



## Velferd og helse

### 3.9.1 DYREVELFERD I AKVAKULTUR OG FISKERI – ET NYTT FAGOMRÅDE I RASK VEKST

Havforskningsinstituttet har fått rollen som fiskerimyndighetenes kompetansesenter innen dyrevelferd. Mye tyder på at fisk oppfyller de krav en stiller for å kunne bevise at pattedyr opplever smerte og kan lide. De siste årene har vi arbeidet med å utvikle dette fagområdet, for best mulig å kunne møte forvaltningens og næringens kunnskapsbehov. Det er særlig viktig med mer kunnskap om hvordan repetert og langvarig stress påvirker ulike livsstadier fysiologiske og mentale utvikling og fiskens evne til å mestre det komplekse oppdrettsmiljøet. Denne artikkelen vil gi et inntrykk av bredden i problemstillinger og metodiske utfordringer. Mer spesifikke artikler om vannkvalitet i yngelproduksjon, merdmiljø, deformiteter og vaksineskader finnes lenger bak i samme kapittel.

**Jon-Erik Juell**

jon-erik.juell@imr.no

**Jonatan Nilsson**

jonatan.nilsson@imr.no

**Rolf Erik Olsen**

rolf.erik.olsen@imr.no

**Frode Fridell**

frode.fridell@imr.no

**Bjørn Olav Kvamme**

bjoern.olav.kvamme@imr.no

**Frode Oppedal**

frode.oppedal@imr.no

**Odd Børre Humborstad**

odd-boerre.humborstad@imr.no

**Anders Mangor-Jensen**

anders.mangorjensen@imr.no

**Lars Helge Stien**

lars.helge.stien@imr.no

**Tore Kristiansen**

tore.kristiansen@imr.no

Så langt har akvakultur stått i sentrum for Havforskningsinstituttets innsats på dette fagfeltet, men i kommende år vil det også bli satset sterkere på problemstillinger knyttet til fiskevelferd i fangstbasert havbruk og fiskeri. Dette vil blant annet skje gjennom et nytt strategisk instituttprogram. Dyrevelferd er et tverrfaglig område, og instituttets faglige bredde innen akvatisk biologi gir et godt grunnlag for å bygge opp kompetanse i prosjektsamarbeid med nasjonale og internasjonale forskningsmiljøer. Ett viktig forum for dette arbeidet vil være gjennom aktiv deltakelse i det europeiske forskernettverket "Fish Welfare in European Aquaculture" (COST-action).

#### Også fisk har krav på livskvalitet

Økt fokus på dyrevelferd er drevet fram av forbrukernes krav om at dyrene vi spiser skal ha hatt en god livskvalitet ("Welfare quality"). Det startet med landdyr. Etter hvert har også fisk fått økt oppmerksomhet, og det er nå utarbeidet en rekke strategiske dokumenter både i Norge og EU som forankrer krav til dyrevelferd i akvakulturforvaltningen. Det er imidlertid viktig å understreke at det dreier seg om et nytt fagområde innen akvakultur og fiskeri. Vi har store utfordringer når det gjelder å for-

stå hvordan vi på en hensiktsmessig måte skal måle og dokumentere fiskens velferd. Det er viktig å ha et helhetlig perspektiv på dyrevelferd. I akvakultur har det vært en tendens til å fokusere på velferdsproblemer i siste del av produksjonssyklusen. Et dyrs velferd er imidlertid i stor grad avhengig av dets forhistorie. I akvakultur går dette helt tilbake til hvilke forhold vi gir foreldrefisken (stamfisken) som vil påvirke egg- og larvekvalitet. Stor dødelighet i produksjonen av yngel og settefisk viser at dette også er en sårbar fase som vil påvirke fiskens velferd senere i livet. I studier av velferd hos oppdrettsfisk er det derfor viktig å ha hele produksjonssyklusen som perspektiv.

Havforskningsinstituttet har gjennom sin gode kjennskap til oppdrettsnæringen utviklet en forskningsprofil som spenner fra grunnleggende forskning til avanserte feltstudier på kommersielle anlegg. Vi arbeider kontinuerlig med å utvikle gode og relevante forskningsverktøy ved våre laboratorier og feltstasjoner. Særlig viktige fagområder er atferdsbiologi, fysiologi og immunologi. Målet er å legge et vitenskapelig kunnskapsgrunnlag for å utvikle bedre driftsrutiner, risikovurderinger og forvaltningsregimer som sikrer akseptable standarder for velferd i akvakultur og fiskeri.

