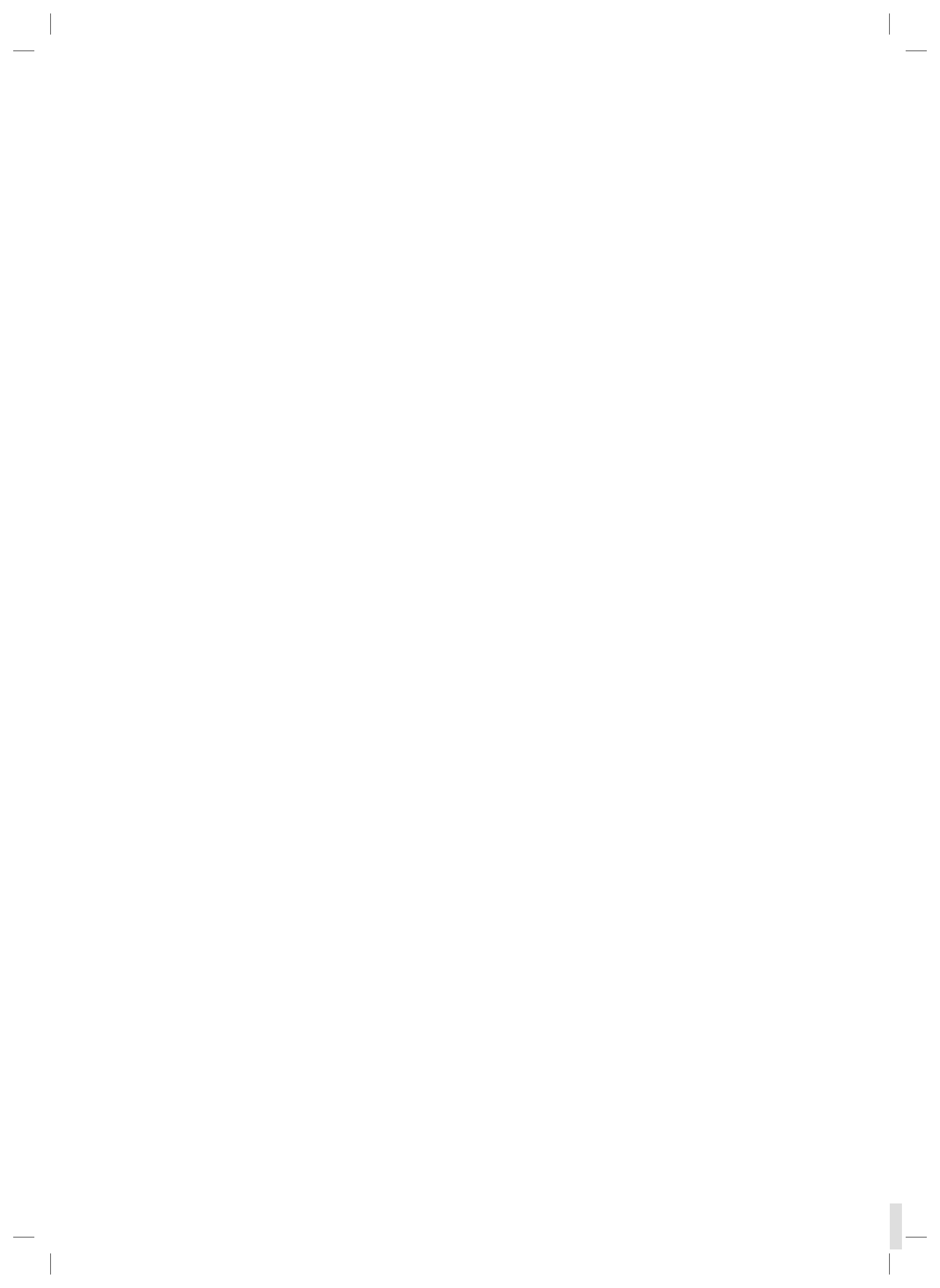


Fisken og havet, særnummer 3-2001
ISSN 0802 0620

Havbruksrapport 2001

Redaktører Rolf Erik Olsen og Tom Hansen

HAVFORSKNINGSINSTITUTTET, februar 2001



Forord

Rolf Erik Olsen og Tom Hansen

Havbruksrapporten er ment å gi leseren en kortfattet oversikt over hva som har skjedd i løpet av det siste året innen næring og forskning.

Sentralt for at oppdrettsnæringen skal fortsette å utvikles, er at en klarer å beholde og utvikle markedene ikke bare for laks, men også andre oppdrettsorganismer. Korte oversikter over markedene og fremtidig potensial er derfor selvskrivet i denne rapporten.

Likeledes er god helse i oppdrett nødvendig for en sunn og ekspansiv næring. Helsestatusen for de viktigste oppdrettsorganismer hører derfor naturlig med.

I løpet av de senere år har forskningsaktiviteten i stadig større grad fokusert på det faktum at fisk er en levende organisme som har krav på best mulige forhold så lenge den er i vår besittelse. Den er ikke bare noe vi konsumerer. Etisk oppdrett vil ikke bare bedre fiskens livsvilkår og redusere faren for sykdom, men kan også gi tilleggseffekter som bedre vekst, overlevelse og produktkvalitet. I tråd med dette har vi i årets utgave forsøkt å fokusere på en del problemstillinger som ligger innom området helse, trivsel og velferd.

Det er også gitt rom for andre interessante problemstillinger og artikler. Startfôring og yngelfôring av marine fiskelarver er et tilbakevendende tema som sakte, men sikkert utvikler seg videre. Lysstyring i oppdrett vil sikkert interessere enkelte lesere. Det samme vil forhåpentlig innleggene om skjell og krabbe. Avl på skjell, er det mulig?

Utgangen av det forrige årtusen var også en milepæl for Senter for havbruk, da én forsknings-

direktør trakk seg tilbake og en ny inntok stolen. I den forbindelse har vi anmodet avtroppende direktør om å gi en oppsummering av de siste ti års forskningsutvikling innen akvakultur, mens vår nye leder vil gi sin versjon og kanskje visjon om forskningen i det nye millenniumet.

I denne sammenheng er det også interessant å høre Forskningsrådets visjon om fremtiden.

Det er på det rene at Havbruksrapporten ikke bare er en publikasjon for Havforskningsinstituttet, men har lesere i de fleste havbruksmiljøene i Norge. I likhet med fjorårets utgave har vi derfor valgt å invitere eksterne miljøer i Norge til å komme med innlegg på aktuelle emner. Rapportens intensjon er imidlertid ikke å gi en komplett oversikt over de ulike miljøenes interesse og spisskompetanse. Vi håper imidlertid at leseren vil få en smakebit over hva som rører seg innen enkelte havbruksmiljøer i Norge.

Som leseren vil legge merke til, publiseres artiklene uten siteringer og referanser. Erfaringer fra tidligere år tilsier imidlertid at en del lesere gjerne vil ha kontakt med forfatterne for mer utfyllende diskusjon og informasjon. I årets utgave har vi derfor lagt ved en del e-postadresser. Alternativt kan redaktørene bidra til å opprette videre kontakt.

Redaksjonskomiteen for Havbruksrapporten 2001 har bestått av Rolf Erik Olsen og Tom Hansen.

Korrektoren er lest av Ingunn E. Bakketeig og Berit M. Gullestad. John M. Ringstad har stått for grafisk design.

En takk til Anders Kiessling for hjelp i planleggingsfasen og til Jana Pickova for hjelp med engelsk oversettelse.

Denne rapporten refereres slik: This report should be cited:
Olsen, R.E. og Hansen, T. (red.), 2001. Havbruksrapporten 2001. *Fisken og havet*, særnr. 3-2001.

Innhold

Forord	
Rolf Erik Olsen og Tom Hansen	3
Sammendrag	6
Summary	9
Vi står fortsatt i startgropa!	
Ole J. Torrissen.....	12
Norsk akvakultur i de siste ti år	
Erik Slinde.....	15
Verdens akvakulturproduksjon	
Tom Hansen.....	17
Havbruksforskningen - et hovedområde i den marine satsingen	
Christian Hambro	20
KAPITTEL I: LAKSEFISK	
Lakse- og ørretnæringen 2000 - en oversikt	
Øystein Klakegg.....	24
Anestesi og anelgesi vid vaccinering av lax	
Anders Kiessling, David Johansson, Charlotte Axen och Barbro Johansson	30
Smårta och smårtilndring	
David Johansson och Anders Kiessling.....	35
Prebiotika - noe for oppdrettsnæringen?	
Einar Ringø og Rolf Erik Olsen.....	39
Lakselusen dreper villaksen. Kan vi spore effekter av tiltakene så langt?	
Jens Christian Holst, Frank Nilsen, Marianne Holm, Per Jakobsen og Lars Asplin.....	42
Optimal vaksinasjonsstrategi for reduerte bivirkninger	
Arne Berg og Tom Hansen.....	47
Kontinuerlig belysning gir best tilvekst og fremskynder sjøvannstoleranse hos regnbueørretyngel i ferskvann	
Viktor Solbakken.....	50

Osmoreguleringsevnen til laks ved sjøvannsoverføring - en komparativ studie av smolt fra vill- og oppdrettsstamme Sigurd O. Handeland, Kristian Pettersen og Sigurd O. Stefansson	53
---	----

Betydningen av lys og temperatur på vekst og smoltifisering hos lakseunger fra oppdretts- stamme og villstamme Sigurd O. Handeland, Kristian Pettersen og Sigurd O. Stefansson	57
---	----

Fôringredienser dyrket på landjorda? Camilla Røsjø	59
--	----

KAPITTEL 2: MARIN FISK

Markedet i 2000 for marin fisk. Torsk - den nye store oppdrettsarten Håkon Otterå	62
---	----

Helsesituasjonen - marin oppdrettsfisk Hogne Bleie, Øivind Bergh og Brit Hjeltnes	65
---	----

Asking fish larvae what they see and smell Howard Browman	70
---	----

Intensiv produksjon av torskeyngel Terje van der Meeren	72
---	----

Produksjon og bruk av Artemia til startfôring av kveitelarver Jan Ove Evjemo	74
--	----

Hvordan fôre oppdrettstorsk slik at den skal vokse hurtig og ikke bygge opp for stor lever? Gro-Ingunn Hemre, Ragnar Nortvedt, Øyvind Lie og Kjartan Sandnes	78
---	----

KAPITTEL 3: ANDRE ARTER

Skjellhelse og smittespredningsproblematikken Stein Mortensen og Hege Hellberg	86
--	----

Ny grenseverdi for yessotoksin - godt nytt for blåskjelldyrkere Peter Hovgaard, Tore Aune og Hanne Ramstad	89
--	----

Avlsarbeid på skjel like aktuelt som for laks Trygve Gjedrem	92
--	----

Taskekrabben - ein velsmakande ressurs Gerd Marit Berge, Astrid Woll og Erland Austreng	94
---	----

Forfattere i Havbruksrapporten 2001	96
--	----

Sammendrag

Verdens totale fiskeproduksjon var i 1998 på 117 millioner tonn. Av dette kom over 86 millioner tonn fra fiskeriene og nærmere 31 millioner tonn fra akvakulturrelaterte aktiviteter. Det er også en klar tendens til at volumet av oppdrettsfisk øker, men laks og ørret utgjør bare en liten del av denne produksjonen. I Norge, som fortsatt er verdens største produsent av oppdrettet laks, var produksjonen i 2000 på 460.000 tonn. Selv om eksportverdien økte betydelig, var det omsatte volum noe mindre enn forventet. Årsaken ligger sannsynligvis i at prisen på laks falt fra rundt 37 kr pr. kilo i mai-juni til noe over 22 kr i desember. Flere oppdrettere valgte derfor å beholde mer fisk i merdene i påvente av økte priser, med påfølgende biomasseoppbygging. Med en gjennomsnittlig produksjonskostnad på 19 kroner pr. kilo slaktet fisk eller mindre, var muligheten for betydelig fortjeneste absolutt til stede. Dette er bare gjennomsnittsverdier, det er registrert betydelige forskjeller fra bedrift til bedrift. Undersøkelser har vist at forskjellen i økonomisk førfaktor kan variere med så mye som 25 % mellom oppdrettere. Det er m.a.o. et betydelig forbedringspotensial i norsk oppdrettsnæring.

Fra mange hold hevdes det at oppdrett av fisk og andre marine organismer har potensial til å overta for oljen når den en gang tar slutt. Forsiktige estimater sier at vi i kan produsere over 1 million tonn laks i 2020. Mer optimistiske beregninger opererer med over 2,5 millioner tonn. Dersom vi også tar med andre arter som torsk og kveite, er det tydelig at vi i dag bare ligger i startgropen til et fremtidig oppdrettseventyr.

Skal vi lykkes i å nå disse målene, må vi stå godt rustet til å løse de problemene næringen står overfor i dag, og vil møte i årene som kommer. En må tenke annerledes enn i dag; kanskje må en revurdere hele lokaliseringkonseptet. Vi må ha klare og definerte smittebarrierer. Kanskje må vi også tillate store produksjonsenheter med opp til 100.000 tonn på hver lokalitet. Det vil kunne oppstå betydelige sykdomsproblemer i tillegg til de vi allerede strider med, og som vi i dag ikke har oversikt over. Og sist, men ikke minst må vi ha gode og stabile førkilder til fiskene. Også her er det nødvendig å tenke annerledes. Uttaket av marine fiskeslag som

grunnlag for produksjon av mel og oljer til fiskefôr vil ikke kunne økes i fremtiden. Et interessant alternativ er å bruke organismer fra lavere trofiske nivåer som plankton og krill. Det produseres også betydelige kvanta med avfall fra fiskeindustri og flåte som har potensial til å brukes i fiskefôr. For å stille godt rustet er det derfor viktig at forskningen prioriteres. Dette gjelder kanskje spesielt på de marine fiskeslag som torsk og kveite, hvor det ennå er betydelige problemer med kommersielt oppdrett.

