

### 3.9.2 DYREVELFERD I MARIN YNGELPRODUKSJON

Dyrevelferd i yngelkulturer er de siste årene satt på dagsorden av både oppdrettere, forskere og lovgivere. På grunn av fiskelarvenes beskjedne størrelse er det imidlertid vanskelig å benytte tradisjonelle metoder for måling av velferdsparametere. Dette stiller oss overfor store utfordringer, ikke minst med hensyn til å utvikle fysiologiske og molekylærbiologiske målemetoder tilpasset oppdrettsfiskens tidligste livsstadier. I naturen vil bare en svært liten del av larvene vokse opp til voksne individer. I akvakultur har vi en plikt til å legge forholdene til rette for høy overlevelse ved å øke den miljørelaterede kunnskapsbasen.

Anders Mangor-Jensen

anders.mangor-jensen@imr.no

Bendik Terjesen

bendik.terjesen@akvaforsk.no  
Akvaforsk

Terje van der Meeren

terje.van.der.meeren@imr.no

Torstein Harboe

torstein.harboe@imr.no

Dyrevernsloven pålegger oss en rekke tiltak for å sikre at dyrehold foregår under forsvarlige betingelser. I forhold til tidlige stadier av marine fiskearter kan dette ofte by på problemer, først og fremst fordi man vet så lite om hvilke miljø- og ernæringskrav disse stadiene stiller. I naturen vet man at bare en liten prosentandel av alle larvene som klekkes, når frem til voksne individer. I slike naturlige systemer inngår fiskelarvene i den naturlige næringskjeden, der individer lever av å beite på hverandre, og hvor de sterkeste har best mulighet for å overleve i et ustabilisert miljø.

#### Velferd – også for de aller minste

I naturen vil bare de best tilpassede individene overleve, og naturlige utvalgsmekanismer gjør at enkeltindivider i slike systemer har liten mulighet for å overleve. Dette er naturens lov, men den gjelder ikke når vi tar på oss ansvaret for å holde dyr i fangenskap. Her er vi pålagt å legge forholdene til rette for at hvert individ i så stor grad som mulig skal kunne vokse opp til det stadiet man bestemmer.

Det bør i denne sammenheng derfor være et alvorlig tankekors at selv i oppdrett dør mer enn 90% av individene før de når slaktemoden størrelse. Det er ikke mange år siden overlevelsesandeler på 2–3% ble betraktet som store gjennombrudd for næringen. Stamfiskens utrolige fruktbarhet var årsaken til at man, selv med denne lave overlevelsen, satt tilbake med et betydelig antall individer.

Arbeidet med å kostnadseffektivisere driften har også innhentet yngelnæringen, og man er i dag opptatt av å redusere dødeligheten i alle ledd, både av hensyn til produksjonskostnader og dyrevelferd. Fra oppdretterhold er det tidligere blitt hevdet at begrensningene for en lønnsom produksjon av kveiteyngel ligger i tilgangen på egg av god kvalitet. Med gjennomsnittlige overlevelser fra egg til yngel på mindre enn 10% er dette utvilsomt riktig, men i stedet for å fokusere på økt eggproduksjon, vil man oppnå langt større resultater ved å øke overlevelsen i de tidlige stadiene. Dette er dyrevelferd i praksis!