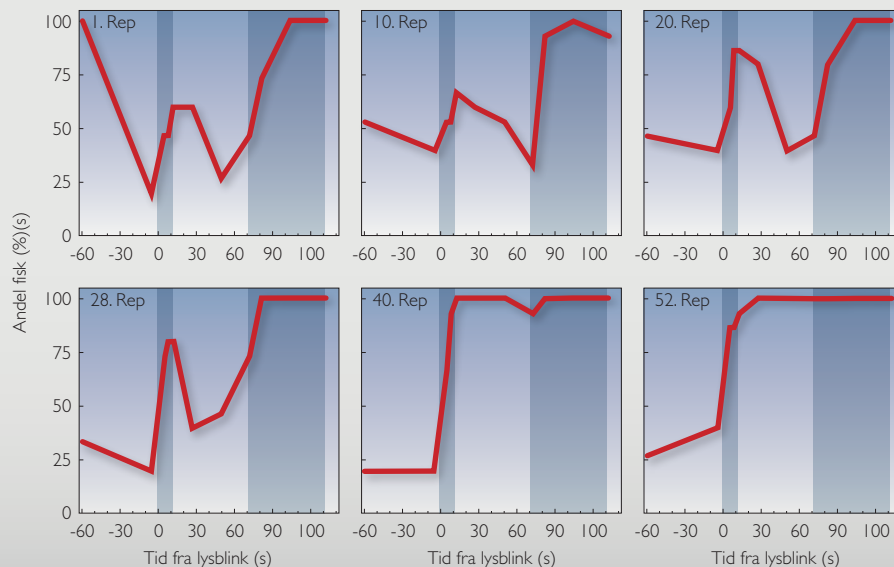
#### Kan fisk lide?

Fisk uttrykker ikke ubehag med skrik og ansiktsmimikk, og fiskens dødskamp i fiskeredskaper eller på slaktebenken genererer lite medfølelse hos de fleste. Tradisjonelt er fisk ikke blitt betraktet som bevisst sansende vesener, og de er blitt behandlet mer på linje med grønnsaker enn med husdyr. Siden fisk har en relativt liten hjerne er de blitt oppfattet som "dumme" og uten hukommelse, noe som har ført til myter som at "gullfisk kan bare huske i tre sekunder og kan derfor ikke kjede seg". Nyere tids forskning har imidlertid vist at fisk har gode læringsevner: De kan for eksempel lære å kjenne igjen artsfrender, unngå predatorer, finne mat og nye migrasjonsruter osv., og de husker det de har lært i lang tid.

For at fisk skal kunne kalles et etisk subjekt og ha krav på moralske rettigheter

**Figur 3.9.1.1**

Torsken lærer raskt. Figuren viser andel av fisken som står i fôringsområdet før, under og etter lysblink. Tiden mellom lysblink og fôring var 60 sekunder. Fôringsområdet dekket 25 % av karet. Repetisjonene 1, 10, 20, 28, 40 og 52 er vist. Mørke felt viser tid for lysblink (smal markering) og fôring (bred markering). *Cod learn fast. The percentage of a group of cod in the feeding area prior, during and after a conditioned stimuli (light) given 60 s prior to feed (trace conditioning). Panels show response in trials 1, 10, 20, 40 & 52. Darker areas are time of light and feed (wide area).*



må de ha en bevisst opplevelse av smerte og lidelse. Smerte er blitt definert som "...en ubehagelig sensorisk og emosjonell opplevelse assosiert med faktisk eller potensiell vevsskade." Nyere anatomiske og elektrofysiologiske studier har vist at fisk har rikelig med smertereseptorer som kan registrere vevsskade og nervebaner som overfører signalene til hjernen. Fisk endrer også tydelig atferd etter at de er blitt påført smertefulle stimuli, og denne atferden opphører etter at de har fått smertestillende midler. Det er også vist at fisk kan huske tidligere smertefulle hendelser og unngå områder eller stimuli som var assosiert med opplevelsen. Totalt sett kan vi si at fisk oppfyller alle de krav til bevis en stiller for å kunne si at pattedyr opplever smerte.

#### Torsk har gode læringsevner

En annen test på bevissthet er en spesiell type betinget læring kalt "trace conditioning". I klassisk betinget læring lærer en å assosiere hendelser som overlapper i tid og sted, f.eks. en lyd som annonserer en form for belønning eller straff. Dersom lyden og hendelsen overlapper i tid, trenger en ikke være seg bevisst sammenhengen for at en assosiasjon skal dannes. Hvis det imidlertid er en liten pause (trace) mellom signalet (lyden) og hendelsen, er det vist at man må være bevisst sammenhengen for å lære den. Dette er vist i studier på mennesker, som man i motsetning til fisk kan spørre.

Med denne kunnskapen som bakgrunn har forskere ved Havforskningsinstituttet nylig testet om torsk har evne til å assosiere to stimuli separert i tid. Selv om fisk mangler noen av de deler av hjernen som er involvert i denne type læring hos pattedyr, er det vist at fisk har hjernestrukturer med

tilsvarende funksjoner. Av praktiske årsaker valgte vi lysblink og fôr som nøytralt og naturlig stimuli. Tiden mellom lysblink i fôringsområdet og fôring var enten overlapp (lysblink fortsatte 12 sekunder etter fôringsstart) 20, 60 eller 120 sekunder for ulike grupper med torsk. Etter bare noen få repetisjoner med 60 sekunders pause eller mindre mellom lys og fôring begynte torsken å svømme til fôringsområdet når lyset kom. Etter hvert ble de værende der og vente helt til fôret kom (Figur 3.9.1.1). Selv med 120 sekunder mellom lysblink og fôring assosierte en av to grupper lys med fôr og svømte mot lyset, men denne gruppen ble ikke stående og vente i tidsrommet mellom lys og fôring.

