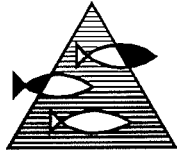


PROSJEKTRAPPORT

ISSN 0071-5638



HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

MILJØ - RESSURS - HAVBRUK

Nordnesparken 2 Postboks 1870 5024 Bergen

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

Forskningsstasjonen

Flødevigen

4817 His

Tlf.: 37 01 05 80

Fax: 37 01 05 15

Austevoll

Havbruksstasjon

5392 Storebø

Tlf.: 56 18 03 42

Fax: 56 18 03 98

Matre

Havbruksstasjon

5198 Matredal

Tlf.: 56 36 60 40

Fax: 56 36 61 43

Distribusjon:

ÅPEN

HI-prosjektnr.:

03.05.1

Oppdragsgiver(e):

Norges forskningsråd

Oppdragsgivers referanse:

104754/110

Rapport:

FISKEN OG HAVET

NR. 25 - 1995

Tittel:

VEKST OG OVERLEVELSE FOR LARVER OG YNGEL
AV ATLANTISKE TORSKEBESTANDER,
KOMPARATIVE STUDIER I POSESYSTEMER

Senter:

Havbruk

Seksjon:

Marine arter

Forfatter(e):

Terje van der Meeren

Antall sider, vedlegg inkl.:

19

Dato:

23.11.95

Sammendrag:

Torskelarver fra ulike bestander (skrei, kysttorsk fra Vestlandet og Balsfjordtorsk) ble drettet opp i 5,2m³ plastposer under like fysiske og ernæringmessige betingelser. Bruk av kysttorskklarver med en genetisk markør gjorde det mulig å drette opp larvene fra de ulike bestandene i en og samme pose. Posene var plassert i et sjøvannsbasseng som ble benyttet for produksjon av zooplankton. Copepodnauplier, copepoditter og copepoder ble samlet inn fra bassenget og føret larvene i henhold til en teoretisk energimodell. De ulike forsøkene ble avsluttet mellom dag 36 og 48 etter klekking. Antall, vekt og genetisk bestandstilhørighet ble bestemt.

Generelt ble god overlevelse og vekst observert i de 39 enkeltposene som forsøkene omfattet i løpet av prosjektet. Resultatene tyder på en bestandsavhengig forskjell i vekstevne under de gitte oppdrettsforhold. Vekstraten hos skreilarvene var signifikant lavere enn hos kysttorsk-larvene. Det ble ikke funnet et tilsvarende klart mønster for overlevelse. Vekst og overlevelse ble også undersøkt under forskjellige lysregimer som samsvarer med det skrei- og kysttorskklarver erfarer i naturen. Lysregime hadde ingen virkning på den observerte forskjellen i vekstrate, men bruk av en kunstig lyskilde (lysrør) i stedet for naturlig lys reduserte vekst og overlevelse uavhengig av bestandstilhørighet. Videre førte kunstig lys til at en del av skreilarve-populasjonen vokste langsommere, noe som gav en bimodal vektfordeling ved forsøksslutt.

Emneord - norsk:

1. Torskelarver
2. Vekst og overlevelse
3. Bestandssammenligning

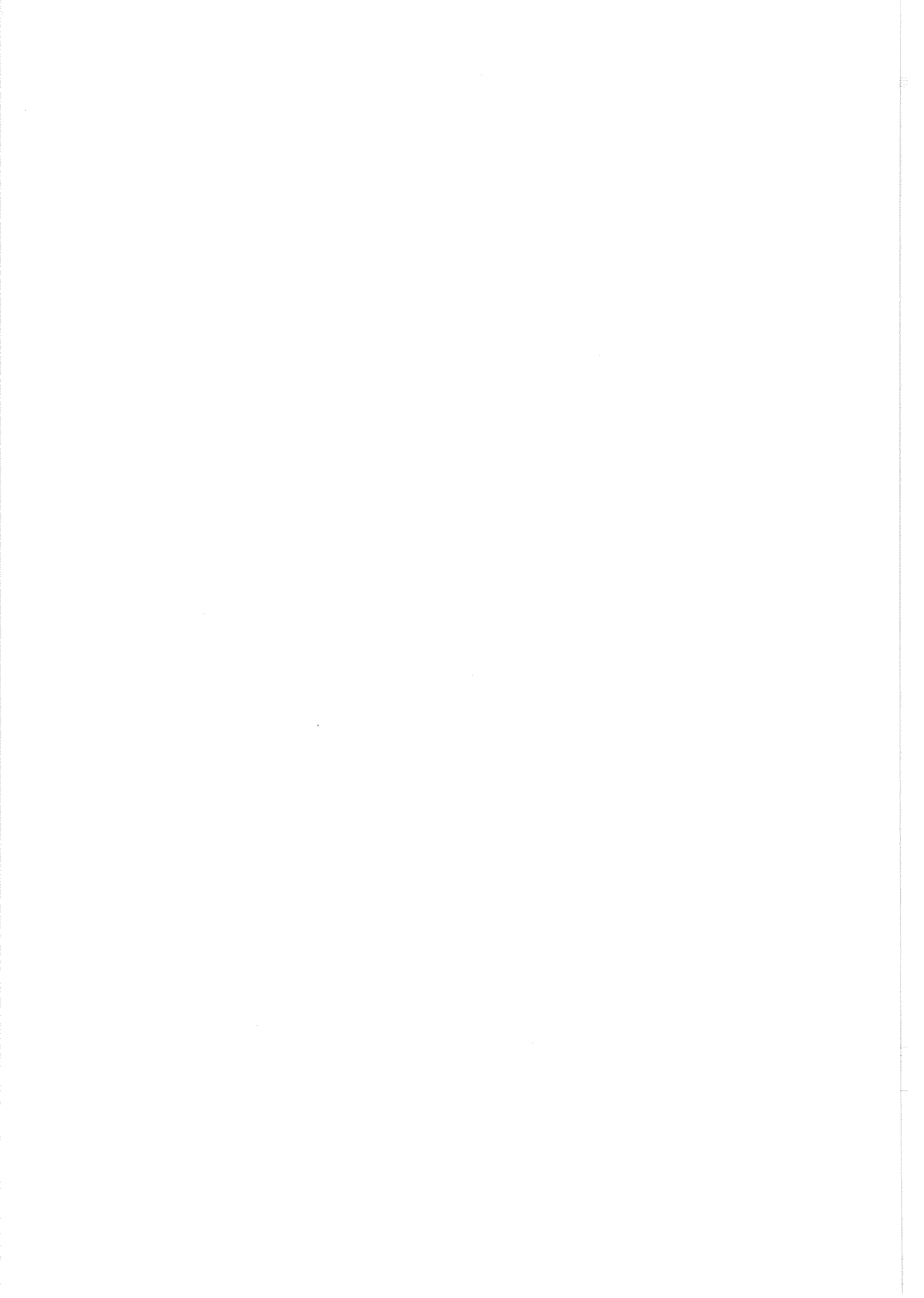
Emneord - engelsk:

1. Cod larvae
2. Growth and survival
3. Stock comparison

Terje van der Meeren
.....
Prosjektleder

[Signature]
.....
Seksjonsleder

R 4142



VEKST OG OVERLEVELSE FOR LARVER
OG YNGEL AV ATLANTISKE
TORSKEBESTANDER,
KOMPARATIVE STUDIER I POSESYSYSTEMER

Sluttrapport fra delprosjekt 1 av prosjektet
“Betydning av maternalstatus, gyting og klima
på rekruttering hos torsk”

Av
Terje van der Meeren

Havforskningsinstituttet
Austevoll havbruksstasjon
5392 Storebø

Tel: 56180342 Fax: 56180398 E-mail: Terje.van.der.Meeren@auste.imr.no

INNHOLD:

Sammendrag (Abstract)	3
Bakgrunn	4
Problemstillinger og mål	5
Metoder og gjennomføring	6
Resultater	10
<i>Temperatur</i>	10
<i>Fôringsregimer</i>	10
<i>Overlevelse</i>	10
<i>Vekst</i>	15
<i>Vekst i forhold til fôrtilgang</i>	15
Vurderinger og konklusjoner	16
Referanser	18
Formidling og publisering	19

Vekst og overlevelse for larver og yngel av atlantiske torskbestander, komparative studier i posesystemer.

