



Kapittel 4

Aktuelle tema



Codyyssey – Historien om torskens vandring



Havet er et svært dynamisk system, preget av møter mellom store havstrømmer som gir et varierende miljø for dets beboere. Dette reflekteres igjen i store fluktasjoner i fisk og andre marine dyrs bestandsstørrelser og utbredelse. En av Havforskningsinstituttets oppgaver er å beregne størrelsen på fiskebestandene, som igjen gir grunnlag for kvote-rådgiving. Dette krever kunnskap om hvor fisken befinner seg til ulike tider på døgnet og året, hvem og hvor mange som beiter på fisken, når og hvor, samt hvordan fiskens fordeling og relasjoner til andre arter påvirkes av endringer i levemiljø. Dette er spørsmål vi prøver å finne svar på ved å ta i bruk avanserte datalagringsmerker.

Kathrine Michalsen
kathrine.michalsen@imr.no

Selv om vi i dag vet ganske mye om torsken – hvor den gyter, hva den spiser, hvilke faktorer som påvirker økning og minkning i torskebestandene – gjenstår det fortsatt mange ubesvarte spørsmål. De siste årene er mange av torskebestandene i europeiske farvann blitt drastisk redusert, og fisket er mange steder blitt stoppet. Det har også oppstått en del problemstillinger omkring vandringsmønstre, sonetilhørighet, endringer i utbredelse, identifisering av enkelte bestandskomponenter og effektive forvaltnings- og vernetiltak. På bakgrunn av dette ble et fireårig EU-prosjekt, kalt CODYSSEY, startet høsten 2002. Hovedformålet med prosjektet var å øke den biologiske og økologiske kunnskapen om torsk i fire ulike økosystemer (Barentshavet, Nordsjøen, Østersjøen og Island/Færøypataået) ved å kombinere miljøinformasjon med informasjon om enkeltindividets atferd innhentet fra elektroniske datalagringsmerker (DST). Noen av spørsmålene vi stilte var: Varierer torskens atferd på grunn av forskjellige miljøforhold i de ulike økosystemene? Eller har de ulike torskebestandene ulike dyp- og temperaturpreferanse gjennom året eller i ulike livsfaser?

Totalt er over 3 000 torsk blitt merket med DST og nesten 8 000 med konvensjonelle

merker. Over 850 DST-merker er blitt returnert av fiskere som har fanget torsk. Dette har gitt over 130 dager med informasjon om torskens atferd. Noen merker ble returnert kort tid etter at fiskene ble satt ut, mens andre fisk var ute i mer enn to år før de ble fanget. Det merket som var lengst ute, var et merke satt ut på Island. Det tok 1 100 dager fra fisken ble satt ut til den ble gjenfanget, så med seks registreringer i timen, er det mye informasjon som kan hentes ut bare fra denne ene fisken. I tillegg til merkingen ble det tatt vevsprøver av all fisken for genetisk identifisering, og alle øresteiner av gjenfanget torsk er blitt grundig analysert. Mye data er samlet inn, og mye ny innsikt er ervervet.

Vandrende og stasjonær torsk

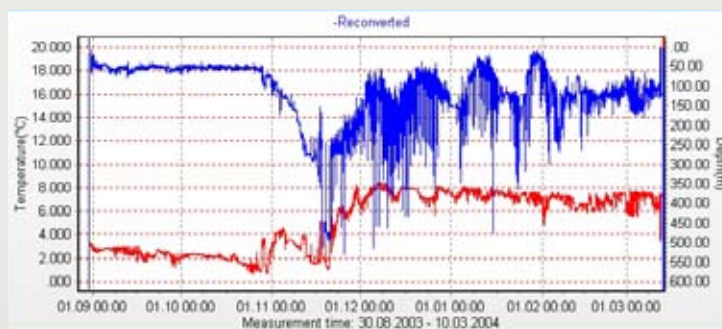
Ikke all torsk vandrer mellom beite- og gyteområder. Noen er mer stasjonære og holder seg i tilnærmet samme område gjennom hele året. Dette er vi kjent med i norske farvann, men for våre øvrige partnere i prosjektet var dette en ny oppdagelse. De jobber nå for å undersøke om det er en genetisk forskjell mellom stasjonær og vandrende torsk, slik det er påvist hos oss mellom kysttorsk og skrei. Stasjonær torsk ble altså funnet i alle de fire økosystemene. Torsk som vandret, kunne tilbakelegge en distanse på opp mot 800 km mellom beite- og gyteområder. Individet gjenfanget ett år etter utsettelse, viser at torsk i stor grad vandrer tilbake til samme

sted år etter år. I Nordsjøen er det ikke så stor distanse mellom føde- og gyteområder, og det eksisterer trolig et komplekst system av underpopulasjoner.