At torsk kan assosiere to stimuli som er separert i tid, og at de fortsetter å stå tett samlet i fôringsområdet i et helt minutt før fôret kommer, tyder på at de oppfatter at lyset signaliserer fôr og at de har en forventning om den fremtidige belønningen. Siden fisk har reseptorer til å registrere vevsskade og evne til bevisst opplevelse, har de altså både de fysiologiske og psykologiske forutsetningene for å oppleve smerte.

#### Stress: Hva betyr det for velferd, og hvordan kan vi måle det hos fisk?

Det er en økende forståelse i næringen for at det er en klar sammenheng mellom stressnivå og god dyrevelferd, vekst og redusert sykdomspress i fisk. Vi har nå en forholdsvis god oversikt over mekanismene bak og de genetiske og biokjemiske konsekvensene av akutt stress hos fisk. I årene fremover vil en av de store utfordringene være å forstå mekanismene og likeså konsekvensene av at fisk utsettes for langvarige stresspåvirkninger, altså kronisk stress. Økt kunnskap på dette området

vil være spesielt viktig i kommersielt oppdrett, hvor det nå blir en stadig økt fokus på fiskens velferd.

Et slikt endret fokus fører imidlertid til at vi står overfor flere utfordringer. For det første er kronisk stress noe som er vanskelig å måle og definere. Teoretisk sett kan man si at om fisk blir utsatt for mange tilfeller av akutt stress etter hverandre, vil det utvikle seg til et kronisk stress. Men så enkelt er det ikke. I utgangspunktet har fisk en godt utviklet evne til å tilpasse seg stress. Så om dette gjentas flere ganger, vil fisken gjøre alt den kan for å tilpasse seg. Og i mange tilfeller gjør den det så effektivt at det ikke ser ut til å plage fisken. Eksempler på dette kan være det å leve i merder, å bli vant med kosten som kommer ved det daglige renholdet i oppdrettskar, eller at man arbeider ved og rundt karene. Fisken tilpasser seg dermed høye tettheter, bevegelse fra fremmedlegemer eller støy. Dersom vi altså bruker klassiske stressparametere for å undersøke denne fisken, kan vi få til svar at fisken egentlig ikke er stresset. Benytter vi andre mål, som enkelte molekylærbiologiske metoder, kan vi finne at det har skjedd en forandring i fisken, noe som dermed kan tolkes som et tegn på stress. Men da kan man på den andre siden møte problemet med at det vi faktisk måler, ikke er annet enn den nødvendige endringen som er gjort for at fisken skal tolerere de endringene i omgivelsene som forårsaket stresset i første omgang.

#### Effekter av langvarig stress

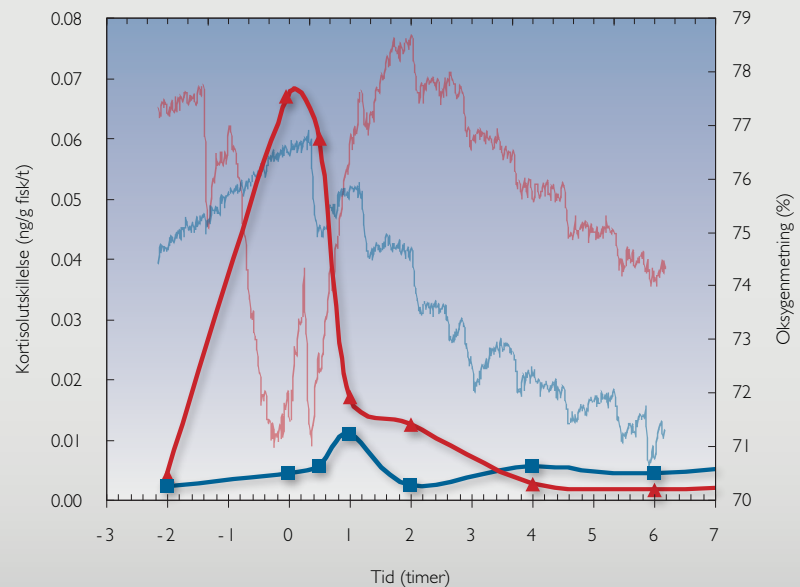
Det som imidlertid er klart, er at dersom det kroniske stresset blir alvorlig nok, vil man til slutt begynne å se forandringer. Dette skyldes at stress er en flykt-kjemp-respons som er laget for å være kortvarig, og skal hente frem energiressurser som



**Figur 3.9.1.2**

Vannprøver og atferd viser hvor stresset laksen er. Bildene viser ustresset (venstre) og stresset laks som trykker mot bunnen i et oppdrettskar. Figuren viser kortisolnivå (heltrukne linjer) og oksygenmetning (skraverete linjer) i karvannet hos fisk som ble utsatt for akutt stress ved at lyset ble slått av ved tid -2 og på igjen ved tid 0. Blå linjer er kontrollgrupper. Oksygenforbruket og kortisolutskillelse øker ved stress. Føring starter ved tid 0 og påvirker oksygenforbruket i begge grupper som følge av økt fordøyelse.