SAMMENDRAG (ABSTRACT).

Torskelarver fra ulike bestander (skrei, kysttorsk fra Vestlandet og Balsfjordtorsk) ble drettet opp i 5,2m³ plastposer under like fysiske og ernæringmessige betingelser. Bruk av kysttorskklarver med en genetisk markør gjorde det mulig å drette opp larvene fra de ulike bestandene i en og samme pose. Posene var plassert i et sjøvannsbasseng som ble benyttet for produksjon av zooplankton. Copepodnauplier, copepoditter og copepoder ble samlet inn fra bassenget og føret larvene i henhold til en teoretisk energimodell. De ulike forsøkene ble avsluttet mellom dag 36 og 48 etter klekking. Antall, vekt og genetisk bestandstilhørighet ble bestemt.

Generelt ble god overlevelse og vekst observert i de 39 enkeltposene som forsøkene omfattet i løpet av prosjektet. Resultatene tyder på en bestandsavhengig forskjell i vekstevne under de gitte oppdrettsforhold. Vekstraten hos skreilarvene var signifikant lavere enn hos kysttorsk-larvene. Det ble ikke funnet et tilsvarende klart mønster for overlevelse. Vekst og overlevelse ble også undersøkt under forskjellige lysregimer som samsvarer med det skrei- og kysttorskklarver erfarer i naturen. Lysregime hadde ingen virkning på den observerte forskjellen i vekstrate, men bruk av en kunstig lyskilde (lysrør) i stedet for naturlig lys reduserte vekst og overlevelse uavhengig av bestandstilhørighet. Videre førte kunstig lys til at en del av skreilarvepopulasjonen vokste langsommere, noe som gav en bimodal vektfordeling ved forsøksslutt.

To evaluate genetic differences in survival and growth potential under similar environmental and feeding conditions, cod (*Gadus morhua* L.) larvae from different stocks (Northeast Arctic cod, coastal cod from western Norway, and Balsfjord cod) were reared in 5.2 m³ plastic bag enclosures. In the enclosures, genetically marked coastal cod larvae made it possible to rear larvae from the different stocks together in one enclosure. The enclosures were floating in a saltwater basin used for production of zooplankton. Nauplii, juveniles and adult stages of copepods were collected from the basin and fed to the larval groups according to a theoretical energy model. The different experiments were terminated between day 36 and 48 posthatch. Total numbers and individual larval weights were measured, and samples for stock identification by electrophoresis were taken.

In general, larval survival and growth were very high among the 39 single enclosures runned during the project. The results indicate stock-specific difference in growth capability under the given environmental conditions and feeding regimes. Growth rates for Northeast Arctic cod larvae were consistently lower than for coastal cod. No clear stock-specific difference in survival potential was evident. Growth and survival were also investigated under different light conditions, corresponding to the light regimes which the larvae from the two stocks experience in nature. Light regime did not affect the better growth capabilities showed by coastal cod, but use of an artificial light source (light bulbs) reduced both growth

and survival significantly. Furthermore, in the larval population of Northeast Arctic cod only, artificial light caused reduced growth rates, leading to a bimodal weight distribution at experiment termination.

BAKGRUNN.

Høsten 1989 etablerte Det internasjonale havforskningsrådet, ICES, en studiegruppe med mandat å klarlegge hvordan klimaendringer vil påvirke reproduksjon og vekst i de Atlantiske torskbestandene. I oktober 1990 presenterte gruppen (ICES Study Group on Cod Stock Fluctuations) sin rapport *Cod and Climate Change (CCC). Framework for the Study of Global Ocean Ecosystem Dynamics* (ANON., 1990). I rapporten ble det konkludert med at vår mulighet til å forstå og varsle klimaets innvirkning på svingningene i de atlantiske torskbestandene ligger i å forstå hvordan klimaet samlet påvirker systemet av torsken, dens byttedyr og fiender, med andre ord. hvordan klimaet påvirker det økosystemet som torsken er en del av.

Gruppen skisserte at en slik forståelse krever en bred tverrfaglig satsing hvor modellering må være en sentral virksomhet, både når det gjelder storskala modeller for klima og det fysiske miljøet. Det ble skissert en hierarki av modeller som grunnprinsipp for programmet. Som et integrert system vil dette gi oss muligheten til å øke vår innsikt i hvordan klimaet påvirker det økosystemet som torsken er en del av.

Imidlertid er torsken i de atlantiske farvannene sammensatt av ulike bestander som hver for seg kan tenkes å ha spesifikke egenskaper med hensyn til grunnleggende biologiske prosesser som vekst og dødelighet under de ulike, fysiske og biologiske forhold disse bestandene lever under. For å kunne modellere disse prosessene for torsk, og for å avklare i hvilken grad det er mulig å generalisere disse, er det viktig å gjennomføre *komparative studier mellom de ulike atlantiske torskbestandene*, særlig for de tidligste stadiene i fiskens liv når årsklassestyrken blir bestemt. Idag vet vi at det er betydelige forskjeller i vekst og dødelighet, både på yngelstadiet og de voksne stadiene, for de omlag tjuetalls atlantiske torskbestandene. Vi vet at ulike klimatiske forhold er en av årsakene til dette, men vi har ingen kunnskap om i hvilken grad ulikhetene er å finne i det genetiske materialet.

Dette og øvrige aspekter av *Cod and Climate Change Program* ble diskutert under ICES's årsmøte i København oktober 1990. Studiegruppen ble gitt mandat til å føre arbeidet videre i 1991 med å utarbeide en handlingsplan for programmet. Blant andre emner ble gruppen bedt om å planlegge komparative studier av larvers vekst og

overleving i norske feltstasjoner. (Fra mandatet: "*Plan comparative studies of the biological performance (e.g: growth) of cod under comparable environmental conditions, to be conducted in Norwegian experimental facilities.*" ANON. (1991)). Norge ble valgt fordi man innså at det er kun her vi gjennom vår kunnskap og teknologi har mulighet til å gjennomføre denne typen undersøkelser på de tidligste stadiene. Som et resultat av dette ble det på studiegruppens møte i Hamburg 16.-18. april 1991 presentert en generell handlingsplan for slike undersøkelser i Austevoll og Tromsø (BLOM, 1991). Gruppen anbefalte hovedtrekkene i denne planen. Undersøkelsen som beskrives her er den konkrete oppfølgingen av handlingsplanen.

PROBLEMSTILLINGER OG MÅL

“Det er betydelige forskjeller i vekst og dødelighet, både på yngelstadiet og de voksne stadiene, for de omlag tjuetalls atlantiske torskebestandene. Vi vet at ulike klimatiske forhold er en av årsakene til dette, men vi har ingen kunnskap om i hvilken grad ulikhetene er å finne i det genetiske materialet.”

Prosjektets opprinnelige *mål* var å undersøke *de ulike atlantiske torskebestanders* vekst og dødelighet under miljømessige like betingelser i den viktige fasen fra klekking til postlarvestadiet når årsklassestyrken blir etablert. I tillegg til miljømessige like betingelser skulle det legges vekt på å velge forsøksmateriale slik at eventuell maternal påvirkning hadde minst mulig effekt. På denne måten ville forskjeller i vekst og dødelighet kunne forklares ut fra en genetisk komponent. Resultatene vil danne grunnlag for forbedrede modeller for vekst og dødelighet i rekrutteringsfasen. Prosjektets opprinnelige mål er et delmål under Cod and Climate Change Program (CCC) som har den overordnede målsetting å undersøke hvordan klimaendringer og klimafluktuasjoner påvirker produksjonen av torsk i Nordatlanteren.

I 1992 ble det søkt om tilleggsbevilgning for å kunne innføre og drive forsøk med biologisk materiale fra de ulike utenlandske atlantiske torskebestandene, innenfor rammene av *ICES Code of Practice* for overføring av levende materiale over landegrensene. For å oppfylle *ICES Code of Practice* ble det søkt om karantene- og vannbehandlingsfasiliteter. Søknaden gikk imidlertid ikke igjennom, og prosjektet måtte konsentrere seg om å kun benytte egg og larver fra norske torskebestander.