Opp og ned

Sett under ett viste de gjenfangete elektroniske merkene at torsk oppholder seg på dyp mellom 10 og 850 meter, og at gjennomsnittlig dyp er større om sommeren enn om vinteren og våren. Stasjonær kysttorsk står grunnere enn skreien, og forflytter seg mindre opp og ned i vannsøylen. I Nordsjøen kan det se ut som om torsken sover, fordi den holder seg på samme dyp over lange perioder, mens torsken i nord er langt mer aktiv og utfører store vertikale vandringene. Tidspunkt for disse vertikale vandringene varierer gjennom året, og vi kunne i enkelte perioder finne tydelige døgnsykluser (24 t), mens vi i andre perioder registrerte at fisken vandret i henhold til endringer i tidevannet (12,5 t syklus). Når torsken vandret vertikalt, gikk den i sikksakk: distansen tilbakelagt ved oppstigning ble etter kort tid kompensert med et tilsvarende langt dykk. Disse registreringene bekrefter tidligere funn som har vist at torsken stort sett bare har nøytral oppdrift når den står høyt oppe i vannet. Siden det går raskere å skille ut gass fra svømmeblæren under oppstigning enn ved dykk, vil vertikale vandringene føre til at torsk mesteparten av tiden har så lite gass i svømmeblæren at den må svømme for å unngå å synke. Ved hjelp av individbaserte modeller har vi i tillegg kunnet påvise at torskens vertikale vandringene er basert på et komplekst sett av avgjørelser avhengig av både miljømessige, fysiske og biologiske faktorer. Torskens vertikale fordeling ser ut til å drives frem av en avveining mellom hvor mye energi som må til for å oppnå nøytral oppdrift, sjansen for å finne mat og sjansen for å treffe på en predator.

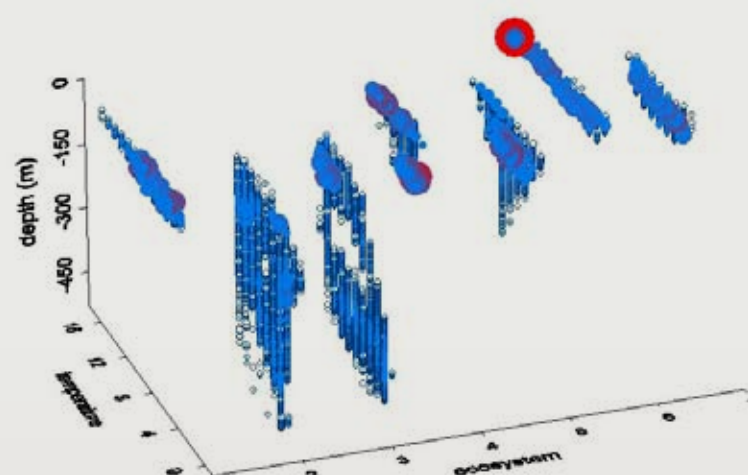
Figur 4.1.1 viser data fra en fisk som ble merket ved Bjørnøya i august og gjenfanget utenfor Røst i februar året etter. På grunnlag av dyp- og temperaturprofil kan man se at torsken antakeligvis nærmet seg norskekysten i slutten av november. Da startet den også store vertikale vandringene, slik at dypet den oppholdt seg på, varierte fra 518 til 14 meter. Bare i løpet av én time kunne dypet variere med opptil 350 meter! Går vi litt mer detaljert til verks, finner vi at vandringene også varierer gjennom døgnet. Torsken står oppe i vannsøyla om kvelden og natten, mens den står dypt om dagen. Det interessante er at torsken utfører rytmiske døgnvandringene selv om solen ikke er over horisonten på denne tiden av året. I løpet av januar kommer solen stadig høyere på himmelen (tidspunkt for sol opp og sol ned er markert med stiplede linjer i figuren). Det ser da likevel ut som om



Figur 4.1.1

Dyp (blå) og temperatur (rød) for en fisk merket ved Bjørnøya i august og gjenfanget utenfor Røst i februar året etter.

