

3.4

Det er grenser for hva selv en torsk vil gjøre!

De siste årene har det vært satset stort på torskeoppdrett i Norge, og vi har fått en rask økning i antall klekkerier og merdanlegg, men totalproduksjonen (vel 5 500 tonn i 2005) ligger fortsatt på bare 1% av lakseproduksjonen. Antall tildelte konsesjoner for torskeoppdrett har imidlertid passert 500, noe som tilsvarer en potensiell produksjonskapasitet på minst 300 000 tonn. Etter at torskens slippes ut i merdene i sjøen, oppdrettes den stort sett på samme måte og med samme teknologi som laks. Imidlertid har det vist seg at torsk krever andre rutiner for håndtering, lysstyring og føring. Flere oppdrettere har fått seg en overraskelse når de har linet opp merdene og store mengder fisk har kommet opp med buken i været. Årsaken er at torskens lukkede svømmeblære som det tar lang tid å tømme, og som kan ekspandere til den sprekker når trykket reduseres. Hvilke konsekvenser har dette for valg av teknologi og metoder i torskeoppdrett? Og hvor setter torskens egne grenser for vertikalvandring og utvidelse av svømmeblæra? Her er historien om hvordan vi avslørte torskens subjektive grenser for trykkreduksjon.

Tore S. Kristiansen

tore.kristiansen@imr.no

Jan Erik Fosseidengen

jan.erik.fosseidengen@imr.no

Jon-Erik Juell

jon-erik.juell@imr.no

La oss begynne med hva en svømmeblære er, og hvordan den fungerer. Siden fisk er tyngre enn vann, vil de synke hvis de ikke svømmer eller har en metode for å øke oppdriften. For å holde seg "vektløse" i vann trenger de å øke volumet med ca. 5 % i sjøvann og 7 % i ferskvann. En løsning en finner hos mange beinfisk er en oval "svømmeblære" plassert i bukhulen like under ryggraden som fylles med gass og "blåser opp" fisken til den har samme tett-

het som vann. Både torsk og laks bruker denne metoden, men mens laksefisk har en åpen svømmeblære og må svelge luft i overflaten, er svømmeblæra hos torskefisk lukket og fylles opp ved hjelp av en kjertel som henter gass fra blodbanen.

Rete mirabile – det fantastiske nettet

Hvis vi tenker oss en torsk som har nøytral oppdrift på 200 m dyp, vil den trenge å bygge opp et gasstrykk i svømmeblæra til 21 atmosfæres trykk (atm). Når vi vet at partialtrykket for oksygen i blodet bare er 0,2 atm og 0,8 for nitrogen, høres dette ut som en umulig oppgave. Selv om svømmeblæra er nærmest 100 % gasstett, skulle en tro at gassen på grunn av den store trykkforskjellen ville strømme inn i og ikke ut av blodårene i gasskjertelen. Dette problemet er løst gjennom et såkalt kapil-

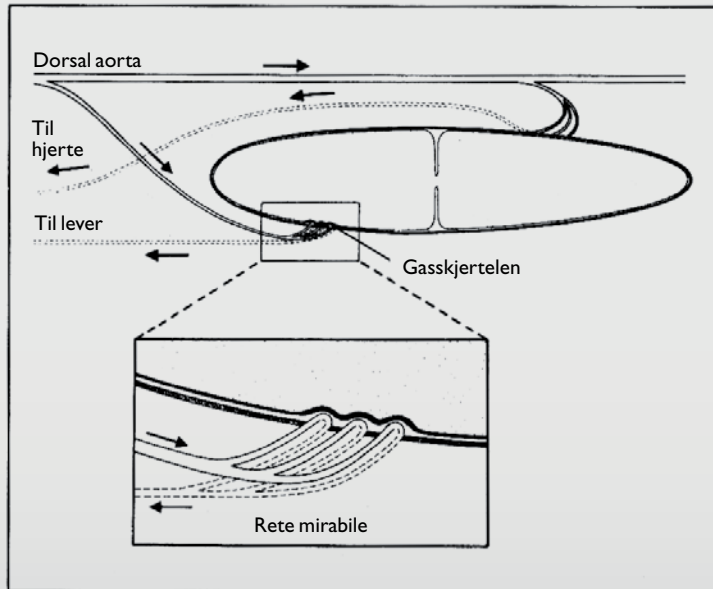
Foto: Rudolf Svendsen (www.uwphoto.com)



Figur 3.4.1

Torsken har en lukket svømmeblære, noe som kan by på problemer når de frivillig eller ufrivillig må redusere dypet de oppholder seg på.