*Behavioural (pictures) and physiological measures of stressed salmon. The figure shows water cortisol levels (solid lines) and oxygen saturation (broken lines) in fish tanks exposed to an acute stressor (lights off at time -2 and on at time 0). Blue lines are control tanks. Increased respiration (reduced oxygen) is also observed after time 0, when feeding starts, due to feeding metabolism.*



skal brukes innen kort tid. Dette går på bekostning av mange livsnødvendige prosesser. En langvarig aktivering av stressresponsene, som går utover det fisken er i stand å tilpasse seg til, vil altså være ødeleggende. Men også her har vi glidende overganger. I første omgang kan man for eksempel se at fisken prøver å nedregulere responsen til, eller produksjonen av, de ulike stresshormonene som frigjøres under stress. Går ikke det, får man en gradert skade som etter hvert rammer hele organismen.

Fra pattedyr vet vi at immunsystemet etter hvert mister evnen til å fungere optimalt slik at sykdom lettere kan utvikle seg, og dyrene utsettes for et betydelig oksidativt stress, eller harskningsprosess om man vil. Vi vet også at mage-/tarmsystemet tar skade av langvarig stress, og det har lett for å utvikle seg betennelser og infeksjoner i tarmen. Siden så mye av energien brukes på stressresponsen, kan heller ikke tarmen nå bruke så mye energi på å fordøye maten. Det fører ofte til tap av både

appetitt og energi. For fisk kjenner vi også til at hudskader blir hyppige, noe som gjør det lettere å utvikle sopp- og bakterieinfeksjoner på overflater.

Hvilke av disse prosessene som kommer først, og arten av skade, er ofte avhengig av typen stress fisken blir påført, graden av det, og ikke minst andre faktorer i omgivelsene. Kompliserende faktorer i disse sammenhengene er også at fisk i oppdrett ikke utsettes for bare en type stress, men kan eksponeres for mange eller ulike stressfaktorer. I slike tilfeller får vi en opphopning av effekter som kan gi helt andre konsekvenser enn om fisken bare var utsatt for en faktor av gangen. I tillegg til stresset i seg selv, kan ulike tilleggsmekanismer i omgivelsene påvirke hvordan stressrelaterte skader utvikler seg. Diett og kosthold har alltid vært viktig i denne sammenhengen for oss mennesker. Trolig kan legenes anbefalinger om et sunt kosthold også sies å ha en viss relevans for fisk, selv om vi i dag ikke kjenner spesielt godt til disse sammenhengene.

#### Ulike metoder for studier av kronisk stress

Hvordan skal man så studere kronisk stress i fisk? Her står vi overfor flere utfordringer. For det første må vi lage systemer hvor vi kan utsette fisken for kronisk stress uten at den tar vesentlig skade av det. De mer klassiske, akutte stressforsøkene utføres gjerne under forhold hvor man tar ut fisk fra karene for å gjennomføre analyser av dem. Gjør man det, kan ikke fisken føres tilbake etter prøvetaking. I tillegg vil en slik metode føre til betydelig stress hos de gjenværende fiskene i karene. I mange tilfeller vil fisken også merke endringene i det sosiale miljøet.

Dernest må man etablere metoder som kan dokumentere at fisken faktisk er utsatt for kronisk stress. Selv om det er knyttet visse forhåpninger til å utvikle enkle målemetoder for kronisk stress, tilsier mye av kunnskapen vår fra dyreforsøk, hvor man har holdt på med dette i veldig mange år, at vi må utvikle et sett med analyser som kan gi oss et bilde av fiskens tilstand. Det er lite

sannsynlig at vi innen overskuelig fremtid vil kunne benytte oss av én enkelt metode som beskriver fiskens tilstand.

På Havforskningsinstituttet arbeides det aktivt med disse problemstillingene. For å kunne overvåke fisken kontinuerlig har vi i forbindelse med de nye laboratoriene og karhallene på Matre etablert flere metoder som kan hjelpe oss å studere stress i fisk. Vi har spesielt store forhåpninger til de ikke-destruktive målemetodene av kortisol. Kortisol er et viktig stresshormon i fisk, og produksjonen øker dramatisk under stress. I laksefisk skilles dette ut i vannet slik at det kan samles opp i utløpet uten at man trenger å forstyrre fisken.

Vi har også installert systemer slik at vi kan måle kontinuerlig oksygenforbruk i hvert enkelt oppdrettskar. Siden stress gjerne øker oksygenforbruket, er dette en hensiktsmessig stressindikatorer. I tillegg vet vi at appetitt er et godt mål for stress. Derfor har alle nye kar montert føroppsamlere. Vi har allerede benyttet kombinasjonen av disse tre metodene i mange studier som har vist seg å være særdeles vellykkede, i hvert fall til å måle effekten av akutt stress (Figur 3.9.1.2). Metodene ser også ut til å kunne være godt egnet til å studere kronisk stress, men da i kombinasjon med andre målemetoder. Det er også en betydelig utfordring å lage forsøksmodeller som fungerer, samtidig som fisken ikke utsettes for unødvendig belastning eller lidelse.

### Jakten på genetiske stressmarkører

Arvestoffet inneholder genene til en organisme, og bestemmer hva organismen kan gjøre. Til enhver tid er det bare noen av genene som blir brukt. Hvilke gener som er i bruk endrer seg når organismen endrer seg, (for eksempel ved smoltifisering eller sykdom), eller når det inntreffer miljøendringer (for eksempel fra saltvann til ferskvann), eller ved forurensning. Noen forandringer skjer raskt (timer), mens andre finner sted over tid (dager til måneder). Endringene i genuttrykk kan være store eller små, omfatte få eller mange gener, og kan enten være svært spesifikke for en gitt endring eller komme som en respons på mange ulike endringer. Det er derfor en utfordring å finne gener som kan brukes som markører på stress av ulik karakter og varighet.