METODER OG GJENNOMFØRING

Forsøksmetodene er detaljert beskrevet i VAN DER MEEREN *et al.* (1994). Det ble ialt utført 5 forsøk fordelt over hele prosjektperioden (Forsøk A-E, Tab. 1). I alle forsøkene ble vekst og overlevelse sammenlignet mellom skreilarver og kysttorsk-larver fra Vestlandet. I 1992 ble to grupper kysttorsk-larver benyttet: med og uten genetisk merke. I 1993 og 1994 ble kun kysttorsk-larver med genetisk merke brukt.

Tabell 1. Oppstartingsdato, antall, alder, opprinnelse og bestandstilhørighet for torsk-larver satt ut i poser i alle forsøkene innenfor prosjektet. Tall i parentes angir alder som dager etter 100% klekking ved overføring til posene. Sluttalder er dager etter klekking når forsøket ble avsluttet. Bestandstilhørighet: S = Skrei; Ky = Kysttorsk; KyG = Kysttorsk med genetisk makør; B = Balsfjordtorsk.

Table 1. Start of experiment, larval numbers, age, and stock origin for cod larvae used in all the experiments. Number in brackets is age (days after 100% hatch) transfer to the rearing enclosures. "Sluttalder" is age posthatch at experiment termination. Stock origin: S = Northeast Arctic cod; Ky = Coastal cod; KyG = Coastal cod with a genetic marker; B = Balsfjordcod.

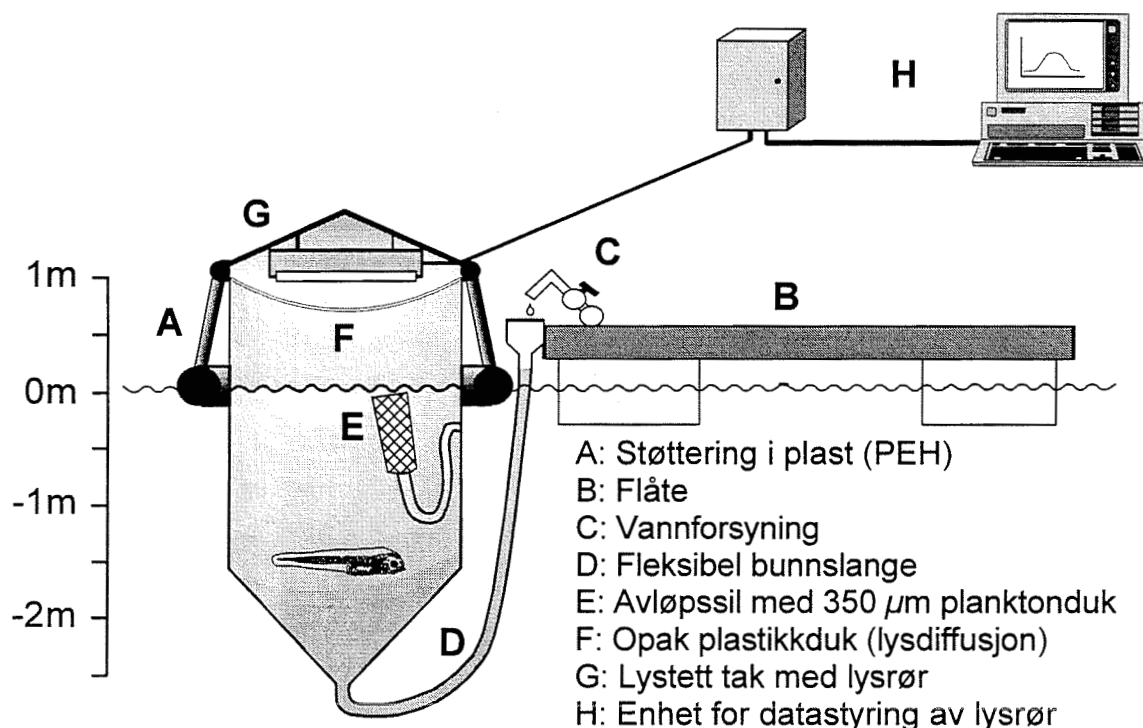
Posenr.	Dato	Lysregime								Sluttalder (dager)	
		Naturlig lys (60°N)				Kunstig lys (70°N)		Kunstig lys (60°N)			
		S	Ky	KyG	B	S	KyG	S	KyG		
1992:											
<i>FORSØK A:</i>											
1 - 6	10 april	500 (1)**		500 (3)*							46
7 - 12	10 april		500 (1)**	500 (3)*							46
1993:											
<i>FORSØK B:</i>											
1 - 6	24 mars	400 (1)*		400 (1)*							48
<i>FORSØK C:</i>											
7 - 9	7 april	400 (3)*		400 (3)*							36
1994:											
<i>FORSØK D:</i>											
1 - 5	15 april	400 (2)*		400 (2)*							36
6 - 10	15 april					400 (2)*	400 (2)*				36
11 - 14	15 april							400 (2)*	400 (2)*		36
C	15 april	300 (2)*		300 (2)*	300 (2)*						43
<i>FORSØK E:</i>											
A, B, D	21 april	300 (3)*		300 (3)*	300 (3)*						38

* Larver fra naturlig gyting med mange hunfisk (replikater fra samfengt materiale)

** Larver fra stryking av enkeltfisk (familie grupper)

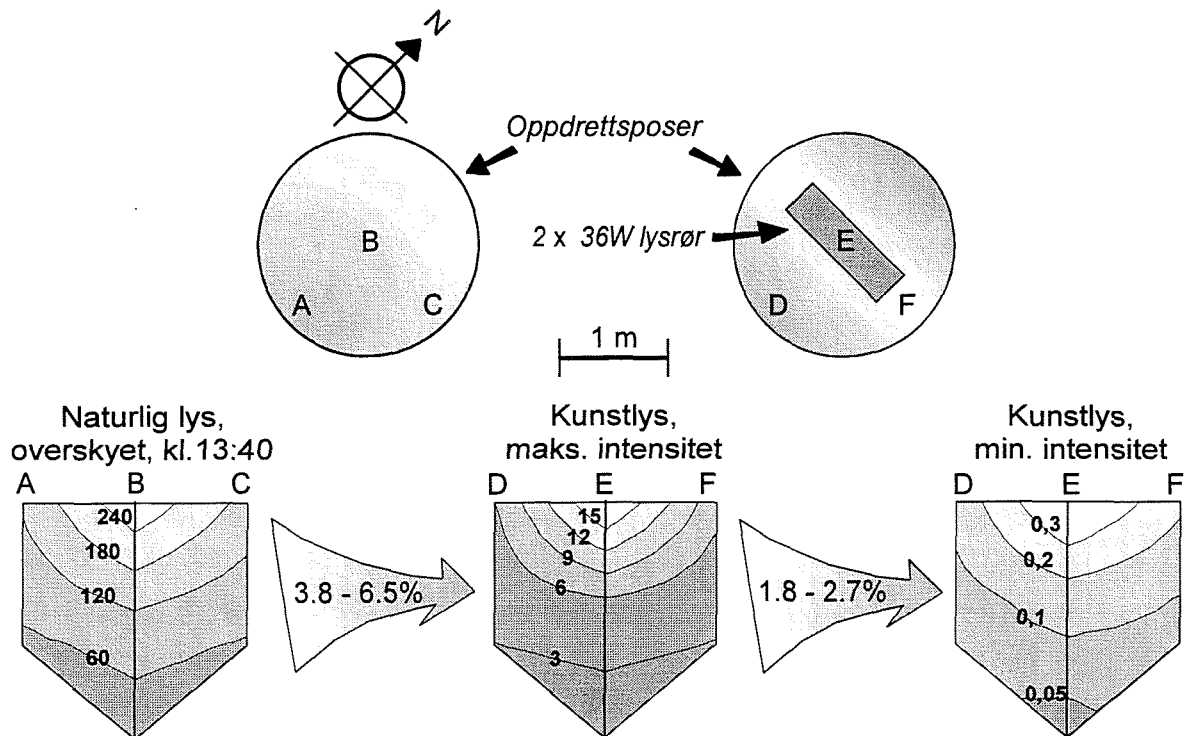
I 1994 ble også larver fra Balsfjordtorsk inkludert i forsøkene. *Bruk av genetisk karakterisering gjorde det mulig å skille larver fra Balsfjord, skrei og kysttorsk drettet opp i en og samme oppdrettsenhet. Sammenligningen mellom de ulike stammene foregikk derfor under like forhold.* De fleste forsøkene ble utført med 3 til 6 paralleller.