#### Andre krav til yngeloppdrett i lukkede systemer

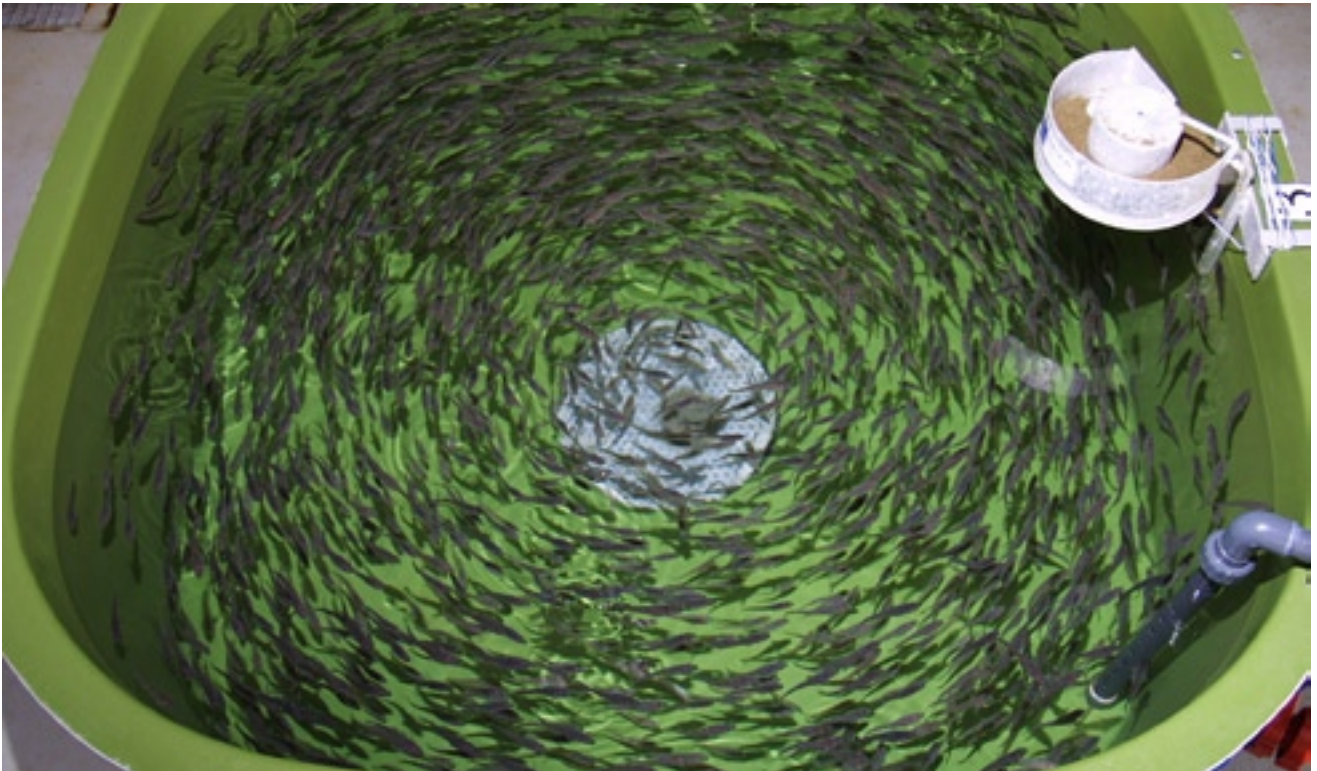
Den gangen da hovedandelen av torskelyngel ble produsert i åpne poller, var kravene til ernæring og miljø andre enn dem som i dag stilles til et moderne intensivt anlegg. Miljøforhold i åpne produksjonssystemer er i hovedsak overlatt til vær og vind, både med hensyn til temperaturer, saltholdighet og produksjon av byttedyr. I slike systemer kan man også til en viss grad akseptere lavere overlevelser ut fra prinsippet om at man i hvert fall forsøker å gi larvene optimale og nær naturlige levevilkår. Imidlertid stemmer dette bare til en viss grad – mye tyder på at antallet larver som tidligere ble satt ut i pollene var altfor stort i forhold til næringstilgangen. Dette ble likevel gjort for å sikre en viss produksjon selv ved høy dødelighet.

**Figur 3.9.2.1**

Testrigg med 12 enheter for eksponeringsstudier på tidlige stadier av marine arter. Fire ulike nivåer av ulike miljøparametere kan testes i triplikat (triplikat betyr tre paralleler) samtidig. Forsøksriggen har vært brukt til studier av vannkvalitet som ammoniakk, gassovermetning og effekter av modnet vann i resirkulering.

*Experimental setup for dose-response trials with environmental stressors. Four different levels of the actual stressor may be tested in triplicate simultaneously. The setup has been used for studies on ammonia, gas supersaturation and effects of recirculated stabilized water.*





**Figur 3.9.2.2.**

Resultatet av god velferd i yngeloppdrett: Høy overlevelse og god vekst.  
The result of welfare in juvenile cultures:  
High rates of survival and growth.

