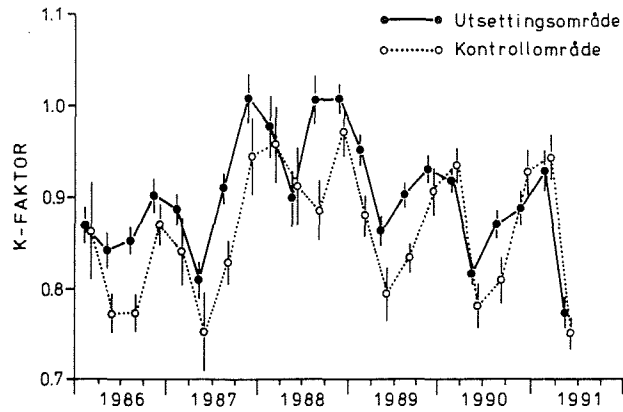


Fig. 14. Sypike. Gjennomsnittlig (± 2 S.E.) kondisjonsfaktor for individer på 17-24 cm. (*Poor cod. Mean (± 2 S.E.) condition factor for individuals of 17-24 cm length.*)

lave verdier i 1986, høye verdier fra 4. kvartal 1987 til 4. kvartal 1988, og lave verdier i 1989 og 1990.

Sammenligning mellom utsettings- og kontrollområdet

Lyrens lengde var signifikant høyere i utsettingsområdet enn i kontrollområdet for de fleste kvartalene hos 1984, 1985, 1987 og 1989-årsklassene (Fig. 12). Unntaket er 1988-årsklassen, der forskjellene mellom områdene var mindre. Kondisjonsfaktoren var litt høyere i utsettingsområdet enn i kontrollområdet både for lyr og sypike (Fig. 13 og 14). For lyr er forskjellene signifikante i tredje kvartal de fleste årene, mens de ikke er signifikante i 1. og 4. kvartal. For sypike er forskjellene signifikante i tredje kvartal hvert år, og dessuten i de tre første kvartalene i 1989. Leverindeksen hos 1987-årsklassen av lyr var signifikant høyere i utsettingsområdet enn i kontrollområdet, både i andre, tredje og fjerde kvartal 1988, og i tredje kvartal 1989 og 1990 (Fig. 15).

6.4 EFFEKTEN AV UTSETTINGENE PÅ TORSKEFISK

6.4.1 VILL TORSK

Vi har ikke kunnet påvise forskjeller i lengdevekst av torsk mellom utsettings- og kontrollområdet, hverken før eller etter storutsettingene (Tabell 11). Gjennomsnittlig kondisjonsfaktor til 1987-årsklassen var høyere i utsettingsområdet enn i kontrollområdet i perioden før den første storutsettingen (Fig. 9). Like etter den første storutsettingen avtok imidlertid forskjellene og etter den andre storutsettingen var gjennomsnittlig kondisjonsfaktor

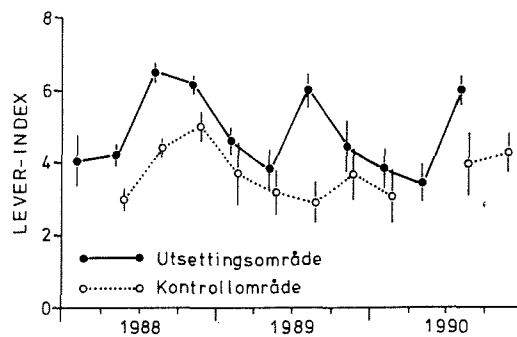


Fig. 15. Lyr. Gjennomsnittlig (± 2 S.E.) leverindeks for 1987 årsklassen. (*Pollach. Mean (± 2 S.E.) liver index for the 1987 year-class.*)

til 1987-årsklassen høyere i kontrollområdet enn i utsettingsområdet. Forskjellene mellom områdene er imidlertid ikke signifikante, bortsett fra i ett kvartal før storutsettingene. Tilsvarende ikke-signifikante forskjeller finner vi også for leverindeksen til 1987-årsklassen av torsk (Fig. 10). Dette tyder på en svak reduksjon i kondisjonsfaktor og leverindeks til vill torsk på grunn av utsettingene.

6.4.2 LYR

Lengden til årsklassene 1984-87 av lyr var signifikant større i utsettingsområdet enn i kontrollområdet (Fig. 12). Forskjellene i lengde av 1988-årsklassen var imidlertid ikke signifikant. Kondisjonsfaktoren til årsklassene 1987-88 følger stort sett samme mønster som for torsk, og vi kan ikke påvise noen forandringer etter utsetting (Fig. 13). 1985 og 1987-årsklassene har en topp i veksten om høsten i 1988, men den gode veksten ser ut til å starte før utsettingene. Fødemessig var høsten 1988 god, med mye dyreplankton, kutlinger og leppefisk. 1988-årsklassen hadde en topp i veksten høsten 1989, men 1987-årsklassen hadde ikke en tilsvarende topp. Som Fig 11. viser varierer veksten mye og man kan ikke se om den hverken blir bedre eller dårligere på grunn av utsettingene. Både 1985 og 1987-årsklassen av lyr har en biomassetopp som henholdsvis 1- og 3-gruppe like etter utsettingen av torsk i 1988. 1985-årsklassen kan ha beitet på torskeyngelen og fått noe av den gode veksten fra dette.

6.4.3 SYPIKE

Sypike følger mønsteret for torsk og lyr, med høyere gjennomsnittlig kondisjonsfaktor i utsettingsområdet enn i kontrollområdet før storutsettingene. Etter utsettingene var

gjennomsnittlig kondisjonsfaktor i kontrollområdet i noen kvartal høyere enn i utsettingsområdet, selv om heller ikke disse forskjellene er signifikante.

6.5 TORSKEFISKENES FØDE

Torsk spiser et vidt spekter av byttedyr i Masfjorden (SALVANES *et al.* 1991). Torsk yngre enn tre år lever hovedsaklig av krepsdyr, kutlinger og børstemark. Krepsdyr er viktig hele året, kutlinger om sommeren og høsten og børstemark om vinteren. Større torsk lever også av krepsdyr og kutlinger, og betydningen av fisk som føde øker dess større torskene er. Kutlinger, leppefisk og torskefisk blir oftest spist.

Ett og to år gammel torsk av to påfølgende årsklasser har stort overlapp i valg av både type og størrelse byttedyr i perioder med lite mat i fjorden (NORDEIDE og FOSSÅ 1992). Dette tyder på konkurranse mellom påfølgende årsklasser av torsk. De første dagene etter utsetting spiser pollprodusert torsk byttedyr som sjelden eller aldri spises av villtorsk (NORDEIDE og SALVANES 1991). Fødevalg til pollprodusert torsk blir gradvis likt fødevalg til vill torsk (KRISTIANSEN og SVÅSAND 1992), og tre måneder etter utsetting er det små forskjeller i valg av type og størrelse på byttedyr mellom pollprodusert og vill torsk (NORDEIDE og FOSSÅ 1992).

De viktigste trofiske interaksjonene mellom torskefiskenes i Masfjorden er illustrert i Fig. 16. I utsettingssammenheng er det torsken som er interessant, men vi ser at andre arter som lyr og sypike konkurrerer med torsk. Dette påvirker trolig produksjonen av torsk. For eksempel er kutlingene godt representert i dietten til alle torskefiskenes. FOSSÅ (1991) viste at når biomassen av tangkutling var høyest utgjorde dette byttedyret større andel av mageinnholdet enn når tettheten var lav. Andelen av kutlinger avtok med økende lengde på predatoren, mens andelen av større fiskearter økte. Torsk og lyr spiser også en god del leppefisk, sine yngre artsfrender og andre torskefisk. Lyr og torsk > 45 cm spiste leppefisk hele året, unntatt om høsten da de viste maksimum predasjon på torsk (SALVANES *et al.* 1991). Man kan spekulere på om stor lyr og torsk foretrekker småtorsk selv om leppefiskenes er relativt tallrike også om høsten.

6.6 TORSKENS BYTTEDYR

6.6.1 PRODUKSJONEN AV BYTTEDYR

Torsken tar som nevnt mange typer byttedyr i Masfjorden, og en del av disse er meget vanskelige å kvantifisere, f. eks. trollhummere og krabber. For å kunne følge utviklingen av byttedyrpopulasjonene etter utsetting av torsk var det nødvendig å finne organismer som både er viktige som føde og som lar seg kvantifisere. Valget falt derfor på arter av kutlinger som

