

Naturlig eggdødelighet og dårlig miljøtilpasning på larvestadiet – svakheter hos den minste gytefisk

Per Solemdal, Merete Fonn, Magnus Johannessen, Knut Korsbrekke og Are Salthaug, Havforskningsinstituttet
Valeri Makhotin, Institute of Ichthyology, Moskva statsuniversitet

Overbeskattede fiskebestander har ofte et økende innslag av den minste fisken, førstegangsgyteren. Det gjennomføres i dag omfattende studier av reproduksjonen for å vurdere den effektive reproduksjonskapasiteten når både størrelsen på gytebestanden og alderssammensetningen endrer seg. Det viser seg at det er hos den minste fisken at eggantall og naturlig eggdødelighet har de største negative utslagene.

Når det gjelder rekrutteringspåvirkning fra miljøet, spesielt de årlige temperaturvariasjonene, viser det seg at de minste fiskene også på dette felt er mer utsatt enn den eldre del av populasjonen. Resultatene tyder altså på at den minste fisken har en vesentlig dårligere reproduksjonsevne enn større fisk.

Den naturlige eggdødeligheten

Den stadig mer omfattende nedfisking av mange bestander har ført til mer detaljerte studier av fiskens forplantning. Disse studiene er dels kvantitative, bl.a. beregninger av antall egg hos enkeltfisk for å finne det totale eggantallet i hele gytepopulasjonen, og dels kvalitative. Disse studiene tar bl.a. sikte på å studere den naturlige eggdødelighet hos gytefisk av forskjellig alder og størrelse. Den naturlige eggdødeligheten er et resultat av morfiskens egenskaper, ofte kalt maternaleffekten (av mater = mor). Andre typer eggdødelighet skyldes effekter av det ytre miljø som predasjon, forurensning og ekstreme fysiske forhold. Ved å undersøke de kvalitative og kvantitative effekter som reduserer den levende eggmengden, blir det mulig å bestemme den reelle reproduksjonskapasiteten i gytepopulasjonen. Slik kunnskap får større betydning når gytebestanden er liten, og innslaget av små individer, førstegangsgytere, er svært stor. I slike situasjoner blir eggmengden liten i forhold til vekten av gytebestanden, og effekten av den naturlige eggdødeligheten større. Vi vil i denne artikkelen konsentrere oss om den naturlige eggdødeligheten og miljøforholdene som de tidligste stadiene av førstegangsgyterne utsettes for.

Arbeid i Havforskningsinstituttets laboratorium og om bord i "G.O. Sars"

Den enkleste metoden for å studere naturlig eggdødelighet er laboratorieforsøk med fisk som holdes i fangenskap over flere år, og som undersøkes i gyteperioden. Det har vist seg at resultatene fra slike undersøkelser ofte er beheftet med

feil, siden forsøksfisken lever under kunstige forhold og dermed ikke alltid er "lykkelige". Selv om resultatene av laboratoriestudier på naturlig eggdødelighet viser seg å være en faktor det bør tas hensyn til i forvaltningen, spesielt når gytebestanden er liten, vil det bli stilt spørsmål ved resultater som stammer fra laboratorieforsøk.

En metode for å beregne den naturlige eggdødeligheten hos store og små gytere, som kan gjennomføres under naturlige forhold, må føre til at resultatene må vurderes mer seriøst av forvalterne.

Laboratorieundersøkelsene ble utført i forbindelse med en større studie av skreiens reproduksjon i Havforskningsinstituttets store forsøktank på 200 kubikkmeter (rundtanken), for anledningen delt i ti gytebassenger med ett torskepar i hvert basseng. I prosjektet jobber bl.a. Olav Sigurd Kjesbu, Anders Thorsen og Merete Fonn. Fra Moskva statsuniversitet ble embryologen Valeri Makhotin engasjert, og foretok vurderingen av alle dødelige feilutviklinger gjennom hele eggutviklingen frem til tidspunktet like etter klekking.