Forsøkene ble gjennomført i svarte PVC-poser (5,2m³) som var plassert i et sjøvannsbasseng (Svartatjern, 20.000 m³). Figur 1 viser posesystemet slik det var satt opp i forsøk D, mens posene for de andre forsøkene var uten tak og lysstyringssystem. Tilgang på naturlige byttedyr for torskelarvene ble sikret gjennom gjødsling av bassenget da dette gir en høy og vedvarende produksjon av plankton (NAAS *et al.*, 1991). Et hjulfilter montert sentralt på en flåterigg i bassenget ble benyttet til innsamling av fôrorganismer. I hver pose ble det satt ut 800-900 larver (0,15-0,17 larver pr. liter) på dag 1 til 2 etter klekking. Kontrollgrupper ble satt opp for å vurdere telling, håndtering, og overføring av larvene. Posene ble tilført byttedyr i størrelsesorden 50-100 nauplier pr. liter samme dag som larvene ble overført.



Figur 1. Posesystem for oppdrett av marine fiskelarver. Figuren viser oppsettet for pose 1-14 i Forsøk D. I de andre forsøkene var lysystem og posetak fjernet.

Figure 1. Enclosure system for rearing of marine fish larvae. Figure shows setup for enclosure 1-14 of Experiment D. All other experiments were runned without the light system and plastic roof.



Figur 2. Lysintensitet (målt i μE) i posene ved ulike lysforhold. Minimum intensitet tilsvarer lysintensitet ved størst mulig grad av dimming før lysrøret slukker. Lysintensitet i prosent ved overgang fra et lysregime til et annet er angitt.

Figure 2. Light intensity (measured in μE) in the enclosures at different light conditions. Minimum intensity corresponds to the intensity at lowest light levels possible before the light bulb switches off. Residual light intensity between the light regimes is given in percent.

Den videre fôring i posene ble utført i henhold til fôrbehov regnet ut fra en teoretisk energimodell (VAN DER MEEREN, 1991). En spesifikk vekstrate på 15% pr. dag ble lagt til grunn for modellberegningene. Siden dødelighet ikke kunne estimeres underveis i forsøket ble 100% overlevelse lagt til grunn ved utregning av fôrbehovet. Total mengde fôr tilført var identisk i alle posene i henhold til larvenes alder. Forsøkene ble avsluttet innen tidsrommet 36 til 48 dager etter klekking (Tab. 1). Ingen annen prøvetaking enn hydrografi (temperatur, oksygen og saltholdighet) ble utført mellom start og slutt av forsøkene.

Utvelgelse av eggmateriale ble utført med tanke på eventuelle maternale effekter (KJESBU, 1989; VAN DER MEEREN *et al.*, 1994). Egg fra de ulike stammene som ble strøket ble benyttet hvis de var tatt fra morfisk i samme gytestadium (KJESBU *et al.*, 1990). Stamfiskbestander av skrei og Balsfjordtorsk ble også overført til Austevoll havbruksstasjon. Siden lysrytme styrer gytesyklus ble de ulike bestandene på denne måten synkronisert, og egg samlet inn ved naturlig gyting ble derfor antatt å komme fra

fisk i noenlunde samme gytestadium. Eggmateriale benyttet fra stryking og gyting er angitt i Tabell 1.

Resultater fra forsøkene i 1992 og 1993 førte til at lysregime ble inkludert som forsøksvariabel i 1994. Kun skrei og kysttorsk var inkludert i dette forsøket (Forsøk D, Tab. 1). Oppdrettsposene ble dekket med lystett plast, og lysrør (2*36W OSRAM 72, Biolux) kontrollert av et computersystem gav mulighet for å velge ulike lysregimer (Fig. 1). Dataprogrammet hadde muligheten til å dimme lyset slik at overgangene mellom lys og mørke ble myke. De valgte kunstlys-regimene (60°N i april og 70°N i mai) korresponderte med den naturlige lysrytmen som nyklekte larver av henholdsvis kysttorsk og skrei utsettes for. Forskjellen mellom lysregimene er at torskelarvene i mai ved 70°N har nok lys til å spise hele natten mens larvene i april ved 60°N har 7-8 timer totalt mørke uten mulighet for å spise. I tillegg ble det satt opp en poseserie med naturlig lys (60°N) som kontroll til kunstlys 60°N. Maksimal lysintensitet i posene med kunstig lys var betydelig lavere enn i posene med naturlig lys på en overskyet dag (Fig. 2), mens minimal lysintensitet i disse posene gav likevel nok lys ved bunnen til at torskelarvene kunne spise (ELLERTSEN *et al.*, 1980).

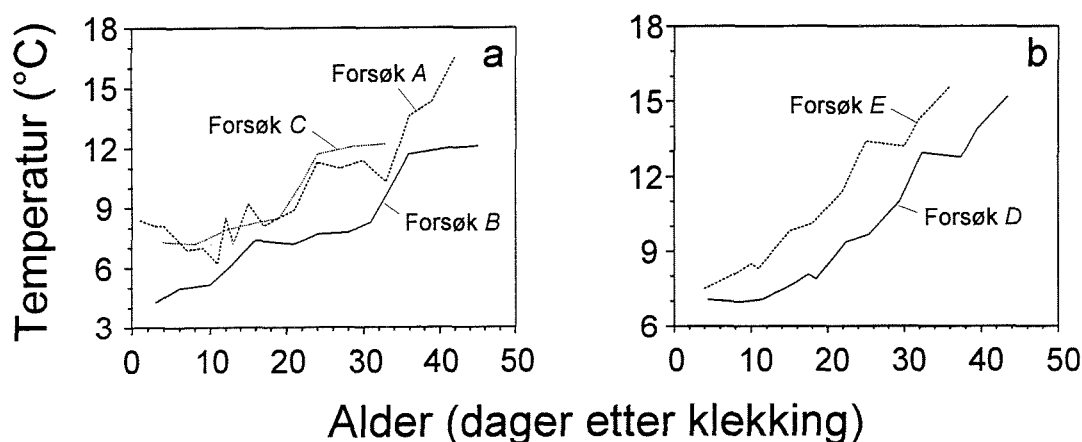
Larvenes vekstrate (SVR) i prosent vektøkning pr. dag ble beregnet fra den eksponensielle formelen $SVR = (e^g - 1)100\%$ hvor eksponenten g er gitt ved uttrykket $g = (\ln W_2 - \ln W_1) / (t_2 - t_1)$. Her er W_1 og W_2 vekt ved henholdsvis tidspunkt t_1 og t_2 (det vil si vekt ved begynnelsen og slutten av forsøket).

For å beregne fordelingen av SVR hos en larvepopulasjon i en pose ble det antatt at det kun var de minste larvene som døde (ROSENBERG og HAUGEN, 1982). SVR-fordelingen ble derfor beregnet fra kumulative vektfordelinger ved henholdsvis begynnelsen og slutten av forsøket, og hvor de minste larvene tilsvarende dødeligheten i forsøket var trukket fra vektfordelingen ved forsøksstart. Det ble videre antatt at larvene ikke endret sin plass i størrelsesrekken (ROSENBERG og HAUGEN 1982). SVR-fordelingen ble derfor beregnet som SVR for hver hele prosent av de kumulative vektfordelingene.

RESULTATER

Temperatur

Temperaturen i forsøkene kunne ikke kontrolleres da oppdrettsposene fløt i et stort utendørs basseng. Temperaturen var typisk 4-6°C ved forsøksstart (Fig. 3) og økte til mellom 12 og 16°C ved forsøksslutt.