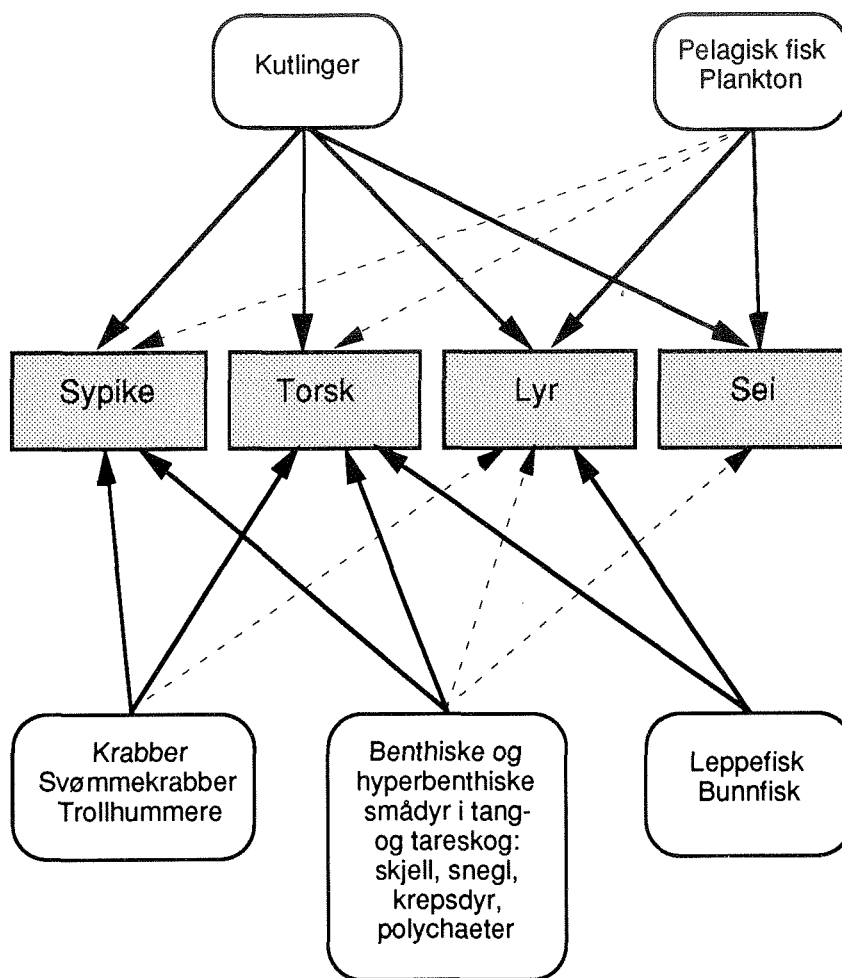


Fig. 16. De viktigste trofiske sammenhengene for torskfisk i Masfjorden.
(Main trophic relations among the gadoids in Masfjorden.)

oppfylte begge kriterier. Kutlingene, og spesielt tangkutling siden den er så tallrik, passet også av en annen grunn godt til dette. Dyreplankton er hovedføden til alle kutlingartene i Masfjorden. Dermed kan vi kople en viktig del av torskens føde direkte til sekundær produksjonen i fjorden. Vi har derfor lagt vekt på analyse av næringskjeden *dyreplankton - tangkutling - torsk*.

Årene 1986 og 1987 er analysert i detalj av FOSSÅ (1991), og for å beskrive en del av de prinsipielle tingene vi har funnet ut om økosystemet så tar vi utgangspunkt i disse årene. Tangkutlingen gyter hovedsakelig om våren. Tidlig om sommeren opptrer store mengder yngel i tang og tarebeltet. Her står yngelen og beiter på plankton og vokser fort. Den største produksjonen skjer i juli-september og det er en topp i biomassen i september-oktober (Fig. 17 og 18). En årsklasse vil så minske utover vinteren og våren og forsvinner helt etter gytingen. Det er store forskjeller mellom år og mellom deler av fjorden. Den observerte produksjonen pr. strandlinjemeter i den indre delen av utsettingsområdet var 12 og 19 % av produksjonen i den

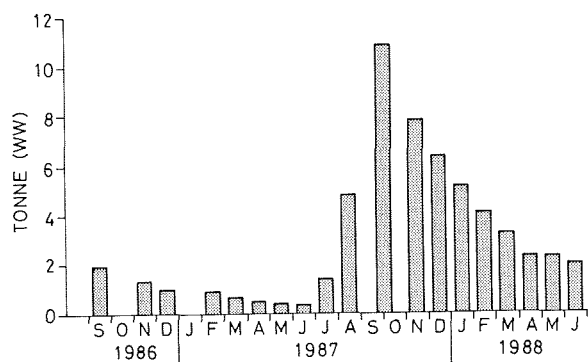


Fig. 17. *Gobiuluscus flavescens*. Total biomasse (tonn våtvekt) for 1986 og 1987 årsklassene i utsettingsområdet. Verdiene er estimert fra en eksponensialfunksjon. (Total biomasse (tonne wet weight) for the 1986 and 1987 year classes in the release area. The values are estimated from an exponential function.)

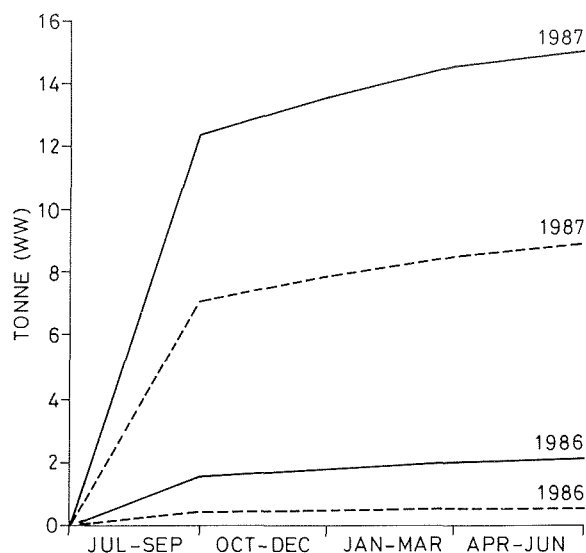


Fig. 18. *Gobiuluscus flavescens*. Kumulativ total produksjon (tonn våtvekt) for 1986 og 1987 årsklassene i indre (--) og ytre del av fjorden (→). (Cumulative total production (tonne wet weight) for the 1986 and 1987 year classes in the inner (--) and outer (→) part of the release area in Masfjorden.)

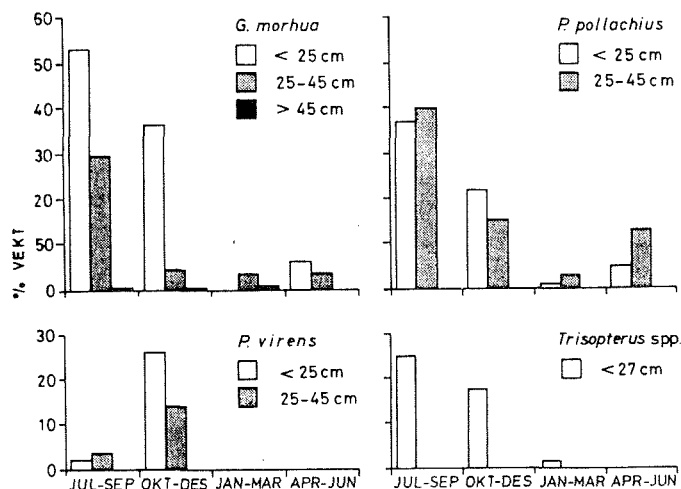


Fig. 19. Predasjon på *Gobiuluscus flavescens* fra torskfisk i Masfjorden i årene 1985-1987. Vertikal akse: *G. flavescens* som %-vekt av det totale mageinnholdet. (Predation by gadoids of different length on *Gobiuluscus flavescens* (1985-1987) in Masfjorden. Vertical axis: *G. flavescens* as percentage weight of total stomach content.)

ytre delen i henholdsvis 1986 og 1987. Totalproduksjonen i indre og ytre delen i 1986 var henholdsvis 14 og 23 % i forhold til 1987 (Tabell 12 og Fig. 18). Biomassetoppen om høsten gjespeiles også i predasjonen fra torskfiskene (Fig. 19). Om høsten er det høyst sannsynlig et høyt predasjonstrykk på tangkutlingene som står i tette, tilsynelatende lett tilgjengelige, stimer langs hele fjorden.

Tabell 12. *Gobiusculus flavescens*. Produksjon (P) (våtvekt) i tre forskjellige områder i Masfjorden pr. m strandlinje (P/m) og total produksjon av en årsklasse (P tot.). Produksjonen er basert på observerte verdier og estimater fra en idealisert kurvefunksjon. Det ble brukt daglig øyeblikkelig dødsrate og antalls-estimer fra start og ende punktene av den observerte årsklasse utviklingen. (*Production (P) (wet weight) in three subareas in Masfjorden pr. metre shoreline (P/m) and total production of a year-class (P tot.). The production is based on observed values and on estimates from an idealized curve function using the calculated daily instantaneous death rate and the abundance estimates from the starting and ending points of the observed year-class development.*)

Årsklasse	Indre og midtre del av utsettingsområdet (50 km)		Ytre del av utsettingsområdet (22.5 km)		Kontrollområdet (70 km)	
	P/m (g)	P tot. (tonn)	P/m (g)	P tot. (tonn)	P/m (g)	P tot. (tonn)
1986						
Observert	12.6	0.6	90.3	2.0	90.3	6.3
Estimert	12.6	0.6	102.2	2.3	102.2	7.2
1987						
Observert	106.8	5.3	470.8	10.6	470.8	33.0
Estimert	180.0	9.0	671.1	15.1	671.1	47.0

Årsaken til at det er en større produksjon i de ytre delene av fjorden regner vi med er større tilgang på plankton og mer gruntvannsområder med alger i denne delen. Også andre typer byttedyr som er avhengig av plankton og tareskog vil antakelig ha større produksjon i de ytre områdene.

Tabell 13 viser mengdene av de forskjellige leddene i næringskjeden *dyreplankton - tangkutling - torsk*. Mellom dyreplankton, tangkutling og 0-gruppe torsk ser det ut til å være en god sammenheng, men sammenhengen mellom tangkutling og 1-gruppe torsk ser ut til å være løsere. Dette kan skyldes at konkurranse og predasjon påvirker denne sammenhengen. I 1985 var det lite plankton og få 0-gruppe torsk. I 1986 var det lite plankton og lav produksjon av tangkutling og 0-gruppe torsk. I 1987 var dyreplanktonmengden høy, produksjonen av tangkutling 10 ganger høyere enn året før, og vi fikk en meget god årsklasse torsk. I 1988 var det mye plankton og tangkutling, og i august var mengden vill 0-gruppe torsk betydelig (180 000 individer).