Depth (blue) and temperature (red) of a cod released at Bear Island and recaptured outside the Lofoten Islands in February the following year.



Figur 4.1.2

Tiden torsk i de ulike økosystemene har oppholdt seg i spesielle dyp- og temperaturintervaller. 1 = Østersjøen, 2 = Barentshavet, 3 = Island, 4 = nordlige Nordsjøen, 5 = norskekysten, 6 = sørlige del av Nordsjøen og 7 = vest for Shetland. Størrelsen og fargen på symbolene endres proporsjonalt med tid i de ulike intervallene.

Time spent by cod at each combination of depth and temperature. 1 = Baltic Sea, 2 = Barents Sea, 3 = Iceland, 4 = northern North Sea, 5 = Norwegian coast, 6 = southern North Sea and 7 = Atlantic (west of Shetland). Size and colour of the dots increase with time spent.

vandringen opp i vannsøylen henger nøye sammen med tidspunkt for soloppgang.

Større temperaturtoleranse enn antatt

Torsk som står i polarfronten om sommeren, dvs. i Barentshavet og ved Island, kan oppleve temperaturer ned til $-1,5^{\circ}\text{C}$, mens torsk i Nordsjøen på samme tid kan oppleve temperaturer opp mot 21°C (Figur 4.1.2). Det viser at torsk tåler et mye større spenn i temperatur enn man tidligere trodde. Flere laboratorieforsøk har nemlig konkludert med at selv om torsk kan produsere en slags frysevæske i blodet, så vil temperaturer under $-1,2^{\circ}\text{C}$, være dødelige. Det samme er blitt sagt om temperaturer

over 19°C . I tillegg har merkeforsøkene vist at torsk i de ulike økosystemene opplever en tilnærmet motsatt sesongsyklus i temperatur, med lavest temperatur om sommeren for de nordligste torskbestandene, mens fisk i sør og langs norskekysten opplever lavest temperatur om vinteren.

Variasjonen i temperatur som en torsk kan oppleve i løpet av en dag, er avhengig av fiskens vertikale vandringene og lagdeling i vannsøylen. Igjen er det fisken i nord som opplever størst svingninger. Ja, faktisk kan temperaturen her variere mer i løpet av en dag enn i gjennomsnitt for hele året. I ett tilfelle observert vi en temperaturforskjell på fire grader i løpet av ett døgn, fra $-1,5$ til

Merker

DataStorageTags, DST, er elektroniske merker som registrerer og lagrer dyp, temperatur, saltholdighet og lysintensitet hvert 10. minutt. Det kan nesten sammenliknes med flyenes ferdskriver. Når en fisk blir fanget, og merket blir sendt til oss, kobler vi merket til datamaskinen og leser av alle dataene. Ved å merke torsk på denne måten, kan vi få informasjon om at enkeltindivider faktisk vandrer tilbake til samme fjord år etter år, om tidspunkt for gyting, vandringskanaler, temperaturpreferanse, hvor i vannsøylen torsken befinner seg, tilbakelagt distanse, hyppighet og hastighet på de vertikale og horisontale vandringerne osv.

Konvensjonelle merker er laget av plast og gir ingen annen informasjon enn posisjon for utsetting og gjenfangst, som noteres manuelt.

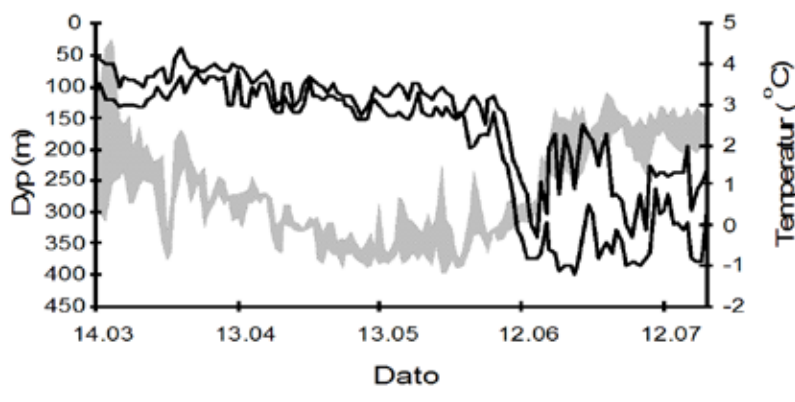


2,5 grader (Figur 4.1.3). I sør er det jevnere temperatur i vannsøylen, og de døgnlige variasjonene blir dermed ikke så store.