Studiene i laboratoriet ble utført i gytesesongene 1997 og 1998. De samme individene ble brukt i begge gytesesongene. Feltstudiene er utført fra forskningsfartøy under Havforskningsinstituttets tokt i Lofoten i årene 2000-2002.

Materialet i laboratoriestudiene ble samlet med håv i gytebassengene i rundtanken. Torsken er en porsjonsgyter som gyter opptil 20 ganger per sesong, normalt med svært jevne mellomrom, ca. 2 døgn. Eggene stiger mot overflaten og skimmes av med en håv.

Om bord i forskningsfartøyet ble eggene tatt i vertikale håvtrekk. Her var det nødvendig å sortere eggene fra planktonprøven og bruke egg i samme tidlige stadier som fra rundtanken. Selve målingen av den naturlige eggdødeligheten foregikk etter samme metode både i laboratoriet og om bord i forskningsfartøyet.

Torskeegg i tidlige stadier, de såkalte kløving- eller blastulastadier, ble lagt ned i et plast-"egg Brett". Hver fordypning inneholdt 2 ml autoklavert sjøvann fortynnet til 70 %, og ett torskeegg i hver fordypning. Figur 7.4.1 viser egg i forskjellig utviklingsgrad som alle har en dødelig abnorm utvikling.

Den største dødeligheten forekommer på larvestadiet like etter klekking, se Figur 7.4.2. Plommesekken sprekker og larven dør etter kort tid.

Det viste seg at alle typer feilutviklinger forekom både i laboratorie- og feltmaterialet.

Torsk i fangenskap og under naturlige forhold

Torsken til forsøkene i laboratoriet kom fra Bjørnøya, og feltmaterialet ble samlet inn over torskens gytefelt under toktet i Lofoten-Vesterålen-Røst-området.

Laboratoriefisken ble holdt i et av instituttets utekar og føret på en slik måte at kondisjonen, forholdet mellom lengde og vekt, ikke forandret seg nevneverdig fra 1997 til 1998. Det var viktig å ikke bringe inn flere variabler i forsøket: vi ønsket å se effekten på naturlig eggdødelighet som et resultat av fiskens vekst (fra første- til annengangsgyter).

Som tidligere nevnt var vi klar over at oppholdet i fangenskap kunne føre til "ulykkelighet" hos forsøksfisken, spesielt hos hunnfisken. Dette gjelder særlig under gytingen, med ett torskepar i hvert basseng. Hunnfiskens allmenntilstand under gytingen ble fulgt spesielt nøye. Særlig to karakterer, gyterytmene og prosenten av ubefruktede egg, ble undersøkt kontinuerlig. Med så lite antall forsøksfisk er dette avgjørende. Torsken gyter normalt eggporsjonene med stor regel-

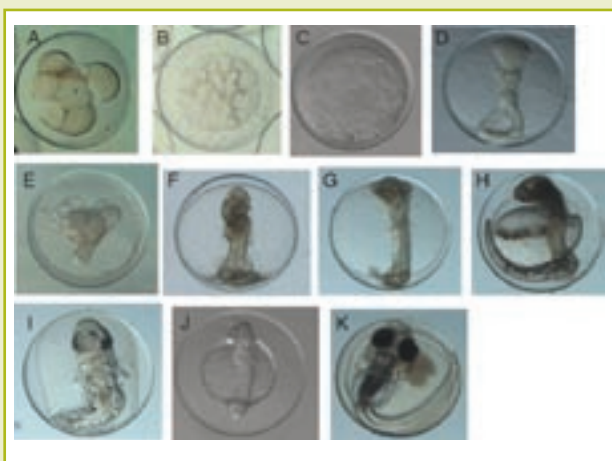
messighet, men enkelte fisk viser varierende grad av uregelmessig gyting. Figur 7.4.3 viser ubefruktede egg, som %, i de to gytesesongene, der fisk nummer 5, 7 og 8 har klart høyest frekvens. Gyterytmene hos de samme fiskene viser den samme tendensen med tydelig større uregelmessighet hos de samme tre fiskene, Figur 7.4.4.