Tabell 13. Biomasse av plantespisende dyreplankton i Masfjorden, produksjon av tangkutling og estimert antall 0-gruppe torsk av de respektive årsklasser. AFDW = askefri tørrvekt, WW = våtvekt. (*Biomass of herbivore zooplankton, production of two-spot goby and estimated numbers of 0-group cod of the respective year-classes. AFDW = ashfree dryweight, WW = wetweight.*)

Årstall	Herbivorer (tonn AFDW)		Tangkutling produksjon (tonn WW)	0-gr. torsk (antall)
	0-50 m	hele vannsøylen		
1985	Jun	16.0		15 000 (november)
	Okt	1.5		
1986	Des	4.1	2.9	17 000 (desember)
1987	Jan	2.0	24.1	> 200 000 (august)
	Mar	3.7	27.5	
	Apr	17.6	6.5	
	Apr	65.8	27.6	
	Mai	47.0	88.7	
	Jun	28.5	71.3	
	Jul	51.8	45.1	
	Sep	45.7	83.8	
	Des	11.4	226.4	111.1
1988	Jan	3.2	76.6	180 000 (august)
	Apr	33.5	36.1	
			49.3	

6.6.2 LANGTIDSUTVIKLINGEN AV BYTTEDYRPOPULASJONENE

Et av formålene med Masfjordprosjektet har vært å følge utviklingen på byttedyrpopulasjonene. I utgangspunktet kan man tenke seg at noen av torskens hovedbyttedyr kan være utsatt for skadelig påvirkning hvis man øker beitepresset flere år på rad ved å sette ut torsk. I Fig. 20 vises gjennomsnittlig biomasse pr. trekk av tangkutling i 1986-1991. En analyse av 1986-87 ble foretatt i avsnittet ovenfor. I 1988 var mengden øket voldsomt i forhold til 1987, og i de følgende år har den variert på et nivå mellom 1986 og 1987. Av populasjonsutviklingen for tangkutling kan vi ikke se tegn på at utsettingene har påvirket mengden på noen måte. I Masfjorden blir tangkutlingen høyst 1.5 år og populasjonen blir kraftig desimert hvert år. Men det ser ut som arten har et høyt nok reproduksjonspotensiale til å komme igjen hvert år og respondere med høy gytesuksess hvis miljøforholdene blir gode. Utsettingene ser derfor ikke ut til å representere noen fare for populasjonen i fjorden. Leppefiskene er også føde for stor torsk. Leppefisk varierer i antall med en topp i 1988 som for tangkutlingene (Fig. 21).

Gjennomsnittsvekten på leppefiskene har en betenkelig utvikling ved at den viser en jevn nedgang i perioden (Fig. 22). Dette gjelder spesielt for bergnebb som er den tallrikste av leppefiskene i strandnotfangstene, men man ser det også for berggyllt. Utviklingen kan tenkes å ha sammenheng med et øket beitepress som etterhvert fører til at store individer forsvinner og færre individer blir større (gjennomsnittsvekten går ned), mens antallet fluktuerer og er avhengig av gysesuksessen i de forskjellige årene. Leppefiskene er flerårige og kan således være mer utsatt for nedbeiting enn tangkutlingene.

6.7 MODELLBEREGNINGER AV MASFJORDENS BÆREEVNE

Et av målene med økologisk modellering er å finne ut hva som karakteriserer et godt utsettingsområde for torsk. Dette innebærer å identifisere og kvantifisere prosesser som er viktige for produksjons-kapasiteten for torsk. Vi har forsøkt å gjøre modellene generelle slik at de kan brukes på andre områder enn Masfjorden.

6.7.1 MODELL FOR 0-GRUPPE TORSK

GISKE *et al.* (1991) har laget en modell for det pelagiske økosystemet i Masfjorden, og gjennom torskens fødedyr er modellen koplet til torsk. Nærings salt, planteplankton, dyreplankton, kutlinger og torsk er viktige tilstandsvariabler i modellen. Produksjonen er drevet av solinnstråling, temperatur, ferskvannsavrenning, dypvannsoppstrømming og vannutskifting over fjordterskelen. Resultatene viser at adveksjon er en av hoveddrivkreftene i systemet (adveksjon = transport av plankton med strømmene). Betydningen av variasjoner i adveksjon er illustrert i Tabell 14.

Tabell 14. Modellsimuleringer som viser produksjonen av kutlinger og torsk som en funksjon av strømhastigheten på terskelen. Strømhastigheten er et mål på hvor mye dyreplankton som tilføres Masfjorden. (*Simulations showing production of gobies and cod as function of the current velocity at the fjord sill. The current velocity is a measure on how much zooplankton that is advected into the fjord.*)

Strøm over terskelen (cm/s)	Produksjon av kutlinger (tonn våtvekt)	Produksjon av torsk (tonn våtvekt)
0	-6.0	-0.1
5	6.8	0.4
10	17.5	0.8
15	26.4	1.1
20	34.8	1.4

Utskiftingen av vann langs land henger sammen med vanntransporten over terskelen. Hvis strømmen over terskelen øker fra 0 til 20 m s^{-1} , øker produksjonen av kutlinger 40 ganger og produksjonen av torsk øker 15 ganger. Planktonspisende småfisk i strandsonen er blant de artene som vil være mest avhengig av tilført plankton, men også andre dyr er, direkte eller indirekte, avhengig av adveksjon. Et eksempel: større torsk spiser leppefisk. Leppefisk spiser blåskjell som igjen spiser planteplankton. Ikke bare fødetilgang bestemmer hvor mye planktonspisende fisk strandsonen kan produsere. Habitatet vil også ha et metningspunkt for hvor mange individer av en art det kan romme. Vi vet ikke hvor metningspunktet (maksimalt antall individer m^{-2}) for kutlinger eller torsk i Masfjorden er.

6.7.2 MODELL FOR 0, 1, 2 OG 3+ GRUPPE TORSK

Fig. 23 viser hvordan de pelagiske prosessene er knyttet til trofiske interaksjoner i strandsonen. Modellen tar med 0-, 1, 2 og 3+ gruppe torsk, samt hovedbyttedyrene til disse gruppene (Tabell 15). Konkurransen og kannibalisme er lagt inn ved å spesifisere byttedyr-predator relasjoner. Gruppen "kutling" representerer alle dyreplanktonspisende fisk i strandsonen og "leppefisk" inkluderer fisk som bare spiser bunndyr. Torskens fødekonskurrenter er ikke spesifisert som en egen gruppe, men er inkludert i gruppen "torsk". Det er lagt inn konkurranse om kutling mellom alle grupper torsk, og konkurranse om bunndyr mellom alle grupper av torsk og leppefisk. Det er også konkurranse om leppefisk mellom 1-gruppe torsk og eldre, og konkurranse om 0- og 1-gruppe torsk mellom 2-gruppe torsk og eldre. Kutling konkurrerer om dyreplankton med laksesild, maneter og bunndyr.

I modellen er fjorden delt i tre seksjoner: 1) det sentrale pelagiske området, 2) strandsonen og vannvolumet ned til 3 m dyp og 3) det benthiske habitatet ned til 20 m dyp. 0-gruppe torsk og kutling finnes på grunt vann i habitat 2, mens de større torskene, leppefiskene, og bunndyrene også finnes dypere. Med unntak av bunndyr, er tilstandsvariablenes startverdier i modellen valgt som gjennomsnittet av estimert biomasser i Masfjorden over 3-4 år. Vi mangler kvantitative estimater av bunndyr fra Masfjorden, og har brukt gjennomsnittsverdier for de grunne delene av Nordsjøen. Detaljer om initialverdier for tilstandsvariablene og parameterverdiene er beskrevet i GISKE *et al.* (1991) og i SALVANES *et al.* (1992).

Tabell 15. Predator-byttedyr relasjoner spesifisert i modellen for Masfjorden. (*Predator-prey relations specified in the Masfjord model*).

Predatorer	Byttedyr						
	Plante-plankton	Dyre-plankton	Bunndyr	Kutling	Leppefisk	0-gr. torsk	1-gr. torsk
3+gr. torsk			x	x	x	x	x
2-gr. torsk			x	x	x	x	x
1-gr. torsk			x	x	x		
0-gr. torsk			x	x			
Leppefisk			x				
Kutling		x					
Laksesild		x					
Maneter		x					
Dyreplankton	x						
Bunndyr		x					

Simulert produksjon i et gjennomsnittså

Årlig primærproduksjon i et gjennomsnittså er 2 341 tonn karbon (Tabell 16). Dette tilsvarer en nettoproduksjon på 90 g C m⁻² år⁻¹ og er normalt i kystnære farvann (MATTHEWS og HEIMDAL 1980). Samlet årlig nettoproduksjon av torsk, leppefisk og kutling er 56.3 tonn våtvekt. Dette tilsvarer en fiskeproduksjon på 2.5 g C m⁻² år⁻¹. Estimer for Nordsjøen er 1.7-1.8 g C m⁻² år⁻¹ (0-gruppe fisk ikke tatt med). På Georges Bank, som er et produktivt område, er produksjonen estimert til 4.5 g C m⁻² år⁻¹.