I Codyssy-prosjektet konkluderes det med at torsk viser stor variasjon i atferd og miljømessige toleransegrenser, noe som igjen gjør at enkeltindivider av arten kan oppholde seg i mange ulike habitater. Dette gjør det til en stor utfordring å lage en god modell som kan illustrere torskens atferd og energibruk.

Modellering av mulige vandringskanaler

Detaljert lokalisering av fisken på grunnlag av informasjon fra merker er fortsatt vanskelig, fordi GPS-signaler ikke går under vann. Ved å koble de detaljerte dybde- og temperaturregistreringene fra merkene med kjente observasjoner av bunn-dyp og temperaturer, kan vi likevel beregne sannsynlige vandringsruter. En slik modell fungerer ved at et stort antall partikler settes ut ved samme posisjon som den gjenfangete fisken. Man kan tenke seg at hver partikkel får utlevert et kart over Barentshavet og norskekysten, med informasjon om bunn-topografi og temperaturer. Partiklene må så ta seg frem til gjenfangstposisjonen på like lang tid som den virkelige fisken brukte på



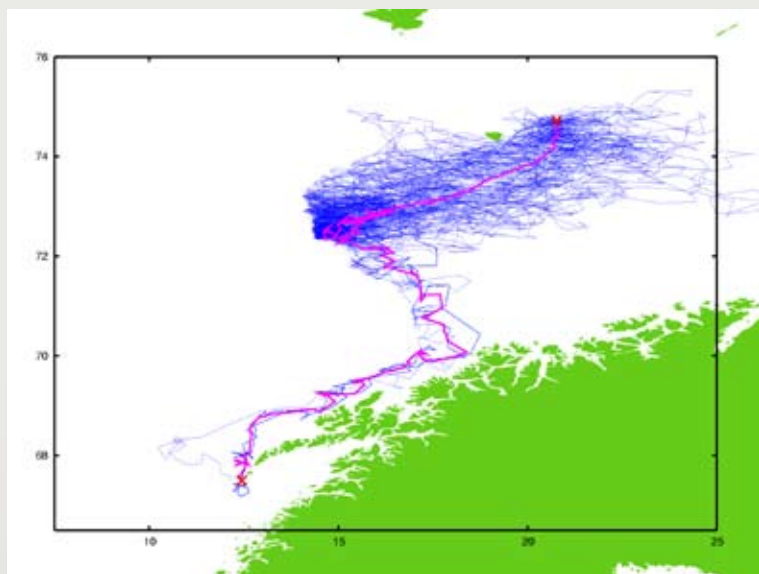
Figur 4.1.3

Maksimums- og minimumsverdier per dag av temperatur (svarte linjer) og dyp (skravert område) for en fisk merket utenfor Lofoten og gjenfanget i Barentshavet. Daily maximum and minimum values of temperature (black lines) and temperature (shaded area) for a cod tagged outside Lofoten and recaptured in the Barents Sea.

Meld fra om gjenfangst av merket fisk

- 1) Noter posisjon for gjenfangst, merkenummer, dato og kjønn på fisken
- 2) Mål lengden på fisken fra snutespiss t.o.m. fiskehale/spor
- 3) Ta ut øresteinene (ekstra bonus venter)
- 4) Send opplysningene i posten til Havforskningsinstituttet (ev. via telefon eller e-post)
- 5) Finnerlønn og opplysninger om merkeforsøket kommer i posten

Les mer om merking av fisk på;
http://www.imr.no/visste_du/om_merket_fisk/torsk



Figur 4.1.4

Sannsynlig vandringsrute for torsken som ble satt ut ved Bjørnøya på sommeren og gjenfanget ved Røst i februar året etter.
Probable migration route for the cod released at Bear Island and recaptured outside Lofoten in February the following year.

distansen mellom utsetting til gjenfangst. I tillegg må partiklene ”stemple inn” på de rette postene hvert 10. minutt, dvs. de må befinne seg på samme dyp og i samme temperatur som merket har registrert. Etter hvert fjernes de partiklene som vandrer i feil retning, eller som ikke klarer å innfinne seg på områder med riktig dyp og temperaturer. Til slutt står kanskje ti mulige vandringsruter igjen. Disse gir altså ikke en nøyaktig beskrivelse av vandringsruten, men sier likevel en god del om hvor fisken kunne vært til ulike tider på året. Et eksempel på å etablere slike sannsynlige vandringsruter er vist i Figur 4.1.4.