På tross av at forskningen av marint oppdrett har vært et såkalt satsingsområde, har bruken av offentlige midler blitt redusert betydelig i 1980- og 90-årene. Norges forskningsråd har redusert innsatsen i 1990-årene fra om lag 140 millioner NOK til 90 millioner NOK i 2000. Det er imidlertid signaler som tilsier at dette nå er på vei til å snu. Forskningsavgiften vil gi en FoU-vekst på om lag 100 millioner i 2001. Og det er god grunn til å tro at den politiske ledelse vil sørge for en fortsatt forskningsvekst. Norges forskningsråd anser i dag også havbruksforskning og marin forskning som ett av rådets viktigste satsingsområder. Rådet peker imidlertid på at det ikke bare er midlene til denne typen forskning som må økes, det er også viktig å bedre kvaliteten på forskningen. Spesielt må grunnforskningen, genereringen av reell ny kunnskap, styrkes. Ikke bare skal man øke kunnskapen på etablerte arter, men også utvikle andre fiskeslag, skjell med mer, for å få et godt grunnlag å bygge videre på i fremtiden.

Introduksjonen av vaksiner i oppdrettsnæringen på 90-tallet førte til at man fikk de fleste bakteriesykdommene i lakseoppdrett under kontroll. Vaksiner gir imidlertid bivirkninger som sammen- vokninger i bukhulen og mørk misfarging i fileten. Det er også mye som tyder på at vaksinert fisk kan vokse dårligere enn ikke-vaksinert fisk, og at det er forskjeller mellom ulike vaksiner. Etablering av ulike vaksinasjonsstrategier kan redusere disse bivirkningene betydelig. Spesielt viktig er riktig valg av temperatur, årstid og sesong. Vaksinerer påfører også fisken et betydelig stress, og smerte, noe som tydelig vises gjennom nedsatt appetitt som kan være redusert over lengre tid. Valg av ulike anestesi-metoder som forbedring kan i en viss grad redusere deler av dette appetitt-tapet.

Det at fisk føler smerte, er i seg selv logisk. Selv om området er godt kjent hos pattedyr, har forskning på dette området på fisk ikke vært høyt prioritert. Det er også generelt liten kunnskap om virkningsmekanismene til dagens anestesimiddel. Men dette er nå blitt et mer aktuelt tema, og årets utgave omfatter en artikkel som beskriver smerte og smertelindring hos pattedyr, og det vi kjenner til hos fisk. Likeledes er det lagt ved en kort oversikt over de mest vanlige anestesimidler som benyttes til fisk.

Selv om vaksiner er svært effektive, er det ennå vanskelig å vaksinere svært små fisk. Dette gjelder spesielt marine larver og yngel, men også små laksefisk. I disse periodene av fiskenes liv er mikrobielle sykdommer hyppig forekommende, gjerne med påfølgende høy dødelighet. En mulighet til å redusere dette sykdomspresset er gjennom prebiotika-konseptet. Dette baserer seg på at man tilsetter føret enkelte komponenter som fremmer vekst av "gode" bakterier som hindrer patogene bakterier i å komme ned i tarmen. Selv om også disse komponentene kan være skadelige i høye doser, viser resultater fra stor røye at dødelighet under smitte kan halveres gjennom riktig valg av førkomponenter. Muligheten for at dette også kan benyttes på småfisk er så absolutt til stede.

Lakselus eksisterer fortsatt som et betydelig problem både for villaks og laks i oppdrett. I fjorårets havbruksrapport ble det konkludert med at lakselus utgjør en alvorlig trussel mot overlevelsen hos utvandrende postsmolt av villaks i de undersøkte områdene, og at det er viktig at konsentrasjonen av luselarver senkes i fjordene og kyststrømmen. Resultatene fra 2000 viser en klar forbedring i Nordfjord, hvor det for første gang for noen av fjordene ikke ble oppdaget lus på utvandrende postsmolt. Også i Sognefjorden ble det funnet en betydelig reduksjon, men fisken her har fortsatt relativt mye lakselus. Det synes derfor som at de tiltaksgrensene som er satt i veterinærforskriftene har vært et skritt i riktig retning. Det er imidlertid fortsatt usikkert om reduksjonen i luspåslag er en direkte effekt av tiltakene i næringen, eller om lokale variasjoner i bl.a. ferskvannstilrenning er den viktigste faktoren i den reduksjonen som er observert.

Lysstyring har lenge vært brukt for å påvirke smoltifisering og vekst hos laks. Men hvordan er situasjonen hos regnbueørret? Resultater fra

Havforskningsinstituttet viser at veksten hos yngel i ferskvann er best når de får daglengder på 16 timer eller mer. Aller best er veksten ved konstant belysning. Også i sjøvann gir kontinuerlig lys best vekst hos yngel av regnbueørret. En tilleggseffekt av kontinuerlig belysning, er også at fisken blir sjøvannstolerant ved langt mindre størrelse (25 g) enn regnbueørret holdt under naturlig lys eller 10-12 timers daglengde.

Det at avlsprogrammet har lyktes i å utvikle laks som vokser godt, bekreftes også i dette nummer av Havbruksrapporten, hvor det går frem at vekstraten av smolt er langt høyere enn hos en utvalgt villstamme. Samtidig er det klare indikasjoner på at noe av den vekstgevinsten man har sett de senere år også skyldes andre forhold, ikke minst optimalisering av oppdrettsmiljøet. I dag brukes lys i langt større grad enn tidligere under smoltifisering. Resultater kan tyde på at konstante lysbetingelser gir en vekst som er mer enn dobbelt så stor som registrert forskjell mellom de to artene. Sammenligninger tyder heller ikke på at smoltutvikling og akklimatiseringstid etter overføring til sjøvann er forskjellig mellom oppdrettet laks og villaks. Det samme gjelder optimal veksttemperatur (13.1°C) og førutnyttelsestemperatur (10.5°C). Det er imidlertid interessant at førutnyttelsen hos oppdrettsfisk ser ut til å være høyere enn hos villfisk, noe som har stor betydning for økonomien for den enkelte oppdretter.

I denne havbruksrapporten finnes en generell gjennomgang av de mest aktuelle helseproblemer hos marine arter. Oppdrett av marin fisk har lenge vært en utfordring for forskere, og det mangler mye kunnskap om de ulike arters miljø- og ernæringskrav. Så lenge artene oppdrettes under betingelser som ikke er optimale, vil en lett kunne få infeksjøs sykdommer og produksjonslidelser. Vår forskning på helse innen marint oppdrett må derfor sees i nær sammenheng med forskning innen miljø og ernæring. Det gjøres fremdeles en stor innsats for å løse problemene knyttet til infeksjoner av nodavirus som er opphav til sykdommen VER. Denne sykdommen gir fortsatt store tap av larver og yngel i kommersielt kveiteoppdrett, selv om problemene synes å ha mindre omfang i 2000 enn i de foregående årene. Nodavirus har evnen til å fremkalle sykdom hos mange arter, og er følgelig en generell trussel mot utviklingen av en næring basert på marine arter.

En flaskehals har i alle år vært start- og yngelføring, hvor det har vist seg vanskelig å få fisken til å overleve på formulerte fôr i startføring og tidlig yngelfase. I dag brukes derfor levende fôr inntil de kan gå over til formulerte fôrtyper. Anriking av det levende føret med spesielt marine flerumettede fettsyrer, har bedret overlevelsen betydelig. For kveite er det også vist at mengden feilpigmentering blir redusert ved slik anriking.

Etter mange år med liten aktivitet, har nå oppdrett av torsk fått fornyet interesse. Forsøk med intensiv produksjon av torskelarver har vært vellykket, og forskyvninger av gytetidspunkt på minst seks måneder er i dag mulig, også her med god overlevelse frem til overgang til formulert fôr.

Imidlertid har en også problemer med stor torsk i oppdrett. Den kjønnsmodner tidlig og har en tendens til å få en svært stor lever, opp til 19 % av kroppsvekten, som er langt mer enn det en finner i naturen (3-7 %). Resultater tyder på at problemet kan reduseres ved redusert rasjon (mettet tre ganger pr. uke), med magre fôrtyper under 25 % fett av tørrstoff. Samtidig bør karbohydratinnholdet være lavt og proteinet høyt.

Rapporten har også en egen artikkel som er viet problemer knyttet til helsesituasjonen hos skjell, og hvilke forvaltningsmessige problemstillinger og konkrete tiltak som er satt i verk omkring skjellhelse og smittespredning. Det er fortsatt ikke påvist alvorlig sykdom i norske skjellbestander, og det er derfor mest fokus på skjellenes rolle som bærere av fiskesykdommer. I modellstudier er det bl.a. vist at skjell kan fungere som smittereservoar og ta opp bakterier som kan fremkalle sykdommer hos fisk, for så å spre disse videre i fiskebestander. Dette kan få betydning for forvaltning og lokalisering av skjellanlegg.

En positiv nyhet for blåskjellnæringen er at en har fått endrete grenseverdier for algegiften yessotoksin. Denne algegiften gir dødelighet i musetest uten at de toksinene som en er redd for når det gjelder mennesker er til stede. Dette gjør at høstperioden for blåskjell kan utvides betydelig og at en dramatisk kan forbedre rammevilkårene for den norske blåskjellnæringen. Potensialet for den norske skjellproduksjonen kan også økes i vesentlig grad hvis en bygger opp et avlsarbeid på for eksempel østers og kamskjell. Resultater fra andre land tyder på at det er mulig å oppnå en avlsmessig fremgang på skjell som tilsvarer det en har oppnådd på laks.

Summary

The world total fish production was 117 million tonnes in 1998. More than 86 million tonnes were taken in fisheries, while almost 31 million tonnes originated from aquaculture related activities. The trends show an increase in aquaculture production, however, salmon and trout contribute only with a small part of this production. Norway, the world's largest producer of farmed salmon, produced 460.000 tonnes in 2000. The value of this export increased significantly, even if the volume was a little smaller than expected. The reason for this was most likely the loss of value per kg from NOK 37 in May-June to NOK 22 per kg in December. Many farmers kept their fish, waiting for better prices. The average production cost for salmon was 19 NOK per kg. All these numbers are mean values, with relatively large difference among farmers. The economical feed factor has shown to vary with 25 %. This indicates a large potential for improvements.

There are statements that fish farming has the potential to take over the importance of oil. Estimates on a production of 1 million tonnes salmon in 2020 are given, while others estimate the production to 2.5 million tonnes. Considering that other species as cod and halibut also have a potential, the future of fish farming can be seen very optimistic. If these goals should be reached, we have to solve all the problems arising. The risks of negative environmental impact from fish farms as well as the risk of spreading of diseases have to be defined. Is there a possibility to allow production units of 100.000 tonnes? To provide large enough feed sources, both quantity and quality, will be an important task. The pelagic fish stocks used in fishmeal and oil production will not increase in the future. A possible solution would then be to develop fisheries on lower trophic levels, as well as discards and slaughter biomass. To be able to deal with these types of problems, the research has to be encouraged.

Even if the marine fish farming has been of priority, the amount of public financing has decreased between 1980-1990. The Norwegian Research Council has decreased the budget from 140 million NOK in 1990 to 90 million NOK in 2000. The Council is sending signals on the large importance of marine research and marine aquaculture. The

research fee will provide approximately 100 million NOK in 2001 for the research and development activities.

The quality of the research developed will also increase by focusing more on basic research activities thus creating new knowledge. Scientific work on shellfish, other fish species, vaccines, etc. will be encouraged. The negative effects of vaccines in salmon, demonstrated as muscle deformation and decreased growth, have to be worked on. All these activities have also to be considered from the welfare and health point of the fish. The use and usefulness of anaesthetics has to be investigated and re-evaluated. This is described in one of the included articles.

The different micro-organisms causing disease and high mortality in marine larvae and fry have to be investigated and actions taken to increase our knowledge and thereby possibilities of protection. Prebiotics might be one of these possible ways. By adding components to the feed, promoting the growth harmless bacteria in fish guts, one may inhibit growth of harmful ones and consequently disease in fish. Though, it is of importance to balance the amounts of dietary ingredients as high amounts may compromise fish health as well.

One of the remaining problems is still the salmon lice, being frequent both in wild and farmed salmon. In the last year report, it was pointed out that lice pose a serious threat for wild migrating postsmolt. It is of importance to lower the abundance of lice in the coastal water streams along the Norwegian coast. In Nordfjord, a considerable improvement has taken place, with no findings of lice on migrating postsmolts. Also in Sognefjorden, a reduction of lice was observed, even though the total number of lice is still too high. It seems that the actions taken are a step in the right direction. It still remains to clarify if the freshwater flow variations might be one part of the decrease in lice abundance or if the actions have been powerful enough.

Light manipulation has been used to modify smoltification, as well as growth and production in salmon. Whether these effects also apply to rainbow trout has not been fully elucidated. Results from

the Institute of Marine Research however, show that growth of juvenile rainbow trout in freshwater is higher when given 16 hours of daylight or longer. Also in sea water good growth has been obtained on juvenile stages. In addition, rainbow trout shows earlier (25 g) salt water tolerance under these conditions.

The salmon breeding programme has increased smolt growth, compared to wild fish. However, it is possible that factors such as the continuous light regime and other adjustments of rearing conditions might have added in part to this growth increase. A comparison between wild and reared smolt shows no difference in saltwater adaptation, and optimal growth temperature (13.1°C) and feed efficiency temperature (10.5°C) were similar. On the other hand, the feed conversion rate, seems to be better in farmed salmon, which is of importance for the profitability in the single enterprises.