Tabell 16. Simulert akkumulert netto produksjon i et gjennomsnittså for modellens tilstandsvariabler. Simuleringene er foretatt med den utvidede modellen og forholdet mellom produsert mengde kutling og 0-gruppe torsk blir ikke det samme som i Tabell 14. (*Accumulated netto production simulated for an average year. The simulations are performed with the improved model and the ratio between produced gobies and 0-group cod differs from that presented in Table 14.*)

Tilstandsvariabler	Årlig netto produksjon
Plantep plankton	2340.9 tonn karbon
Herbivore dyreplankton	328.9 "
Maneter	-7.5 "
Laksesild	14.6 "
Kutling	14.7 tonn våtvekt
Bunndyr	46.0 "
Labrider	3.2 "
0-gruppe torsk	21.9 "
1-gruppe torsk	7.8 "
2-gruppe torsk	6.6 "
3+ gruppe torsk	2.1 "

Produksjonen av torsk (38.4 tonn i et gjennomsnittsår) inkluderer også torskens konkurrenter (lyr, sei og sypike). Forskjellen mellom simulert torskeproduksjon og et uavhengig empirisk estimat av denne vil antyde nivået av biomassen til den delen av estimatet som konkurrentene utgjør. Et empirisk estimat for produksjonen av torsk kan fås på følgende måte: "Turnover rate" (produksjon/biomasse) for beskattede fiskebestander er tilnærmet lik den totale øyeblikkelige dødelighetsrate (PITCHER og HART 1982). For torsk i Masfjorden har SALVANES og ULLTANG (1992) estimert Z til 1.0 pr. år, og total biomasse til ca. 28 tonn. For Z = 1.0, blir det empiriske estimatet for torskeproduksjonen 28 tonn. Forskjellen mellom empirisk og simulert produksjon blir 10.4 tonn. Denne differansen representerer produksjonen av konkurrentene. I Masfjorden er biomassen til torskens konkurrenter estimert til 33 tonn (SALVANES *et al.* 1992). Da de empiriske verdiene ligger godt over de simulerte, kan man i hvert fall ikke utifra modellberegningene konkludere med at det finnes ledige føderessurser til utsatt torskeyngel i et gjennomsnittsår.

Produksjonspotensialet for torsk i år som avviker fra gjennomsnittet

År som avviker fra gjennomsnittet har vi karakterisert ved avvik i vannutskifting over fjordterskelen, avvik i bunndyr biomasse, samt avvik i rekrutteringen. Dersom to eller alle tre av disse faktorene endres i samme retning vil de forsterke avviket i simulert produksjon (Tabell 17). Hvis alle tre faktorene er 100% høyere enn i et gjennomsnittsår, vil nettoproduksjonen øke 2.6 ganger. En halvering av disse faktorene reduserer nettoproduksjonen til tredjeparten av et gjennomsnittsår.

Tabell 17. Relativ betydning av rekruttering, vannutskifting (adveksjon) og biomassen av bunndyr for torske-produksjonen. Tallene refererer til netto årlig produksjon som en fraksjon av et gjennomsnittsår. (*Relative importance of recruitment, advection and benthic biomass for the production of cod. The figures refer to net yearly production as a fraction of the production in an average year.*)

Kategori	0.5 x gjennomsnitt	2.0 x gjennomsnitt
Bunndyr	0.68	1.50
Adveksjon	0.81	1.33
Rekruttering	0.76	1.29
Bunndyr + Adveksjon	0.42	1.80
Bunndyr + Rekruttering	0.45	2.05
Adveksjon + Rekruttering	0.64	1.72
Bunndyr + Adveksjon + Rekruttering	0.33	2.63

Potensialet for torskeproduksjon i Masfjorden

Potensiell produksjon ble undersøkt ved først å simulere produksjonen i en såkalt "basic run". Basic run representerer et gjennomsnittsår med hensyn til mengden av plankton og andre organismer i fjorden. Ved å forandre verdier på tilstandsvariabler kan man så undersøke om potensialet er større enn i et gjennomsnittsår innenfor visse rammer. I et gjennomsnittsår finnes ca. 184 000 0-gruppe torsk 1 august. Det ble undersøkt hvordan forandringer i rekrutteringsmengden influerer på produksjonen for to forskjellige adveksjonsrater (0.5 og 2 ganger "basic run") og for et nivå på benthosbiomasse (0.5 ganger "basic run") (Fig. 24). Resultatene viser at hvis vannutskifting og biomassen av bunndyrene er på gjennomsnittsnivå synes maksimal potensiell produksjonskapasitet for torsk å være 58 tonn. Dersom vannfornyingsraten dobles vil potensialet for torskeproduksjonen ligge rundt 73 tonn. En reduksjon i vannutskiftningsraten fører til lavere produksjon. En halvering av bunndyrbiomasser alene vil redusere maksimal torskeproduksjon til rundt 35 tonn.

Generelt sett forutsier modellen ikke positive effekter av utsettingene. Resultatene viser at utsetting sannsynligvis er gunstigst i år med et mattilbud som er høyere enn normalt. Derfor vil det være viktig å finne en måte å bestemme produksjonspotensialet for et år på så tidlig at man kan bestemme seg for å sette ut yngel eller ikke. Problemet er at man ikke kan bestemme potensialet ut i fra lokale forhold alene, men er avhengig av værforholdene (strømgenererende prosesser) som i prinsippet er stokastiske.

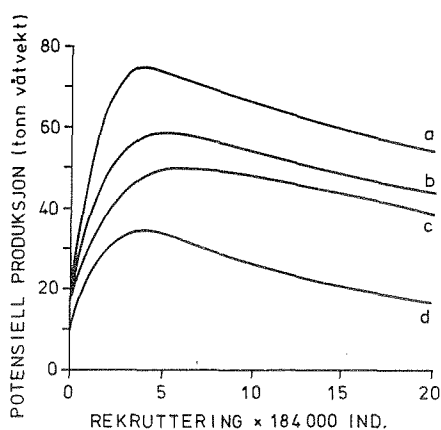


Fig. 24. Simulerte produksjonskurver for torsk som funksjon av endring i rekrutteringen. a) adveksjon er dobbelt så høy som et gjennomsnittsår; b) adveksjon og benthos biomasse som i et gjennomsnittsår; c) adveksjon halvparten av et gjennomsnittsår; d) benthosbiomasse halvparten av et gjennomsnittsår. (Simulated production curves for the entire cod population as a function of changes in recruitment. a) advection rate is twice as high as in basic run; b) advection rate and benthos biomass as in basic run; c) advection rate is half of that in basic run; and d) the initial benthos biomass is half of that in basic run.)

6.8 MODELL FOR UTSETTINGSSTRATEGI OG FORVALTNING

En oversikt over modellen finnes i FOSSÅ og NORDEIDE (1991). Følgende hovedpunkter ble lagt vekt på i analysen:

1. Utsettingsstrategi, dvs simulere gevinsten ved å sette ut torsk hvert år, annet hvert år eller tredje hvert år. Dette er en analyse av kannibalismens betydning for utbyttet.
2. Fiskedødelighetens betydning for utbyttet av utsettingene.
3. Betydningen for utbyttet av å redusere andre predatorer (spesielt lyr) i systemet.

Parameterverdiene som er brukt i modellen er tatt fra resultatene fra utsettinger i Masfjorden og Heimarkspollen i Austevoll (Tabell 18). Modellen er skalert etter fiskepopulasjonenes størrelser i Masfjorden.

Tabell 18. Parameterverdier for de styrende prosesser. D = predasjonsdødelighet på 0- og 1-gruppe. A = antall predatorer. M og F er henholdsvis øyeblikkelig årlig naturlig dødelighet og fiskedødelighet. Naturlig dødelighet er her det samme som predasjon (og for 0- og 1-gruppen er det også kannibalisme). (*Parameter values for the processes. D = predation mortality for 0- and 1-group cod. A = number of predators. M and F are yearly instantaneous natural mortality and fishing mortality, respectively.*)

Prosess	Parameterverdi	Kilde
Predasjon på 0-gr	$D = 0.9 \times A$	Tilpasset verdi observert i naturen
Predasjon på 1-gr	$D = 0.35 \times A$	Tilpasset verdi observert i naturen
Predasjon på 2-gr	$M = 0.2$	Brukt av ICES
Predasjon på 3-gr	$M = 0.2$	"
Fiskedødelighet 1-gr	$F = 0.1$	Svåsand pers. med.
Fiskedødelighet 2-gr	$F = 0.6$	"
Fiskedødelighet 3-gr	$F = 0.6$	"

6.8.1 SIMULERINGER

I Tabell 19 og 20 er resultater fra forskjellige simuleringsbetingelser. I Tabell 19 er antall individer satt opp, mens i Tabell 20 er antallene satt opp som prosent av utsatt yngel. Resultatene viser at det ikke er så stor forskjell på prosent gevinst om man setter ut hvert år eller hvert andre eller tredje år. Å stoppe fisket helt på små torsk gir en økning på ca. 60 % ved utsetting hvert år og ca. 130 % ved utsetting hvert tredje år. Gevinsten blir altså størst ved utsettingsstrategi nr. 3. Det enkelt-tiltak som prosentvis gir mest, er å halvere (eller mer) antall

andre predatorer. Her får man en økning i utbyttet på 160 % ved utsetting hvert tredje år. Igjen ser vi at effekten av "tiltaket" er størst for utsetting hvert tredje år. En kombinasjon av å stoppe fisket og redusere rovdyrbestanden gir den største gevinsten.

Tabell 19. Simuleringsresultater etter 80 måneder med tre forskjellige utsettingsregimer. F = fiske, A = andre predatorer enn torsk. (Results from simulations with three different release strategies. F = fishing, A = other predators than cod.)

Utsettings regime	Antall utsatt som er rukket å bli 3 år	Gevinst	Antall fisket	Gevinst tonn	Gevinst hvis F = 0	Gevinst A = halvert (5000)	Gevinst F = 0 A = halvert (5000)
Hvert år	400 000	11 969	58 304	11.97	19 654	27 289	59 558
Hvert 2. år	200 000	6 205	34 687	6.21	10 058	14 536	29 300
Hvert 3. år	200 000	8 615	32 903	8.62	20 000	21 967	49 229

Tabell 20. Prosent gevinst av antall utsatte fisk etter 80 måneder under tre forskjellige utsettingsregimer. F = fiske, A = andre predatorer enn torsk. (Yield from released fish after 80 months. Three different release strategies was tested. F = fishing, A = other predators than cod.)