Det viste seg at disse tre torskene hadde så avvikende reproduksjonsforhold at resultatene ikke ble tatt med i den endelige analysen.

En sammenligning av resultatene fra laboratoriet og feltforsøk

Resultatene fra laboratoriestudiene, som % eggdødelighet, inkluderer også de tre fiskene som er utelatt i vurderingen, Figur 7.4.5. Det viste seg generelt at fiskene også hadde høyere frekvens av ubefruktede egg og mer uregelmessig gyterytmene i den andre gytesesongen, 1998. Dette tyder på at tilstanden hos gytefisken blir dårligere i langtidsforsøk. Likevel har fiskene fra 1998 en naturlig eggdødelighet som er signifikant lavere enn førstegangsgytere i 1997, men reduksjonen er varierende. I gjennomsnitt synker den naturlige eggdødelighet fra 55 til 37 % fra 1997 til 1998, noe som er statistisk forskjellig.

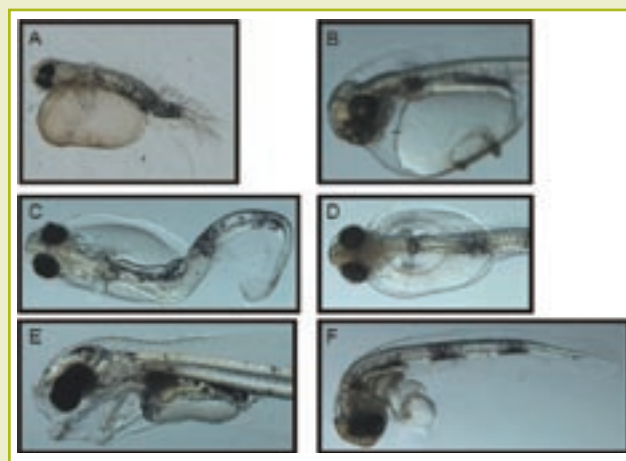
Vertikale håvtrekk ble tatt på hele toktet i området Vesterålen, Røstbanken, Røst og i Vestfjorden, i samme rekkefølge



Figur 7.4.1

A-K. Dødelige feilutviklinger i torskkeegg fra forskjellige utviklingsstadier.

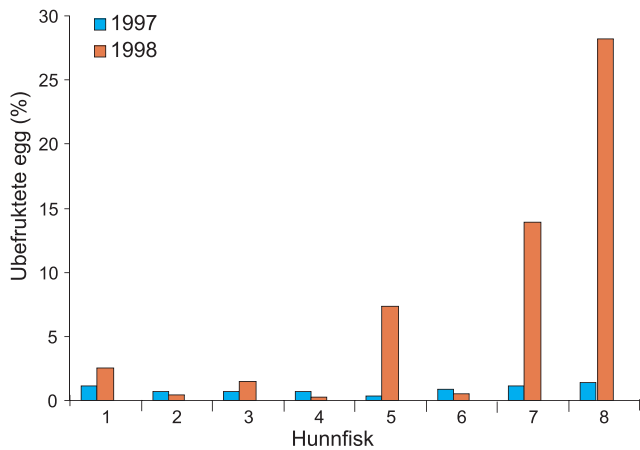
A-K. Lethal malformations in cod eggs from different stages of development.



Figur 7.4.2

A-F. Dødelige feilutviklinger på torskelarver like etter klekking.

