

Erling Kåre Stenevik, Anders Thorsen og Svein Sundby

Studier av fiskeegg har vært en integrert del av norsk fiskeriforskning helt siden havforskeren Georg Ossian Sars tok til med de praktiskvitenskaplige fiskeriundersøkelsene i 1864. Han oppdaget at skreien hadde fritt-flytende (pelagiske) egg, et oppsiktsvekkende funn på den tiden. Tidligere trodde man at alle fisker gytte eggene sine på bunnen, slik som blant annet laksefisk gjør.

G.O. Sars var på den tiden utsendt av Regjeringen for å studere Lofotfiskeriene. Regjeringen ville starte undersøkelser der, slik at man om mulig kunne sette i gang tiltak for å øke fangstutbyttet. På den tiden trodde man at det var de gode bunnforholdene i Lofoten som gjorde at så mye rognmoden skrei vandret dit for å gyte. Sars ble derfor svært overrasket da han oppdaget at torskeeggene ikke ble avsatt på bunnen, men fløt fritt i vannmassene som små glassperler med en diameter på litt over en millimeter. Senere har det vist seg at et flertall av de marine beinfisk gyter pelagiske egg slik som torsken.

Forplantning hos fisk

Hos de fleste artene av beinfisk gyter hunnene ubefruktede egg som blir befruktet ved at hannen gyter melken samtidig. Eggene befruktes, utvikles og klekkes dermed utenfor kroppen til hunnen. Det finnes imidlertid også fisk som har innvendig befruktning og som føder levende unger, for eksempel uer og mange bruskfisk (hai og skater). Innenfor eggleggende fisk finnes det flere varianter. En kan grovt dele inn fiskeegg i tre grupper; pelagiske egg (som befinner seg i de øvre vannmasser), bathypelagiske egg (som befinner seg dypere i de frie vannmasser) og egg på bunnen. Pelagiske egg er karakteristisk for mange marine beinfisk, men det finnes unntak blant noen av våre mest vanlige fiskearter. Sild, lodde og tobis gyter egg på bunnen. Hos silda er eggene til og med festet til bunnen med en slags lim. Ellers er bunnegg mest utbredt hos arter som gyter i ferskvann og hos en del marine gruntvannsarter der mange har eggpleie, som f.eks. mange kutlinger og leppefisk.