Marine fish farming has for long been a challenge for scientists. Knowledge on the environmental and nutritional requirements of marine species is still limited. Therefore in sub-optimal conditions, the outbreaks of disease and production losses are still frequent. Studies on health within marine species have to be regarded as a part of environmental and nutritional research activities. Great efforts are being made to solve problems connected to infections caused by nodavirus, the causative agent of VER. Although the disease caused less problems in 2000 than in previous years, the great loss of larvae and juveniles in commercial halibut farming is still a matter of concern. This report also contains a survey of other health related problems in marine fish species.

A limiting factor for full scale farming of marine fish is the limited success of formulated diets. Therefore marine larvae are now being fed live diets until they manage to survive on these diets. Polyunsaturated fatty acid enrichments of live feed enhance the survival of the larvae, and prevent

depigmentation experienced in halibut larvae and juveniles.

After years with limited activity, the potential of rearing cod has now gained renewed interest. Experiments with intensive cod larvae production have been successful, and good survival has been reported. In addition, spawning in cod has successfully been manipulated, enabling hatching and production throughout the year. On the other hand, there are also problems with large cultured cod; it becomes mature early and the liver weight may increase up to 19 % of its body weight, compared to 3-7 % in wild fish. The problem might be the high feed rations, combined with the feed composition, where the lipid content should not exceed 25 %. Total protein content should be kept high and carbohydrate low as well.

In this report, articles on health situation in shellfish culture and the administrative tasks on shell disease and its propagation connected to these, are given. No serious diseases in shellfish populations have been found so far. However, the possibility that they can spread fish diseases is worrying and has to be further studied. Model studies have shown that shellfish contains, by ingesting pathogenic bacteria, a potential for being disease carriers that can also spread to wild stocks. This can have direct implications on the geographical localisation of shell culture farms.

A new limit of the toxin yessotoxin has been set. This toxin gives mortality in mouse tests without presence of toxins harmful for humans. Thus, implications for a longer fall harvest are present, dramatically improving the farming conditions. A dedicated breeding programme could further add possibilities to improving the conditions in the shell culture enterprises, especially in oysters and pectin. Results from other countries indicate that profitability in shell farming can become as good as for salmon culture.

Vi står fortsatt i startgropa!

Ole J. Torrissen
forskningsdirektør, Senter for havbruk

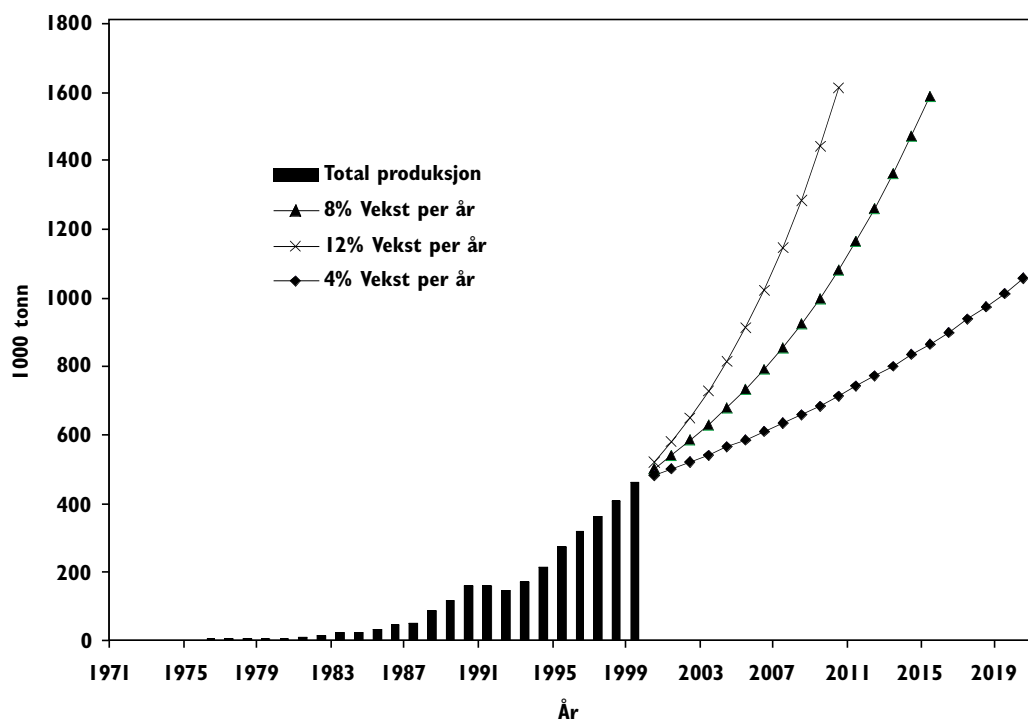
Norges forskningsråd sier i sin rapport “Det marine eventyret” at omsetningen i fiskeri- og havbrukssektoren kan femdobles fra 33 milliarder kr i 1999 til minst 150 milliarder kr i 2020. Vi skal altså leve på fisk når oljen en gang tar slutt.

I 2000 passerte norsk fiskeoppdrettsnæring et produksjonskvantum på 500.000 tonn slaktet laks og ørret. Det tilsvarer ca. to ganger hele kjøttproduksjonen i norsk landbruk, eller ca to milliarder laksemåltider. Det er altså nok fisk til at vi alle her i Norge kunne ha spist laks til middag hver eneste dag siste år, og i tillegg også hatt nok til at vi kunne hatt røkt laks i lunsjpakken.

Vi har i løpet av 30 år sett framvekst av en helt ny næring, en næring ingen drømte om skulle få en slik vekst og betydning for landet. En næring som omsatte for mer enn 10 milliarder kr sist år. “Dristige” prognoser som sier at vi har mulighet

til å la fisk overta for oljen når den tar slutt er lagt fram av Norges forskningsråd. Det Kongelige Norske Videnskabers Selskab la i 1999 fram rapporten “Norges muligheter for verdiskaping innen havbruk”, der det sies at vi har et potensial for å produsere om lag 2,5 millioner tonn laksefisk i 2020. Fantasitall vil mange si, men prognoser for havbruksnæringen har hittil hatt en tendens til å være kraftig underestimert.

Veksten i norsk produksjon av laks og ørret har i løpet av nittiårene i gjennomsnitt vært på ca 10 %. Estimater for en produksjon på 2,5 millioner tonn laksefisk i 2020 er basert på en årlig vekst i lakse- og ørretproduksjonen på ca 9 %. Jeg har satt opp tre forskjellige vekstalternativer, ett forsiktig på 4 % per år, ett ekspansivt på 12 % og ett midt mellom på 8 % (Figur 1). Ved en årlig vekst på 12 % vil den totale norske laksefiskproduksjonen nå 1,5 millioner tonn i løpet av syv-åtte år, mens en ved 4 % årlig vekst vil nå ca 1 million tonn rundt 2020.



Figur 1 Total produksjon av norsk laks og ørret og produksjonutvikling ved tre forskjellige vekstrater, 4, 8 og 12 % årlig vekst.

Estimated future production of Atlantic salmon and rainbow trout with annual increase in production of 4, 8 and 12 %.

Hva vil være de begrensende faktorer for vekst i norsk havbruksproduksjon i årene som kommer? Den politiske regulering gjennom nye konsesjoner og økning av fôrkvotene vil selvsagt være de viktigste faktorer på kort sikt de nærmeste to-tre år. Dernest vil selvsagt pris og etterspørsel være helt avgjørende for muligheten for å få en lønnsom produksjon. Inkludert her er selvsagt også den konkurransemessige situasjonen i forhold til andre store produsenter som Chile, Storbritannia og Canada.

Norsk laks er i dag blitt et tonnasjeprodukt der konkurransen går på lav pris og stort kvantum heller enn kvalitet og eksklusivitet. Næringen har møtt utfordringen med økt konkurranse gjennom en storstilt vertikal integrering og internasjonalisering for å presse produksjonskostnadene ytterligere ned. Dette, sammen med effektiviseringstiltak, nye fôrtyper og bruk av lys, har redusert produksjonskostnadene for laks fra kr 39,99 per kg i 1989 til kr 17,31 i 1999 (Fiskeridirektoratet, Økonomiske analyser Fiskeoppdrett). Fortsatt er der imidlertid et betydelig potensial for en billigere produksjon. Ifølge Fiskeridirektoratets lønnsomhetsanalyse for matfiskanlegg er gjennomsnittlig produksjonskostnad for de 52 beste anleggene kr 13,75 per kg. På sikt er det ikke urealistisk å se for seg produksjonskostnader på under 10 kr per kg. Kanskje burde noen gå motsatt vei? Kanskje burde noen spørre forbrukerne hvordan de egentlig ønsker laksen eller ørreten, og satse på eksklusive produkter tilpasset den enkelte kundes ønsker og behov. Satse på litt mindre kvantum av høykvalitetsprodukter til en høyere pris. Mulighetene og kunnskapen finnes, det er i første rekke et spørsmål om å utnytte mulighetene. Skal markedene absorbere en fortsatt sterk vekst må også nye nisjer utnyttes.

En av disse nisjene kan være økologisk produsert laks og ørret. Debio, sertifiseringsorgan for økologisk produksjon, har utarbeidet regler gjeldende fra 1. januar 2001 for økologisk akvakultur.

Biologisk sett vil tilgang på marine fôrårstoffer være den første begrensende faktor for vekst i lakseproduksjonen. Det går med ca 480 gram protein og 420 g fett for å produsere 1 kg laks. Tar vi utgangspunkt i en produksjon på 1 million tonn laks og ørret i 2000, Norge har ca 50 % av verdens laksefiskproduksjon, ble det altså benyttet ca 480.000 tonn protein og ca 420.000 tonn fett i denne produksjonen. Det tilsvarer altså 11 % av verdens tilgang på protein fra fiskemel og ca 32

% av verdens tilgang på marint fett i et normalår. Allerede i 1998 så vi problemer med å skaffe nok marint fett som en effekt av El Niño. Fôrindustrien løste dette ved å blande inn vegetabiliske fettkilder, noe som igjen ga problemer med kvaliteten på fisken. Det vil derfor være behov for nye fettkilder som ligner marint fett for å dekke de økte behovene vi vil se ved videre vekst i laksefiskproduksjonen. Det er en illusjon å tro at dette skal kunne dekkes gjennom norske landbruksprodukter som for eksempel havre. Dersom vi ønsker å holde oss borte fra genmodifiserte planter, vil det være en langt bedre strategi å satse på en bedre utnyttelse av bifangst og fiskeavfall eller en høsting av marine dyr lengre ned i næringskjeden enn sild og lodde, for eksempel krill. På dette området er det viktig at vi nå setter i gang et målrettet arbeid. Det må også handles raskt. Selv om vi nok kan blande 20-30 % vegetabiliske oljer inn i fettkilder til laksefôr uten at det får store konsekvenser for markedets aksept, vil vi med en fortsatt vekst i verdens lakseproduksjon se en underdekning i marint fett innen relativt få år.

Det vil i forholdsvis lang tid framover være tilstrekkelig fiskemel i markedet for å dekke næringens behov. Det er imidlertid viktig å få alternativer til fiskemel for å redusere kostnadene til fiskefôr, men spesielt for å minke bruken av et råstoff som kunne ha vært benyttet direkte til humant konsum inn i fiskefôr.

Norske oppdrettsanlegg er i dag plassert langs kysten mer eller mindre tilfeldig, der den enkelte lokalitets avstand til andre anlegg og lokalitetens bæreevne har vært de viktigste lokaliseringskriterier. Fiskeridepartementet har signalisert at lokalitetens bæreevne skal tillegges enda større vekt ved tildeling av fôrkvoter, og det er svært positivt. Dersom produksjonsveksten skal fortsette bør vi imidlertid ta hele lokaliseringskonseptet opp til ny vurdering. Fortsatt må selvsagt lokalitetens bæreevne være fundamentet i en lokaliseringsprosess, men vi må i langt større grad sikre oss mot at smitte og parasitter spres passivt mellom anleggene med vannstrømmen. Vi må ha klare og definerte smittebarrierer. Vi kan ikke tillate en risiko for passiv nedsmittning av hundretusener tonn laks den dagen vi får en ny smittsom fiske sykdom inn i et oppdrettsanlegg. Vi må vektlegge en lokalisering av anleggene slik at både smitte mellom anlegg og også mellom enkeltmerder unngås. Det vil kreve betydelige biologiske og oseanografiske undersøkelser langs kysten for å finne de beste lokalitetene. Til gjengjeld må vi

kanskje tillate at det produseres 100.000 tonn eller så på hver lokalitet.

De fleste ser ut til å ha glemt kaldtvannsvibriosen, furunkulosen og ILA'en. Vi soler oss i tall på medikamentbruk i norsk havbruksnæring som ligger på brøkdeler av hva vi finner ellers i norsk husdyrproduksjon. Næringsutøvere og forvaltning soler seg faktisk så mye at de står i fare for å sløves. Historier fra all dyreproduksjon burde ha lært oss at det må holdes en svært høy beredskap når det gjelder sykdom. Det vil alltid komme nye sykdomsproblemer, og problemet vil være eksponentielt med produksjonsvolumet. Den dagen vi får en ny og potent sykdom inn i norske oppdrettsanlegg, vil problemene være langt større enn de vi så under furunkulose-epidemien. Det er også en illusjon å tro at en igjen kan ty til antibiotika på samme nivå som på slutten av åttitallet. Det vil verken opinionen, markedene eller myndighetene tillate. I gode tider burde derfor oppdrettsnæringen i egeninteressens navn satse stort på grunnleggende sykdomsforebyggende forskning.