Utsettings regime	Antall utsatt som er rukket å bli 3 år	Gevinst	Fisket	Gevinst hvis F = 0	Gevinst hvis A = halvert (5000)	Gevinst hvis F = 0 A = halvert (5000)
Hvert år	400 000	3	14.6	4.9	6.8	14.9
Hvert 2. år	200 000	3.1	17.3	5.0	7.3	14.7
Hvert 3. år	200 000	4.3	16.7	10.0	11.0	24.6

6.8.2 KONKLUSJONER

Med de initialverdiene som modellen ble kjørt (fiskedødelighet lagt inn, 10 000 andre predatorer og 5000 3-gruppe torsk) ble det ikke stor forskjell på den prosentvise gevinsten av utsettingene ved de forskjellige utsettingsregimene. Utsetting hvert tredje år ga dog høyest utbytte pr. utsatt fisk. Denne forskjellen forsterket seg hvis man fjernet fiskedødelighet og reduserte mengden predatorer i systemet. Dette skulle tyde på at det er fornuftigst å ikke sette ut yngel før forrige utsetting har vokst til optimal størrelse og er høstet.

Resultatene viser at ved å redusere fiskedødelighet på små fisk i kombinasjon med å redusere antall predatorer i systemet kan man oppnå en betydelig økning i utbyttet. Ved å redusere fiskedødeligheten på små torsk kan gevinsten sannsynligvis bli større enn det som er beregnet her. Resultater fra Austevoll viser at det fisket som foregår er sterkt størrelsesbetinget, og at den individuelle veksten er større enn den observerte populasjonsveksten (SVÅSAND pers. med.). Dersom fisken vokser bra og har en moderat dødelighet vil det lønne seg å vente lenger med fisket enn om fisken hadde en lavere vekstrate med samme dødelighetsmønster.

Konklusjonen blir dermed at det kan svare seg med forvaltningsmessige tiltak som vil redusere fiskedødelighet og mengden predatorer i systemet i kombinasjon med en passende utsettingsstrategi.

7. STYRENDE ØKOLOGISKE FAKTORER

Dyreplankton er enten direkte eller indirekte føde for torskens byttedyr (dyreplankton-kutling-torsk; dyreplankton-bunndyr-torsk; dyreplankton-bunndyr-leppefisk-torsk). Ettersom tilgjengelighet av dyreplankton i stor grad er styrt av vannfornying over terskelen, som igjen er styrt av vind-drevne endringer i kyststrømmen som forplanter seg via Fensfjorden til Masfjorden (AKSNES *et al.* 1989), kan dette tyde på at lokal produksjon indirekte er styrt av regionale meteorologiske forhold. Høy netto inntransport av dyreplankton er ventet når sørvestlig vindretning dominerer, mens høy uttransport er ventet når nordvestlig vindretning har dominert. Dette betyr at utsetting av samme antall yngel kan resultere i forskjellig produksjon på grunn av ulike mengde dyreplankton i utsettingsårene.

Omfanget av strandvegetasjonen er vesentlig for kvaliteten av et oppvekstområde for 0-gruppe torsk i vestnorske kyststrøk. Dette bestemmes av bunnens hellingsvinkel; jo brattere fjellet er, desto mindre areal er dekket av tang og tare. Dessuten reduseres algebeltet innover i fjordene, og algene kan mangle helt i de innerste områdene. Masseutsetting av torsk eller annen fisk i områder der fisken ikke finner skjul fører som regel bare til gode forhold for lyr og annen rovfisk. Vegetasjonen bedrer torskens overlevelse, men tilgangen på mat er kritisk for overlevelsen, og bestemmer også hvor fort torsken vokser seg til fiskbar størrelse. Vi har beregnet at dersom småtorsken skulle basere sin vekst på den maten som produseres i tangbeltet der den lever, kunne Masfjorden fø omtrent 1000 0-gruppe torsk. En normal årsklassestyrke i fjorden er imidlertid 10 - 100 ganger større, og dette viser betydningen av tilført (advektert) mat i forhold til den lokalt produserte. Kutlingene som torsken spiser, baserer sin vekst på dyreplankton som tilføres tangbeltet utenfra. Torskeproduksjonsmodellen for Masfjorden har vist at en av de viktigste faktorene for bæreevnen til 0-gruppe torsk er vannutskiftningsraten mellom tangbeltet og de åpne vannmassene utenfor. Denne raten avhenger igjen av utvekslingen mellom fjorden og kystvannet utenfor. Også når det gjelder vekstmuligheter forventer vi derfor en avtakende gradient fra øyer og åpne kystfarvann mot fjordbunnene. Dette er også tidligere påvist av DANNEVIG (1954).

Torskeproduksjonsmodellen for Masfjorden er generell. Selv om tilstandsvariablene og parametrene er hentet fra Masfjorden, kan modellen tilpasses andre områder. Vi vil derfor gi noen generelle implikasjoner av våre resultater: 1) bæreevnen for 0-gruppe synes å være bestemt av tetthetsavhengig konkurranse og kannibalisme mellom grupper i økosystemet; 2) samme antall yngel satt ut i forskjellige år forventes å gi ulike produksjon avhengig av netto årlig inntransport av dyreplankton; 3) ulike områder forventes å ha forskjellig produksjonspotensiale avhengig av topografien i området. Forskjell i topografi kan uttrykkes ved ulike hellingsvinkler i strandsonen, noe som resulterer i forskjellig areal av torskehabitat i ulike områder. Forskjell i terskelareal/fjordvolum og fjordvolum/lengden av kystlinjen langs utsettingsområdet, vil

påvirke vannutskiftingsraten og således tilgjengelighet av dyreplankton som indirekte er funnet å regulere produksjonspotensialet for torsk.

Hvorvidt kulturbetinget fiske med torsk blir økonomisk lønnsomt, avhenger bl. a. av vekst og overlevelse på den utsatte yngelen. Disse to nøkkelfaktorene er igjen avhengig av en rekke biologiske faktorer som f. eks. mattilbudet, størrelsen på yngelen ved utsetting, mengden av predatorer og graden av kannibalisme. Fiskedødeligheten (f.eks. sportsfiske og rusefiske på småtorsk) kan også være betydelig.

Det beste for torsken er å få være i et habitat hvor den har god tilgang på mat, altså ikke for mange konkurrenter, og færrest mulig predatorer. Dette er faktorer som vi i prinsippet kan manipulere ved å velge forskjellige utsettingsstrategier. Hvis vi setter ut torsk år etter år på de samme stedene vil vi bygge opp en predatorbestand og sannsynligvis vil mye av de neste utsettingene "gå tapt" i den torsken som tidligere ble satt ut. I tillegg blir de fleste typer av byttedyr utsatt for et høyt og konstant beitepress. Dette kan virke skadelig over lengre tid. En utsettings-strategi som kan tenkes å bøte både på problemet med kannibalisme og beitepress, er å sette ut fisk i et område og så ikke sette ut mer fisk før den første utsettingen er høstet. På denne måten blir predatorbestanden redusert før ny utsetting skjer. Dessuten skifter torsken føde etter hvert som den vokser og et områdes byttedyr-populasjoner vil derfor få hvileår.

Det kan derfor tenkes å være gunstig å sette ut yngel på forskjellige steder påfølgende år, noe som vil ligne på det som i landbruket blir kalt vekselbruk. Noe av bakgrunnen for ønsket om å konstruere den modellen som er beskrevet i Kapittel 6.8 er tanken om å drive et vekselbruk i kulturbetinget fiske med torsk. Resultatene av simuleringene viste at det ikke ble stor forskjell på den prosentvise gevinsten av utsettingene om man satte ut hvert år, hvert annet år eller hvert tredje år på samme plassen. Utsetting hvert tredje år ga allikevel høyest utbytte pr. utsatt fisk. Denne forskjellen forsterket seg hvis man satte fiskedødelighet lik null og reduserte mengden predatorer i systemet. Dette skulle tyde på at det er fornuftigst å ikke sette ut yngel før forrige utsetting har vokst til optimal størrelse og er høstet.

Resultatene viste også at ved å redusere fiskedødelighet på små fisk i kombinasjon med å redusere antall predatorer i systemet kan man oppnå en økning i utbyttet. Ved å redusere fiske-dødeligheten på små torsk kan gevinsten sannsynligvis bli større enn det som er beregnet her. Resultater fra Austevoll viser at det fisket som foregår er sterkt størrelsesbetinget, og at den individuelle veksten er betydelig større enn den observerte populasjonsveksten (SVÅSAND pers. med.). Dersom fisken vokser bra og har en moderat dødelighet vil det lønne seg å vente lenger med oppfisking enn om fisken hadde en lavere vekstrate med samme dødelighetsmønster.

8. UTSETTINGENES VIRKNING PÅ ØKOSYSTEMET

8.1 EFFEKTEN PÅ VILL TORSK, SYPIKE OG LYR

Vill torsk, sypike og lyr er de viktigste predatorerne og konkurrentene til den utsatte torsken. Derfor ble populasjonsutviklingen, kondisjonsfaktoren og leverindeksen på disse artene fulgt både før og etter utsettingene. Storutsettingen i Masfjorden i august 1988 førte til signifikant større fangst pr. enhet innsats av juvenil torsk av 1988-årsklassen i Masfjorden sammenlignet med i kontrollområdet utenfor Masfjorden. Dette gjelder fra utsetting og frem til og med en alder av 4. kvartal, eller til og med 1. kvartal i 1989. Storutsettingen september 1989 medførte tilsvarende økte fangster pr. enhet innsats frem til en alder av 5 kvartal, eller til og med 2. kvartal 1990. Eventuelle effekter av utsettingene på vill torsk og andre arter forventes derfor å være størst i perioden fra august 3. kvartal 1988 til og med 1. kvartal 1989 og fra 4. kvartal 1989 til og med 2. kvartal 1990.