Figur 3. Temperatur i forsøk A-E. a): 1992-93; b) 1994.

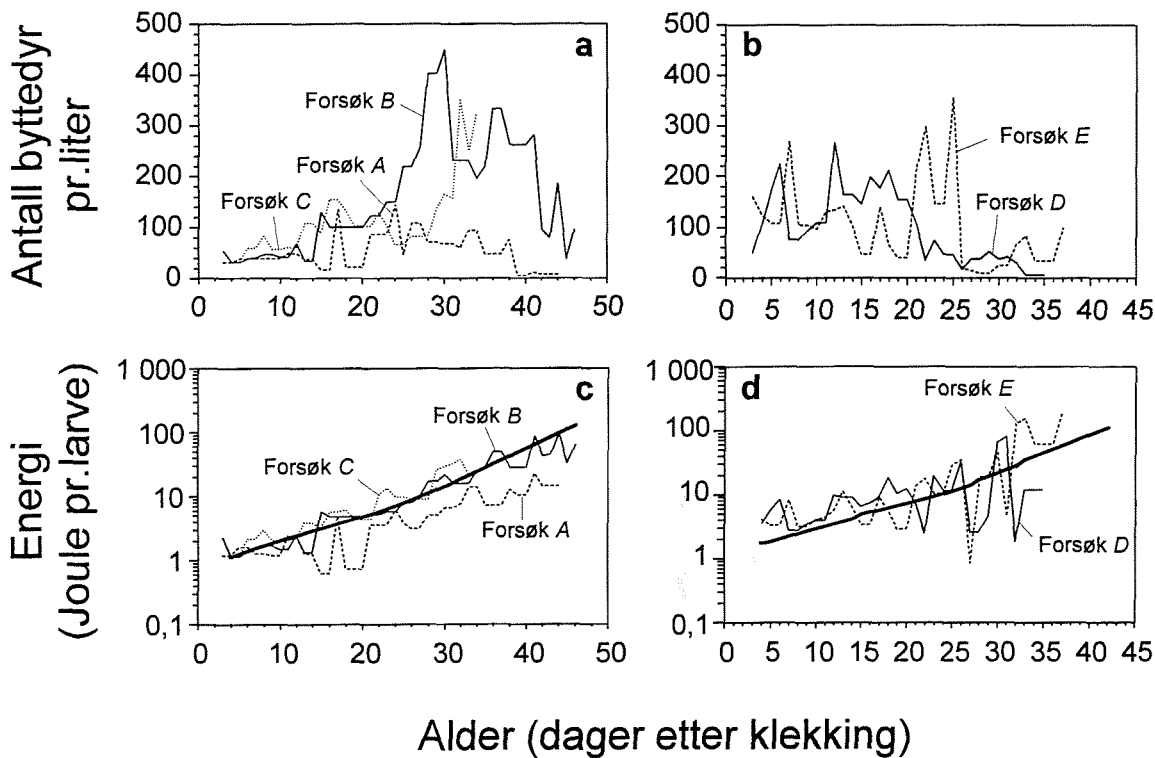
Figure 3. Temperature in experiment A-E. a): 1992-93; b) 1994.

Fôringsregimer

Tilførsel av fôrorgansimer oppfylte stort sett energimodellens beregninger av fôrbehov (Fig. 4c,d). Avvik fra energimodellens beregninger forekom hovedsaklig i siste halvdel av eksperimentene, og det ble da vanligvis føret i underkant av modellberegningene. Antall byttedyr tilsatt oppdrettsposene daglig varierte opp mot 500 individer pr. liter posevolum (Fig 4a,b). Tidlig i forsøkene ble nauplier hovedsaklig brukt som byttedyr. Nedgang i byttedymengde mot slutten av forsøkene ble kompensert for ved tilførsel av større og mer energirike byttedyrtyper som copepoditter og copepoder.

Overlevelse

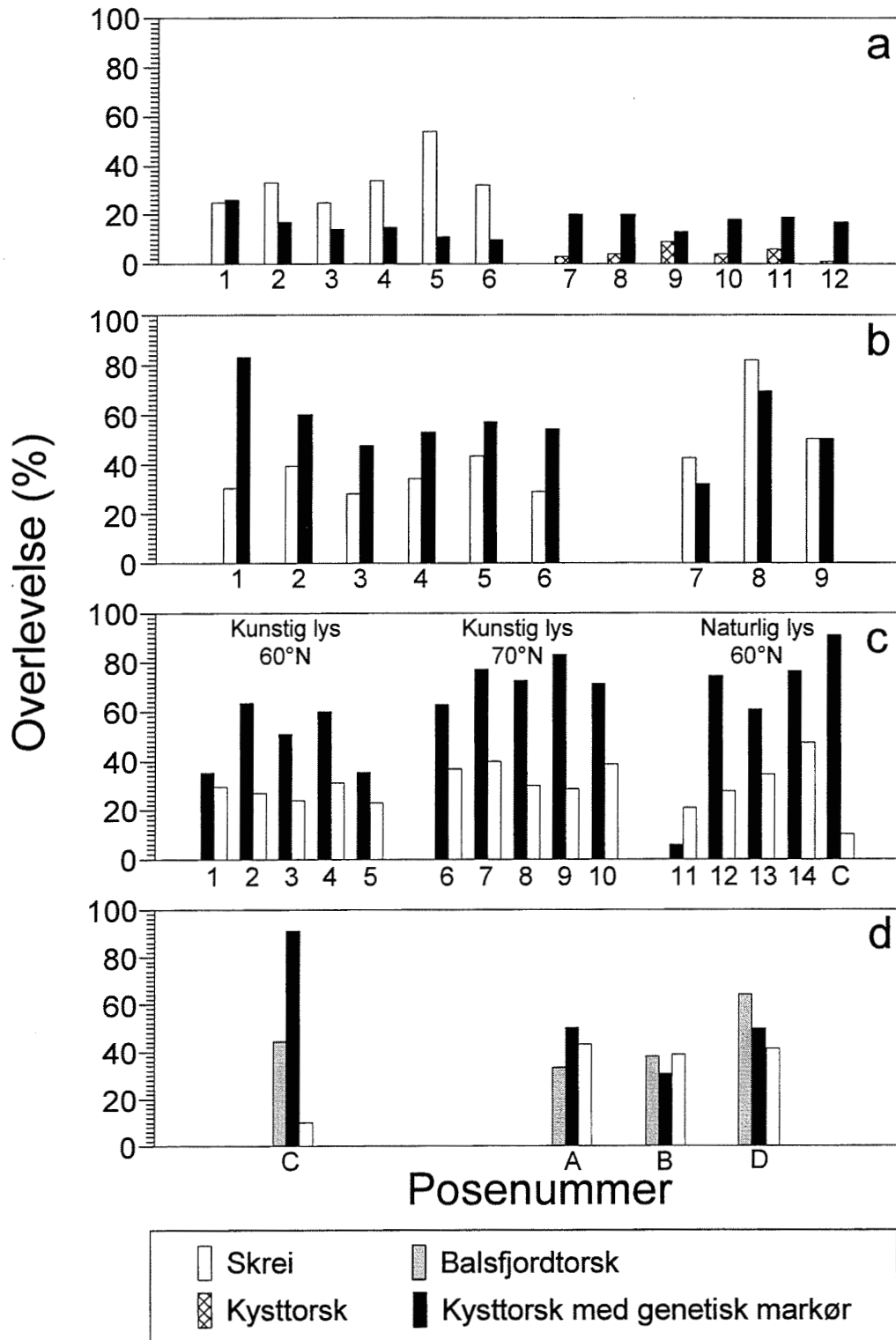
Det ble ikke funnet at larvene fra noen av bestandene hadde systematisk forskjellig overlevelsessevne (Fig 5). Forsøkene i 1992 hadde vesentlig lavere overlevelse enn forsøkene i 1993 og 1994. Årsakene til dette er ikke helt klarlagt, men larvene som



Figur 4. Daglig mengde tilførte byttedyr pr. liter posevolum og energimengde pr. larve (daglig rasjon) beregnet som om overlevelsen var 100% i forsøk A-E. Tykk helstrek angir teoretisk energibehov for å opprettholde en spesifikk vekstrate på 15% pr. dag. **a):** Tilførsel av plankton i 1992 og 1993; **b):** Tilførsel av plankton i 1994; **c):** beregnet energi pr. larve i 1992 og 1993; **d):** beregnet energi pr. larve i 1994.