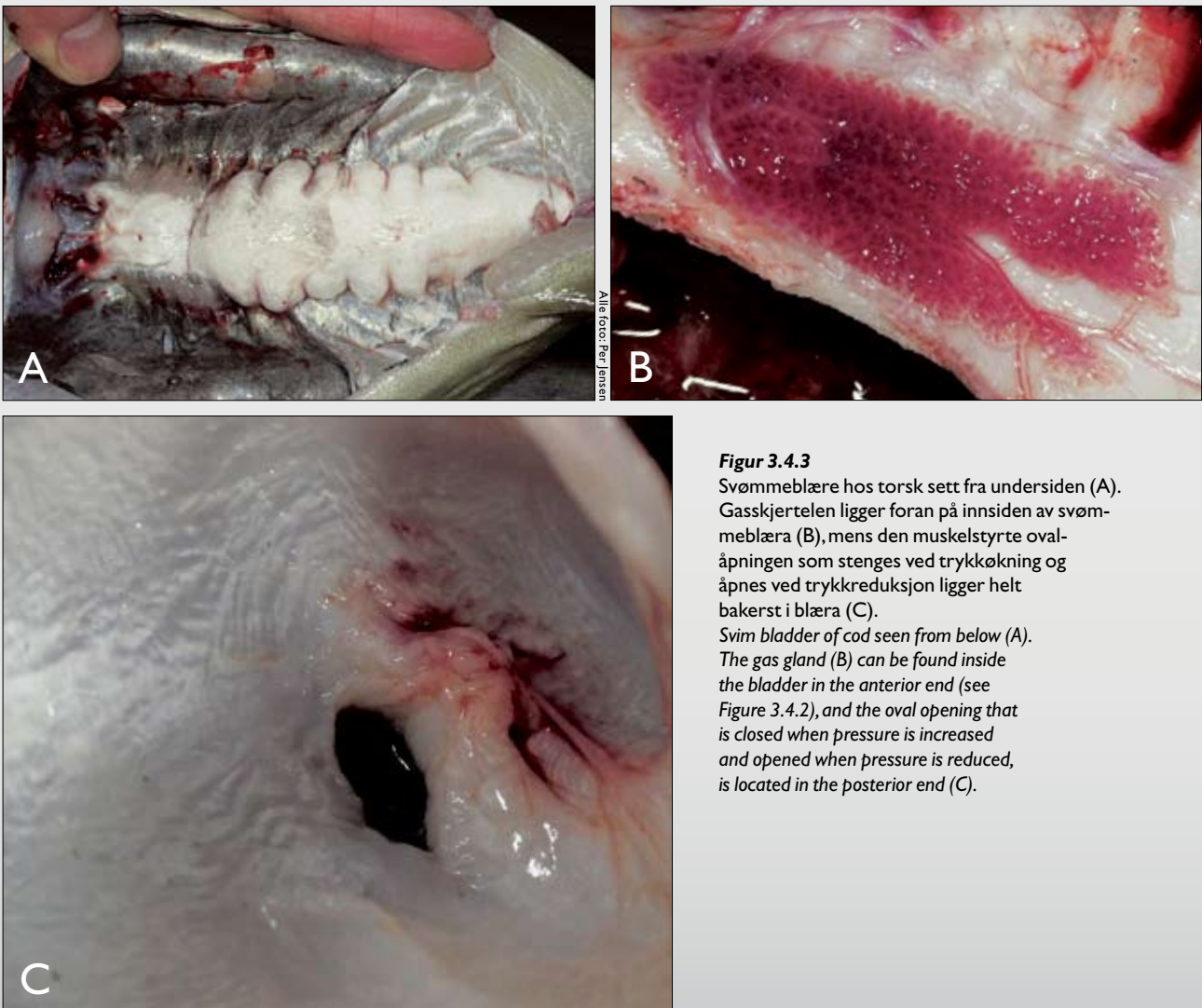
The cod has a closed (physoclist) swim bladder, which may cause problems when it ascends towards the surface.



Figur 3.4.2
Prinsippkisse av de to systemene for fylling og tømning av svømmeblæra (gjentegnet fra Figur 11.29 i Schmidt-Nielsen 1979, *Animal Physiology* 2.ed.).
Diagram over the circulation of the swim bladder of cod.

lærnett av titusener av mikrometer tynde blodårer (kalt *rete mirabile*), hvor arterielle (fra hjertet/gjellene) og venøse (fra svømmeblæra) kapillærer går i motstrøm. Blod med høyt gassinhold fra svømmeblæra vil da møte blod med lavere innhold, og siden kapillærene er gjennomstrømmelige for gass vil gassen lekke over fra de venøse kapillærene til de arterielle, etter samme prinsipp som i en varmeveksler (Figur 3.4.2). På denne måten vil torsk kunne holde på gassen i blæra, men dette forklarer imidlertid ikke hvordan gassen kom inn i svømmeblæra i utgangspunktet.

Hva er så hemmeligheten? Jo, i gasskjertelen (Figur 3.4.3) utnyttes Bohr- og Root-effekten, dvs. at hemoglobinet får mindre evne til å binde oksygen når blodet blir surere (lavere pH). Dette fører til at oksygen blir frigjort og partialtrykket øker. I tillegg vil også nitrogen (og andre løste gasser) bli mindre løselig ved lavere pH (pga. utsaltingseffekten). Gasskjertelen produserer melkesyre og CO_2 som blir løst i det venøse blodet i kapillærene, noe som fører til lavere pH og at gasstrykket øker



Figur 3.4.3
Svømmeblære hos torsk sett fra undersiden (A). Gasskjertelen ligger foran på innsiden av svømmeblæra (B), mens den muskelstyrte ovalåpningen som stenges ved trykkøkning og åpnes ved trykkreduksjon ligger helt bakerst i blæra (C).
Swim bladder of cod seen from below (A). The gas gland (B) can be found inside the bladder in the anterior end (see Figure 3.4.2), and the oval opening that is closed when pressure is increased and opened when pressure is reduced, is located in the posterior end (C).

og gass diffunderer over i den arterielle motstrømmen. Siden det arterielle blodet er mindre surt, skulle en tro at oksygenet ville binde seg til hemoglobinet igjen og at en dermed var like langt. Det viser seg imidlertid at det går langsommere å binde oksygenet til hemoglobin enn å frigjøre det, slik at oksygenet ikke rekker å binde seg før det er over på den venøse (sure) siden igjen. På denne måten vil det bygges et gasstrykk i blodet som er høyere enn gasstrykket i svømmeblæra, og det vil lekke gass inn i den.