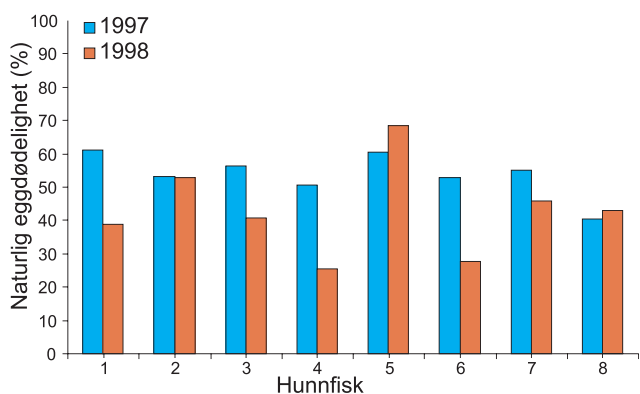
A-F. Lethal malformations in cod larvae at hatching.



Figur 7.4.3
 Ubefruktede egg (%) fra 8 forsøksfisk, laboratorieforsøk, 1997 og 1998.
 Unfertilized egg (%) from 8 cod, laboratory experiment, 1997 and 1998.

Hunnfisk	Ar	Eggporsjoner, nr.																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	1997	0	1	3	1	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	4					
	1998	0	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2						
2	1997	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2				
	1998	0	2	1	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	1	2	2		
3	1997	0	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2							
	1998	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2						
4	1997	0	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2								
	1998	0	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
5	1997	0	2	2	3	2	2	2	2	2	3	2	2	2							
	1998	0	2	4	2	1	6	5	2	2											
6	1997	0	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
	1998	0	2	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1
7	1997	0	4	2	2	3	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	3	2	
	1998	0	3	2	2	1	4	4	6	4	2	5	2	5							
8	1997	0	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	5				
	1998	0	1	2	2	2	2	2	1	2	2	1	10	5	3	2					

Figur 7.4.4
 Gyterytme (antall dager mellom eggporsjonene) hos de samme 8 forsøksfisk, 1997 og 1998.
 Spawning rhythm (number of days between egg batches) from the same 8 cod, laboratory experiment, 1997 and 1998.



Figur 7.4.5
 Den naturlige eggdødeligheten (%) hos 8 forsøksfisk, laboratorieforsøk, 1997 og 1998.
 Natural egg mortality (%) from the same 8 cod, laboratory experiments, 1997 and 1998.

og omtrent i samme periode hvert år. Det ble lagt inn egg i "eggskene" fra håvtrekk som er representative for de forskjellige områdene. Samtidig ble det trålt under hele toktet og samlet inn et stort biologisk materiale av torsk. Dette materialet ble fortløpende undersøkt på de vanlige vekstparametere. Vi var i første omgang mest interessert i alder og gytesoner. Vi kunne dermed danne oss et bilde av alders-/størrelsessammensetningen i gytepopulasjonen, spesielt frekvensen av førstegangsgytere i de forskjellige områdene, samtidig som resultatene fra forsøkene med naturlig eggdødelighet forelå. Arbeidet om bord er et godt eksempel på et balansert samarbeid mellom Senter for marine ressurser og Senter for marint miljø, og det har fortsatt på land senere. Prosjektet er et reelt og nødvendig bidrag i byggingen av en funksjonell økosystemforvaltning, i all beskjedenhet!

Prosent naturlig eggdødelighet i de ulike områdene i 2000 og 2001 er plottet mot frekvensen av førstegangsgytere (Figur 7.4.6). Det fremgår tydelig at den naturlige eggdødeligheten er høyest i Vesterålen, der forekomsten av førstegangsgytere er vesentlig høyere enn i de andre områdene. Frekvensen av naturlig døde egg er vesentlig lavere i de to andre områdene, Røstbanken og Vestfjorden. Her er også innslaget av førstegangsgytere lavere.