Norsk oppdrettsnæring har ikke råd til å ha villaksen på sin samvittighet. Næringen burde ha stor interesse av å sikre villaksen gode betingelser. Den er den beste markedsfører oppdrettsnæringen kan ønske seg. Det er derfor et meget stort problem at det er nesten umulig å skille mellom hva som er fakta og hva som er nær-religiøs tro når det gjelder villaks. Enda verre er det når forskningen på villaks ofte er bygd på "religiøse" oppfatninger om årsakssammenhenger, og når forvaltningen forvalter på grunnlag av slik tro. De aller fleste innser imidlertid at det er en umulighet at norsk havbruksnæring utryddet villaksen i 1999 og at vi i 2000 kunne glede oss over det "beste" lakseåret i manns minne. Det er behov for en sterk og nøytral forskningsinnsats, spesielt på villaksens oppvekstvilkår i havet. Norsk havbruksnæring bør delta aktivt for å få avklart hvilken påvirkning oppdrettsvirksomheten har på villaksbestanden, og så igangsette tiltak som begrenser en eventuell effekt til et akseptabelt nivå. Her har næringen et ansvar de bør ta betydelig mer alvorlig.

Havforskningsinstituttet er stolte av de resultatene vi har oppnådd i kveiteforskningen de siste 25 år. Denne stoltheten består selv etter at NRK Brennpunkt tilsynelatende slaktet norsk kveiteforskning 23. mai 2000. Etter bare 25 års forskning har vi i dag langt flere kveiter i norske oppdrettsanlegg enn det går sauer i norske fjøs. Dette har vi, i første rekke forskerne på Havforskningsinstituttet, drivende næringsutøvere og andre entusiaster greid på en tid som er mindre enn fem kveitegenerasjoner. I løpet av kort tid vil kvantumet oppdrettet kveite overstige vill-fanget kveite i Norge. Ingen kan vise til tilsvarende resultat i norsk matproduksjon, selv ikke når det gjelder laks. Her tok det nesten 200 år. For våre firbeinte husdyr har prosessen tatt 4000-6000 år.

NRK Brennpunkt skapte et program basert på falske forutsetninger og faktafeil. Det er synd at NRK framstiller en av norsk havbruksnærings suksesshistorier som en fiasko.

2000 vil framstå som det året da "torskeeventyret" våknet på ny. Interessen for torsk som ny oppdrettsart er enorm. Torsk har et stort potensial som oppdrettsfisk, men torsken har også store utfordringer til forskningsmiljøene. Intensive produksjonslinjer for torsk må optimaliseres, problemer rundt kannibalisme, før til larver må utvikles og det må etableres produksjonsstrategier for å hindre tidlig kjønnsmodning. En spesiell utfordring ligger i å lage fôr og fôringsstrategier som begrenser leverveksten. Lever hos oppdrettstorsk kan nå størrelser på over 15 % av kroppsvekten, og bidrar derfor til at filet-utbyttet går ned. På Havforskningsinstituttet har vi i 2000 også gjennomført innledende forsøk med hyse. Sammenlignet med torsk har hysen tilsynelatende store fortrinn som oppdrettsfisk.

Hvor mye oppdrettsfisk kan vi produsere i Norge? Svaret er lett! Mye, mye mer enn det er mulig å selge, forutsatt at vi investerer i å få løst en del sentrale problemer!

Norsk akvakultur i de ti siste år

Erik Slinde
Havforskningsinstituttet

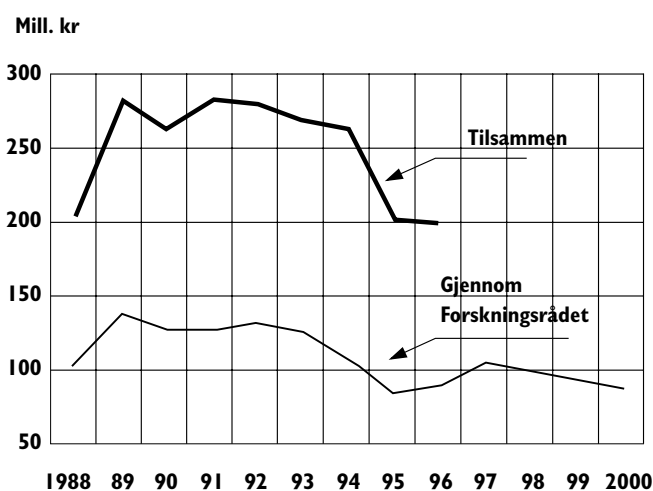
Vi kan i dag slå fast at de siste ti års forskningsutvikling innen akvakultur ikke har gitt de resultater som politikere og forskere hadde forutsatt. Grunnen til dette er en reduksjon i bevilgninger til havbrukssektoren, med det resultat at kunnskapstilfanget og løsninger har uteblitt. I samme periode har oppdrettsvolumet økt, samtidig som vår manglende kunnskap er blitt tydeligere. Dette har ført til at flere problemområder skal dekkes med mindre midler. For Norge representerer de ti siste år en tapt utvikling innen akvakultur, men det kan hende at dette i et perspektiv på flere titalls år er positivt. Produksjon av mat skal være en langsiktig og bærekraftig investering. Det er viktig at ting ikke skjer for fort.

Fra 1984 til 1991 økte bruken av de offentlige midler fra ca 50-280 millioner NOK innen havbrukssektoren, for så å avta. Figuren viser de tall Norges forskningsråd oppgir for utviklingen av økonomien innen havbruksforskningen frem til i dag. Norges forskningsråd, som ofte er premissleverandør for hva som blir gjort, har redusert innsatsen fra ca. 140 millioner NOK for ti år siden til ca. 90 millioner NOK i 2000. Samtidig uttaler politikerne at havbruk er et satsingsområde, men dette har altså vist seg å bare være ord.

Fra 1985 til 1995 var veksten i norsk oppdrett rundt 20 % pr. år, for så å reduseres til noe over 10 % pr. år på slutten av årtusenet. Ved at fôrkvoter er blitt introdusert, har man i dag et styringsverktøy som sier noe om hvilken vekst vi vil tillate. I Norges forskningsråd sin visjon for det marine Norge i 2020: "Det marine eventyret", blir det påpekt at en femdobling fra dagens verdi av fiskeri og havbruk, 30 milliarder NOK, til ca. 150 milliarder i løpet av en 20-årsperiode, tilsvarer en vekst på 8 % årlig. For norsk lakseproduksjon vil en fôrkvoteøkning på 10 % hvert år være et solid bidrag til å nå dette målet, dersom ikke noe uforutsett dukker opp. Det kan derfor slås fast at det er det politiske Norge som avgjør hvordan det marine eventyret skal fortelles en gang i fremtiden.

Den internasjonale fiskeri- og akvakulturproduksjon taler også til fordel for Norge i denne sammenheng, fordi verdens fiskbare ressurser slik vi kjenner dem i dag er begrenset til ca 100 millioner tonn, og vanskelig kan økes. Samtidig øker mengden av mennesker i verden, og det er bare noen få land, med Norge i spissen, som har netto eksport av sjømat. En kan derfor konstatere at fremtiden for Norge ligger bl.a. i sjømat.

Hva har vi så utrettet i de siste ti år? Her er det først og fremst den forskningsmessige utviklingen av fiskevaksiner som er av betydning. Dette reduserte bruken av antibiotika fra nærmere 50 tonn i 1987 til



under 1 tonn i 1997. Uten vaksiner hadde vi ikke hatt noen næring av betydning. Til tross for innsparing av milliarder og den selvfølge at helse og hygiene er en bærebjelke innen akvakultur, ble "Frisk fisk"-programmet i Norges forskningsråd avvirket, og vi sliter i dag med lus og infeksjøs lakseanemi (ILA) hos laks, og virus og bakterier hos de marine artene kveite og torsk. Helse og hygiene er en forutsetning for all matproduksjon, men det er ennå langt igjen til dette er en selvfølge når det gjelder marin sjømat fra Norge.

Produksjonskostnadene for laksefisk er redusert betydelig de siste ti år, men det er fortsatt mange år igjen til vi når en produksjonspris på 5 NOK og en fôrfaktor på 0,5 pr kg. Sammenligner en med

svineproduksjonen i Danmark, er dette konservative tall. Vi har lært en del om ernæring hos laksefisk i de siste ti år, men vår kunnskap om laksens fordøyelse er minimal. Arbeidet med å få fram et formulert marint yngelfôr er så vidt begynt, og dette er en nødvendighet for at Norge skal kunne produsere store volum med marin fisk.

De reduserte forskningsbevilgninger har ført til sterk prioritering av havbruksforskningen bl.a. ved Havforskningsinstituttet. Laksefisk er den viktigste arten, så følger kveite og kamskjell. I valget mellom torsk og hummer falt hummeren ut. Det er foretatt betydelige reduksjoner i forsøksfisk og bl.a. er all stamfisk av torsk slaktet. Pollproduksjon av torskkeyngel ble opprettholdt fordi dette representerer en grunnleggende kunnskap som bare kan bevares gjennom kontinuerlig drift. Dagens primitive torskkeyngelproduksjon er basis for alle de konsulentrapporter som spår en gullalder for torsk. Tromsømiljøet skal sørge for at det blir forsket på flekksteinbit og røye. Akvaforsk skal sørge for avlsfremgang og fôrproduksjon, mens Fiskeridirektoratets ernæringsinstitutt skal ta for seg ernæring. De tekniske og ingeniørmessige forskningsbehov skal fortrinnsvis løses ved Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet.

Innen landbruket, som har en ca. 150 år lengre forskningstradisjon i Norge enn fiskeri- og havbruksforskning har man satset på noen få dyr. Det er stadig et behov for og blir fortsatt benyttet store ressurser til å bedre produksjonen. De reduserte bevilgninger innen havbruksforskningen har i alle fall bidratt til at antall arter det arbeides med er redusert, men om vi har valgt de riktige artene er det vanskelig å svare på. Med de begrensede kunnskaper en har om det enkelte marine dyr, burde det vært mulig å gjøre grunnleggende studier på flere arter slik som lysing, hyse eller sjøpølser og kråkeboller. Vi vet i dag generelt for lite, spesielt om marin fisk, til å gjøre det kloke valg av riktig art.

I de siste ti årene er det gjort en svært begrenset innsats på å lære litt om skjell ved å benytte kamskjell som modell. Optimismen er stor i dag. Dette fordi en andre steder i verden dyrker skjell i store mengder. Norges natur gir grunnlag for en gigantisk skjellproduksjon, men i løpet av de siste ti år klarte ikke en gang forvaltningen å få systematisert en toksintest, som gjorde det enkelt eller mulig å være skjellprodusent. Igjen er det

helse og hygiene som er akilleshælen. Her er den forebyggende innsatsen altfor liten. Vi har altså ikke lært noe av sykdommer hos laksefisk som kan bidra til at vi er mer forutseende, når vi nå setter i gang en storstilt skjellproduksjon.

Mangelen på flerumettet marint fett i verden er nå tydelig. Veksten i produksjon av fete marine arter begrenser seg selv. Laksefisk med naturlig marint fett er i dag et nisjeprodukt, og vil forbli det i mange år fremover. Det finnes f.eks. store forekomster av alger, zooplankton og krill med riktig fett, men vi har ikke utviklet teknologi som gjør det lønnsomt eller mulig å høste disse artene og ta skikkelig vare på fettene så det ikke harskner.

Fremtidig havbruk er avhengig av et bærekraftig miljø. Vi har forsømt oss når det gjelder studier av ballastvann og forflytning av ikke ønskede arter. Hvilke genetiske ressurser som er viktige, og som må vernes, vites ikke i dag. At oppdrettslaks og vill laks har de samme gener er vi alle enige om, men hvorvidt bestandene er så betydningsfulle som mange mener, kan bare løses ved å bestemme gensekvensene hos de såkalte bestandene. Norsk oppdrettslaks trenger vill laks i elvene i markedsføringssammenheng, og norsk lakseavl trenger gener. Denne utfordringen må Norge løse.

Arealbruken på land og i sjø er viktig for den fremtidige matproduksjonen i Norge. I denne sammenheng utgjør en bondegård et kulturlandskap mens oppdrett er bare akvakultur. Det burde være plass til like mange akvakultur-anlegg i Norge som bondegårder, men kulturen og holdningene er her helt forskjellige til sjø- og landarealer.

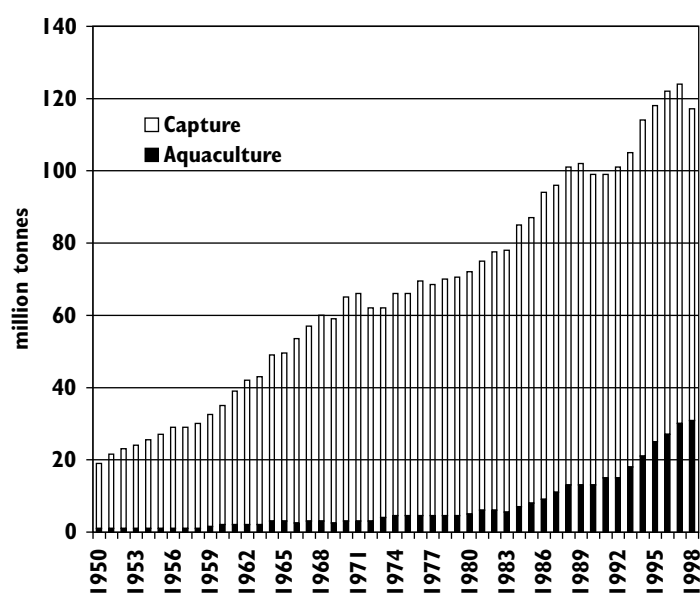
Det eneste som er sikkert i dag er at veksten i verdien av våre fiskerier og akvakultur blir vesentlig i årene som kommer, og en stor del av veksten vil komme innen produktutvikling og sjømatproduksjon. Det ville være positivt om denne utviklingen skjedde kunnskapsbasert og ikke gjennom skippertak og kriseløsninger. Den nye forskningsavgiften er et positivt lysglimt, men skal vi nå de økonomiske mål som en ønsker, må mer enn 4 % av omsetningen hvert år avsettes til forskning og utvikling. Dette er det en benytter i kjemisk industri for å følge med. Når vi skal bygge opp en stor matproduksjon som lett kan gi betydelige dekningsbidrag, bør dette være en minimumsverdi for Norge å bruke.