Problemet med lukket svømmeblære

Å fylle på med gass i svømmeblæra er en langsom prosess. Tiden det tar å doble trykket i svømmeblæra øker naturlig nok med økende trykk, fra noen få timer nær overflaten til flere dager på noen hundre m dyp. Å tømme svømmeblæra går betydelig raskere og er forholdsvis uavhengig av dyp, men siden gassen må diffundere ut gjennom blodet og gjellene tar det likevel rundt fire timer for en torsk å halvere trykket i blæra. Ved tømning slippes gassen ut gjennom en liten muskelstyrt åpning (kalt ovalåpningen) i bakre ende av svømmeblæra (Figur 3.4.3) som står i forbindelse med et område med kapillærnett (kalt ovalen) hvor gassen strømmer inn i blodet på grunn av den store trykkforskjellen.

Innenfor svømmeblæras toleransegrenser for utvidelse fordobles blærevolumet når trykket reduseres med 50 %. Siden trykket øker med en atmosfæres trykk for hver 10. m vanddyb, vil de relative trykkendringene være størst nær overflaten. For eksempel vil den relative trykkreduksjonen være 50 % både fra 10 til 0 m dyp (fra 2 til 1 atm trykk), og fra 40 til 15 m dyp (fra 5 til 2,5 atm trykk). Med andre ord har torsk den største begrensningene for vertikalvandring (i m) i nærheten av overflaten.

Problemet med å bruke en svømmeblære for å oppnå nøytral oppdrift i vann er at den er i likevekt bare på det dypet hvor tettheten av fisken (med oppblåst svømmeblære) er lik tettheten av vannet. Alle andre steder er fisken enten for tung eller for lett. Å være

for tung byr ikke på så store problemer og kan kompenseres med svømming og bruk av brystfinnerne for å få løft når de svømmer, eller de kan legge seg på bunnen. Å være for lett er derimot mer problematisk. Alle som har dykket med dykkervest vet at hvis en svømmer oppover i vannsøylen uten å få lufta ut av vesten, vil vesten blåse seg mer og mer opp og en vil miste kontrollen over oppstigningen. Siden torsk har "dykkervesten" fastmontert inne i bukhu- len, risikerer den også indre skader hvis den blåser seg opp for mye eller sprekker. Forsøk har vist at svømmeblæra til torsk sprekker når trykket reduseres med ca. 70 % av likevektstrykket, men vi må anta at torsk får problemer med atferdskontroll lenge før. I fri tilstand vil den trolig svømme mot bunnen for å redusere oppdriften når den merker at oppdriften blir for stor.

Når torsk blir fanget på dypt vann og halt raskt til overflaten vil svømmeblæra sprekke, og gassen vil presse seg under bukhinnen og blåse opp bukhu- len. Hvis trykket reduseres ytterligere vil bukhinnen (*peritoneum*) sprekke opp ved gattet, gas- sen slippes ut og fisken vil igjen få negativ oppdrift. Hvis trykket i bukhu- len ikke er stort nok til at dette kan skje, vil fisk med sprukket svømmeblære stige til overflaten og bli liggende med buken i været, ute av stand til å komme seg noe sted.

Torskens egne grenser for vertikalvandring

Den forholdsvis langsomme reguleringen av likevekten setter klare grenser for hvor langt en fisk med lukket svømmeblære kan svømme oppover i vannsøylen. Siden det går raskere å tømme enn å fylle svømmeblæra, vil fisken ofte være nøytral i den øverste del av området hvor den har

oppholdt seg det siste døgnet. Innenfor sitt daglige bevegelsesområde har torsk en stor del altså negativ oppdrift. En torsk som svømmer mot overflaten vil etter at den passerer likevektsdypet merke at den får stadig mer "luft i magen". Hvordan det føles for torsk vet vi ikke, men vi må anta at det økende trykket i bukhu- len gir en form for nevrologisk signal i form av smerte eller ubehag som får den til å skjønne at den bør vende snuten nedover igjen – lenge før blæra sprekkes. Kanskje vil den også merke at den kommer i ubalanse, siden svømmeblæra er på undersiden av fisken, noe som fører til at fisken vil begynne å tippe rundt når blæra oppnår et visst volum. (Dette er også forklaringen på at de ender med buken i været hvis de ikke greier å snu og komme seg ned på dypere vann).

For å være trygg på at torsk i merdene ikke mister kontrollen og ender med buken i været under håndtering og opplining av merder, er det derfor viktig å kjenne grensene torsk selv har for vertikalvandring og trykkreduksjon. I forbindelse med konstruksjon av føringssystemer og merder, vil det likeledes være viktig å lage systemer som ikke påfører fisken unødige belastninger og vanskelige avveininger mellom behov for førintak og risiko for store trykkreduksjoner. Også når det gjelder grensen for trykkreduksjon som gir akseptabel dyrevelferd er det trolig fornuftig å holde seg til torskens egne grenser.