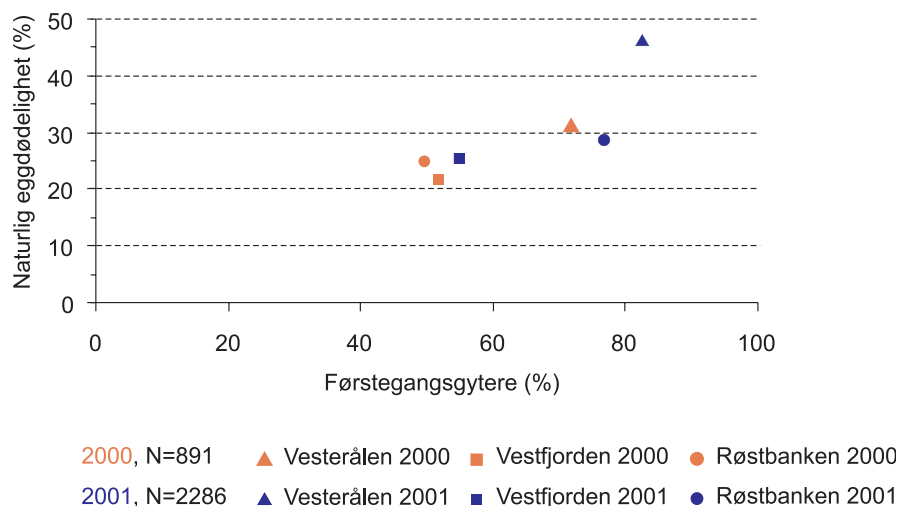
Denne undersøkelsen viser altså den samme tendensen som laboriestudiene, og er en klar indikasjon på at de minste fiskene har vesentlig høyere naturlig eggdødelighet enn større fisk, som har gytt flere ganger.

Miljøtilpasning for førstegangsgyterne

Alle som har arbeidet med årsakene til den sterkt varierende årlige rekrutteringen, bl.a. hos torsk, vet at miljøet er den avgjørende faktor i det ytterst kompliserte spillet som fører til årsklasseresultatet:

"Det vil av det foregaaende være klart, at studiet av de forhold, som betinger aarsklassernes talrikhet, kun kan naa sit maal, om der legges en meget omfattende plan for disse undersøkelser. I virkeligheten vil saadanne undersøkelser aldrig helt naa sit maal, de vil stadig føre videre og videre til nye spørsmal, fordi fordringerne til en stadig klarere forståelse vil vokse med de opnaatte resultater, og fordi det alltid vil kunne vindes dypere forståelse av organismernes livsbetingelser." (Hjort 1914, s. 243).

Av rekrutteringsmekanismer kan bl.a. nevnes predasjon, næringsforhold, mens de fysiske forhold, spesielt temperaturen, ligger under og styrer det meste. Disse mekanismene må i dag sies å være utenfor påvirkning av menneskelig aktivitet. Men både naturlige og menneskeskapt klimaendringer vil kunne få meget stor betydning når det gjelder rekrutteringen. Det viser de årlige temperatursvingningene i nordlige strøk, for eksempel Lofoten, etter omfattende undersøkelser i 70- og 80-årene. Det ble påvist en klar positiv sammenheng mellom temperatur og rekruttering.

**Figur 7.4.6**

Den naturlige eggdødeligheten (%) hos egg fra vertikale håvtrekk, mot frekvensen av førstegangsgytere (%) i Vesterålen, Røstbanken og Vestfjorden, 2000 og 2001.

Natural egg mortality (%) in eggs sampled in vertical nets in relation to frequency of first time spawners (%) in the areas Vesterålen, Røstbanken and the Vestfjord 2000 and 2001.

Alle rekrutteringsmekanismene påvirkes av disse temperaturvariasjonene. Det gjelder også selve gytebestanden som rekrutteringsmekanisme i varierende grad, avhengig av sin alders-/størrelsessammensetning. Den minste gytefisken har i tillegg til den større naturlige eggdødeligheten vi har omtalt tidligere, også spesielle problemer når det gjelder tilpasningen til gyteperiode/næringsforhold enn den eldre fisken.

Figur 7.4.7 gir et inntrykk av hvordan ekstreme temperaturer og dominans av førstegangsgytere/småfisk i gytebestanden demonstrerer et nytt svakhetstegn hos denne delen av gytebestanden. Figuren er basert på følgende fakta:

1. Små fisk gyter senere enn store, og har kortere gyteperiode.
2. Små fisk har mindre egg og mindre larver enn store fisk.
3. Mellom ekstremt kalde og varme år er tidsforskjellen i produksjonen av raudåtenauplier, torskelarvens viktigste næringsorganisme, ca. seks uker.