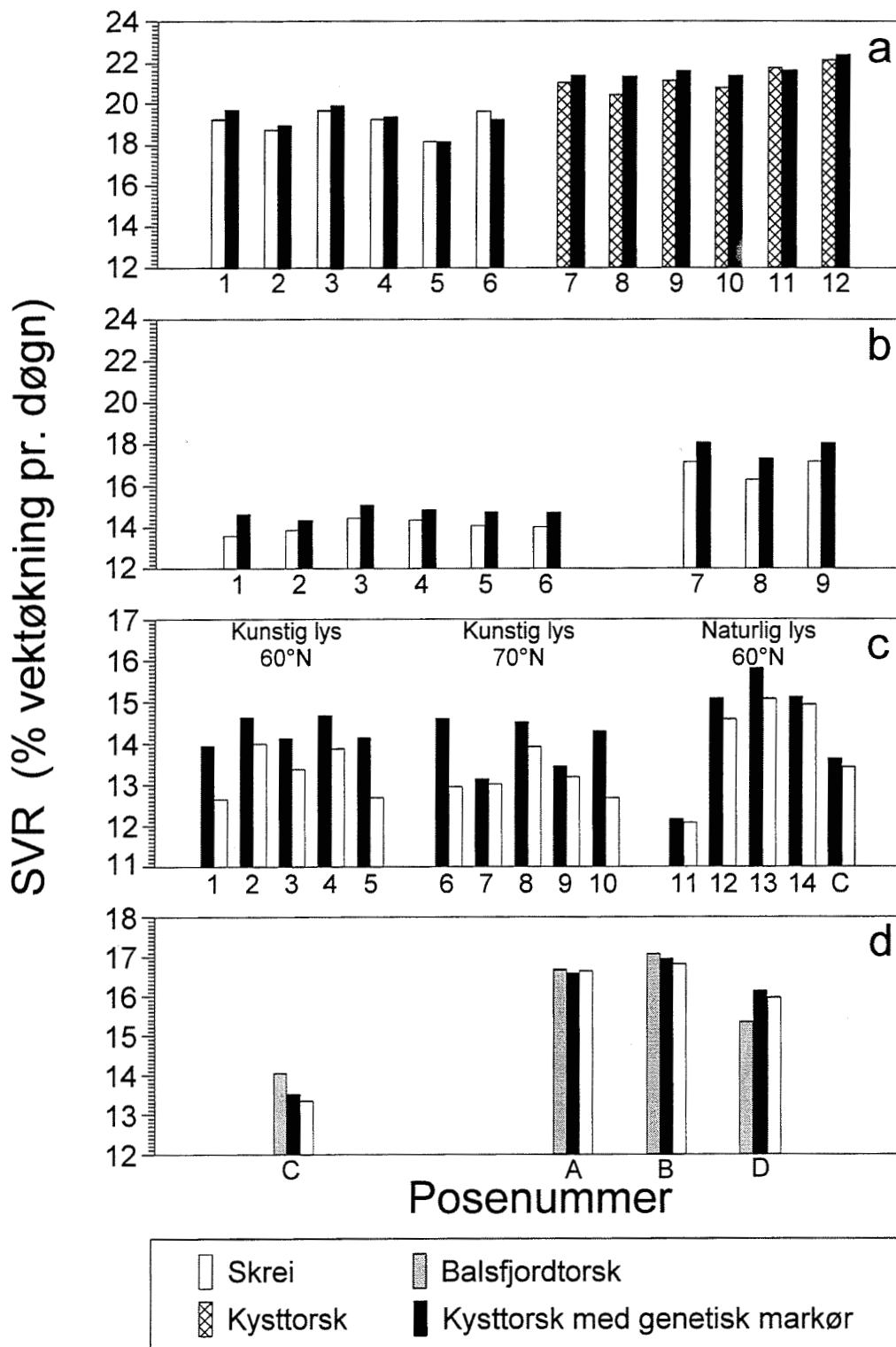
Figure 4. Daily amounts of prey added per litre enclosure volume and total energy per larva (daily ration) calculated as survival was 100% in experiment A-E. Bold line is theoretical energy requirement to sustain a specific growth rate of 15% per day. **a):** Plankton addition in 1992 and 1993; **b):** Plankton addition in 1994; **c)** Calculated energy per larva in 1992 og 1993; **d):** Calculated energy per larva in 1994.

ble benyttet i 1992 var hovedsaklig fra grupper som var strøket, mens larvene de andre to årene var samlet inn fra naturlig gyting. I 1992 ble den genetisk merkede kysttorsken brukt som en intern kontroll for å evaluere variasjonen mellom oppdrettsposene (disse larvene hadde sin opprinnelse fra naturlig gyting). Variasjonen i overlevelse ble funnet å være akseptabelt lav mellom posene (variansen utgjorde 27,3% av middelverdien). Overlevelsen i dette forsøket var spesielt dårlig for kysttorsken uten den genetiske markøren (Fig. 5a). Før forsøket startet ble larvene av denne bestanden visuelt vurdert å være av dårlig kvalitet (deformerte larver). Også oocytt-størrelse hos stamfisken i denne bestanden var atypisk (VAN DER MEEREN *et. al.*, 1994). Skreilarvene viste derimot overlevelse som var sammenlignbar med



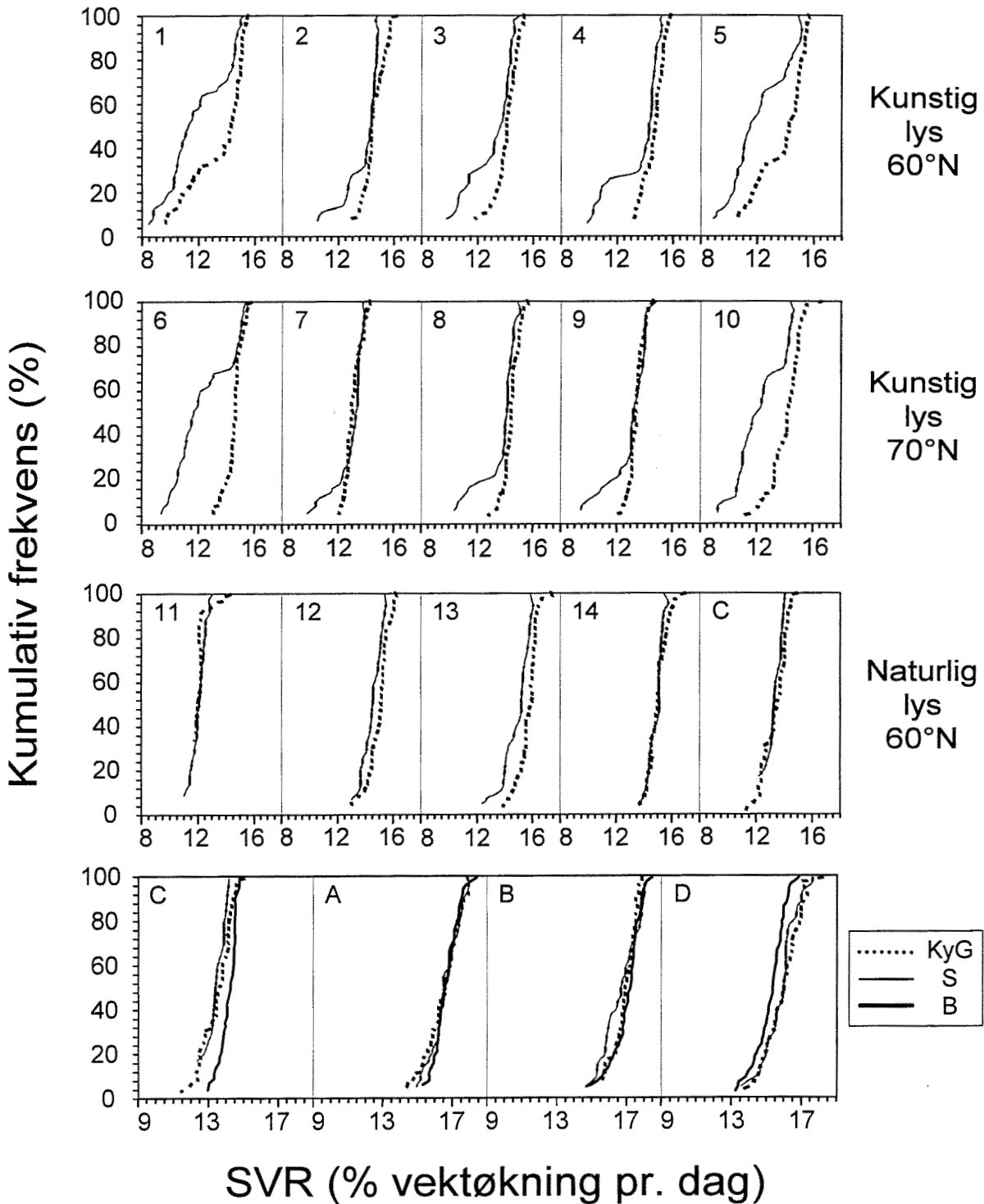
Figur 5. Overlevelse i forsøk A-E. a) 1992; b) 1993; c) 1994, lysforsøk; d) 1994, trebestandsforsøk.