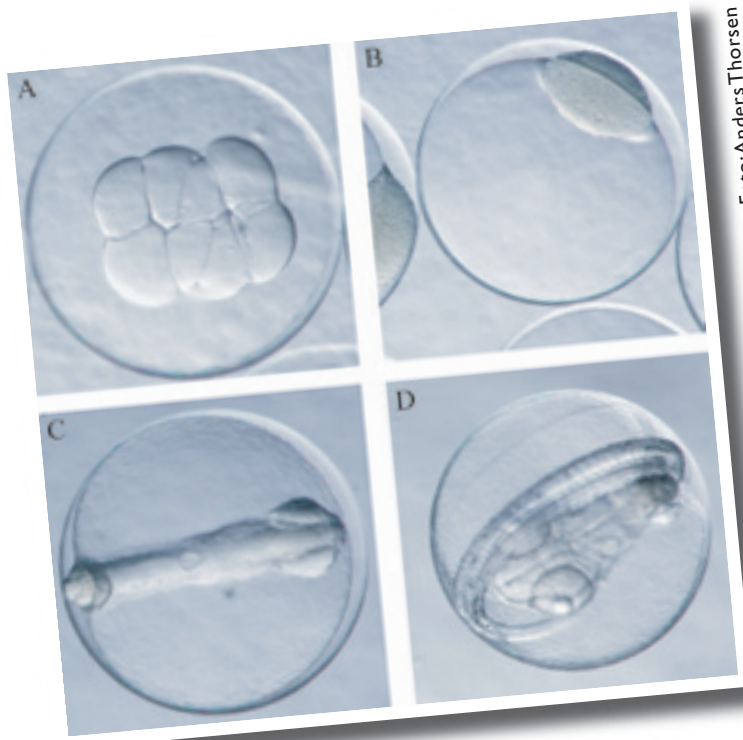


Foto: Anders Thorsen

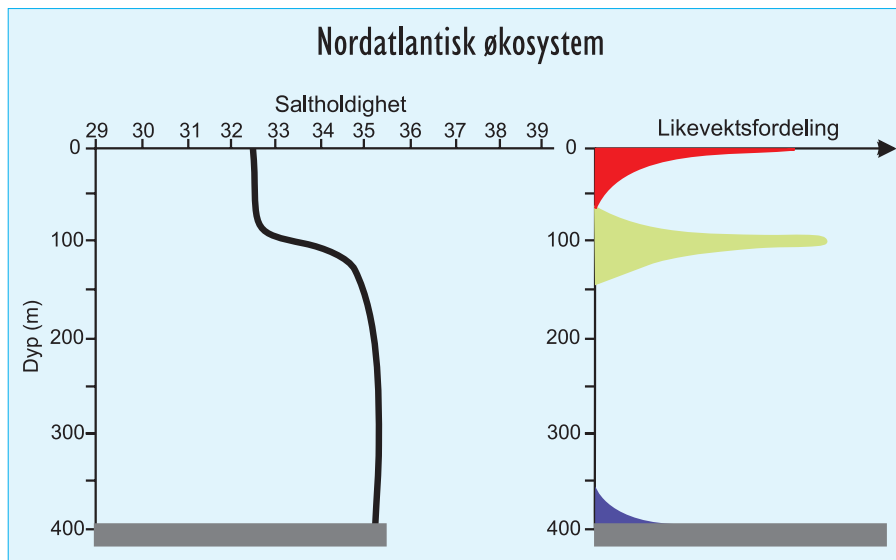
Figur 7.11.1

Torskeegg i forskjellige utviklingsstadier. A. 8-cellestadiet (ca. 10 timer), B. Linsestadiet (dag 2), C. Tidlig embryo (ca. 1 uke), D. Like før klekking (ca. 2 uker). Utviklingshastighet ved 5 °C.

Cod egg in different development stages. A. 8-cell stage (about 10 hours), B: Lens stage (day 2), C. Early embryo (about one week), D. Near hatching (about 2 weeks). Development time at 5 °C.

Utviklingen av fiskeegg

Et pelagisk fiskeegg har vanligvis et forholdsvis tynt, gjennomsiktig skall av et porøst proteinmateriale som slipper gjennom vann, salter og gasser, men ikke store molekyler. Innenfor eggeskallet finner vi det såkalte perivitelline rommet, som hos torsk utgjør ca. 20 % av eggets totale volum. Dette er fylt med sjøvann i tillegg til en liten mengde store molekyler som ikke kan slippe ut gjennom de små porene i eggeskallet. Disse store molekylene opprettholder et såkalt kolloidosmotisk trykk, dvs. de sørger for at det perivitelline rommet til en hver tid er utspent og fylt med sjøvann. Innenfor det perivitelline rommet finner vi plommemembranen som omgir plommemassen og det voksende embryoet. Plommemembranen er særskilt tett for salter og vann. Fiskeegget har en tendens til å tape vann til omgivelsene ved diffusjon, og den tette membranen sørger for at vanntapet blir minimalt. Bli vanntapet for stort vil egget miste flyteevnen sin, da det er det høye vanninnholdet i plommen som er hovedårsaken til



Figur 7.11.2

Vertikalfordeling hos pelagiske egg (merket med rødt), bathypelagiske egg (merket med grønt) og bunneegg (merket med blått) i forhold til saltholdighetsprofilen i vannmassene (vist til venstre) (fra Sundby 1991).

Vertical distribution of pelagic eggs (red), bathypelagic eggs (green), and bottom eggs (blue) with the given salinity profile (left figure) (from Sundby 1991).

eggenes flyteevne. En del egg har også en eller flere oljedråper i plommemassen, som bidrar ytterligere til eggets flyteevne.

Embryoet begynner som en enkelt stor celle, som senere deler seg i stadig mindre celler (Figur 7.11.1 A), som etter hvert utvikler seg til å bli en klump av ganske små celler (Figur 7.11.1 B). Etter noen få dager begynner så disse cellene å bre seg utover overflaten av plommemassen. Etter omtrent en uke har torskembryoet omsluttet hele plommen med et tynt cellelag, og i tillegg ser vi nå tydelig embryoets kropp, hode og øyne (Figur 7.11.1 C). I løpet av den neste uken utvikler embryoet seg videre i størrelse, organer dannes og embryoet pigmenteres. Egget er nå klar for klekking (Figur 7.11.1 D). Klekkingen settes i gang ved at det utskilles et klemkeenzym i det perivitelline rommet som svekker eggeskallet.