Verdens akvakulturproduksjon

Tom Hansen
Havforskningsinstituttet, Matre havbruksstasjon

I dag produseres det mer enn 200 arter av alger, skjell, krepsdyr og fisk i akvakultur. Produksjonsmetodene varierer fra det mest ekstensive hvor skjell vokser på en tilførsel av naturlige fôrpartikler, gjennom en produksjon av ferskvannsfisk i dammer integrert med ulike typer jordbruksaktivitet, til den mest intensive produksjonen hvor organismene holdes i dammer eller merder og hvor all næringen tilføres som kunstig fôr.

I perioden mellom 1989 og 1998 økte verdens akvakulturproduksjon fra 12.3 til 30.8 millioner tonn (Figur 1). I den samme perioden varierte tilførselen fra verdens fiskerier med mellom 85 og 95 millioner tonn. Følgelig kommer økningen i verdens fiskeproduksjon i de siste ti årene ene og alene fra akvakultur.



Figur 1 Verdens produksjon av fisk fra fangst og akvakultur.
World capture and aquaculture production
(Kilde FAO).

I 1998 var den totale fiskeproduksjonen i verden på 117 millioner tonn, hvorav 86.3 millioner tonn kom fra fangst og 30.8 millioner tonn kom fra akvakultur-relaterte aktiviteter. I 1998 utgjorde følgelig akvakulturproduksjonen 26 % av verdens

fiskeproduksjon. Den alt overveiende del av produksjonen skjedde i ferskvann (18.7 millioner tonn). Av den resterende del ble 10.8 millioner tonn produsert i sjøvann og cirka 1.6 millioner tonn i brakkevann. Produksjonen av akvatiske planter er ikke med i disse tallene, men utgjorde totalt 8.6 millioner tonn i 1998.

Produksjonen av fisk utgjorde 51 % av den totale akvakulturproduksjonen i 1998, og 99 % av ferskvannsproduksjonen. Produksjonen er dominert av Kina og India som alene produserte 12.8 og 1.9 millioner tonn ferskvannsfisk (48 % av den totale akvakulturproduksjonen ikke medregnet planter). Denne produksjonen er dominert av ulike karpearter (Tabell 1) som alle er lavt i næringskjeden. Disse artene er normalt sett enten plantespisere eller lever av en blanding av planter, detritus og animalsk føde. De to andre store produktområder, skjell og planter, utgjør henholdsvis 23 og 21 % av totalproduksjonen. Fisk utgjør mindre enn 10 % av produksjonen i marint miljø.

På grunn av sin høye pris er tigerreke den viktigste arten ut fra verdi. Nesten all denne produksjonen skjer i tropene. Produktet eksporteres hovedsakelig til land som har kjøpergrupper med god økonomi. Dette gir derfor et betydelig økonomisk bidrag til flere asiatiske og latinamerikanske land. Den andre høyverdiarten, som ikke er blant de med høyest produksjon, er atlantisk laks. Denne oppdrettes i kaldere klima, og størsteparten omsettes i industrilandene i regionen.

Selv om noen industriland slik som Japan, Norge og USA figurerer blant verdens største produsenter, skjer størsteparten av produksjonen i såkalte LIFDC-land (Low Income Food-Deficit Countries). I 1998 ble 32.4 millioner tonn, eller rundt 82 % av verdens totale produksjon av fisk, skaldyr og planter produsert i disse landene. De asiatiske landene produserte alene mer enn 88 % av totalen, og Kina produserte 20.8 millioner tonn eller 67 % alene. LIFDC-landene har også den høyeste produksjonsveksten. Mellom 1990 og 1996

Art	Produksjon (millioner tonn)
Tare	4.76
Flatøsters	3.44
Sølvkarpe	3.31
Gresskarpe	2.89
Vanlig karpe	2.47
Bighead karpe	1.58
Japansk teppeskjell	1.43
Crusian carp	1.04
Yesso kamskjell	0.86
Niltilapia	0.79

Tabell I De ti viktigste akvakulturartene i 1998 etter volum.

Top ten aquaculture species in 1998, ranked by volume.

økte produksjonen med 16.7 % årlig, dette er seks ganger høyere veksttakt enn i ikke-LIFDC-land (2.9 %).

Akvakultur og matforsyning

Fra flere hold (bl.a. FAO) blir det framhevet at en gjennom akvakultur har mulighet til å øke matproduksjonen og samtidig gi et betydelig bidrag til matvareforsyningen for verdens voksende befolkning. Einar Lied ved Fiskeridirektoratets ernæringsinstitutt har imidlertid regnet ut at hvis halvparten av de hundre millionene tonn med fisk som er tilgjengelig i verden går direkte som mat til mennesker, så vil dette bare dekke 1.1 % av energibehovet og 5.7 % av proteinbehovet til verdens befolkning. Allikevel er akvakulturproduksjonen en uvurderlig proteinkilde lokalt. I industrilandene har tilgangen på høykvalitets fiskeprodukter blitt tatt i bruk av grupper som tradisjonelt ikke spiser fisk. Lied konkluderer med at en i stedet bør fokusere på ernæringskvaliteten til fiskeproduktene, spesielt i de underutviklede landene hvor feilernæring er et alvorlig helseproblem.

Akvakultur og bærekraftighet

I det siste er det blitt stilt spørsmål om intensiv akvakultur er bærekraftig, samtidig som flere er kritiske til de etiske aspektene med å holde fisk i høy tetthet og under intensive oppdrettsforhold. Denne debatten har i hovedsak fokusert på oppdrett av laks og reker. En lignende kritikk kan imidlertid lett bli rettet mot de andre fiskemelspisende artene

hvor oppdrett i dag er i startgropen. Kritikken blir gjerne rettet mot to forhold:

1. Akvakultur kan true ville fiskebestander fordi de fiskespisende artene er avhengig av store mengder fiskemel og fiskeolje, og fordi en for flere av artene er avhengig av store naturinngrep og innsamling av vill yngel og stamfisk.

2. Akvakultur kan ha negative effekter på miljø, villfisk og naturgrunnlaget for andre mennesker.

En ser ofte i dag at akvakultur ikke aksepteres som en legitim bruker av ressurser verken av myndigheter, andre som er brukere av de samme ressursene eller av befolkningen for øvrig. Ofte ser en imidlertid at intensiv akvakultur er mindre arealkrevende og kan være en mer effektiv produksjonsform som gir bedre utnyttelse av ressurser enn andre typer matproduksjon. Et godt eksempel er bruken av fiskemel i kjøttproduksjonen.

I 1988 ble 10 % av verdens fiskemel brukt til fiskefôr. I 1998 hadde andelen økt til mer enn 30 %. Fortsatt blir imidlertid størstedelen (2/3) av verdens fiskemelproduksjon brukt i fôr til kylling og gris. Det er interessant å sammenligne proteinutnyttelsen i denne kjøttproduksjonen med intensivt havbruk. Etter hvert som laksenæringen har utviklet seg har utnyttelsen av fiskemelet blitt dramatisk forbedret. I 1972 brukte laksenæringen 1.9 kg protein for å produsere 1 kg laks som inneholder 0.18 kg protein (9 % retensjon). I 1996 brukte laksenæringen 0.4 kg protein for å produsere 1 kg laks, en retensjon på mer enn 40 % (kilde AKVAFORSK). Til sammenligning er proteinretensjonen i kylling og gris 18 og 13 % og produksjonen av gjødsel tilsvarende høyere.

En videre ekspansjon i oppdrett av fisk og skaldyr vil imidlertid kreve en betydelig økning i tilførselen av protein og olje. En mulighet er å utnytte avfallet fra fiskeindustrien og å utnytte de store mengdene bifangst som i dag blir dumpet i havfiskeflåten (ca. 30 millioner tonn verden over). Det siste kan imidlertid politisk sett være uønsket fordi det underminerer arbeidet med å redusere bifangst og dumping. En annen mulighet er å fange organismer som er lavere i næringskjeden (plankton). For å kunne gjøre dette er det nødvendig å øke kunnskapen om hvilke arter og bestander som kan høstes økonomisk, hvordan slike fangster kan lagres, og aller viktigst hvor mye som kan fanges uten fare for de artene som bruker planktonet som mat.

Et alternativ til marine ressurser vil, i hvert fall på kort sikt, være de såkalte ikke-marine kilder for fôrprotein og olje. I forsøk på Sunndalsøra har 75 % av fôrproteinet til laks blitt byttet ut med soyabønnekonsentrat, og i franske forsøk har regnbueørret blitt oppdrettet på fôr uten tilsetning av fiskemel. I andre forsøk har en kunnet vise at laks kan oppdrettes med en betydelig innblanding av encelleprotein som er produsert med for eksempel metangass som råstoff.

Like viktig for en bærekraftig utvikling er det å øke den biologiske kunnskapen og utvikle fullstendige produksjonslinjer for de organismene som skal holdes i kultur. En nøkkelfaktor i den hurtige veksten en ser innenfor enkelte arter er en økende produksjon av yngel som igjen reduserer beskatningen på vill stamfisk og yngel. En kontroll av hele livssyklusen er også nødvendig for å utvikle vaksiner, optimalisere fôrsammensetning og å utvikle miljøriktige oppdrettsmetoder og avlsprogrammer. Dette kan illustreres med tre eksempler fra laksenæringen.

I slutten av 1980-årene stod laksenæringen overfor alvorlige sykdomsproblemer som i hovedsak var forårsaket av bakteriesykdommene kaldtvannsvibriose og furunkulose. I 1987 brukte næringen 0.9 g antibiotika for hver kg laks som ble produsert. Gjennom en samordnet innsats mellom myndigheter, forskningsinstitusjoner og næringen selv ble det utviklet effektive vaksiner mot disse sykdommene. I dag brukes mindre enn 500 kg antibiotika for å produsere 460.000 tonn laksefisk.

I Norge er i dag 95 % av oppdrettsnæringen basert på et genetisk foredlet fiskemateriale. Det er vist at avl kan forbedre vekst, fôrutnyttelse, sykdomstoleranse og slaktekvalitet og redusere

problemet med tidlig kjønnsmodning. I resten av verden er 95 % av oppdrettet basert på genetisk uforedlet materiale. Trygve Gjedrem ved AKVA-FORSK har påpekt at det i dag ville være utenkelig å drive et landbruk på uforedlete organismer og at det vil være mulig å oppnå forbedringer innen akvakultur som er like store eller større enn de en har oppnådd innen landbruket. Den genetiske framgangen i vekstrate for laks har blitt beregnet til ca. 13 % per generasjon.

I den tidligste perioden av norsk lakseoppdrett ble anleggene lagt i grunne, lite eksponerte områder med lite strøm. Dette førte til at den organiske belastningen ble for høy, med negative effekter på de omkringliggende miljø og selvforurensing av anleggene. I dag er det allment akseptert at bæreevnen til de norske kystområdene ikke vil begrense næringens vekst forutsatt at vi klarer å håndtere de lokale miljøeffektene. Teknologisk utvikling har gjort det mulig å flytte anleggene til mer eksponerte områder, og innenfor en konsesjon blir generasjonene holdt på ulike lokaliteter. Dette brakkleggingsregimet reduserer den organiske belastningen til et akseptabelt nivå. I dag er allmennhetens fokus mer rettet mot de genetiske og økologiske effektene som rømt oppdrettsfisk har på ville bestander.

Konklusjon

Akvakultur, fiskerier og andre brukere påvirker hverandre gjensidig i bruken av ressurser, og det er tilgangen på og fordelingen av disse som bestemmer graden av miljømessig påvirkning. Derfor bør akvakultur bli vurdert i en videre miljømessig og politisk sammenheng for å sikre en bærekraftig utvikling med tanke på levekraftige økosystem og genetisk mangfold.

Havbruksforskningen - et hovedområde i den marine satsingen

Christian Hambro
adm. direktør, Norges forskningsråd

Forskningsrådets mål med innsatsen innen norsk havbruksforskning er å utvikle ny kunnskap på internasjonalt høyt nivå som vil bidra til at norsk havbruksnæring styrker sin posisjon som ledende produsent av sjømat på verdensmarkedet. Næringen har et stort utviklingspotensial som bare kan utløses gjennom en betydelig forskningsinnsats. Havbruksforskning og marin forskning er derfor et av Forskningsrådets viktigste satsingsområder.

Den internasjonale evalueringen som nylig ble lagt fram av den biofaglige forskningen i Norge, viser blant annet at norsk forskning ikke er så god som vi skulle ønske på alle områder, heller ikke innen marin sektor. Det innebærer en ekstra utfordring for forskningen som skal skaffe fram nødvendig kunnskap for å utløse det store potensialet for ny verdiskaping som ligger i fiskeri- og havbruksnæringen. Anbefalingene i evalueringen understreker dermed det Forsknings-Norge lenge har påpekt: Norge bruker for lite penger på forskning og utvikling, særlig når det gjelder grunnforskning, og dette går ut over kvaliteten. Det er imidlertid ikke bare mangel på ressurser som er problemet. Miljøene selv må også skjerpe seg og bedre både ledelse og planlegging for å få mer ut av prosjektene.