Figure 5. Survival in experiment A-E. a) 1992; b) 1993; c) 1994, light experiment; d) 1994, three-stock experiment.



Figur 6. Spesifikk vekstrate (SVR) i forsøk A-E. a) 1992; b) 1993; c) 1994, lysforsøk; d) 1994, tre-bestandsforsøk.

Figure 6. Specific growth rate (SVR) in experiment A-E. a) 1992; b) 1993; c) 1994, light experiment; d) 1994, three-stock experiment..



Figur 7. Spesifikk vekstrate (SVR) fordeling i forsøk D-E. Kumulativ frekvens er kumulativ % av larvepopulasjonen i henhold til larvenes størrelse (vekt). Figurnummer (1-14 og A-D) tilsvarer posenummer slik det er angitt i tabell 1.

Figure 7. Specific growth rate (SVR) distribution in experiment D-E. "Kumulativ frekvens" is cumulative % of the larval population based on larval size (weight). Figure no. (1-14 and A-D) correspond to enclosure no. as given in table 1.

forsøkene i 1993 og 1994. Disse to årene var den totale overlevelsen i posene gjennomsnittlig rundt 50% (Fig 5b-d). For de enkelte bestandene ble det i noen poser observert en overlevelse på opp til 80%.

I lysforsøket (Fig. 5c) hadde larvene fra både kunstig lys (70°N) og naturlig lys (60°N) signifikant bedre overlevelse, uavhengig av bestand, enn larvene fra kunstig lys (60°N). Pose 11 ble utelukket fra beregningene fordi mange larver der var døende ved forsøkslutt. Det er verd å merke seg at dødeligheten i denne posen var svært bestandsselektiv idet hovedsaklig kysttorskklarver døde.

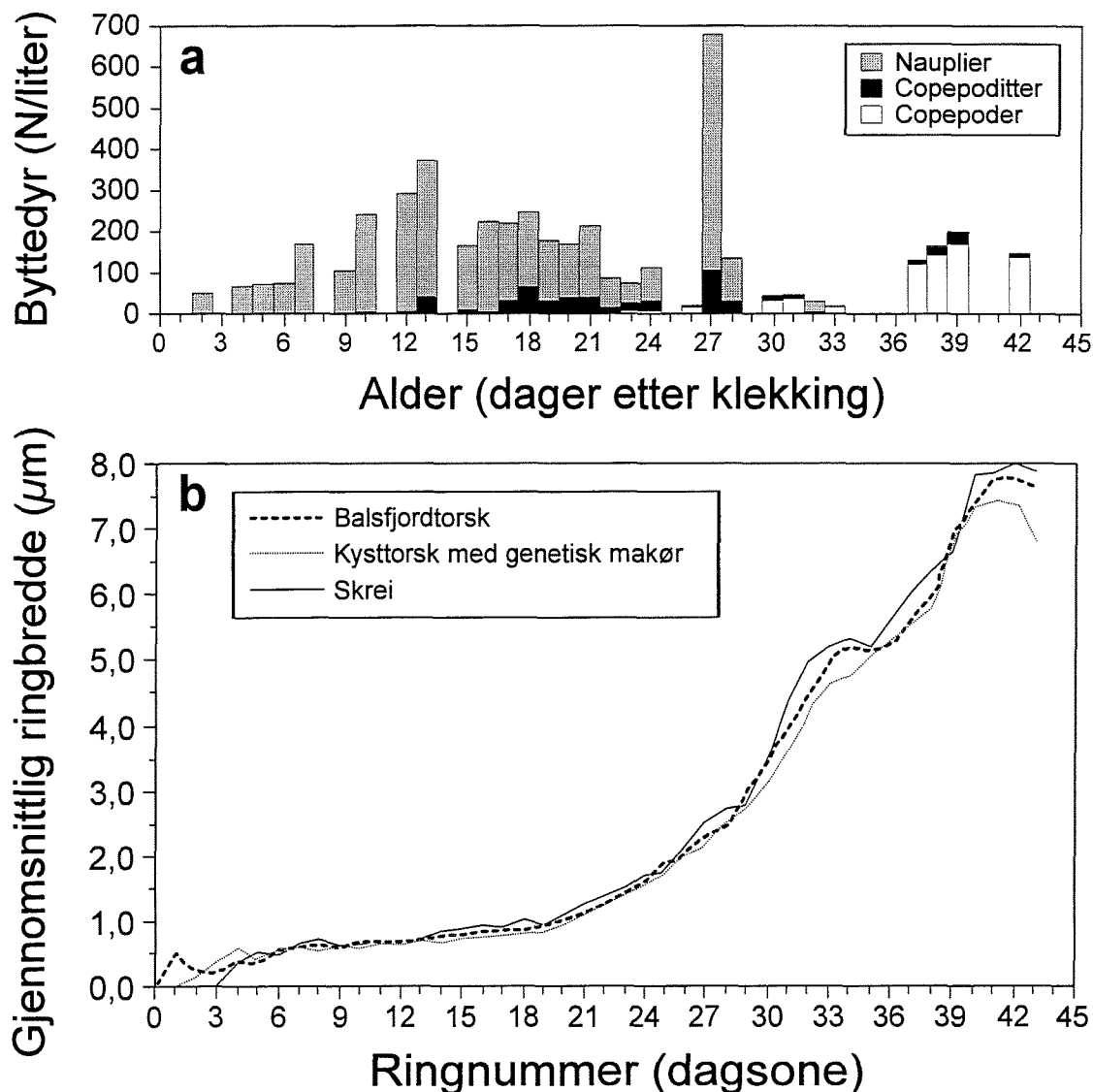
Vekst

Skreilarvene hadde systematisk lavere spesifikk vekstrate (SVR: % økning av vekten pr. døgn) enn kysttorskklarvene. Kun i 3 av 33 poser vokste skreilarvene like hurtig eller hurtigere enn kysttorsk (Fig. 6). Denne forskjellen i vekstrate var uavhengig av larvestørrelse ved start av forsøket. Den høyeste vekstraten ble observert i forsøk A i 1992 (Fig. 6a). Dette forsøket hadde også lavest overlevelse. Dødelighet kunne ikke bestemmes under forsøkets gang. Larvene ble derfor føret som om overlevelsen var 100%. Følgelig vil høy dødelighet gi økt tilgjengelighet av byttedyr for de gjenlevende larvene, med påfølgende mulighet for økt vekstrate.