Forsøksoppsett

I et nylig gjennomført forsøk ved Havforskningsinstituttet Austevoll, ble dette langt på vei klarlagt ved å holde en gruppe torsk (229 stk.) i en 35 m dyp merd utstyrt med et føringssystem som tvang torsk

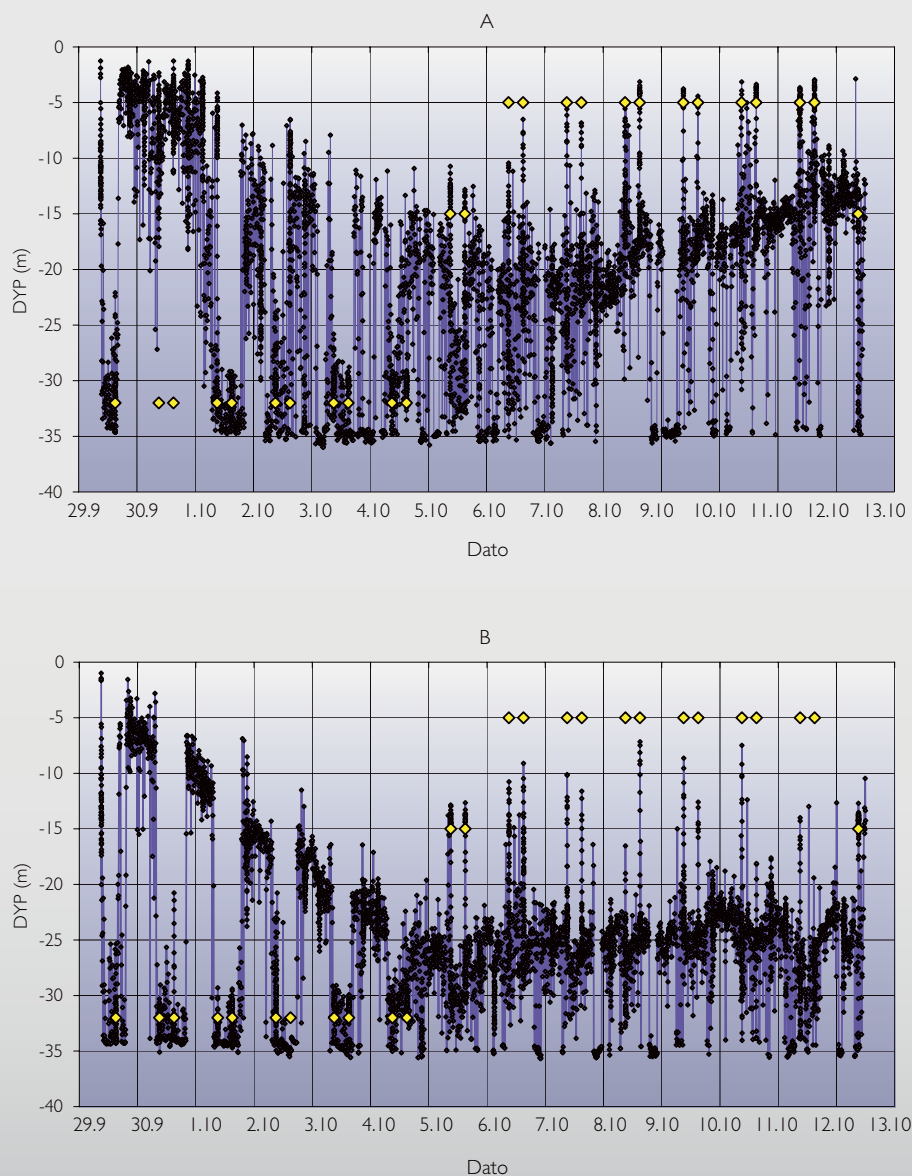
Figur 3.4.4

Dypmerdlaboratoriet ved Havforskningsinstituttet, Forskningsstasjonen Austevoll, består av en 35 m dyp 12x12m² merd som er overvåket med måleutstyr for hydrografi, ekkolodd og undervannskamera som kan overvåke hele merdvolumet. Føringssystemet kan begrenses og plasseres i ønsket dyp.

The deep cage laboratory at IMR, Austevoll Research Station, consists of a 35 m deep-sea cage (12x12 m²) monitored by profiling CTD, echo sounders and UW-camera. The feeding system allows feeding in a restricted area at selected depths.



Foto: Jan Erik Forsvoldengen

**Figur 3.4.5**

Resultater fra DST-merkene som logget hvilke dyp fisken oppholdt seg på fra to utvalgte fisk. De gule merkene viser dyp og tidspunkt for fôring. Begge fiskene reduserer gjennomsnittsdypet de oppholder seg på den første uka. Den ene torskene (A) reduserer gjennomsnittsdypet den oppholder seg etter at fôringen har blitt flyttet til 3–5 m, og greier å svømme opp til fôret den tredje dagen etter flytting. Den andre fisken (B) reduserer ikke dypet og når aldri opp til fôret så lenge fôringen er på 3–5 m. De vertikale strekene under de gule merkene viser hvor langt de går opp før de snur etter at de har fått lydsignalet.