Storutsettingene har trolig ført til noe redusert vekst, kondisjonsfaktor og leverindeks til torsk, lyr og sypike. Imidlertid er effekten svak, og i de fleste tilfeller ikke signifikant. Sett i forhold til de store naturlige variasjonene fra periode til periode, vil vi karakterisere effektene av utsettingene som små. Utsatt torsk ble i stor grad predatert og etter 1/2 til 3/4 år etter utsetting var tettheten av torsk i Masfjorden omtrent som i kontrollområdet. Bedre overlevelse av utsatt torsk og lengre perioder med tetthetsforskjeller mellom områdene, ville trolig resultert i større forskjeller for torsk, lyr og sypike i Masfjorden og i kontrollområdet.

8.2 EFFEKTEN PÅ BYTTEDYR

For å følge eventuelle påvirkninger av utsettingene på torskens næringsgrunnlag ble en av de kvantifiserbare viktige byttedyrene, tangkutlingene, fulgt før og etter utsettingene. I utgangspunktet kan man tenke seg at noen av torskens byttedyr kan være utsatt for skadelig påvirkning hvis man øker beitepresset flere år på rad ved å sette ut torsk. Av populasjonsutviklingen for tangkutling i årene 1986-91 kan vi ikke se tegn til at utsettingene har påvirket mengden på noen måte. I Masfjorden blir tangkutlingen høyst 1.5 år og populasjonen blir kraftig desimert hvert år. Men det ser ut som arten har et høyt nok reproduksjonspotensiale til å komme igjen hvert år og respondere med høy gytesuksess hvis miljøforholdene blir gode. Dette kan tyde på at arten har nok gjemmesteder slik at en fullstendig nedbeiting unngås. Utsettingene ser derfor ikke ut til å representere noen fare for populasjonen i fjorden.

Leppefiskene er også føde for stor torsk. Leppefisk varierer i antall noenlunde likt med tangkutlingene. Gjennomsnittsvekten på leppefiskene har en betenkelig utvikling ved at den viser en jevn nedgang i perioden, dette gjelder spesielt bergnebb som er den minste og mest

tallrike av leppefiskene. Utviklingen kan tenkes å ha sammenheng med et øket beitepress som etterhvert fører til at store individer forsvinner (gjennomsnittsvekten går ned), mens antallet fluktuerer og er avhengig av gytesuksessen i de forskjellige årene. Leppefiskene er flerårige og kan således være mer utsatt for nedbeiting enn tangkutlingene.

9. KAN PRODUKSJONEN AV TORSK I MASFJORDEN ØKES VED UTSETTING?

Målsettingene for Masfjordprosjektet har blant annet vært å finne ut hva som regulerer torskeproduksjonen i en fjord, og å finne ut om Masfjorden har ledige ressurser til et kulturbetinget fiske. Her vil vi belyse Masfjordens potensiale.

Rekruttering og årsklassestyrke til enkelte marine fiskearter varierer sterkt (BERGSTAD *et al.* 1987). Litteraturen om emnet er omfattende og hypotesene tallrike (ANDERSON 1988). De fleste forfatterne er imidlertid enige om at årsklassestyrken blir bestemt relativt tidlig i livssyklusen. For torskefisk vil det si innen ca. 3-5 måneder etter klekking. Forsøkene med utsetting av torsk tok utgangspunkt i dette. Tanken var at torsk skulle klekkes og føres under kontrollerte betingelser med mye mat og få fiender. På denne måten kunne store mengder småtorsk hjelpes over den kritiske perioden med stor dødelighet. Torskene skulle så settes ut i sjøen med en størrelse der den naturlige dødeligheten var redusert og årsklassestyrken i stor grad allerede bestemt. Disse torskene skulle så vokse opp og rekruttere til det kommersielle fisket i tillegg til villtorsken. På denne måten tenkte man seg å øke den lokale produksjonen.

I Masfjorden økte vi antallet torsk i de første kvartalene etter utsetting (sammenlignet med kontrollområdet). Imidlertid var dødeligheten høyere i utsettingsområdet enn i kontrollområdet. Dette gjelder i alle fall på 1-gruppe stadiet, og trolig også på 0-gruppe stadiet. Da torskene ble 2 år og rekrutterte til det kommersielle fisket i fjorden, var tettheten av torsk i utsettingsområdet ikke målbart større enn i kontroll-området. Utsetting av 0-gruppe torsk i 1988-1990 har altså ikke økt fangstene av 2-gruppe torsk i Masfjorden. De faktorene som bestemmer styrken på en årsklasse er på 1-gruppe stadiet fremdeles sterke nok til å redusere en sterk årsklasse til en svak årsklasse.

Årsakene til øket dødelighet etter storutsettingene kan være flere. Små individer av en art har generelt mange fiender og har større dødelighet enn store individer, forutsatt at andre faktorer er like. Resultatene fra Masfjorden viser at torsk satt ut ved relativt stor størrelse hadde størst gjenfangstprosent. Tilgang på mat er en av de viktigste faktorer for vekst, og vi satte ut torsk i år med forskjellig mattilbud. Torsk satt ut i en periode med god mattilgang, vokste fortest og hadde høyest gjenfangstprosent. Tilgang på føde synes derfor å være en av de avgjørende faktorene for om en utsetting av torsk vil føre til øket produksjon.

Vi har også beregnet hvor mye småtorsk som kunne livnære seg på produksjonen av tangkutlinger. Konklusjonen ble at kutlingene ikke representerte en ressurs som i de undersøkte år har kunnet være en potensiell fødekilde for en øket produksjon av torsk. I vurderingene ble også tatt med at torsken spiser annen føde og at torsken antallsmessig utgjør

5-15 %, eller 45-50 % i biomasse, av sine konkurrenter i Masfjorden. KAARTVEDT *et al.* (1988) utførte også et regnestykke hvor de kom til samme konklusjon hvis krill og reker ble regnet inn i fødepotensialet i fjorden. Vi har også foretatt dynamiske simuleringer av bæreevnen med pelagiske organismer som en del av føden. Disse simuleringene estimerte en potensiell fordobling av torskeproduksjonen hvis torsken også nyttiggjorde seg de pelagiske ressursene. Det må bemerkes at torsken ikke spiser disse dyrene i fjorden, selv når det ser ut til å være dårlig vekst og overlevelse på grunn av lite mat.

Hvordan stemmer disse beregningene med erfaringene vi hittil har fra utsettingene? Resultatene fra noen små utsettinger viser at for hver utsatt fisk har vi fått tilbake mellom 10 og 60 g våtvekt (se Tabell 3). Beregnet som antall kg tilbake for hver kg satt ut, ser vi at det varierer mellom 0.19 og 0.83. Det betyr at vi har fått mindre igjen enn vi satte ut. Gjenfangstprosenten fra storutsettingene har vi foreløpig ikke estimert, men vi regner med at den blir dårligere enn for de små utsettingene bl.a. fordi fisken som ble satt ut var mindre. Vi har vist at det er en positiv sammenheng mellom størrelsen ved utsetting og gjenfangstprosenten. Man kan ikke bare stole på gjenfangstprosenten for å vurdere resultatet av utsettingene da denne kan være avhengig av fiskeinnsatsen. Men utviklingen av torskebestanden som viser en høy dødelighet på både vill og utsatt torsk støtter konklusjonen ovenfor (se Figur 7).

Svaret på spørsmålet i kapitteloverskriften synes derfor klart når det gjelder Masfjorden: vi har ikke øket torskeproduksjonen i noen særlig grad i Masfjorden ved å sette ut yngel. Gjenfangstene er så lave at det ikke har noen hensikt å regne på lønnsomheten.

Til sammenligning kan vi se på resultatene fra utsettingene av 0- og 1-gruppe torsk i Austevoll ledet av Terje Svåsand, Havforskningsinstituttet. I årene 1983-87 ble det i alt satt ut 40 370 yngel. Av disse ble 19.4 % gjenfanget (korrigert med en faktor på 1.23 for 10 % merketap og 90 % rapportering av fangster med merke (SVÅSAND og KRISTANSEN 1990a)). Middelvekt ved gjenfangst var 0.733 kg og utbytte pr. utsatt torsk var 0.142 kg (Svåsand pers. med.). Selv om dette ga et biologisk overskudd har SANDBERG (1988) regnet ut at et kulturbetinget fiske basert på slike gjenfangster og eksisterende fiskemønster ikke vil bære seg økonomisk.

I Austevoll ble gjenfangsten markert bedre enn i Masfjorden og dette gjelder både i Heimarkspollen og i områdene utenfor. Torskens vekst i Heimarkspollen er omtrent den samme som i Masfjorden, mens veksten i området utenfor pollen er signifikant høyere (KRISTIANSEN 1987). Det er derfor grunn til å undersøke hvilke økologiske forhold i de forskjellige habitatene som er årsaken til dette. Det kan også tenkes at det er topografiske trekk ved habitatene som også er med på å bestemme gjenfangstprosenten, altså at det ikke er like lett å fange fisken i forskjellige habitater. Dette kan være en av årsakene til at det er lavere gjenfangst i kontrollområdet utenfor Masfjorden enn inne i fjorden. Øygarden som er et åpent

habitat har også en lavere gjenfangstprosent enn Masfjorden. Neste skritt blir å diskutere om man kan finne habitater langs kysten som potensielt er gunstigere enn de undersøkte habitatene i Austevoll og Masfjorden.