En metode som kan hjelpe oss til å finne slike gener er mikromatriser (eng.: microarray). Mikromatrise er en metode der en ser på uttrykk av "alle" gener på samme tid, og som kan vise forskjellen mellom for eksempel en stresset og en ustresset fisk. De siste årene har det vært nedlagt en god del arbeid i å få belyst forskjellene i genuttrykk hos stresset fisk, men fortsatt gjenstår det mye innsats før en har utviklet gode stressmarkører.

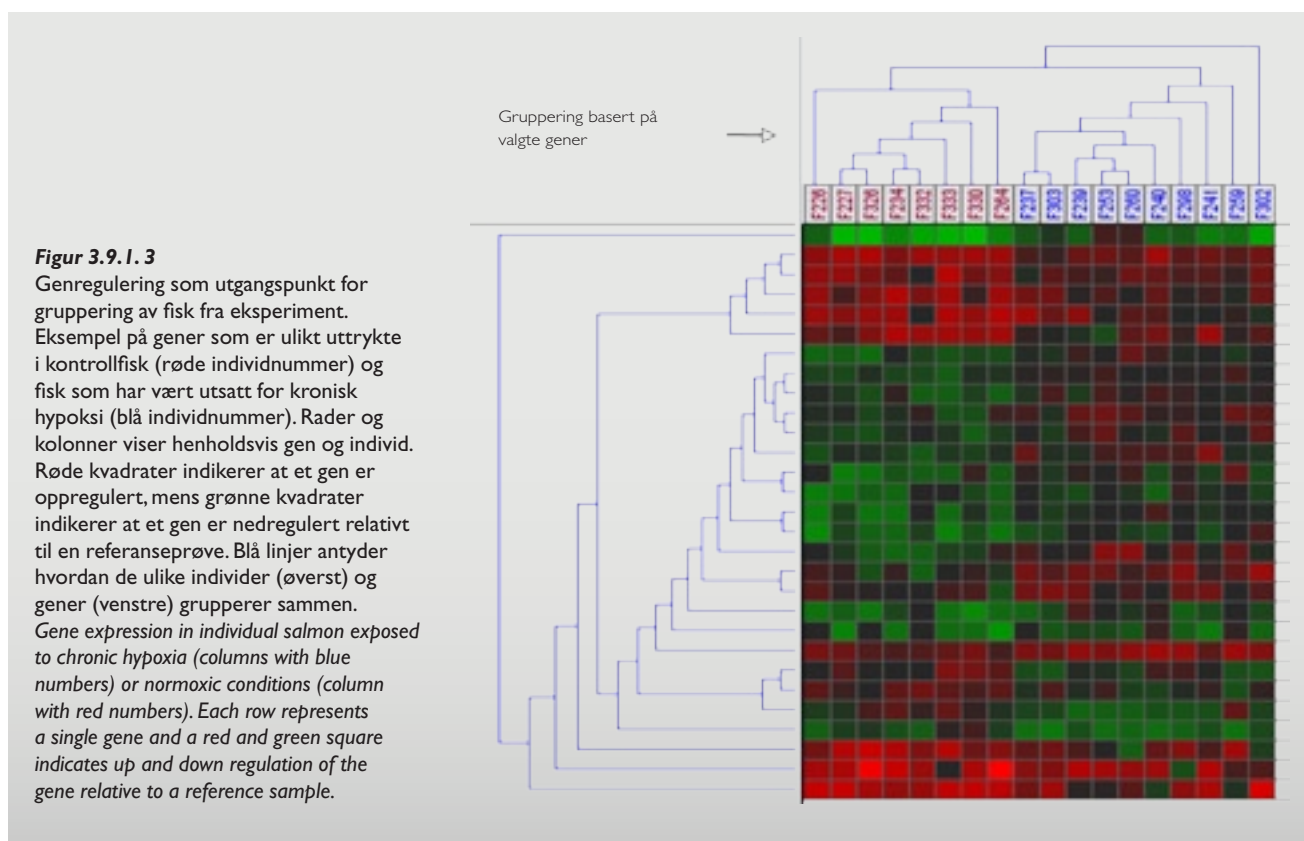
"Welfare and health in sustainable aquaculture" (wealth.imr.no) er et EU-prosjekt der en bl.a. har studert effekten av lave oksygennivåer på laks. Oksygen ble valgt som stressparameter siden forsøk viser at

oksygenmetning er en viktig avgrensende faktor i kommersielle sjøanlegg. Fisken ble stresset ved at vi lot dem gå i vann med lav oksygenkonsentrasjon over tid. Underveis ble det tatt ut prøver fra både denne fisken og fisk som hadde fått gode betingelser, og som dermed ikke skulle være stresset. Prøver fra disse to gruppene med fisk ble så sammenlignet ved hjelp av mikromatriser. Foreløpige analyser viser klare forskjeller i genuttrykket til stresset og ustresset fisk.