Results from the DST-tag logging of which swimming depths two of the tagged fish stayed during the experiments. The yellow diamonds indicate feeding time and depth. The first cod (A) decrease its average swimming depth after the feeding area has been moved to 3–5 m, and reach up to the food the third day with feeding near surface. The other (B) does not decrease its average swimming depth and do never reach up to the food. The vertical lines below the diamonds show how near the feeding area the fish got when they swam towards the feeding area after the feeding signal from the loudspeaker.

til å spise på et bestemt dyp (Figur 3.4.4). Merden var også utstyrt med omfattende overvåkingssystemer (CTD, ekkolodd, kamera), og 18 torsk ble utstyrt med data-lagringsmerker (DST milli-Staroddi) som registrerer fiskens svømmedyp og kroppstemperatur. For å lykkes med eksperimentet måtte vi få torskene til å oppholde seg dypt i merden så lenge at den fikk nøytral oppdrift og ikke ville greie å svømme helt opp til overflaten. Videre måtte vi få torskene til å svømme rett opp så langt den maktet, inntil det økte trykket i svømmeblæra fikk den til å snu. Ved å finne likevektsdypet til torskene og hvilke dyp den stoppet på, kunne vi estimere trykkreduksjonen torskene selv satte som grense.

For å forsøke å oppnå at torskene fikk nøytral oppdrift på dypt vann ble den føret på 30–32 m dyp den første uka i dypmerden (to m under fôringslangen ble uspist fôr samlet opp i en trakt og pumpet tilbake til slangen). Før forsøket hadde torskene blitt

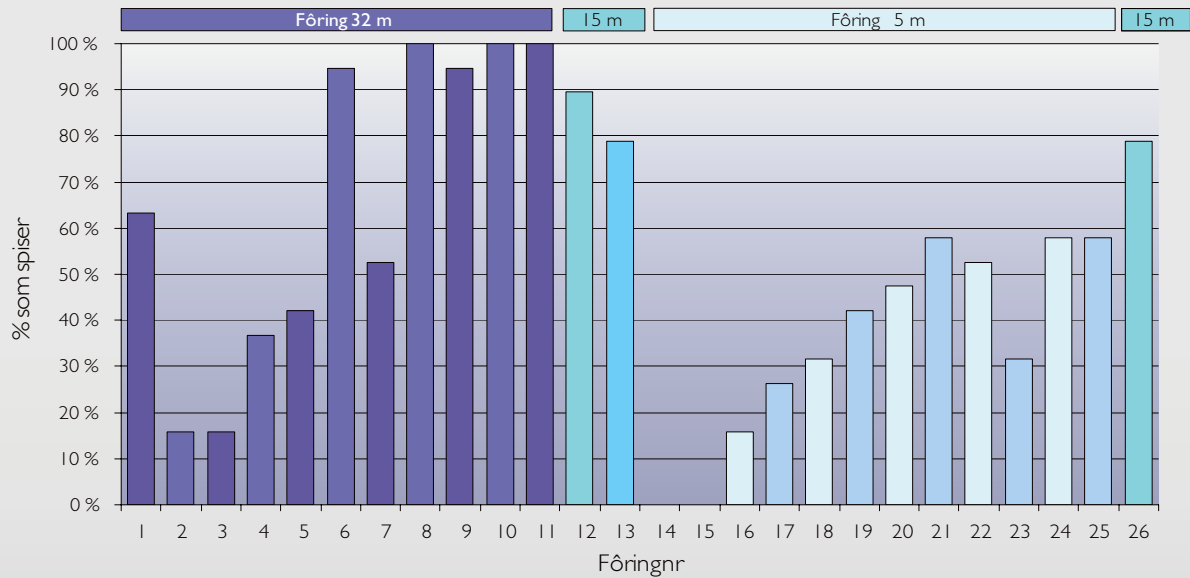
holdt i en 5 m dyp merd. Få minutter etter at de ble sluppet i dypmerden (kl. 09) gikk de fleste fiskene ned mot bunnen, og nesten alle spiste ved bunnen på første fôring (kl. 15). Første kveld i merden gikk imidlertid de fleste opp igjen til ca. 5 m dyp og ble der gjerne et par dager. I løpet av uka gikk imidlertid de aller fleste fiskene ned til fôringspunktet, og til slutt spiste så godt som alle på 30 m dyp. I begynnelsen av forsøket hadde torskene tydelig negativ oppdrift dypt i merden, og mange fisk la seg ned på notlinet i bunnen av merden. De viste også tydelig døgnvariasjon i vertikalfordeling, og stod grunnet kveld og natt og dypest midt på dagen. (Figur 3.4.5) Utover i den første uka oppholdt de seg stadig dypere i merden også om natta, og vi kunne anta at de fleste torskene hadde nøytral oppdrift relativt dypt i merden.

Vertikalvandring på signal

Neste utfordring var å få torskene til å svømme rett opp mot overflaten. Strate-

gien her var å lære den opp til å svømme mot en høyttaler som ga et lydsignal før fôring. Tidligere forsøk hadde vist at torsk lett lærer å assosiere lyd eller lysblink med mat, og at de alltid svømmer mot signalet før de svømmer mot maten. Før torskene ble sluppet ut i dypmerden ble de i en periode på ti dager før forsøksstart lært opp ved at vi sendte ut en pulserende lyd på 100 Hz i ett minutt før hver fôring. Etter få dager viste torskene klar respons på lyden og svømte rett mot høyttaleren med en gang lyden kom på. Tidligere forsøk hadde også vist at torsk kan huske innlærte signaler i flere måneder, så vi forventet at torskene ville huske lyden når den ble slått på igjen etter en ukers pause.