Spørsmålet er om man ikke oppnådde det motsatte, ved at et for stort antall beitende larver raskt sørget for at det ble næringsmangel for alle. På den andre siden representerer pollene et naturlig system som larver og yngel er tilpasset når det gjelder frie muligheter for bevegelse, avstand til artsfrender, naturlige omgivelser (inkludert naturlige variasjoner i lysforhold), og naturlige byttedyr som tilfredsstillende larvenes spesielle behov for ernæring. Det har derfor også vist seg at torskelarvene vokser best i pollene, hvis man styrer unna fristelsen til å sette ut mer larver enn pollen kan produsere mat til.

#### Sårbare stadier

Sammenliknet med voksne stadier er larver og fiskeyngel svært små. Dette gjør at de har et ufordelaktig forhold mellom overflate og volum hva angår å opprettholde gradienter til omgivelsene. I tillegg har spesielt larvestadiene ennå ikke synlig differensierte homeostaseorganer, dvs. organer som sørger for fysiologisk regulering. Man må derfor anta at de tidlige stadiene av fisk er mye mer sårbare overfor endringer i miljøforhold enn den voksne fisken. Dette er forhold som man i praktisk sammenheng er godt kjent med. Larvene krever for eksempel helt spesifikke næringskomponenter og sammensetninger som fordøyelsessystemet kan håndtere. De er også sårbare overfor brå

variasjoner i temperatur, og har liten evne til å tolerere potensielt giftige metabolitter som for eksempel karbondioksid ( $\text{CO}_2$ ) og ammoniakk ( $\text{NH}_3$ ).

Ved overgang til intensive produksjonssystemer blir man tvunget til å ta stilling til begrepet velferd, siden man i stor grad har mulighet til å påvirke larvenes og yngelens miljøforhold og livskvalitet. I tidlige livsstadier kan det imidlertid være vanskelig å finne gode velferdsindikatorer. Selvfølgelig vil høy overlevelse, god vekst og lave innslag av deformiteter være viktige tegn å vurdere, men som oftest vil dette snarere være et resultat av god velferd over tid enn et egnet mål på øyeblikkstilstanden i en kultur. For å kunne måle velferd ved et gitt tidspunkt trenger man kunnskap om larvenes målbare toleranse- og trivselsgrenser for en rekke kjemiske og fysiske parametere samt inngående kjennskap til ernæringskrav. Denne kunnskapen gir oss verktøyet til å forutsi utviklingen i en yngelkultur på kortere eller lengre sikt. Arbeidet med å finne optimale verdier for miljøparametere samt toleransgrenser for homeostase har så vidt begynt, men er i dag likevel blitt en internasjonalt prioritert oppgave.

#### Mye ugjort på førsiden

Dyrket levendefôr har en helt annen biokjemisk sammensetning enn de hoppekrepse (copepoder) larvene ernærer seg av i sitt naturlige miljø i sjøen. Man ser at torskelyngel produsert i poller, fortsatt er av overlegen kvalitet både med hensyn til vekst og overlevelse, sammenliknet med yngel produsert i intensive systemer.

Det er derfor en forutsetning for intensiv drift at man klarer å endre kjemien til både hjuldyr (rotatorier) og saltkrepse (*Artemia*) på en slik måte at de tilfredsstiller de ernæringskrav larvene har. Spesielt i kaldtvannsoffdrett av for eksempel torsk har det vist seg at dette er et kritisk punkt. Arbeidet med å finne metoder for anriking har pågått så lenge intensivt oppdrett har eksistert, og en har til en viss grad lykkes. Likevel er vi helt i startgropen når det gjelder kunnskap om hvordan levendefôr, tørrfôr og førsupplementer kan bidra til økt velferd og helse hos marin yngel i et forebyggende perspektiv.

#### Stigende interesse for gjenbruk av vann

En lang rekke miljøfaktorer er også påvirket av å kunne redusere yngelkvalitet. Her kan nevnes temperaturforhold, vannbevegelse, saltholdighet, metabolitter og mikrofauna. Innledende forsøk på torsk har vist at riktig temperatur under den tidlige utviklingen og en gradvis endring av denne gjennom startfôringen, er viktig for å kunne redusere innslaget av deformiteter. På grunn av ønsket om ytterligere kontroll over miljøparametere er det i dag en økende interesse for bruk av resirkuleringsteknologi i intensive yngelanlegg. Gjenbruk av vann har vist seg å ha flere fordeler, ikke bare når det gjelder energikonservering og utslippsbegrensinger, men også i form av et stabilt mikrobiologisk miljø. Gjennom forsøk har demonstrert at torskelyngel ikke viser nedsatt vekst eller overlevelse i slike systemer, men tvert imot mindre aggresjon og kannibalisme, noe som til tider har vært et stort problem i yngelkulturene.