Forskningsmiljøene må styrkes

Det er viktig å ta tak i anbefalingene i evalueringen. Derfor må Forskningsrådet og forskningsmiljøene i fellesskap planlegge strategisk for å styrke kvaliteten i forskningen, og gjennom konstruktivt samarbeid må vi greie å overbevise våre politikere om betydningen av å satse langsiktig på forskning, ikke minst i marin sektor.

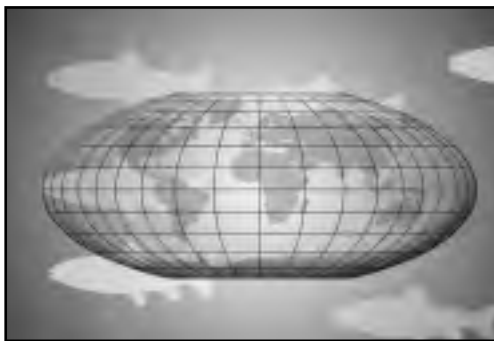
Både innen grunnforskning og i anvendt forskning trengs det fagmiljøer som er sterke og store nok

til å skaffe fram den kunnskapen det er behov for. Det trengs flere forskere. Innen marin forskning vet vi at eksisterende forskningsstruktur er i stand til å absorbere betydelig større FoU-bevilgninger enn de mottar i dag. For å komme opp på OECD-nivå, trengs det imidlertid en betydelig bemanningsøkning. Det er forståelig at forskningsmiljøene trenger forsikringer om langsiktig finansiering før de kan sette i gang rekruttering på et slikt nivå. For oss er det et viktig argument når vi henvender oss til politikerne om å øke bevilgningene til forskning generelt.

Både grunnleggende og anvendt forskning

Havbruksforskningen er et av de områdene der Norge med sine naturgitte fortrinn etter mitt syn virkelig har et potensial til å hevde seg internasjonalt. Så langt har forskningen knyttet til laksefisk i oppdrett i noen grad kunnet bygge på tilgjengelig, internasjonal kunnskap. Denne situasjonen har gjort det mulig for norske forskere, bl.a. gjennom samarbeid og internasjonal kontakt, å løse aktuelle forskningsoppgaver på en rask og effektiv måte. I årene som kommer vil situasjonen være annerledes. For å sikre videre framgang på viktige områder, må den norske innsatsen i økende grad rettes mot å generere ny kunnskap.

Når det gjelder oppdrett av marine fiskearter, har vi i mindre grad kunnet bygge på tidligere kunnskap. Næringsutvikling knyttet til disse artene har derfor vært direkte forskningsbasert. Skal oppdrett av marine arter bli en levedyktig næring, må vi forske både på grunnleggende og anvendte problemstillinger. Norge kan neppe basere seg på å utvikle all kunnskap alene, men Norge kan ha en ledende rolle på en rekke områder innen havbruksforskningen. Dette fordrer at forskningsmiljøene kan arbeide med kunnskapsutvikling, at forskerne får



anledning til å være i fremste rekke internasjonalt, og at det er god kontakt mellom forskning og næring.

Bioteknologi og bioprospektering

I dagens situasjon mener Forskningsrådet at det spesielt er den grunnleggende forskningen som må styrkes. Det trengs basiskunnskap som kan legge grunnlaget for fremtidige industrielle nyvinninger, slik at vi kan hevde oss i en stadig sterkere internasjonal konkurranse. I tillegg til å satse på fisk, skjell og skalldyr, må vi utnytte bioteknologien og kartlegge marine organismer på jakt etter nye stoffer som kan gi grunnlag for interessant næringsvekst på 10 – 20 års sikt. Da avkastningen fra Forskningsfondet ble delt ut for første gang i fjor, ble derfor omtrent en tredel av disse midlene bevilget til prosjekter innen havbruk og marin bioteknologi, blant annet til marin bioprospektering og til kartlegging av laksens gener. Disse prosjektene vil bidra til å bygge opp kunnskap som vil kunne få svært stor betydning for den videre utviklingen innen havbruksnæringen.

Forskningsutfordringer innen havbruk

Forskning og utvikling vil være en viktig drivkraft for ny kunnskapsbasert marin næringsutvikling og for videre utvikling av moderne havbruk. Foruten kunnskap innen en rekke biologiske, tekniske og kjemiske fag, vil kunnskap innen bioteknologi og informasjonsteknologi, samt kunnskap om markedene, få økt betydning. Dette er en utfordring både for forskningen og for næringen. Forskningsmiljøene må både videreutvikle forskningen knyttet til havbruk og søke å formidle resultatene til næringsaktørene på en hensiktsmessig måte. Næringen må på sin side være i inngrep med forskningen og parat til å ta den nye kunnskapen i bruk. Selv om Norge i dag er ledende innen havbruk og oppdrett, er det fortsatt store forskningsutfordringer på dette området.

- Selv om laks og ørret er vel etablert i mange markeder verden over, er det fortsatt store ekspansjonsmuligheter. Kontinuerlig FoU vil være nødvendig for å sikre både vedlikehold og videre utvikling.

- Etter mange års innsats regner vi med at industriell produksjon av kveite står for døra. Fremskritt, spesielt med hensyn til stabil og forutsigbar produksjon av kveiteyngel, peker i den retningen. På samme måte som tilfellet var for laks og ørret, vil det være et kontinuerlig og betydelig behov for FoU på kveite for å legge grunnlaget for

en tilsvarende markedsmessig utvikling som laksen fikk.

- Det er også vist at steinbit kan egne seg som oppdrettsfisk, og det finnes allerede en del kunnskap om oppdrett av arten. Også for denne arten trengs det mer FoU og påvirkning av markedsutviklingen for å øke oppdrettsvolumet.

- Torsk i oppdrett blir sett på med økende interesse, både fordi det kan kompensere for lave uttak av villfanget torsk, men også fordi oppdrett vil gjøre det mulig å tilby fersk torsk på jevn basis gjennom hele året, på samme måte som for laks. Dette er ofte nødvendig for å få leveranser til de store supermarkedskjedene i Europa. FoU er en forutsetning for å lykkes.

- Skjell er en meget stor artikkel på verdensbasis. Norge kan med sitt rene miljø virkelig bli en stor aktør i produksjon av skjell. Kamskjeloppdrett er under utvikling, men mye gjenstår før produksjonen er strømlinjet. Når det gjelder blåskjell, ligger forholdene til rette for produksjon i Norge. Det avgjørende for all skjellproduksjon er imidlertid at man kan levere garantert friske skjell. Det innebærer at skjellene må testes og være frie for toksiner. Dagens metoder med bruk av mus er tidkrevende og muligens etisk problematiske i fremtiden. Det trengs forskning for å utvikle nye kjemiske testmetoder. Slike metoder vil være viktige for å kunne utløse potensialet for skjellproduksjon i Norge.

- Det er også et potensial for økt foredling av sjømat i Norge. I dag utgjør foredling bare 10 % av omsetningen. Stigende krav til sunnhet, smak, holdbarhet, emballasje og enkel tilberedning forutsetter produktutvikling som må baseres på FoU.

- Det ligger også et stort økonomisk potensial i økt utnyttelse av biprodukter fra fiskeindustrien. Anvendelse til fôr ligger i dagen, men det dukker stadig opp nye lønnsomme anvendelser, f.eks. ingredienser til funksjonell mat og bioaktive molekyler til bruk i farmasøytisk industri.

Havbruksprogrammet

Norges forskningsråd støtter havbruksforskning både gjennom strategiske programmer til forskningsmiljøene og gjennom programmer. Havbruksprogrammet er det mest sentrale på dette området, og i 2001 disponerte det en ramme på til sammen 56,5 mill. kroner fra Forskningsrådet til forskerstyrte og brukerstyrte prosjekt.

Programmet er organisert i åtte delprogrammer

som dekker hele feltet fra produksjon og drift, avl og genetikk, via fôr og ernæring, helse og sykdom, slakting, transport og distribusjon, til miljø, teknologi og utstyr. Programmet skal omfatte oppgaver knyttet opp mot ulike arter, dvs. både laksefisk, marine arter som kveite, steinbit og torsk, skjell, pigghuder og krepsdyr, andre marine arter og ferskvannsfisk. Både intensive og mer ekstensive produksjonsformer og oppgaver knyttet til levende lagring og kulturbetinget fiske, vil inngå i programmet. Videre skal det være rom for forskning som kan bidra til å skape grunnlag for nye former for havbruk. Målet med programmet er å medvirke til å sikre og videreutvikle det faglige grunnlaget for markedsrettet, miljø- og ressursvennlig produksjon av akvatiske organismer. Dette er formulert i følgende delmål:

- Skaffe fram ny kunnskap for å utvikle oppdrett av laksefisk gjennom optimalisering av produksjonsmetoder
- Legge det faglige grunnlaget for kommersiell produksjon av ulike arter ved å få fram sikker kunnskap om artenes biologi og behov i oppdrett
- Skaffe fram kunnskap som kan sikre kvaliteten på produktet gjennom hele verdikjeden i forhold til markedets ønsker og behov
- Skaffe fram kunnskap som kan sikre produksjon av trygg mat til forbrukerne, med vekt på etiske hensyn, dyrenes velferd og miljøet de lever i.

- Bidra med kunnskap som kan åpne for nye ideer til næringsvirksomhet innen havbruk.

For å oppnå optimal bruk av ressursene samarbeider programmet med andre aktuelle virkemidler, både internt i Forskningsrådet og i forhold til andre finansieringskilder, som for eksempel SND.

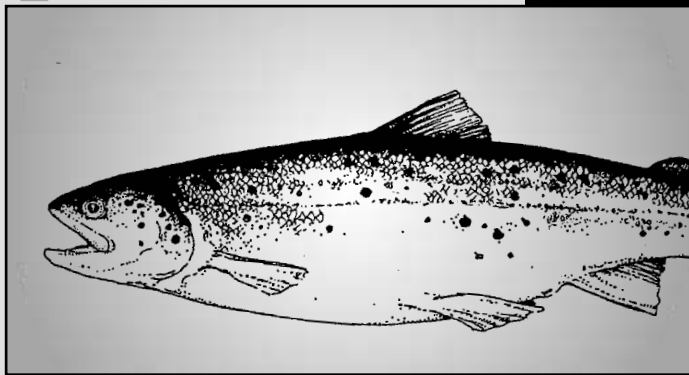
Det trengs mer penger

Forskningsrådet har i flere år pekt på nødvendigheten av å øke den marine forskningen. Selv om dette har vært vår hovedprioritering i budsjettforslagene, har pengene for en stor del uteblitt. Forskningsrådet har likevel vist vilje til å prioritere marin forskning ved å utnytte frihetsgraden som ligger i fordeling av Forskningsfondets avkastning, til beste for marin sektor.

Nå er det imidlertid grunn til en viss optimisme framover. Forskningsavgiften på fiskeomsetning vil gi en FoU-vekst i 2001 på om lag 100 millioner kr. Stadig flere forstår at havbruksnæringen virkelig er verdt å satse på, og det er grunn til å tro at Regjeringen og Stortinget vil sørge for videre forskningsvekst. Likevel er det viktig at alle gode krefter benytter enhver mulighet til å snakke om fremtidsperspektivene, potensialet og behovet for å styrke forskningen på det marine området. Vi må sørge for at saken ikke går i den politiske glemmeboken.

Kapittel 1

Laksefisk



Lakse- og ørretnæringen 2000 - en oversikt

Øystein Klakegg, Kontali Analyse A/S

For første gang siden 1992 opplevde norsk lakse- og ørretoppdrett at salgskvantumet samlet for ørret og laks sank fra foregående år. Samlet ble det i 2000 solgt ca. 460.000 tonn rund vekt av ørret og laks mot ca. 461.000 tonn i 1999.

Samtidig økte verdien av eksporten og det innenlandske salget fra 12,5 mrd. i 1999 til 14,0 mrd. i 2000, en økning på 12 %.

Salgskvantumet for laks økte med 2 % fra ca. 411.000 tonn rund vekt til ca. 419.000 tonn rund vekt i 2000.

Ørretsalget sank med 17 % fra ca. 50.000 tonn til ca. 42.000 tonn rund vekt. Det var særlig ørretsalget til Japan som sviktet, med en nedgang på 26 % eller ca. 10.000 tonn rund vekt.

Biomasseoppbygging

Selv om salget av laks og ørret stagnerte i 2000, ble det produsert biomasse som aldri før.

For laks hadde vi i år 2000 en netto tilvekst (vekt av godkjent slaktet fisk + differansen i biomassen i sjøen mellom 01.01. og 31.12. ÷ biomassen av smoltutsettet) på ca. 474.000 tonn rund vekt. Dette er 20 % eller 81.000 tonn rund vekt mer enn i 1999.

Også for ørret hadde vi stor økning i netto tilvekst, 65.000 tonn (rund vekt) i 2000, en oppgang på 46 % fra 1999. Når nettotilveksten var rekordhøy samtidig som salget stagnerte, sier det seg selv at vi har hatt en betydelig biomasseoppbygging i 2000.

Store prisvariasjoner

Som vi ser av biomassefiguren for laks gikk vi inn i 2000 med relativt liten biomasse. Dette skapte selgers marked og gode priser. Prisene steg jevnt fram mot mai og juni, og var oppe i 37,34 kroner i snitt for alle vektklassene for sløyd superior laks FOB slakteri. Slaktekvantumet for laks økte også i forhold til 1999 fram mot juni.