Pelagiske egg

Eggene til de fleste beinfisk er relativt små. Dette gjelder spesielt hos arter som har pelagiske egg. Små egg reduserer sannsynligheten for at de etterfølgende larvene overlever, fordi de nyklekte larvene er lite utviklet og er mer sårbare for sult og predasjon. Dette kompenseres imidlertid med å gyte mange egg og dermed øke sannsynligheten for at i hvert fall ett avkom overlever. Eggstørrelse kan variere betydelig innenfor en art. Ofte har populasjoner som gyter tidlig på året større egg enn de som gyter senere. Bathypelagiske egg, dvs. egg som flyter fritt nede i vannmassene under det øvre vindblandede laget, er ofte større enn rent pelagiske egg som er konsentrert i det øvre blandingslaget. Trolig er det en fordel med små egg i det øvre laget, da disse er mer robuste mot mekaniske belastninger fra blant annet brytende bølger.

Pelagiske egg som driver fritt med strømmene har stort spredningspotensial. Det er sannsynligvis dette som gjør at denne formen for gyting er så utbredt blant fisk, og de fiskearter som har pelagiske egg eller larver har derfor ofte stor utbredelse. Det er viktig for pelagiske egg å unngå å synke til bunnen der forholdene kan være ugunstige med lavt oksygenivå og mye bakterier og andre skadelige organismer. Eggene må derfor ha en egenvekt som er tilpasset sjøvannets egenvekt, slik at de ikke blir for tunge og dermed synker til bunns. Det er også viktig at eggene og de senere larvene blir transportert til områder som er gunstige som oppvekstområder. Havstrømmene kan variere mye både i styrke og retning ved ulike dyp, og dette understreker ytterligere viktigheten av at eggene har en tilpasning som gjør at de havner i strømmer som transporterer dem til gunstige områder. De eggene som ikke har slike tilpasninger vil ikke overleve, og deres egenskaper vil dermed ikke bli ført videre til neste generasjon. For å forstå hva som påvirker transporten av fiskeegg fra gyteområdene til oppvekstområdene, er det avgjørende å ha kunnskap om eggenes egenskaper og hvordan de er tilpasset det lokale miljøet.

Hva påvirker eggens vertikalfordeling?

Den vertikale fordelingen til pelagiske fiskeegg bestemmes av vannets tetthet, strøm og turbulens, i tillegg til eggets egenvekt og størrelse. Tettheten bestemmes av saltholdigheten og temperaturen. Siden eggene er homoterme, dvs. at de har samme temperatur som omgivelsene, er det egenvekten av eggene i forhold til saltholdigheten som bestemmer om eggene flyter eller synker. De rent pelagiske eggene har en egenvekt som er lavere enn selv det lette øverste laget i sjøen. Slike egg vil fordele seg med eksponentielt økende konsentrasjon mot

overflaten (Figur 7.11.2). De tunge bunneggene vil fordele seg omvendt, med eksponentielt økende konsentrasjon mot bunnen. Bathypelagiske egg, med en egenvekt tilsvarende sjøvannet i overgangssjiktet mellom det lette øvre laget og det tunge bunnvannet, vil flyte fritt nede i dypet. Det er utviklet matematiske modeller for vertikalfordelingen av fiskeegg. Vertikalfordelingen varierer som funksjon av turbulens i sjøen, saltholdighet, eggens flyteevne og gytedyp. Modellene beregner hvordan eggene blir transportert med strømmene fra gytefeltet, til området hvor de klekkede larvene starter næringsopptaket.

Vertikalfordelingen av pelagiske egg er sterkt påvirket av vind og turbulens, mens bunnegg og bathypelagiske egg er mindre påvirket. Sterk vind lager kraftig turbulens i det øvre vindblandede laget (20–100 m dyp), og blander eggene dypt ned i vannsøylen (Figur 7.11.3). Når det er vindstille stiger eggene langsomt tilbake mot overflaten og kan finnes i høye konsentrasjoner i overflatelaget.

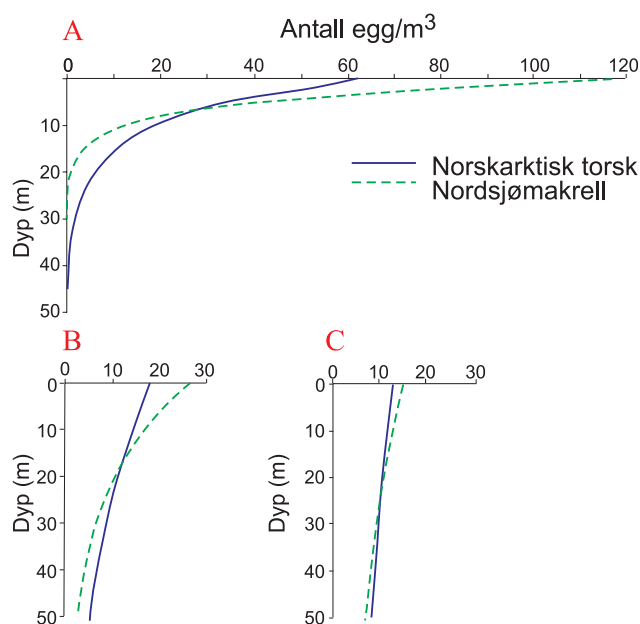
Enkelte arter med pelagiske egg gyter også i overflatelaget, eksempelvis nordsjømakrell, sardin, ansjos og brisling. Da når eggene raskt sin stabile vertikale fordeling nær overflaten. De fleste arter med pelagiske egg gyter imidlertid dypt nede i vannmassene eller til og med på bunnen. Det gjelder eksempelvis de fleste torskebestandene i Nord-Atlanteren og nordsjøflyndre. Det kan ta fra noen timer til flere dager for eggene å stige opp fra dypet. Størrelsen på eggene og egenvekten påvirker oppstigningshastigheten. Av to egg på henholdsvis 0,8 og 1,6 mm i diameter, men samme egenvekt, vil det største egget stige fire ganger raskere enn det minste.