Ett eksempel er vist i Figur 3.9.1.3, der en ser at det er flere gener i den ustressete gruppen som enten blir nedregulert (grønt) eller oppregulert (rødt) når fisken blir utsatt for stress som følge av lave oksygenverdier. Dette er svært lovende, og viser at en kan finne gener som er ulikt uttrykt som et resultat av stress. Studier av genuttrykk er imidlertid komplekse, og det gjenstår mye arbeid før vi kan si at vi har funnet stressmarkører som enkelt kan brukes i oppdrett. Dette arbeidet pågår fortsatt, og vil i fremtiden utgjøre en viktig del av grunnlaget for hvordan vi forvalter våre viktigste husdyr – oppdrettsfisk.

### Atferdsstudier av fiskens miljøpreferanser

Studier av atferd i realistiske oppdrettsmiljøer er et viktig verktøy for å forstå fiskens behov og sikre god dyrevelferd. Merdmiljølaboratoriet ved Havforskningsinstituttet Forskningsstasjonen Matre er en unik internasjonal forskningsplattform for studier





**Figur 3.9.1.4**

Ved Merdmiljølaboratoriet i Matre (bilde) studeres laksens miljøpreferanser ved bruk av detaljert overvåking av atferd og miljø (skisse).

At the Cage Environment Laboratory at IMR-Matre detailed vertical screening of environmental conditions and fish behaviour helps establish environmental preferences and social interactions in groups and individual fish.

av atferd og fysiologi hos fritt svømmende fisk i et dynamisk miljø (Figur 3.9.1.4). Her observerer man miljøvariasjoner. Fisk i merder opplever store dybde-, døgn- og sesongvariasjoner i miljøet. Temperatur, oksygen og saltholdighet påvirker fiskens fysiologi direkte og observeres ved kontinuerlig å heve og senke ulike sensorer (CTD) opp og ned i merdene. Vannstrømmen, som bringer nytt oksygen, observeres med profilerende strømmålere. Metodene brukes også i feltsstudier på kommersielle anlegg.

Ved å studere svømmeatferd i et varierende miljø kan man forstå hvilket miljø fisken foretrekker eller unnviker. I Merdmiljølaboratoriet observeres svømmedyp og tettheten av fiskegrupper med ekkolodd og undervannskamera. Enkeltindividets svømmedyp og kroppstemperatur registreres ved å innsette et datalagringsmerke i fiskens bukhule (DST, dvs. Data Storage Tag). I en rekke studier er det vist at laksens atferd styres av preferanser for lysnivå og temperatur, knyttet til behov for å stime i oppdrett og optimalisere energibruk. Fisk i oppdrettsmerder holdes normalt i grupper på 10 000–100 000 individer. Utnyttelse og konkurranse om et godt miljø eller fôr kan undersøkes ved å observere ulike individers atferd, gruppens struktur, stimtetthet og graden av aggre-

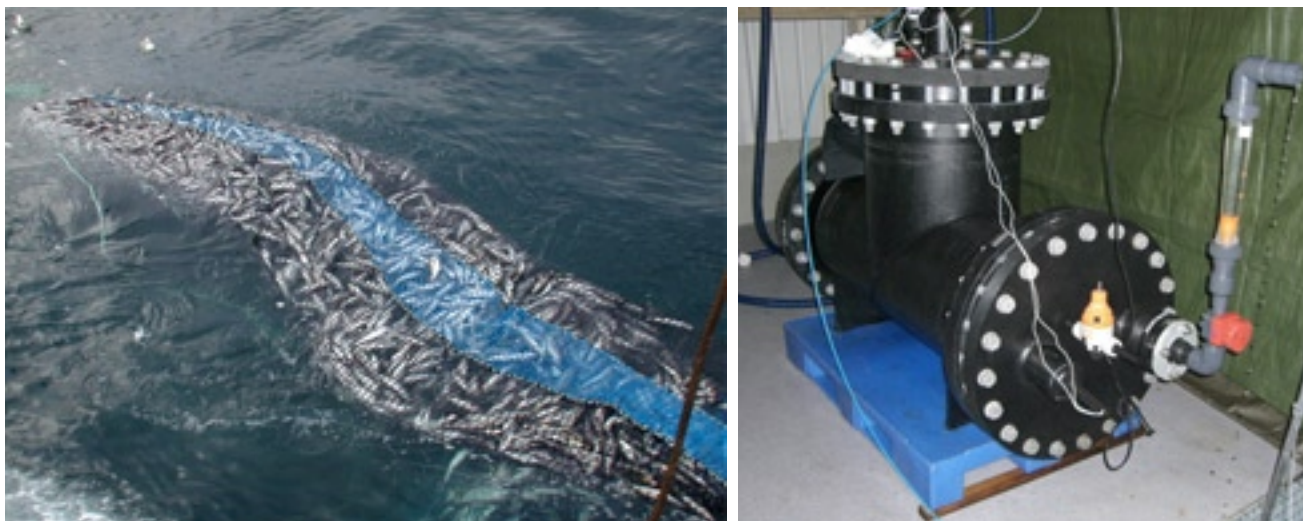
sjon. Slike studier bør gjøres med en gruppestørrelse som gir atferd som er relevant for akvakultur.