I juni og særlig i juli sank slaktekvantumet. En av årsakene kan være at oppdretterne ville utsette slaktingen og heller føre fisken sin større og dermed få enda bedre betalt for den. I sommer var det stor prisforskjell på de forskjellige vektklasser. Dess større, dess dyrere.

Det som så skjedde var at både prisen til oppdretter og etterspørselen falt.

At etterspørselen falt, kan ha sammenheng med at den høye prisen gjennom forsommeren priset lakseproduktene ut av markedet.

Prisfallet til oppdretter har blant annet sammenheng med svikten i etterspørselen samt biomasseoppbyggingen som begynte i juni.

Prisene fortsatte å falle fram til desember og var nede i 22,38 kroner (FOB slakteri) for sløyd superior laks i ukensnitt. Gjennom desember steg prisene igjen.

Det aller meste av salget av norsk oppdrettsfisk foregår som spot-salg.

Hvis Norge vil ha en oppdrettsnæring med jevn produksjonsøkning og forutsigbarhet må det være en målsetting å få mer av salget over på langsiktige kontrakter. Det koster på sikt mer å få tilbake tapte kunder enn vi vinner på kortsiktige pristopper.

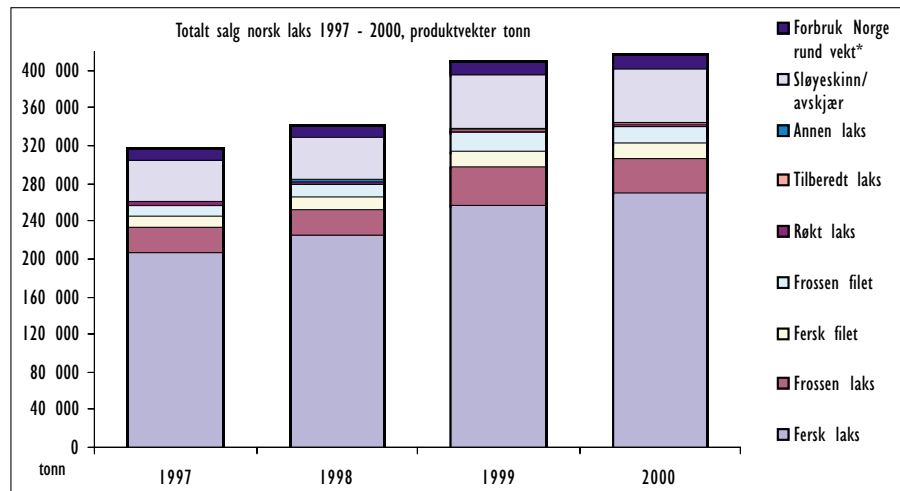
God lønnsomhet

Selv om prisene på laks sank mot slutten av 2000, har gjennomsnittsprisen vært 29,63 kroner til oppdretter for superior sløyd laks levert FOB slakteri. Dette er det høyeste nivå siden 1994.

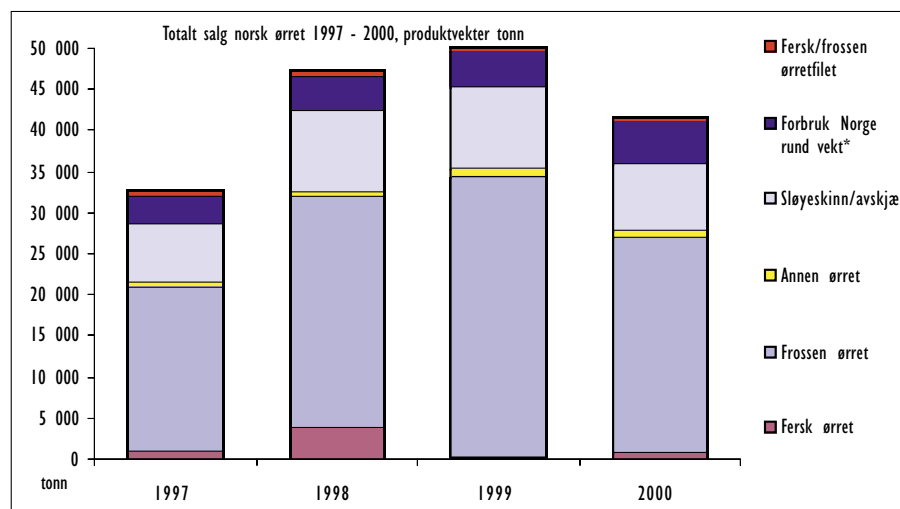
Samtidig som prisen har vært høy, har produksjonskostnadene også i 2000 gått ned.

Våre beregninger viser at produksjonskostnadene pr. kilo sløyd laks var ca. 19 kroner i 2000, dette er en nedgang på over 2 kroner fra 1999. I snitt satt altså oppdretterne igjen med et overskudd på ca. 10 kroner pr. kg sløyd laks levert slakteri. Samlet gir dette oppdretterne et overskudd på nesten 4 mrd. kroner.

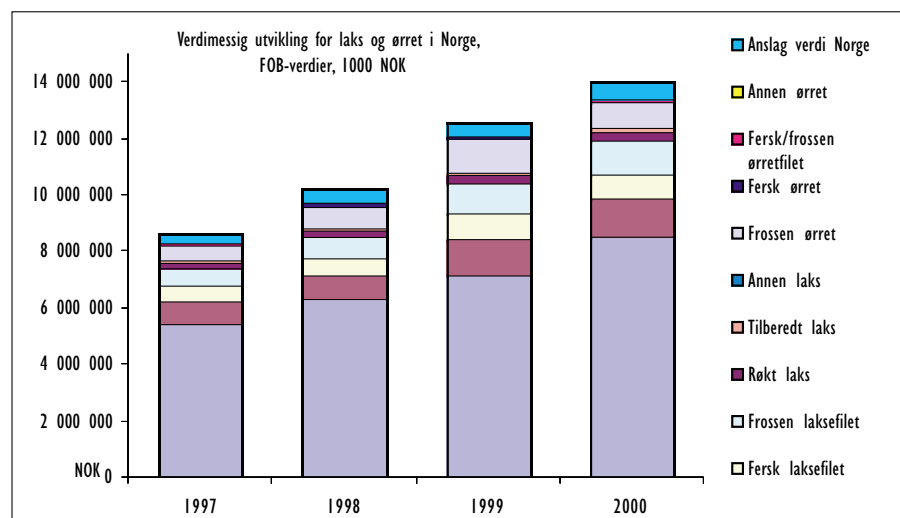
Verdiskapingen norsk oppdrettsnæring gir fra fjord til bord er formidabel, noe som verdikjeden her gir et uttrykk for.



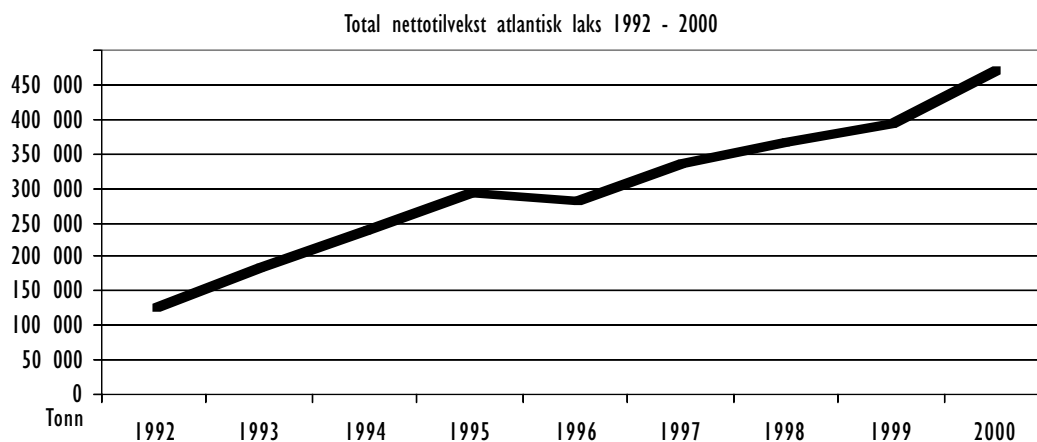
Figur 1 Totalproduksjon av norsk laks 1997-2000 fordelt på produkt.
Norwegian production of Atlantic salmon in the period 1997-2000, divided on products.



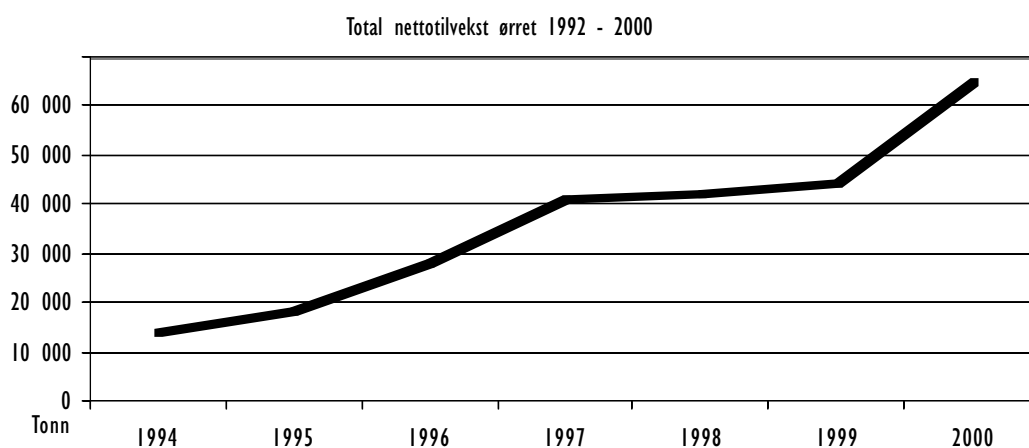
Figur 2 Totalproduksjon av norsk ørret 1997-2000 fordelt på produkt.
Norwegian production of trout in the period 1997-2000, divided on products.



Figur 3 Verdien av salget av norsk ørret og laks i 2000 fordelt på produkt.
The value of the sale of norwegian salmon and trout, divided on products.



Figur 4 Netto tilvekst atlantisk laks i Norge i perioden 1992-2000 (tonn rund vekt).
Net growth of Atlantic salmon in Norway in the period 1992-2000 (tonnes wfe).



Figur 5 Netto tilvekst ørret i Norge i perioden 1994-2000 (tonn rund vekt).
Net growth of big trout in Norway in the period 1994-2000 (tonnes wfe).

Bedre fôrfaktor for laks

Både den biologiske og den økonomiske fôrfaktoren til laks (rund vekt) ble rekordlav i 2000.

Den biologiske endte på ca. 1,12 og den økonomiske på ca. 1,29. Dette er en nedgang på hhv. 0,01 og 0,05.

Noen av årsakene til de rekordlave fôrfaktorene var et noe mer energirikt fôr, god sykdomsstatus, samt et godt laksevær med høye temperaturer i vår og høst, og overskyet og stabile temperaturer i sommer uten de varme toppene. Avl og kompetanseheving er også faktorer som drar i riktig retning.

Store forskjeller, mye å hente

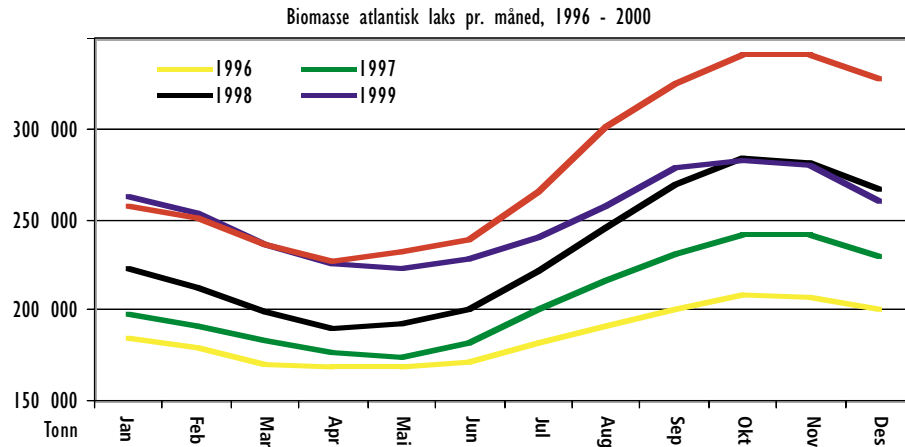
Selv om de aller fleste oppdretterne har hatt et godt år rent økonomisk, er det fortsatt stor forskjell mellom dem.

POL-prosjektet (Produktivitets Overvåking av

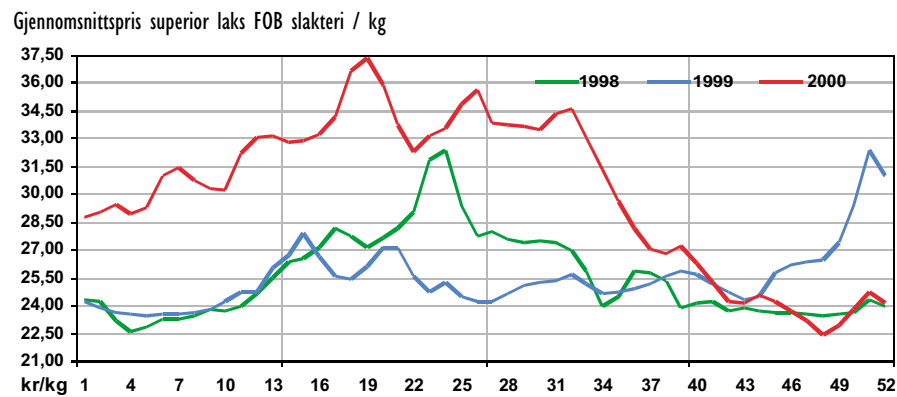
norsk Oppdrettsnæring) som ble startet i 1998 som et samarbeid med Kontali Analyse, NorAqua og SND, har som målsetting å kartlegge produktiviteten og avdekke suksessfaktorer som fører til høy produktivitet i norsk laksenæring. POL-materialet viser at det er stor spredning både mellom firma, lokaliteter og mellom fiskegrupper på samme lokalitet. Det er bl.a. en forskjell i økonomisk fôrfaktor på over 25 % mellom beste og dårligste oppdretter.