På dag 8 i forsøket ble fôringspunktet hevet til 13–15 m dyp, og lydsignalet ble gitt ett minutt før fôring fra høyttaleren som hang like under overflaten. De aller fleste torskene viste klar respons på signalet og svømte rett forbi fôringspunktet og et



Figur 3.4.6

Andel av de merkede fiskene som oppholdt seg i føringedypet og som vi antar spiste ved de ulike føringene. Føringedyp er indikert over søylene.

Ratio of the tagged group of cod that was found in the feeding depth during feeding and was assumed to feed the different feeding days and depths.

Figur 3.4.7

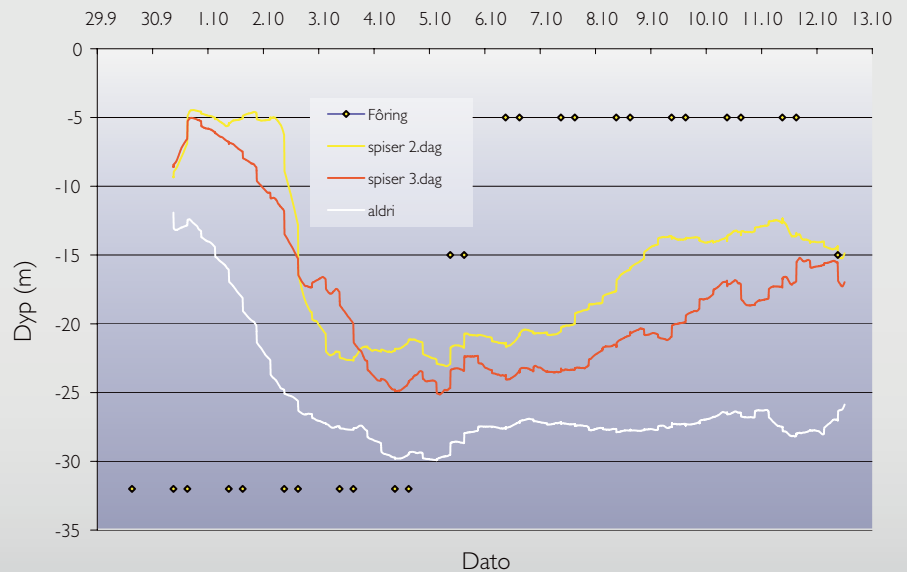
Glidende middelvei for gjennomsnittsdypet der følgende grupper av DST-merket torsk har stått siste døgnet: gul linje – torsk som greide å svømme opp til føringområdet andre dagen etter flytting til 3–5m dyp;

rød linje – torsk som nådde opp til føringområdet tredje dagen eller senere; hvit linje – torsk som aldri greide å nå opp til føret. De gule punktene viser føringstidspunkt og dyp.

Sliding mean values for average swimming depth the last 24h for the following DST-tagged groups:

yellow line – fish that manage to swim up to the feeding area the second day after the moving of the feeding location to 3–5m depth;

red line – fish that manage to swim up to the feeding area the third day or later; white line – fish that never reach the food at 3–5 m depth.



stykkeoppmothøytaleren, før desnudde og kom tilbake til føringpunktet og begynte å spise. På dag 9 ble føringpunktet hevet til 3–5m dyp. Denne dagen greide imidlertid ingen av fiskene å komme seg helt opp til føringområdet. Både på kamera, ekkolodd og på data fra dybdemerkene kunne vi se at de svømte rett opp mot føringpunktet, men måtte snu før de nådde opp, gjerne noen få m unna føret. Dagen etter greide imidlertid de første fiskene å nå opp til føret, og etter tre dager var flesteparten av dem oppe og spiste (Figur 3.4.6). Analysen

av de DST-merkede fiskenes svømmedyp viste imidlertid at ca. 1/3 av dem aldri greide utfordringen. Dag etter dag forsøkte de å svømme opp når lydsignalet kom på (Figur 3.4.5 og 3.4.8), men måtte snu noen meter unna føringpunktet. Siste dag i forsøket ble føringpunktet senket til 13–15 m dyp, og da greide nesten all fisken igjen å nå føringpunktet.

DST-merkene registrerte fiskens svømmedyp hvert 5. minutt, bortsett fra i en 10-minuttersperiode hver 6. time hvor