For å kunne måle stressnivå og velferd hos fisk i oppdrettsanlegg trengs det metoder som ikke forstyrrer fisken. Data om miljøvariasjon, hvordan fisken utnytter miljøet og hvor tett den svømmer benyttes til dette formålet. Slike data brukes også som grunnlag for å utvikle modeller som simulerer fiskens atferd og fysiologi i komplekse miljøforhold. Det dynamiske samspillet mellom miljø og atferd, sammenholdt med data om fysiologi og immunologi, er også en viktig stimulans for å utvikle nye hypoteser som har relevans for akvakultur. Den grunnleggende forskning som utføres gir forvaltning og næring grunnlag for risikovurderinger, produksjonsstrategier og reguleringer. Målet er å bidra til en bærekraftig næring med frisk fisk i et miljø som tilfredstiller de ulike artenes krav. Merdmiljølaboratoriet har siden starten i 2002 gitt resultater som er meget relevante for lokalisering av oppdrettsanlegg, fisketetthet i merdene, fôringsrutiner, lysstyring og overvåking av produksjon.

**Utfordringer i fangstbasert akvakultur**  
Fangstbasert akvakultur (FBA) er en næring hvor fisk fanges i naturen, mellomlagres en viss tid og deretter, som hovedre-

gel, føres fram til aktuell markedsstørrelse innenfor en akvakulturkonsesjon. FBA av torsk er i ferd med å bli en ny næring i Norge, med årlige fangster på mellom 1 000 og 2 000 tonn levende torsk. Velferdsspørsmål kommer opp fordi påvirkningstiden øker dramatisk når fisken skal lagres, i forhold til ordinær fangst hvor fisken blir halt til overflaten og avlivet umiddelbart.

Det aller meste av denne fisken fanges nær bunnen på dypt vann med snurrevad. Torskens lukkede gassblære setter imidlertid begrensninger i dens muligheter til å foreta hurtige vertikale forflytninger. Under vertikalforflytning forandrer volumet av gassen i svømmeblæren seg i henhold til Boyles lov, og en reduksjon i omgivelsestrykk kompenseres ved at fisken kvitter seg med gass for å holde et konstant volum av svømmeblæren. Under en snurrevadfangst vil ikke torsk klare å oppta overskuddsgass. Resultatet er at svømmeblæren utvider seg ukontrollert og punkterer. Gassen siver da ut i bukhulen hvor ytterligere trykkreduksjon vil føre til en punktering av bukveggen ved gattet, og gassen ledes ut av fisken. En forutsetning for et vellykket hal av levendefisk er at fiskedyp og hivehastighet tilpasses slik at høyest mulig andel fisk er gassfri ved overflaten. Dette kan bare oppnås ved punktering av svømmeblæren.



**Figur 3.9.1.5**

I fangstbasert havbruk utsettes torsk for raske trykkforandringer under fangst (bilde). I den nyutviklede trykktanken ved Havforskningsinstituttet, Forskningsstasjonen Austevoll kan eksperimentelle studier gi svar som er viktige for torskens velferd både i fangstbasert havbruk og tradisjonelt oppdrett.

*Atlantic cod exposed to rapid pressure changes in capture based aquaculture. Experimental studies of buoyancy control mechanisms in the new pressure chamber at IMR-Austevoll may improve handling protocols in both capture based and cage aquaculture of fish with closed swim bladders.*

Ved Havforskningsinstituttet er det i løpet av siste halvår blitt utviklet en avansert trykktank for effektstudier på fisk med gassfylt svømmeblære (Figur 3.9.1.5). Tanken har et effektivt volum på ca. 120 l, og har en lengde på 1.2 m. Selve tanken er bygget av sort polyetylen med en trykkstyrke på 10 bar. I trykkforsøk der man skal undersøke gassfylling og tømning av svømmeblære er det en forutsetning at fisken kan være i tanken over en lengre periode fordi disse prosessene er svært langsomme. Trykktanken er derfor utstyrt med vanngjennomstrømming på opptil 10 l i minuttet ved de høyeste trykkene slik at nødvendig oksygen tilføres, samtidig med at oppløste metabolitter fjernes. I tillegg må fisken kunne føres ut fra generelle bestemmelser dersom forsøkene varer i mer enn to døgn.

Trykket i kammeret bygges opp av en frekvensstyrt trykkpumpe, og holdes meget nøyaktig på innstilte verdier gjennom styring fra en trykksonde i kammeret. Fisken observeres ved hjelp av et kamera, slik at den ikke blir forstyrret. En metodisk utfor-

dring vil være å finne atferdskriterier for å bestemme nøytral oppdrift til fisken i kammeret, slik at svømmeblæredynamikken kan måles. Pilotforsøk har allerede vist at metoden fungerer teknisk tilfredsstillende, og at ulike trykkforsøk med fisk kan gjennomføres på en svært sikker og forsvarlig måte.

De første forsøkene vil fokusere på fylle- og tømmerater for torsk og hyse av forskjellig størrelse under varierende miljøforhold. Dermed vil forsøkene fokusere på grensene for punktering og heling av svømmeblære og bukhinne. Problemstillinger omkring trykkfallsyke hos fisk som utsettes for store dekompresjoner vil også være et svært viktig punkt å undersøke. Man har lenge vært klar over at svømmeblærepunktering hos torsk ikke representerer en livstruende tilstand. Tvert imot ser det ut til å være en mekanisme for overlevelse ved raskt trykkfall. Trykkfallsyke derimot, som kjennetegnes ved dannelse av små gassbobler i blodbanene, vil sannsynligvis føre til stort ubehag og død.