Det er en rekke fysiske og kjemiske parametere som er viktige i yngelkulturer. Gassovermetning er en parameter som tradisjonelt har vært vanskelig å holde under kontroll, og det har blitt satt store spørsmålstegn med hensyn til effekter av gassovermetning på tidlige livsstadier av marine fiskearter. Det er svært lite som er rapportert, både av eksperimentelle og empiriske data på dette feltet, noe som igjen henger sammen med usikre målemetoder. Likevel har gassovermetning blitt brukt som en hyppig forklaring på akutt dødelighet i yngelkar. I tillegg er gassovermetning også blitt mistenkt for å være en av årsakene til ryggdeformiteter blant torskeyngel. Det er i forbindelse med tidlige utviklingsstadier at det har hersket størst usikkerhet. Foreløpige data viser at stadiene mellom startfôring (normalt dag 3 etter klekking hos torsk) og fram til tørrfôrtilvenning kan være sårbare i området 102–107% gassovermetning, noe som kan tyde på at dette har vært en medvirkende årsaken til tidligere rapporterte dødeligheter i yngelkar.

Gassovermetning er hovedsakelig et fenomen som forekommer i åpne systemer, i forbindelse med trykksetting og oppvarming, og i mindre grad i resirkulerte systemer. Det er i de senere årene blitt vanlig å benytte vakuumluftrere som reduserer totalgassmetningen med om lag 5%, noe som i alle praktiske sammenhenger er nok til å bringe totalgassmetningen under 100%. Oksygen er den viktigste av de oppløste gassene i vann og er betingelsen for aerob metabolisme der organiske molekyler brytes enzymatisk ned til energi, vann og avfallsstoffer. (Stoffskifte som er avhengig av oksygen og som produserer CO<sub>2</sub> – i motsetning til anaerobt stoffskifte, der det dannes melkesyre som endeprodukt). Energien brukes til å opprettholde livsfunksjonene, og overskuddet av energi omformes til vekst. Torskelarvens vekst er dynamisk, og daglige vekstrater under kontrollerte betingelser på opptil 30% er blitt rapportert. Selv om høye vekstrater i utgangspunktet er ønskelig i intensivt oppdrett, vil det høye oksygenbehovet gjøre larven mer sårbar for endringer i miljøet, i tillegg til at den raske veksten krever kontinuerlig næring av høy kvalitet.

I intensivt karoppdrett vil man ut fra generelle velferdshensyn tilstrebe oksygenmetninger på over 85%. Liten vannutskifting vil kunne føre til lave oksygenverdier og høyt innhold av CO<sub>2</sub>, noe som i neste omgang vil redusere veksten. Ved aerob metabolisme produseres bl.a. CO<sub>2</sub>, som reagerer med vannmolekyler i blodet og danner bikarbonat og karbonsyre. Dette vil bidra til å redusere blodets pH og senke hemoglobins evne til å binde til seg

oksygen. Høyt innhold av CO<sub>2</sub> i vannet vil redusere fiskens evne til å kvitte seg med CO<sub>2</sub>, noe som igjen vil kunne føre til svikt i blodets syre-/basebalanse. Selv om fisk i intensive anlegg opplever et forhøyet nivå av CO<sub>2</sub> i blodet (hypercapnia) i forhold til naturlige verdier, vet man lite om langtids-effekten av dette. Både for regnbueørret og steinbit er det imidlertid blitt påvist at høyt innhold av CO<sub>2</sub> har ført til problemer som bl.a. nyresvikt og redusert vekst. Høye verdier av CO<sub>2</sub> vil normalt bare kunne bli et problem i resirkulerte systemer ved utilstrekkelig vannbehandling.