I Masfjorden ser det ut til at potensialet for å drive et økonomisk lønnsomt kulturbetinget fiske med torsk ikke er til stede, blant annet fordi bæreevnen er for lav. Vi har imidlertid fått mye informasjon om hvilke kriterier som kjennetegner et godt torskehabitat på Vestlandet og hvordan man bør sette ut yngelen. Vi har summert erfaringene i følgende punkter:

1. Hvor bør man sette ut torsk:

- a. på lokaliteter som har god utskiftning av vannet og dermed rik tilførsel av dyreplankton. Hvis områdene også er kjent for å ha innsig av brisling og ungsild kan dette være meget gunstig i år med mye av disse artene
- b. i områder som har mye gruntvannsareal

2. Hvordan bør man sette ut og forvalte torsken:

- a. det sikreste ser ut til å være at man veksler på lokalitetene slik at man ikke setter ut hvert år på samme sted
- b. man bør absolutt sørge for at fiskemønsteret blir anderledes enn nå. Fisk under den ønskelige størrelsen bør ikke fiskes
- c. teknisk sett fungerer utsettingsmetoden som er utviklet meget bra

10. REFERANSER

- AKSNES, D.L., J. AURE, S. KAARTVEDT, T. MAGNESEN og J. RICHARD 1989. Significance of advection for the carrying capacities of fjord populations. - *Marine Ecology Progress Series* 50:263-274.
- ANDERSON, J.T. 1988. A review of size dependent survival during pre-recruit stages of fishes in relation to recruitment. - *J. Northw. Atl. Fish. Sci.* 8:55-66.
- AURE, J. 1978. Kan varmtvannet i "vannregulerte" fjorder utnyttes i oppdrettsammenheng? - *Norsk Fiskeoppdrett* nr. 5, 1978.
- DAHL, K. 1906. Undersøgelser over nytten av torskeudklækning i østlandske fjorde. Betenkning. - *Årsberetn. Norg. Fisk.* 1:3-97.
- BERGSTAD, O.A., T. JØRGENSEN og O. DRAGESUND 1987. Life history and ecology of the Gadoid resources of the Barents Sea. - *Fisheries Research* 5:119-161.
- DANNEVIG, A. 1954. The littoral cod of the Norwegian Skagerak coast. - *Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer* 136:7-14.
- FJELDSTAD, S. 1991. *Benthiske alger og dyr i Masfjorden*. - Hovedfagsoppgave, Institutt for fiskeri- og marinbiologi, Universitetet i Bergen. 103 pp.
- FOSSÅ, J.H. 1989. A drop-net method for sampling *Gobiusculus flavescens* (FABRICIUS) and other fishes on hard and mixed bottoms with algal cover. - *Sarsia* 74:107-113.
- " 1991. The ecology of the two-spot goby (*Gobiusculus flavescens* Fabricius): the potential for cod enhancement. - *ICES Marine Science Symposia* 192:147-155.
- FOSSÅ, J.H. og J.T. NORDEIDE 1991. Utsettings-strategi og forvaltning av utsatt torsk. En preliminær modellstudie. - *IFM rapport* nr. 23, 1991. 18 pp.
- FOSSÅ, J.H., J.T. NORDEIDE, A.G.V. SALVANES, A. BORGE og S. FJELDSTAD 1989. Utsetting av torsk i Masfjorden. Status juni 1989, Havforskningsinstituttet. 44 pp.
- GISKE, J., D.L. AKSNES, U. LIE og S.M. WAKILI 1991. Computer simulation of pelagic production in Masfjorden, western Norway, and its consequences for production of released 0-group cod. - *ICES Marine Science Symposia* 192:161-175.
- GJØSÆTER, J. 1986. Utsetting av torskeyngel. Naturgrunnlag og mulige virkninger. - *Flødevigen meldinger* nr. 3, 1986.
- HYLEN, A. 1964. Kysttorsk merkinger. - *Fiskets Gang* 50:773-774.
- JAKOBSEN, T. 1987. Coastal cod in northern Norway. - *Fisheries Research* 5:223-234.
- JØRSTAD, K.E., V. ØIESTAD, O.I. PAULSEN, K. NAAS og Ø. SKAALA 1987. A genetic marker for artificially reared cod (*Gadus morhua* L.). - *ICES CM* 1987/F: 22. 10 pp.
- KEATS, D.W., D.H. STEEL og G.R. SOUTH 1987. The role of fleshy macroalgae in the ecology of juvenile cod (*Gadus morhua* L.) in offshore waters off eastern Newfoundland. - *Canadian Journal of Zoology* 65:49-53.

- KRISTIANSEN, T. 1987. *Vekst og ernæring til utsatt oppdrettet torskeyngel og vill torsk (Gadus morhua L.) i Heimarkspollen, Austevoll.* - Hovedfagsoppgave, Institutt for fiskeribiologi, Universitetet i Bergen. 134 pp.
- KRISTIANSEN, T.S. og T. SVÅSAND 1990. Enhancement studies of coastal cod in western Norway. Part III. Interrelationships between reared and indigenous cod in a nearly land-locked fjord. - *J. Cons. int. Explor. Mer* 47:23-29.
- KRISTIANSEN, T.S. og T. SVÅSAND 1992. Comparative analysis of stomach contents of cultured and wild cod, *Gadus morhua* L. - *Aquaculture and Fisheries Management* 23:661-668.
- KAARTVEDT, S., D.L. AKSNES og A. AADNESEN 1988. Winter distribution of macroplankton and micronekton in Masfjorden, western Norway. - *Marine Ecology Progress Series* 45:45-55.
- LØVERSEN, R. 1946. Torskens vekst og vandring på Sørlandet. - *Fiskeridirektoratets Skrifter Serie Havundersøkelser* 8:1-27.
- MATTHEWS, J.B.L. og B.R. HEIMDAL 1980. Pelagic productivity and food chains in fjord systems. - Pp. 377-398 i: FREELAND, H.J., D.M. FARMER og C.D. LEVING, (eds). *Fjord oceanography*. Plenum Press, New York.
- NORDEIDE, J.T. og J.H. FOSSÅ 1992. Diet overlap between two subsequent year-classes of juvenile coastal cod (*Gadus morhua* L.) and wild and reared cod. - *Sarsia* 77:111-117.
- NORDEIDE, J.T., J.C. HOLM, H. OTTERÅ, G. BLOM og A. BORGE 1992. The use of oxytetracycline as a marker for juvenile cod (*Gadus morhua* L.). - *Journal of Fish Biology* 41:21-30.
- NORDEIDE, J.T. og A.G.V. SALVANES 1988. The migration of coastal cod (*Gadus morhua* L.) tagged in a fjord of western Norway. - ICES CM 1988/G:5. 16 pp.
- " 1991. Observations on reared newly released and wild cod (*Gadus morhua* L.) and their potential predators. - *ICES Marine Science Symposia* 192:139-146.
- NORDEIDE, J.T. og T. SVÅSAND 1990. The behaviour of wild and reared juvenile cod, *Gadus morhua* L., towards a potential predator. - *Aquaculture and Fisheries Management* 21:317-325.
- PETERMAN, R.M. 1991. Density dependent marine processes in salmonids of the north pacific ocean: lessons from experimental design of large-scale manipulations of fish stocks. - *ICES Marine Science Symposia* 192:69-77.
- PITCHER, T.J. og P.J.B. HART 1982. *Fisheries Ecology*. - Croom Helm, London. 414 pp.
- RICKER, W.E. 1958. Handbook of computation for biological statistics of fish populations. - *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada* 119:300 pp.
- RICKER, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. - *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada* 191:1-382.
- SALVANES, A.G.V. 1986. Preliminary report from a study of species composition, size composition and distribution of the fish in a fjord of western Norway based on a

- regularly conducted experimental fishery and catch statistics during one year. - *Coun. Meet. int. Coun. Explor. Sea* (G:71) (Mimeo).
- " 1991. The selectivity for cod (*Gadus morhua* L.) in two experimental trammel-nets and one gillnet. - *Fisheries Research* 10:265-285.
- SALVANES, A.G.V, D.L. AKSNES og J. GISKE 1992. Ecosystem model for evaluating potential cod production in a west Norwegian fjord. - *Marine Ecology Progress Series* 90:9-22.
- SALVANES, A.G.V, J.H. FOSSÅ og J.T. NORDEIDE 1991. The fish fauna in a west Norwegian fjord: distributional patterns and trophic relations. - Pp. 107-190 i: SALVANES, A.G.V. *Structure and dynamics of the cod population and trophic interactions in Masfjorden: A contribution to a largescale cod enhancement experiment*. Dr. scient. thesis, University of Bergen.
- SALVANES, A.G.V, og Ø. ULLTANG 1992. Population parameters, migration and exploitation of the cod (*Gadus morhua* L.) in Masfjorden, western Norway. - *Fisheries Research* 15:253-289.
- SANDBERG, P. 1988. *Kulturbetinget fiske etter kysttorsk - optimal fangstalder og samfunnsøkonomisk lønnsomhet*. - Hovedfagsoppgave i økonomi, Universitetet i Bergen, Bergen. 76 pp.
- SOLEMDAL, P., E. DAHL, D.S. DANIELSSEN og E. MOKSNESS 1984. The cod hatchery in Flødevigen - Background and realities. - Pp. 17-45 i: DAHL, E., D.S. DANIELSSEN, E. MOKSNESS og P. SOLEMDAL (eds). *The propagation of cod Gadus morhua L.* Flødevigen rapportserie nr. 1 1984.
- SVÅSAND, T. 1990. Comparisons of migration patterns of wild and recaptured reared coastal cod, *Gadus morhua* L., released in a small fjord in western Norway.- *Aquaculture and Fisheries Management* 21:491-495.
- " 1991. *Enhancement studies of coastal cod, Gadus morhua L. Recruitment, migration, and mortality*. - Dr. philos. thesis, Universitetet i Bergen, Bergen. 91 pp.
- SVÅSAND, T. og KRISTIANSEN, T.S. 1990a. Enhancement studies of coastal cod in western Norway. Part IV. Mortality of reared cod after release. - *J. Cons. int. Explor. Mer* 47:30-39.
- " 1990b. Enhancement studies of coastal cod in western Norway. Part II. Migration of reared coastal cod. - *J. Cons. int. Explor. Mer* 47:13-22.
- ULLTANG, Ø. 1984. The management of cod stocks with special reference to growth and recruitment overfishing and the question whether artificial propagation can help to solve management problems. - Pp. 795-817 i: DAHL, E., D.S. DANIELSSEN, E. MOKSNESS og P. SOLEMDAL (eds). *The propagation of cod Gadus morhua L.* Flødevigen rapportserie nr. 1 1984.