I lysforsøket (Fig. 6c) ble det ikke funnet at noen av lysregimene endret på forskjellen i vekstrate mellom skrei og kysttorsk. Det ble heller ikke funnet noen forskjell i vekstrate mellom 60°N og 70°N (kunstig lys). Derimot vokste både skrei- og kysttorskklarvene signifikant raskere i posene med naturlig lys 60°N. Et påfallende trekk ved skreilarvene var at en del av populasjonen vokste spesielt langsomt i kunstlysregimene (Fig. 7). Den reduserte veksten for en del av larvepopulasjonen ble ikke observert ved bruk av naturlig lys.

Vekst i forhold til førtilgang

Materialet fra forsøk E ble opparbeidet med henblikk på dagsonelesing fra otolitter. Dette arbeidet er utført av Dr. Iain Suthers (University of New South Wales, Sydney, Australia), og data er under bearbeiding. Foreløpige resultater tyder på at otolittvekst hos torskklarver er meget sensitiv med hensyn til endringer i næringstilbudet (Fig. 8). Dette sees tydelig som reduksjon i ringbredden av dagsonene (Fig 8b) når størrelse på tilførte byttedyr økte samtidig som mengden ble kraftig redusert (Fig 8a).



Figur 8. Fôringsregime (a) og gjennomsnittlig bredde av daglige vekstsoner (dagsoner) (b) i otolitter (lapillus) hos torskelarver i pose C, forsøk D. Fôringsregime er gitt som antall byttedyr tilført pr. liter posevolum.

Figure 8. Feeding regime (a) and average ring width of daily growth zones in otoliths (lapillus) (b) of cod larvae from enclosure C, experiment D. Feeding regime is number of prey added per litre enclosure volum..

VURDERINGER OG KONKLUSJONER

Forskjeller i overlevelse mellom torskelarver fra de ulike stammene viste ingen klar betandsavhengig tendens. Det var en klar tendens til at i poser med høy dødelighet hadde torskelarvene større vekstrate. Selektiv dødelighet med hensyn til larvestørrelse

kan bidra til at vekstraten tilsynelatende blir større enn det den i virkeligheten var. Siden vektfordelingene i forsøket ble korrigert for selektiv dødelighet før beregning av SVR, kan sette ikke forklare hvorfor økt dødelighet også gav økt vekst. Den mest sannsynlige forklaringen er derfor at de gjenværende larvene fikk en større daglig matrasjon.

Skreilarver vokser gjennomgående langsommere enn kysttorsk under de gitte oppdrettsforhold. Årsaken til dette er ikke klarlagt. Forklaringen kan finnes i hele spekteret fra ulikheter i indre biokjemiske faktorer (fordøyelses- og opptaks-mekanismer, metabolisme, veksteffektivitet) til larvenes respons på forskjellige ytre faktorer (ulikheter i atferd, fangstsuksess, fordeling i forhold til lys eller byttedyr). I siste instans er alle disse faktorene genetisk styrt slik at forskjellen i vekstevne har sin opprinnelse den genetiske utrustningen hos larvene fra de ulike torskestammene.

Prosjektperioden var for kort til en omfattende undersøkelse av årsakene til den observerte vekstforskjellen. Siden skreilarver og kysttorskklarver fra Vestlandet lever under ulike lysregimer i naturen, ble det gjennomført et lysforsøk for om mulig se om lysrytme kunne ha en innvirkning. Det ble ikke funnet at lysregime endret på den gjennomgående forskjellen i vekstrate mellom skrei og kysttorsk. Derimot ble det funnet at bruk av *kunstig lys* gav ytterligere redusert vekst for de minste larvene i skreipopulasjonen. Dette førte til at vektfordelingen hos skreilarvene var bimodal i posene med kunstlys ved forsøkslutt. Forklaringen på dette er ukjent.

Uavhengig av bestandsopprinnelse ble *naturlig lys* funnet å være overlegent bedre enn kunstig lys til å fremme høy vekstrate og overlevelse. Videre gav økende lysperiode innen kunstlys forbedret overlevelse. Svært lite er kjent om hvordan lys kvantitet og kvalitet påvirker atferd eller andre indre prosesser hos fiskelarver som for eksempel hormonsystemet. Grunnleggende studier på dette feltet vil derfor være av stor verdi.

Fra otolittdataene ser det ut til at torskelarvenes vekst er svært sensitiv for endringer i matforholdene. Dette betyr at skift i byttedyrregimer må skje med stort overlapp og til riktig tid ut fra larvenes morfologiske utvikling.

Resultatene fra prosjektet har også stor betydning for utvikling av torsk i intensiv akvakultur. Valg av torskestamme, lystype, lysintensitet, fôringsregimer og fôringsrutiner ser ut til å påvirke vekst og overlevelse vesentlig. *Resultatene bør derfor*

anspore til økt forskning på komparative atferdsstudier hos larver fra ulike torskebestander.

REFERANSER

- Anon. (1990). Report of the ICES study group on cod stock fluctuations. Cod and climate change, framework for the study of global ocean ecosystem dynamics. *ICES CM 1990/G:50*.
- Anon. (1991). ICES annual report. 78th Statutory Meeting, Copenhagen.
- Blom, G. (1991). Cod and climate - design of comparative growth and survival studies in mesocosms. In Report of the study group on stock fluctuations. Appendix 3. Ed. by Anon. *ICES CM 1991/G:78*.
- Ellertsen, B., P. Solemdal, T. Strømme, S. Tilseth, T. Westgaard, E. Moksness, and V. Øiestad. (1980). Some biological aspects of cod larvae (*Gadus morhua* L.). *FiskDir. Skr. Ser. HavUnders.* **17**: 29-47.
- Kjesbu, O.S. (1989). The spawning activity of cod, *Gadus morhua* L. *J. Fish Biol.*, **34**: 195-206.
- Kjesbu, O.S., Witthames, P.R., Solemdal, P., and Greer Walker, M. (1990). Ovulatory rhythm and a method to determine the stage of spawning in Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **47**: 1185-1193.
- Naas, K.E., van der Meeren, T., and Aksnes, D.L. (1991). Plankton succession and responses to manipulations in a marine basin for larval rearing. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **74**: 161-173.
- Rosenberg, A.A. and Haugen, A.S. (1982). Individual growth and size-specific mortality of larval turbot (*Scophthalmus maximus*) reared in enclosures. *Mar. Biol.* **72**: 73-77.
- van der Meeren, T. (1991). Selective feeding and prediction of food consumption in turbot larvae (*Scophthalmus maximus* L.) reared on the rotifer *Brachionus plicatilis* and natural zooplankton. *Aquaculture Amsterdam*, **93**: 35-55.
- van der Meeren, T., Jørstad, K.E., Solemdal, P., and Kjesbu, O.S. (1994). Growth and survival of cod larvae (*Gadus morhua* L.): comparative enclosure studies of Northeast Arctic cod and coastal cod from western Norway. *ICES Marine Science Symposia*, **198**: 633-645.

FORMIDLING OG PUBLISERING

Resultatene fra 1992 (forsøk A) ble presentert på årsmøtet i *Norske Havforskere Forening*, Bodø oktober 1992). Resultatene fra 1992 og 1993 (forsøk A-C) ble presentert på *ICES Cod and Climate Symposium*, Reykjavík, 23-27 August 1993. Alle resultatene fra prosjektet (forsøk A-E) ble presentert på *ICES Working Group on Cod and Climate Changes* i København, 2-4 april 1995. Følgende arbeider er publisert eller under planlegging:

- van der Meeren, T., Jørstad, K.E., Solemdal, P., and Kjesbu, O.S. (1994). Growth and survival of cod larvae (*Gadus morhua* L.): comparative enclosure studies of Northeast Arctic cod and coastal cod from western Norway. *ICES Marine Science Symposia*, **198**: 633-645.
- van der Meeren, T. And Jørstad, K.E. (in prep.). The effect of light regime on growth and survival of cod larvae (*Gadus morhua* L.): comparative enclosure studies of Northeast Arctic cod and coastal cod from western Norway.
- Suthers, I., van der Meeren, T. and Joerstad, K.E. (In prep.) Otolith growth in larvae of three Norwegian cod (*Gadus morhua* L.) stocks reared in mesocosms.