Bathypelagiske egg, som hos for eksempel kveite og blåkveite, kan være gytt på svært store dyp, ned mot 1000 m dyp eller mer. Disse eggene har en svakt positiv flyteevne og kan bruke opptil ti dager på å nå opp til nivåene på 100–300 m dyp hvor de blir værende og utvikler seg videre.

Tilpasninger til lokale miljøforhold

Et eksempel på spesielle tilpasninger hos pelagiske fiskeegg finnes i Østersjøen. Østersjøen er et brakvannsområde, og saltholdigheten er generelt lavere og mer variabel enn i det marine miljø. For fiskearter som gyter pelagiske egg medfører dette at eggene må ha mye lavere egenvekt enn i det marine miljø. Å holde seg flytende er spesielt viktig for et egg i Østersjøen, ettersom bunnvannet i Østersjøen ofte er tilnærmet fritt for oksygen. Enkelte år er saltholdigheten så lav at alle eggene vil synke til bunns og dø, mens i andre år er det en varierende andel som har tilstrekkelig flyteevne. Bunnvannet i Østersjøen skiftes ut i gjennomsnitt ca. hvert tiende år, og etter en slik utskiftning kan det ligge tilrette for nyrekruttering av torsk i de første årene etterpå.

Studier utført av Per Solemdal (Havforskningsinstituttet) i 1960-årene har vist at eggens egenvekttilpasning sannsynligvis er av genetisk art. En østersjøflyndre som forflyttes til et mer marint miljø vil forsette å produsere egg med betydeligere lavere egenvekt enn tilsvarende marine flyndrer.



Figur 7.11.3

Modellert vertikal fordeling av lette pelagiske fiskeegg hos makrell fra Nordsjøen og tyngre torskkeegg fra Lofoten. A. Ved svak vind på 2 m s⁻¹ er eggene konsentrert mot overflaten, spesielt de lette makrelleggene. B. Ved økende vind-generert turbulens blandes eggene nedover i dypet. C. Ved liten storm (22 m s⁻¹) er det egg ned til 100 m dyp.

Modelled vertical distribution of high buoyancy mackerel eggs from the North Sea and lower buoyancy cod eggs from the Lofoten area. A. At low wind, the eggs are concentrated towards the surface (particularly the buoyant mackerel eggs). B. In increasing wind-induced turbulence the eggs are mixed deeper. C. At 22 m s⁻¹, eggs are distributed down to 100 m.

Senere studier har vist at den nedsatte egenvekten hos torskkeegg fra Østersjøen i det vesentlige skyldes et høyere vanninnhold, noe som også fører til at eggeskallet blir tynnere og dermed utgjør en mindre andel av totalmassen til egget. Torskkeeggene i Østersjøen har et volum som er 2-2,5 ganger så stort som et tilsvarende (samme tørrvekt) marint torskkeegg, og flyter ved en saltholdighet på 11-15, mens et marint torskkeegg flyter ved ca. 32.

Hvordan måler vi egenvekten hos egg?

Fiskeeggens egenvekt kan vi måle ved hjelp av en såkalt tetthetsgradientkolonne (Figur 7.11.4), der egenvekten måles med en presisjon på 0.0001 g cm⁻³. Kolonnen er blitt brukt på Havforskningsinstituttet til å studere torskkeegg i felt, og til å måle egenvekt til egg fra blant annet lysing, sardin og ansjos i Benguelastrømmen utenfor Namibia. Instrumentet består av tre glass-sylindere (70 cm høye) som er nedsenket i et temperaturkontrollert vannbad, og man kan dermed måle egenvekten hos tre parallelle serier med egg.