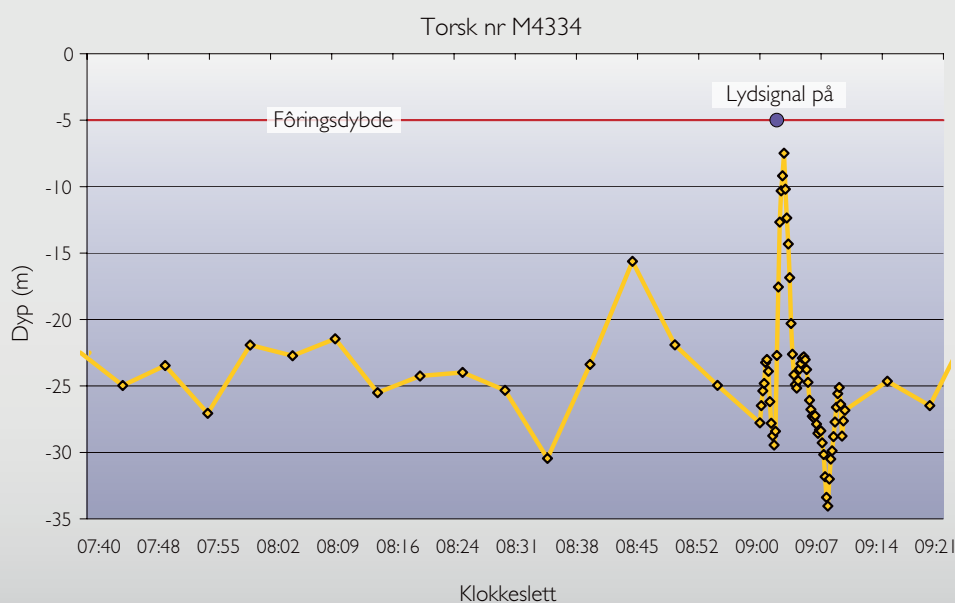
registreringene skjedde hvert 10. sekund. Ved å starte lydsignal og føring i periodene med hyppig registrering kunne vi få nøyaktige målinger av fiskens respons på signalet og hvor høyt i merden de svømte før de eventuelt snudde. Registreringer hvert 5. minutt var ellers tilstrekkelig til å måle fiskens vertikalfordeling gjennom døgnet og få et bra estimat på fiskens likevektsdyp like før føring. Når vi sammenlignet gjennomsnittsdypet hvor de merkede fiskene oppholdt seg gjennom døgnet (Figur 3.4.7), viste det seg at de som nådde opp

til fôringspunktet de første dagene med fôring på 3–5 m dyp stod gjennomsnittlig grunnere i merden enn dem som ikke nådde opp, og at de gradvis også oppholdt seg nærmere fôringspunktet fra dag til dag. Torsken som ikke nådde opp oppholdt seg dypere og justerte ikke oppholdsdypet i perioden den ble fôret på 3–5 m. Følgene av dette var at de fiskene som reduserte oppholdsdypet ble utsatt for stadig mindre trykkreduksjon under fôring, mens de som holdt seg på dyppet hele tiden fikk for stor

reduksjon mellom oppholdsdyp og fôringsdyp til at de kunne komme seg opp. At de ved hvert lydssignal forsøkte å svømme mot overflaten, viste at de var motiverte til å svømme opp til fôringspunktet (og de ble etter hvert mer og mer sultne), slik at vi må anta at de svømte så høyt de maktet før de snudde. Også de fiskene som nådde opp til fôringspunktet var tydelig påvirket av trykkreduksjonen, og de første dagene ble de fleste i fôringsområdet i kort tid før de vendte snuten nedover igjen.

Grense rundt 50 % trykkreduksjon

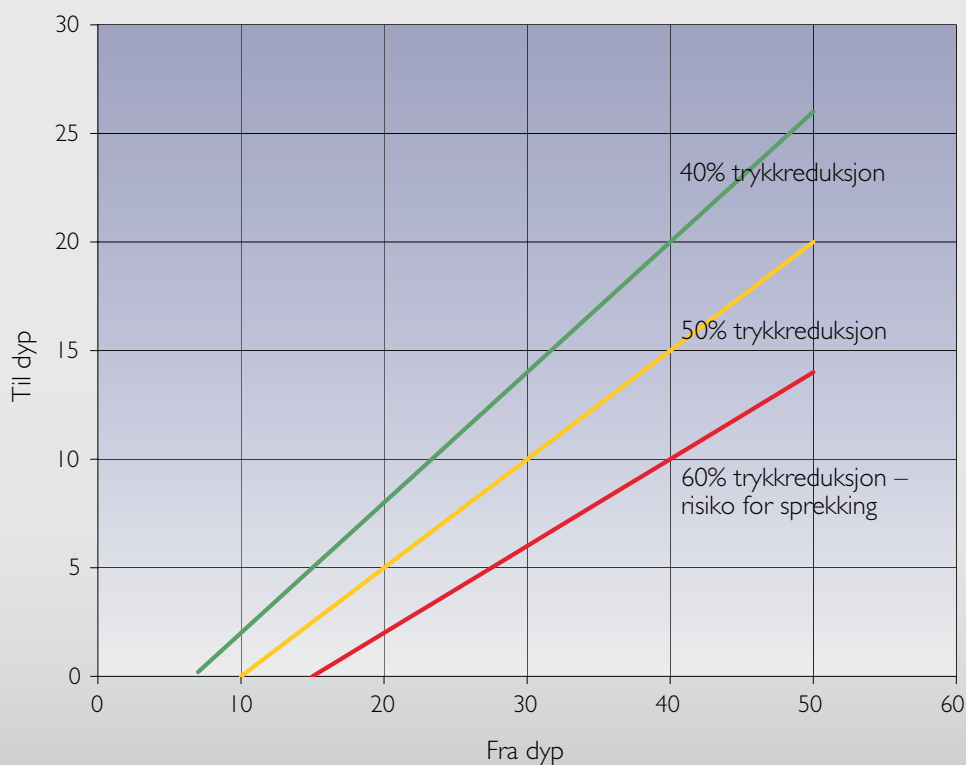
Hva var så grensen torsken selv satte for trykkreduksjon i forhold til likevektsdyppet? Går vi ut fra at fisken er i likevekt i øvre del av oppholdsområdet der de har oppholdt seg de siste fire–fem timene før fôring, viser de foreløpig analysene av resultatene at de snudde på et dyp som ga rundt 50 % trykkreduksjon. Dette er illustrert i Figur 3.4.8 som viser responsen på lydssignalet under en av fôringene til en fisk som aldri greide å spise nær overflaten. Ut



Figur 3.4.8

Eksempel på fisk som forsøker å svømme opp til fôringsområdet etter at lydssignalet er gitt, men som må gi opp få meter unna, og snur og svømmer nedover. Mellom 09:00–09:10 blir dypet registrert hvert 10. sek., ellers hvert 5. min.