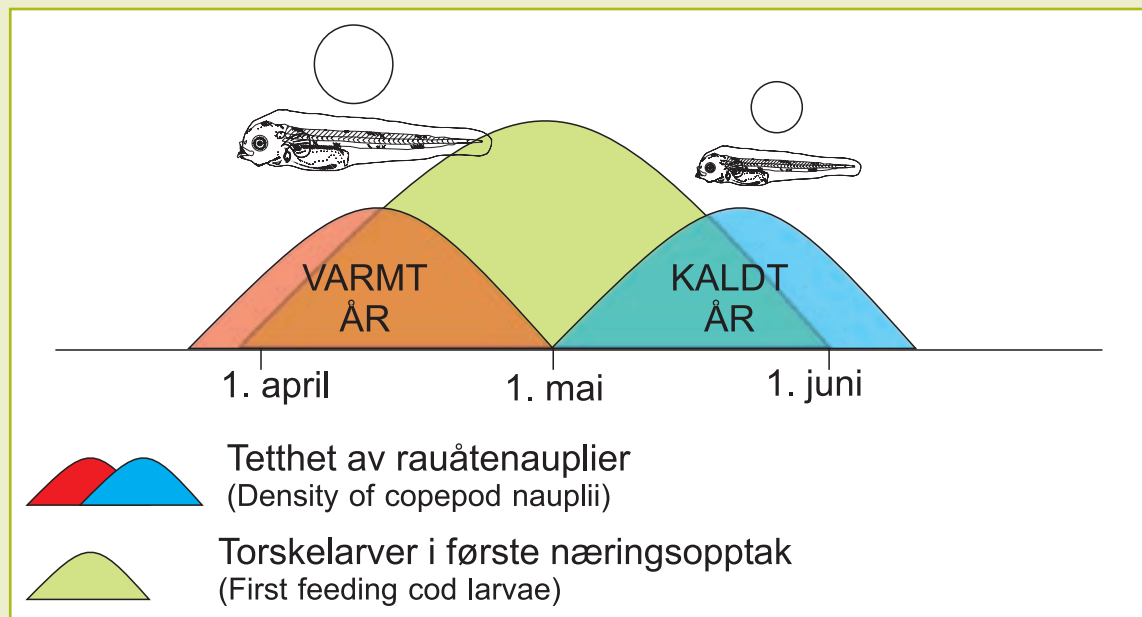
I vårt eksempel består gytebestanden hovedsakelig av småfisk, førstegangsgytere. Vi får en sen gyting enten det er et kaldt eller varmt år. Gyteforløpet foregår i det temperaturstabile atlantehavsvannet, og endres dermed ikke vesentlig av temperaturen. Egg- og larvestadiene, derimot, befinner seg i det temperaturvariable øvre laget, kystvannet, og vil påvirkes av de årlige temperaturvariasjoner.

Næringsssituasjonen vil også være forsinket i ekstremt kalde år pga. temperaturforholdene i kystvannet, se Figur 7.4.7, og tidsperioden skulle være brukbar for hovedmengden av larvene. Men lange tidsserier viser at rekruttering aldri gir sterke årsklasser i ekstremt kalde år. Dette tyder på at små larver gytt av små fisk er mindre levedyktige. Dette er også vist i studier av larver under kontrollerte forhold, i bassenger eller laboratorieforsøk.

I varme år er det de største fiskene som produserer de største eggene. Disse klekker tidlig og gir opphav til de største larvene som får de beste næringsforholdene, og vil derfor kunne gi en brukbar årsklasse selv om innslaget av eldre fisk bare utgjør en del av gytebestanden. De små larvene, derimot, som utgjør hovedmengden i vårt eksempel, vil under gunstige temperaturforhold ha dårlige ernæringsforhold, se Figur 7.4.7.