Figur 7.11.4

Figuren viser utstyret som brukes for å måle egenvekten til fiskeegg. Til venstre ses de tre tetthetsgradientkolonnene som er plassert oppi et vannbad. Til høyre ser vi et forstørret bilde av den midterste kolonnen, der man ser fem glasskuler som brukes til å kalibrere saltholdighetsgradienten, og hyseeegg mellom de to lyskildene. Kulene har nøytral oppdrift i saltholdigheter mellom 28.72 og 33.80, og de fleste hyseeeggene flyter mellom saltholdighet på 31.3 og 32.7.

The figure shows equipment for measuring the buoyancy of fish eggs. The density gradient columns are shown to the left. The right figure shows an enlarged picture of the middle column. Five glass bulbs, used to calibrate the salinity gradient, and haddock eggs floating between the two light sources, are clearly seen. The glass bulbs have neutral buoyancy from 28.72 to 33.8. Most of the haddock eggs float at salinities between 31.3 and 32.7.

En saltholdighetsgradient blir laget ved å fylle hver sylinder med vann fra to flasker. Den ene flasken inneholder vann med lav saltholdighet og den andre har vann med høy saltholdighet. Ved at vannet fra de to flaskene blir blandet, er man i stand til å lage en tilnærmet lineær saltgradient med ferskest vann på toppen og økende saltholdighet nedover kolonnen. Gradienten blir så kalibrert ved å tilsette glasskuler med kjent tetthet, og lese av hvor i kolonnen de plasserer seg. Når en så setter inn levende fiskeegg i kolonnen, vil de synke ned til det nivå der tettheten deres tilsvarer tettheten i gradienten, og denne kan dermed registreres. Slike gradienter har vist seg å være svært stabile, selv på sjøen i dårlig vær.

Hva kan vi bruke kunnskap om vertikalfordeling hos fiskeegg til?

Hos enkelte fiskearter brukes den observerte eggmengden i havet direkte til å beregne gytebestanden. I Norge har dette blitt gjort for makrell i Nordsjøen og norsk-arktisk torsk langs kysten av Nord-Norge. For å utføre slike observasjoner er det selvsagt viktig med kunnskap om eggenes vertikalfordeling, slik at man vet i hvilket dyp man skal lete etter eggene. For enkelte arter, som for eksempel sardin utenfor California, brukes en såkalt eggpumpe til å samle inn eggene. Dette redskapet samler bare inn egg i ca. 2-3 m dybde. Det er da uvurderlig å ha kunnskap om hvilken vertikalfordeling eggene har og hvordan faktorer som vindpåvirket nedblanding virker inn, som vist i Figur 7.11.3. Med slik kunnskap kan en modellere eggenes vertikalfordeling ved ulike vindhastigheter, og ved å måle eggmengden i overflaten kan man beregne den totale eggmengden i hele vannsøylen.

Et annet viktig bruksområde er som inngangsdata i transportmodeller. Slike matematiske modeller er ofte todelt. En del

av modellen simulerer havstrømmene i et aktuelt område (den fysiske modellen). Ved så å sette inn partikler (som representerer egg eller larver) i et simulert strømfelt, kan en, ved å kople den fysiske modellen med en modell som følger partiklene, studere transporten av partiklene over tid. De fysiske modellene er etter hvert blitt gode til å simulere havstrømmene, og de baseres på realistiske data (blant annet vind), noe som gjør at man kan simulere strømmene i et gitt tidsintervall. For at den modellerte transporten skal bli realistisk, er en imidlertid avhengig av gode data på vertikalfordeling til egg og eventuelt larver, fordi strømmen kan variere mye ved ulike dyp. Slike modeller er nå et viktig verktøy for å forstå transporten av fiskeegg og larver fra gytefeltene til oppvekstområdene, og bidrar til økt kunnskap om hva som påvirker rekrutteringen til viktige fiskebestander.

Summary

The majority of marine fish species produce pelagic eggs. Knowledge about their floating ability is vital for understanding their vertical distribution and transport in the ocean. The specific gravity of the pelagic eggs are specifically tuned to their environment; eggs spawned in the brackish water of the Baltic sea have much lower specific gravities compared to eggs spawned in the marine environment. Also among the marine eggs there are differences, eggs with high specific gravities will float deep in the water column, while eggs with lower specific gravities will tend to float in the upper water layers. The vertical distribution of the eggs in the upper water layers is strongly influenced by wind driven turbulence. On quiet days the eggs will be floating close to the surface, while on windy days they may be mixed down to about 100 m depth. Estimation of spawning stock biomass is for some species (e.g. mackerel) carried out using the numbers of pelagic eggs found in plankton samples.