Example of fish that try to swim towards the loudspeaker above the feeding area after the sound signal has been given, but have to give up few metres from the goal. Between 09:00–09:10 the depth is registered every 10. sec., else every 5. min.



Figur 3.4.9

Diagram som viser til hvilket dyp merden kan heves til når den heves fra ulike dyp med maksimum 40, 50 og 60 % trykkreduksjon.

Diagram showing limits for reduction of depth in sea cages when they are lifted from various depths to 40, 50 and 60 % pressure reduction.

fra dybderegistreringene i timene før fôring, ser denne torsken ut til å ha hatt nøytral oppdrift på ca. 25 m dyp. Som vi ser svømte denne fisken rett opp til 7 m dyp, noe som tilsvarer 51 % trykkreduksjon (bare 2 m fra fôringsområdet!), før den snudde og svømte ned til 30 m dyp. Allerede på 12 m dyp (37 % trykkreduksjon) begynte den imidlertid å bremse ned på svømmefarten, noe vi ser av at punktene på kurven blir tettere. Dette skulle tyde på at den da begynte å merke ubehag på grunn av trykket i svømmeblæra.

Siden vi ikke kan vite eksakt hvilket dyp fisken er nøytral på, er ikke disse beregningene 100 % korrekte. Det store materialet vi har fra mange individers gjentatte daglige forsøk på å komme seg opp til føret gjør

imidlertid at vi med stor sikkerhet kan si at grensene ligger rundt 50 % trykkreduksjon. Siden fiskene som deltok i forsøket var oppdrettet torsk som har levd hele livet grunnere enn 5 m dyp, kan det tenkes at torsk som er tilpasset større dyp og større vertikalvandring ville kunne klare større trykkreduksjon. Dette er foreløpig en utestett hypotese.

Gode metoder – trivsel i merdene

Hvilke praktiske konsekvenser har dette for oppdretterne? I Figur 3.4.9 er det vist hvilket dyp en kan heve en merd til fra ulike merdyp ved 40, 50 og 60 % trykkreduksjon. For å være sikker på at torsken ikke mister kontrollen over oppdriften vil vi, med det vi vet i dag, anbefale at man ikke overskrider 40 % trykkreduksjon ved

opplining av nøter. Videre bør en før videre opplining vente minst fem timer, slik at torsken har fått tid til å redusere overtrykket i svømmeblæra.

Torskeoppdrett må drives på torskens premisser for å lykkes. I den kommende treårsperioden vil derfor Havforskningsinstituttets fiskevelferdsforskning øke fokuset på problemstillinger rundt regulering av gasstrykk i svømmeblæra og oppdriftskontroll hos torsk. Nye forsøk vil innbefatte problemstillinger relatert til fôrinntak og vertikalvandring i dype merder, feltforsøk med fiske av levende torsk på ulike dyp og med forskjellige redskaper, samt studier av torsk i trykkammer for å få mer nøyaktig mål på fylling og tømningstid av svømmeblæra.

Limits of pressure adjustment in farmed cod?

During the last few years, large investments have been put into intensive culture of cod (*Gadus morhua*) in Norway, and we have seen a sharp raise in the number of produced juveniles and established cage farms. Cod and other gadoids have a closed swim bladder (physoclist) and must rely on secretion and absorption of oxygen through their circulatory system. Gas is secreted through a richly vascularised gas gland on the swim bladder wall with a counter-current vascular arrangement called *rete mirabile*. During ascents, excess gas is reabsorbed through a particularly vascularised area called the oval. Cod need 4–5 hours to absorb gas after a 50 % decrease in ambient pressure, which means that fast vertical migration will lead to expansion of the swim bladder and eventually burst at around 70 % pressure reduction. In an experiment carried out at

the Institute of Marine Research (IMR) we asked the following questions: How large pressure reduction can a free-swimming cod tolerate and how do cod adjust their neutral buoyancy depth to the feeding depth?

To test this 229 cod with neutral buoyancy at 1–5 m depth were forced to feed at 30–32 m depth in a 35 m deep cage for one week, thereafter the feeding area was moved 13–15 m for one day and then to 3–5 m depth for one week. Of these, 18 cod were tagged with Data Storage Tags (StarOddi) that were able to log temperature and depth. Before the experiment the fish were trained, using a classical conditioning paradigm, to swim towards a loudspeaker that signalled feeding. This was used to challenge the fish to swim as far as possible towards the surface before feeding after the feeding area had been moved from deep water.

During the first week almost all of the cod adapted to feeding near the bottom, and gradually increased their average swimming depth. The first day at feeding near the surface all fish had to give up to reach the loudspeaker and feeding area, but during the following days around 2/3 of the group managed to adjust their buoyancy and decreased their average swimming depth and managed to feed near the surface. Based on the depth the fish had to stop the vertical migration when not reaching the feeding area, and average swimming depth the last hours before feeding, maximum subjectively tolerated pressure reduction was estimated to about 50 %. To avoid loss of behaviour control and stress we recommend that forced decompression should be less than 40 % pressure reduction.