Som tidligere nevnt er det et uhyre komplisert og varierende samspill som fører til tallrikheten av en årsklasse. En idémodell som vist her setter noen biologiske og fysiske faktorer sammen på en logisk måte. Temperaturforholdene er ekstreme for å indikere mekanismen. Effekten vil "jevne" seg ut under mer gjennomsnittlige temperaturforhold.

Modellen er bare ment å gi et eksempel på hvordan gytebestanden selv blir en faktor i rekrutteringen. Den sier naturligvis ikke hvor betydningsfull denne mekanismen er i forhold til andre prosesser. Men modellen indikerer at de



Figur 7.4.7

Temperaturavhengig samspill mellom produksjonen av naupliier (raudåteyngel, torskelarverns viktigste næring i startfasen) og størrelsen på de torskelarvene som får det beste mattilbudet.

Model showing the temperature dependent peak of production of nauplii and the size of cod larvae in the first feeding period.

minste gyterne, sammenlignet med større fisk, har et problem i tillegg til den større naturlige eggdødeligheten, som vi kan kalle dårlig miljøtilpassning for de tidlige larvestadiene.

Den minste gytefisken – både biologisk svak og miljømessig utilpass

Konklusjonen må bli at den minste fisken, førstegangsgyteren, viser tydelige svakhetstegn sammenlignet med flergangsgytere på to områder som er uavhengige av hverandre:

1. Den naturlige eggdødeligheten er vesentlig større.
2. Reproduksjonen er mer følsom for endringer i temperatur og gyteperiode.

Vi som har arbeidet med faktorer som påvirker årsklasse-tallrikheten bør ha en ydmyk holdning når det gjelder synet på rekrutteringsmekanismenes innbyrdes betydning og dynamikk. Det må være tillatt å si at de svakheter den minste fisken viser når det gjelder reproduksjon, må være av betydning for gytebestanden som rekrutteringsmekanisme. Dette er til en stor grad en menneskeskapt situasjon som forvalterne skal være klar over. Effekten av denne reduserte reproduksjonsevnen hos den minste gytefisken er vanskelig å angi eksakt. Men det må være riktig å si at med studier av

denne typen, i tillegg til de kvantitative reproduksjonsstudier, vil det bli mulig å angi effekten av store endringer i gytebestandens sammensetning på reproduksjonskapasiteten og dermed betydningen som rekrutteringsmekanisme.

Tidligere studier som tok sikte på å vurdere sammenhengen mellom størrelsen på gytebestanden og rekrutteringen, viste positiv sammenheng først når bestanden er meget liten. Miljøforholdene er blitt gitt hele "æren" for årsklassevariasjonen, mens gytebestanden er på defensiven som rekrutteringsmekanisme. De pågående reproduksjonsstudier, både de kvantitative og de kvalitative, vil kanskje føre til større respekt for gytepopulasjonen.

Summary

Natural egg mortality from Arcto-Norwegian cod has been studied both in the laboratory and under field conditions. The term natural egg mortality is here described as lethal malformations during egg development, as a maternal factor, excluding predation, pollution, extreme physical factors etc.

The results from both methods demonstrated a significant reduction in the frequency of natural egg mortality from small first time spawners to larger, multiple spawners. Dur-

ing periods of high frequency of small spawners, like the present state of the Arcto-Norwegian cod stock, this factor will influence on the reproductive capacity.

In addition, due to later spawning and smaller larvae at hatching from the smallest spawners, a suboptimal synchronization to the first feeding conditions are supposed to occur. This mechanism is strongly temperature dependent,

described as an environment dysfunction.

To conclude, both the higher natural egg mortality and the reduced larval feeding opportunities from the smallest spawners will reduce the reproductive capacity. Especially during periods of very high frequency of small first time spawners, resulting either from natural fluctuations or heavy fishing pressure.