#### **Fremtidens overvåkningssystemer**

I fremtiden blir det viktig for oppdrettsnæringen å kunne dokumentere gode produksjonsforhold, god dyrevelferd og liten belastning på omgivelsene. De første kravene om dette er allerede stilt av myndigheter og oppkjøpere. Økende krav til overvåking av forholdene i fiskemerdene byr på mange utfordringer. Både i settefiskfasen og i sjøanleggene har det skjedd store endringer når det gjelder størrelse på produksjonsenhetene og antall fisk per enhet. En enkelt merd kan i dag inneholde mer enn 200 000 fisk, være mer enn 40 m dyp og ha et volum på mer enn 80 000 m<sup>3</sup>. Den delen av merden og fisken som er synlig fra overflaten utgjør følgelig bare en liten del av det totale vannvolumet og bare et fåtall av det totale antall fisk.

I tillegg vil mangel på skjermede lokaliteter trolig gjøre at næringen må ta i bruk mer eksponerte havområder og nedsenkede merder, noe som vil gjøre observasjon enda vanskeligere. Det er derfor nødvendig med systemer for observasjon og for å måle miljøforhold i hele merden. Av ny

#### **Animal welfare in aquaculture and fisheries**

In recent years, consumer demands for improved standards of animal welfare in aquaculture and fisheries industry have been met by both strategic management papers and new regulations in EU and Norway. Institute of Marine Research (IMR), with its broad basis in aquatic biology management, has been given the role as the competence center for Norwegian fisheries authorities in this field. In a network of national and international col-

laboration IMR is rapidly developing its behavioural, physiological and immunological toolbox of methods and laboratory facilities to answer questions in this new and multidisciplinary area of research. Several articles in this report deal with specific welfare issues.

This article gives examples from experimental studies on learning biology in cod, non-invasive behavioural and physiological stress measures and genetically "stress fingerprints". In addition to these

experimental approaches, basic on-farm behavioural studies of environmental preferences and social interactions in large groups of fish, as well as field studies of capture based aquaculture operations are carried out. Also, projects that aim to develop interactive monitoring and expert systems for early warning and documentation of animal welfare are underway. The overall aim of this research is to develop science based farming protocols and risk analyses that secure acceptable standards of fish welfare.

overvåkingsteknologi som allerede er tatt i bruk, eller vi tror vil bli vanlig de neste ti årene, er: profilerende sonder som måler miljøforhold (oksygen, saltholdighet, temperatur, turbiditet, lys, strøm, m.m.) i hele merddybden, styrbare undervannskamera, ekkolodd og ekkointegratorer for overvåking av fiskefordeling, ulik teknologi for måling av fiskestørrelse, spillførsensorer, kamerabasert automatisk bildeanalyse for registrering av fiskeadferd, vekst, skader og sykdom, hurtigtester basert på gen-teknologi for deteksjon av sykdom og stress, smarte merker for registrering av for eksempel pustefrekvens hos enkeltfisk, sensorer for måling av belastning og skader på nøter og anlegg, m.m.

I fremtiden vil slik overvåkingsteknologi være lett tilgjengelig til en overkommelig pris, men skal oppdretterne ha nytte av dette må de forstå hva dataene betyr og føle at de har fordel av investeringene. Ingen ting blir bedre av målinger alene, og mange ser ikke nytteverdien siden de ikke kan gjøre noe med miljøforholdene i sjøen. Videre blir det fort svært store datamengder som må analyseres, og det er lett for at brukerne går i metning og ikke greier å utnytte infor-

masjonen. Skal vi komme videre bør det utvikles systemer som analyserer dataene og gjør dem forståelig for brukerne.

Ett forsøk på dette er EU-prosjektet FAST-FISH – On farm assessment of stress level in fish (fastfish.imr.no). Målet er å utvikle et internettbasert database- og ekspert-system for overvåking og dokumentasjon av stressnivå og fiskevelferd i oppdrett. Ekspertsystemet skal analysere innkomne data, vurdere dem ut fra tilgjengelig kunnskap og gi varsel dersom noe tyder på at en nærmer seg ugunstige forhold i anlegget (Figur 3.9.1.6). Dette systemet vil bli testet i utvalgte kommersielle oppdrettsanlegg i Norge (laks) og Hellas (sea bass, dvs. havabbor) i 2007/08. På litt lengre sikt håper vi systemet kan utvikle seg til et overvåkings- og informasjonsanalyseprogram som vil komme hele næringen til gode. Programmet vil ha evne til å lære av tidligere hendelser, og være tilknyttet et forskningsmiljø som vil oppdatere ekspertsystemet etter hvert som ny kunnskap og teknologi blir tilgjengelig. Systemet vil på denne måten bedre informasjonsflyten mellom forskning og næring og gi en raskere oppbygging av nødvendig kunnskap.

**Figur 3.9.1.6**  
Framtidens overvåking av velferd hos oppdrettsfisk må basere seg på informasjonsinnsamling og ekspertsystemer. *Future fish farms will use production databases and expert systems to monitor and advise farmers on actions to secure acceptable standards of fish welfare.*

Merder og settefiskanlegg