ØIESTAD, V., P.G. KVENSETH og A. FOLKVORD 1985. Mass production of Atlantic cod juveniles (*Gadus morhua* L.) in a Norwegian saltwater pond. - *Trans. Am. Fish. Soc.* 114:590-595.

11. PUBLIKASJONER FRA "TORSK I FJORD"

- FJELDSTAD, S. 1991. *Benthiske alger og dyr i Masfjorden*. - Hovedfagsoppgave, Institutt for fiskeri- og marinbiologi, Universitetet i Bergen. 103 pp.
- FOSSÅ, J.H. 1989. A drop-net method for sampling *Gobiusculus flavescens* (FABRICIUS) and other fishes on hard and mixed bottoms with algal cover. - *Sarsia* 74:107-113.
- " 1991. The ecology of the two-spot goby (*Gobiusculus flavescens* Fabricius): the potential for cod enhancement. - *ICES Marine Science Symposia* 192:147-155.
- FOSSÅ, J.H. og J.T. NORDEIDE 1991. Utsettings-strategi og forvaltning av utsatt torsk. En preliminær modellstudie. - *IFM rapport* nr. 23, 1991. 18 pp.
- FOSSÅ, J.H., J.T. NORDEIDE, A.G.V. SALVANES, A. BORGE og S. FJELDSTAD 1989. *Utsetting av torsk i Masfjorden. Status juni 1989*. 44 pp.
- GISKE, J., J.H. FOSSÅ, D.L. AKSNES og S. KAARTVEDT 1991. Økologi for kulturbetinget fiske. - *Fiskets Gang* nr. 4, 1991.
- MARTINUSSEN, M.B. 1991. *Fødebiologien til Gobiusculus flavescens (Fabricius), Pomatoschistus pictus (Malm), og Pomatoschistus minutus (Pallas) (Pisces: Gobiidae) i Masfjorden (vest Norge)*. - Hovedfagsoppgave, Institutt for fiskeri- og marinbiologi, Universitetet i Bergen. 134 pp.
- NORDEIDE, J.T. og J.H. FOSSÅ 1992. Diet overlap between two subsequent year-classes of juvenile coastal cod (*Gadus morhua* L.) and wild and reared cod. - *Sarsia* 77:111-117.
- NORDEIDE, J.T., J.C. HOLM, H. OTTERÅ, G. BLOM og A. BORGE 1992. The use of oxytetracycline as a marker for juvenile cod (*Gadus morhua* L.). - *Journal of Fish Biology* 41:21-30.
- NORDEIDE, J.T. og A.G.V. SALVANES 1988. The migration of coastal cod (*Gadus morhua* L.) tagged in a fjord of western Norway. - *ICES CM* 1988/G:5. 16 pp.
- " 1991. Observations on reared newly released and wild cod (*Gadus morhua* L.) and their potential predators. - *ICES Marine Science Symposia* 192:139-146.
- NORDEIDE, J.T. og T. SVÅSAND 1990. The behaviour of wild and reared juvenile cod, *Gadus morhua* L., towards a potential predator. - *Aquaculture and Fisheries Management* 21:317-325.
- SALVANES, A.G.V. 1986. Preliminary report from a study of species composition, size composition and distribution of the fish in a fjord of western Norway based on a regularly conducted experimental fishery and catch statistics during one year. - *Coun. Meet. int. Coun. Explor. Sea* (G:71) (Mimeo).
- " 1991. *Structure and dynamics of the cod population and trophic interactions in Masfjorden: A contribution to a largescale cod enhancement experiment*. - Dr. scient. thesis, University of Bergen. 140 pp.
- " 1991. The selectivity for cod (*Gadus morhua* L.) in two experimental trammel-nets and one gillnet. - *Fisheries Research* 10:265-285.

- SALVANES, A.G.V, D.L. AKSNES og J. GISKE 1992. Ecosystem model for evaluating potential cod production in a west Norwegian fjord. - *Marine Ecology Progress Series* 90:9-22.
- SALVANES, A.G.V, J.H. FOSSÅ og J.T. NORDEIDE 1991. The fish fauna in a west Norwegian fjord: distributional patterns and trophic relations. Pp. 107-190 i: SALVANES, A.G.V. *Structure and dynamics of the cod population and trophic interactions in Masfjorden: A contribution to a largescale cod enhancement experiment*. Dr. scient. thesis, University of Bergen.
- SALVANES, A.G.V, og Ø. ULLTANG 1992. Population parameters, migration and exploitation of the cod (*Gadus morhua* L.) in Masfjorden, western Norway. - *Fisheries Research* 15:253-289.
- SMEDSTAD, O.M. 1991. An introduction to the program: enhancement of cod in a fjord, Masfjorden (abstract). - *ICES Marine Science Symposia* 192:137-138.
- SMEDSTAD, O.M., J.H. FOSSÅ, E. LIED, J.T. NORDEIDE og A.G.V. SALVANES 1992. *Torsk i fjord, Masfjorden*. Sluttrapport til NFFR. Prosjekt I 701.244. - Senter for Marine Ressurser, Havforskningsinstituttet, Bergen. 18 s.

12. PUBLIKASJONER FRA DET UTVIDEDE MASFJORD-PROSJEKTET

- AKSNES, D.L., J. AURE, S. KAARTVEDT, T. MAGNESEN og J. RICHARD 1989. Significance of advection for the carrying capacities of fjord populations. - *Marine Ecology Progress Series* 50:263-274.
- AKSNES, D.L., og J. GISKE 1989. Fortran codes for MODMAS-0. A pelagic ecosystem model for Masfjorden, western Norway. - *IMB rapport* nr. 6, 1989. 27 pp.
- AKSNES, D.L., J. GISKE, U. LIE og S. WAKILI 1988. Model of norwegian fjords: a time dependent pelagic ecosystem model of Masfjorden. - *IBM Bergen Scientific Centre* 88/52. 24 pp.
- BALINO, B.M. 1989. *Winter distribution and migration of the sound scattering layers, zooplankton and micronekton in Masfjord, western Norway.* - Cand. scient. thesis, Department of Marine Biology, University of Bergen. 117 pp.
- GISKE, J., og D.L. AKSNES 1992. Ontogeny, season and trade-offs: vertical distribution of the mesopelagic fish *Maurolicus muelleri*. - *Sarsia* 77:253-261.
- GISKE, J., D.L. AKSNES, B.M. BALINO, S. KAARTVEDT, U. LIE, J.T. NORDEIDE, A.G.V. SALVANES, S.M. WAKILI og A. AADNESEN 1990. Vertical distribution and trophic interactions of zooplankton and fish in Masfjorden, Norway. - *Sarsia* 75:65-81.
- GISKE, J., D.L. AKSNES, U. LIE og S.M. WAKILI 1991. Computer simulation of pelagic production in Masfjorden, western Norway, and its consequences for production of released 0-group cod. - *ICES Marine Science Symposia* 192:161-175.
- KAARTVEDT, S. 1989. Retention of vertically migrating suprabenthic mysids in fjords. - *Marine Ecology Progress Series* 57:119-128.
- " 1989. Nocturnal swimming of gammaridean amphipod and cumacean crustaceans in Masfjorden, Norway. - *Sarsia* 74:187-193.
- " 1991. Plankton as potential prey in fjords.- *ICES Marine Science Symposia* 192:156-160.
- KAARTVEDT, S. , D.L. AKSNES og A. AADNESEN 1988. Winter distribution of macroplankton and micronekton in Masfjorden, western Norway. - *Marine Ecology Progress Series* 45:45-55.
- SALVANES, A.G.V. 1992. Fortran codes for MODMAS. A dynamic ecosystem model for evaluating potential production of coastal cod populations in western Norway. - *IFM rapport* nr. 22 1992. 33 pp.
- SALVANES, A.G.V, D.L. AKSNES og J. GISKE 1992. Ecosystem model for evaluating potential cod production in a west Norwegian fjord. - *Marine Ecology Progress Series* 90:9-22.
- UTNE, A.C.W. 1991. *Mat, risiko og skjul. En eksperimentell studie av fordeling hos tangkutling (Gobiusculus flavescens).* - Hovedfagsoppgave, Institutt for fiskeri- og marinbiologi, Universitetet i Bergen. 66 pp.

UTNE, A.C.W., D.L. AKSNES og J. GISKE. Food, predation risk and shelter: an experimental study on the distribution of adult *Gobiusculus flavescens*. - *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* (in press).