#### **Kronisk lave ammoniakknivåer kan gi nedsatt vekst**

Ammoniakk er den andre viktige metabolitten, og produseres ved nedbryting av aminosyrer og nukleinsyrer. Dette kan være fra fiskens egen metabolisme, eller fra bakteriell nedbryting av avføring og fôrrester. Ammoniakk foreligger både som gassen NH<sub>3</sub> og kationet NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (kation betyr katodisk ion, og er en betegnelse på positivt ladede uorganiske molekyler), i en kjemisk likevekt der gassdelen (NH<sub>3</sub>) øker med økende pH og temperatur, men reduseres ved økende ionestyrke. De giftige effektene av ammoniakk er mange, bl.a. påvirkes nerveimpulser, membrantransport, metabolisme og pH-regulering. Hos torskeyngel finnes det opplysninger som tyder på at kronisk lave doser av ammoniakk (over 0.06 mg/l NH<sub>3</sub>-N) fører til nedsatt vekst.

Hos torskelarver utsatt for korttidseksponering (48 timer) av ammoniakk (0.02–0.06 mg/l NH<sub>3</sub>-N) er det ikke funnet klare effekter på dødelighet. Det er svært viktig å skille mellom korttids- og langtidseffekter i velferdsbegrepet, hvor toleransen over kort tid kan være opp til ti ganger så høy som langtidseffekten av den samme påvirkningsfaktoren. Dette kan ha praktisk betydning i forbindelse med for eksempel transport av yngel. Det er derfor nødvendig med videre forskning på akutte og kroniske terskelverdier for ammoniakk hos tidlige livsstadier av torsk. På samme vis som for CO<sub>2</sub> vil ammoniakk kunne akkumuleres i resirkulerte systemer, og fjernes da vanligvis ved bruk av biofiltre, der nitrifiserende bakterier omdanner ammoniakk til det mindre giftige anionet nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>).

Mye av slammet som produseres i et yngelkar blir liggende som sediment på bunnen, særlig i forbindelse med levendefôr fasen og tidlig tilvenning til formulert fôr hvor den lave vanngjennomstrømningen gjør selvrensing av karbunnen umulig. Introduksjonen av automatiske rensesystemer har revolusjonert denne delen av oppdrettet, og har sannsynligvis vært en viktig

faktor i den positive utviklingen næringen har opplevd det siste halve tiåret.

#### **Flere fordeler med ozontilsetning**

Tilsetning av ozon i proteinskummeren tjener flere hensikter: Boblene får en sterkere ladet overflate, og vil langt mer effektivt binde til seg organiske molekyler og små partikler. Ozon vil også bidra til å øke vannets redoxpotensial ved å oksidere sjøvannets innhold av halogen kationer (Br, Cl, I) til sine respektive oksider. Disse virker hemmende på både bakterier og virus, samtidig som det har vist seg at et visst nivå er gunstig for fisken. I resirkulerte systemer med et høyt innhold av humus, vil vannets redoxpotensial avta med tiden ved at organiske molekyler oksideres.

Tilsetning av ozon vil derfor innenfor kontrollerte grenser medvirke til å "friske opp", dvs. rekondisjonere vannet. I marin yngelproduksjon ønsker man å holde redoxpotensialet i området 250–350 mV. I dag velger en økende del av oppdretterne å resirkulere vannet under deler av produksjonen. Man har erfaring med at slike systemer er mer stabile sammenlignet med åpne systemer, selv om vannkvaliteten i form av mengde bakterier og slam tilsynelatende er dårligere. Åpne anlegg vil fortsatt være de enkleste å etablere, fordi man fortsatt mangler endel kunnskap omkring resirkulering i kaldtvannskulturer. Likevel vil økende krav til kontroll og velferd sannsynligvis tvinge utviklingen i retning av gjenbruk av vann.

#### **Fish welfare in juvenile cultures**

Methods for welfare assessment in larval fish cultures have recently become a central topic in fish farming as well as for legal purposes in connection to animal protection legislation. Due to their small size, early life stages of fish has demonstrated to be a challenge for scientists trying to apply documented physiological and molecular biological methods in response studies. Compared to juvenile and adult stages, the larval fish has a limited repertoire of mechanisms to cope with environmental variations and changes in food availability. The natural mortality among fish larvae may be enormous in nature but ethically unacceptable in man-operated fish cultures. The knowledge bases that enable us to optimize environmental conditions consist of numbers and values reported from experimental trials and from empiric practice. This knowledge needs to be upgraded for many environmental factors including the toxins ammonia and carbon dioxide.