Det spesielle med Lofoten og Vesterålen

Det har i alle år vært spekulert på hvorfor den arktiske torsken har umaket seg med å komme de 1 000 kilometerne fra Barentshavet til Lofoten for å gyte. Gyting kan foregå flere steder langs norsk-kys-

ten, men områdene utenfor Lofoten og Vesterålen har opp gjennom tidene vært det viktigste. Her er kontinentalsokkelen på sitt smaleste, og varmt og næringsrikt atlantehavsvann strømmer forbi, ikke så langt ifra land. Ved hjelp av temperatur- og dybdeprofiler fra de elektroniske merkene kan vi nå anslå når fisken har forlatt et område med atlantisk vann og kommer inn i kystvann, hvor lenge torsken er ved kysten og når den vandrer ut i havet igjen. Vi kan også se at kysttorsk og skrei oppholder seg på ulike dyp mens de er i gyteområdet.

Ut fra tidligere undersøkelser ser det ut til at hunn- og hannfisk har ulik atferd. Hannene samler seg på bunnen. Vi vet at lyd er viktig i paringstiden, og hannene svømmer nå trolig rundt og tøffer seg for hverandre. Hunnene står litt høyere i vannsøylen og venter. Merkedataene viser så at det skjer en pardannelse der hunn- og hannfisken

Forskningsprogram Økosystem og bestandsdynamikk

Programmet Økosystem og bestandsdynamikk som CODYSSEY-prosjektet inngår i, ble etablert i 2007, og skal styre instituttets arbeid for å bedre vår forståelse av variasjoner i marine økosystemer, spesielt knyttet til fiskebestandene. Kunnskap om økosystemenes dynamikk er nødvendig for å forstå, evaluere og forutsi hvordan endringer i miljø og fiske påvirker det marine økosystemet. Spesielt viktig er det å kunne skille mellom naturlige variasjoner og menneskelig påvirkning. Bestandsvurdering og -rådgivning for levende marine ressurser utføres i dag nesten utelukkende basert på kommersielle fangstdata og bruk av trål- og akustikkdata fra forskningstøkt. En viktig oppgave for programmet er å videreutvikle denne metodikken for å møte utfordringene som ligger i økosystembasert forvaltning.

til slutt svømmer tett sammen i en spiral oppover i vannsøyla. Allerede i 1935 rapporterte Oscar Sund at torskens gyting foregår oppe i vannsøylen på varierende dyp. I alle år siden har vi snakket om denne ”gytefloa”, men den eneste bekreftelsen vi har på at selve gytingen faktisk foregår her, er at vi finner nygytte egg i de øvre vannlagene. Inne i Vestfjorden vet vi at sterke strømmer raskt transporterer torskens egg og larver ut i det næringsrike atlantehavsvannet og frakter nye generasjoner av torsk nordover og inn i Barentshavet, samtidig som larvene har god tilgang til mat.

CODYSSEY-prosjektet har gitt oss mye ny innsikt i torskens biologi og økologi som har relevans for fiskeriforvaltningen, både nasjonalt og internasjonalt. Men vi forventer enda mer, for det gjenstår ennå mye arbeid med å analysere de store mengdene med data og hente ut ytterligere kunnskap.

Codysey – the Story of Cod Migrations

CODYSSEY, a four-year R&D partnership between nine different fisheries research institutes in eight European countries and funded by national governments and the EU. Codysey was initiated in October 2002 in response to a need for improved understanding of migratory behaviour and distribution of cod in the North-East Atlantic. Over 3000 data storage tags were released between 2002 and 2005 in the Bar-

ents Sea, the North Sea, the Baltic Sea and the Icelandic and Faroe Plateau. Over 850 DSTs have been returned to date, yielding more than 130,000 days of data. The project has shown that Atlantic cod show a remarkable behavioural plasticity and environmental tolerance that permits individuals to occupy a wide range of marine habitats. Vertical and horizontal movements appear to be regulated by the inter-

action between simple behavioural rules and habitat complexity. In consequence, complex spatial dynamics and apparently chaotic activity patterns were observed that proved challenging to reproduce with simple behavioural and bio-energetic models. Individual-based models and otolith analysis show considerable promise as tools to further understand cod ecology at a population and regional level.