Tanken er å videreføre POL-prosjektet i samarbeid med de forskjellige forskningsinstitusjonene. Målet er at de innsamlede produksjonsdataene skal bli en ressursdatabank for forskere og andre aktører i næringen.

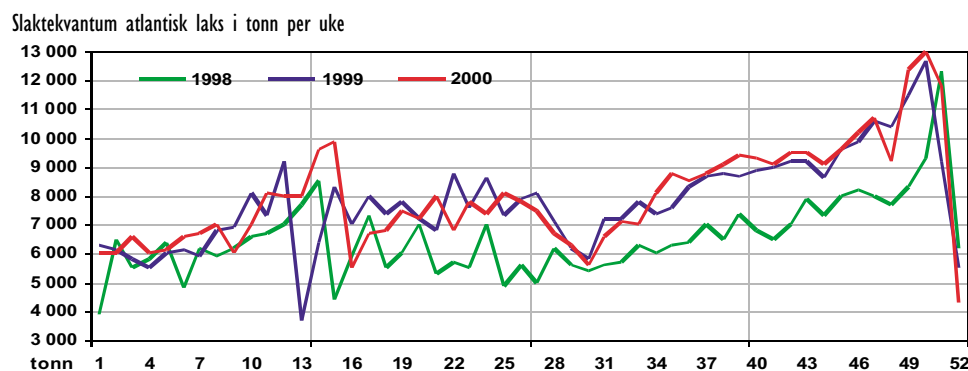
Fortsatt er oppdrett av laks og ørret en ung



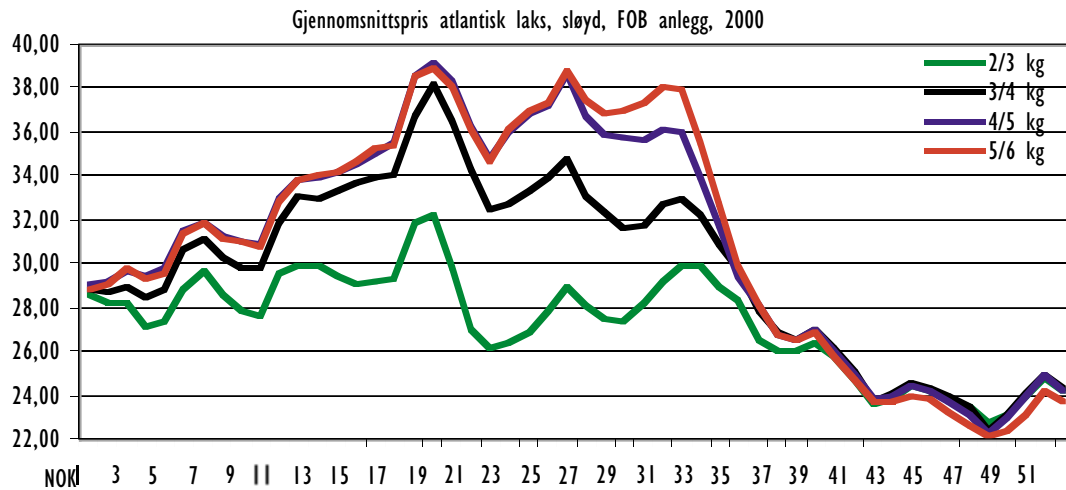
Figur 6 Biomasseutvikling for laks i norske oppdrettsanlegg i perioden 1996-2000 (tonn rund vekt).
Total standing stock of Atlantic salmon in Norwegian farms throughout the years 1996-2000 (tonnes wfe).



Figur 7 Utvikling ukentlig gjennomsnittspris superior norsk atlantisk laks 1998-2000 (NOK/kg sløyd, superior kvalitet FOB slakteri).
Development weekly average price of Norwegian Atlantic salmon (NOK pr. kg gutted, superior quality FOB processing plant).



Figur 8 Utvikling slaktekvantum norsk atlantisk laks pr. uke 1998-2000 (tonn rund vekt).
Development weekly harvest quantity of Norwegian Atlantic salmon throughout the years 1998-2000 (tonnes wfe).



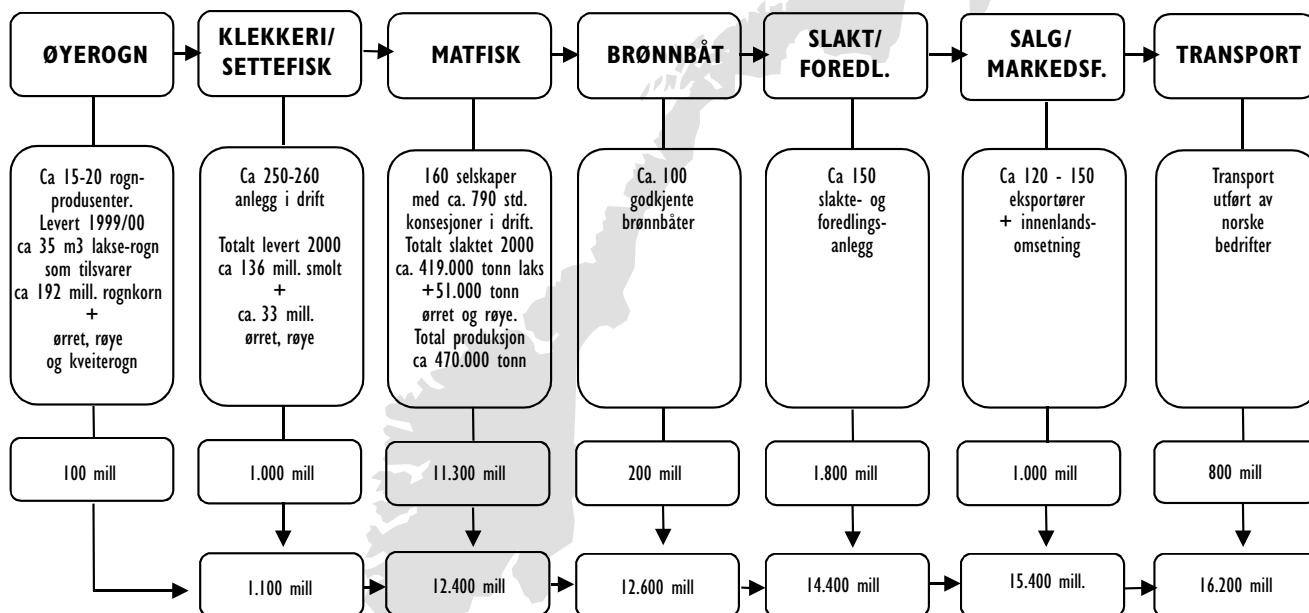
Figur 9 Utvikling ukentlig pris superior norsk atlantisk laks 2000 fordelt på vektklasser. (NOK pr. kg sløyd, superior kvalitet FOB slakteri).
Development weekly price in year 2000 of Norwegian Atlantic salmon divided on sizes (NOK pr. kg gutted, superior quality FOB processing plant).

næring, og det er svært mye vi ikke vet om fisken og miljøets påvirkning av denne. Det gjenstår ennå mye prøving, feiling og forskning på de mange parametre som spiller inn på fisken fra rogn til ferdig produkt.

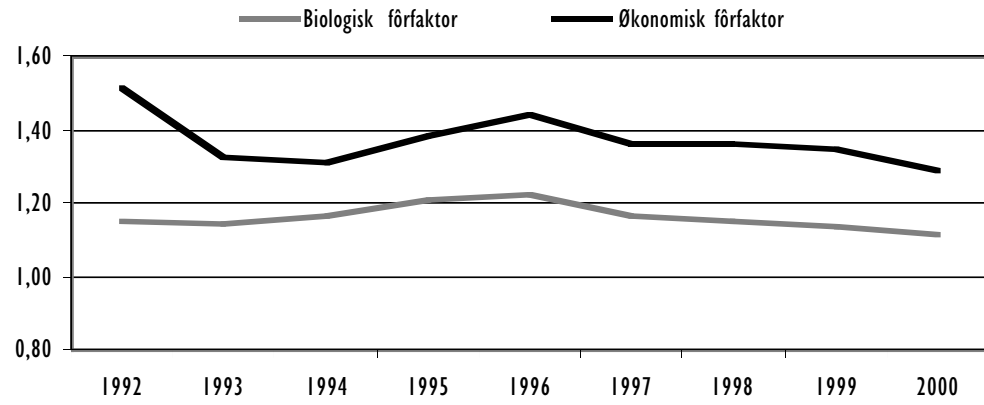
En av disse tilsynelatende relativt ubetydelige parametre er fôringshyppighet. Det nevnte POL-prosjektet fant på 98-utsettet at kontinuerlig fôring

gav dobbelt så høy dødelighet som måltidsfôring.

Når vi vet at en forskjell i økonomisk fôrfaktor på 1% betyr ca. 200 000 kroner pr. konsesjon eller totalt for Norge ca. 160 millioner kroner ved dagens produksjon, burde det være lett for bevilgende myndigheter å gi et forskningsløft til næringen som skal overta etter oljen.



Figur 10 Verdiskapingen i norsk havbruksnæring 2000.
Value of the Norwegian salmon industry 2000.



Figur 11 Gjennomsnittlig økonomisk og biologisk fôrfaktor for atlantisk laks i perioden 1992-2000 (kg fôr pr. kg laks rund vekt).
Average biological and economical food conversion rates for Atlantic salmon in Norway in the period 1992-2000 (kg feed pr. kg salmon wfe).

Anestesi och analgesi vid vaccinering av lax

Anders Kiessling, David Johansson, Charlotte Axen och Barbro Johansson
Havforskningsinstitutet

Att fisk blir stressad av vaccinering, liksom av annan behandling är utom allt tvivel. Frågan är om vaccinering också leder till att fisken får ont. Smärta kan orsakas både av den stora volymen som injiceras (motsvarar 3-5 dl på en 75 kg tung människa) och/eller av en inflammation. All fisk som vaccineras med oljebaserade vacciner får nämligen ärrvävnad i buken som antagligen kommer från en inflammation.

Vi har observerat att vaccinerad fisk, liksom annan stressad fisk, äter dåligt dagarna efter behandling. Skillnaden mellan vaccinerad fisk och fisk som utsatts för annan behandling, som håvning och bedövning, är att även om vaccinerad fisk börjar äta som annan stressad fisk så i motsatts till annan fisk så slutar den igen efter en till två dagar, för att inte börja äta förrän ytterligare en till två dagar senare (Figur 1). Ett sådant ätbeteende styrker vår förmodan att vaccinering utöver att orsaka stress också orsakar smärta sekundärt, det vill säga inte omedelbart, men som en följd av till exempel en lokal inflammation vid vaccinet. Det vill säga ur ett etiskt perspektiv kräver vaccinering inte bara vanlig bedövning, så kallad anestesi, vid själva utförandet utan även specifik smärtlindring, så kallad analgesi. Utöver att vara ett etiskt problem så är detta också ett produktionsproblem då fiskens tillväxt påverkas (Figur 2). För att studera möjligheterna att minimera psykisk och fysisk stress hos fisk med hjälp av anestesi och analgesi vid vaccinering, har en serie försök genomförts vid Havforskningsinstitutet, Matre havbruksstasjon, under 2000. I denna artikel sammanfattas våra erfarenheter och rekommendationer från dessa försök.

All djurproduktion innefattar rutiner som kan leda till psykisk eller fysisk stress. Utöver en etisk problematik så vet vi att ett djur som är stressat äter och växer sämre. Det finns även studier som indikerar att stress leder till sämre foderomvandling och ett försämrat immunförsvar. Det vill säga att minimera stress hos produktionsdjur leder både till ett ökat välbefinnande hos djuret och en ökad tillväxt.

Alla etiska regler och lagar för högre ryggradsdjur gäller även för fisk. Smärta eller risk att utsättas för smärta är en av de mest potenta stressorer som finns. Trots detta är forskning om smärtlindring ett eftersatt område inom fiskerinäringen. Fiskens stela huvud och avsaknad av ögonlock gör att den inte har någon möjlighet att med mimik visa smärta, även om smärtsystemet i princip är det samma som hos oss människor. Avsaknaden av mimik och det faktum att det är ett kallblodigt, lägre stående djur, kan medföra att många människor inte känner empati för fiskar, och kanske inte uppfattar att fisk kan känna smärta. I olika försök har fiskens rent anatomiska möjligheter att känna smärta och att undvika situationer där den upplevt smärta demonstrerats. I andra försök har man också kunnat konstatera att olika typer av smärtlindrande droger haft en signifikant påverkan på fiskens beteende (se separat artikel).

Normalt stickvaccineras laxparr i buken (intra-peritonealt) när de väger ca 25-50 g med oljebaserade vacciner efter en till tre dagars svält. Given dos (0,1 ml) motsvarar en injektion av 3-5 dl hos en människa på 75 kg. För att immobilisera fisken används en hög dos lokalanestesimedel (benzocain) via inhalationsanestesi (det vill säga via gälarna från vattnet), vilket ger en generell muskelavslappande effekt. Tidigare försök har klart visat att vaccinerad fisk får en minskad tillväxt och inducering av ärrvävnad i buken jämfört med ovaccinerad fisk (se separat artikel av Arne Berg). För att få svar på följande frågor utfördes en serie försök vid Matre havbruksstasjon under 2000:

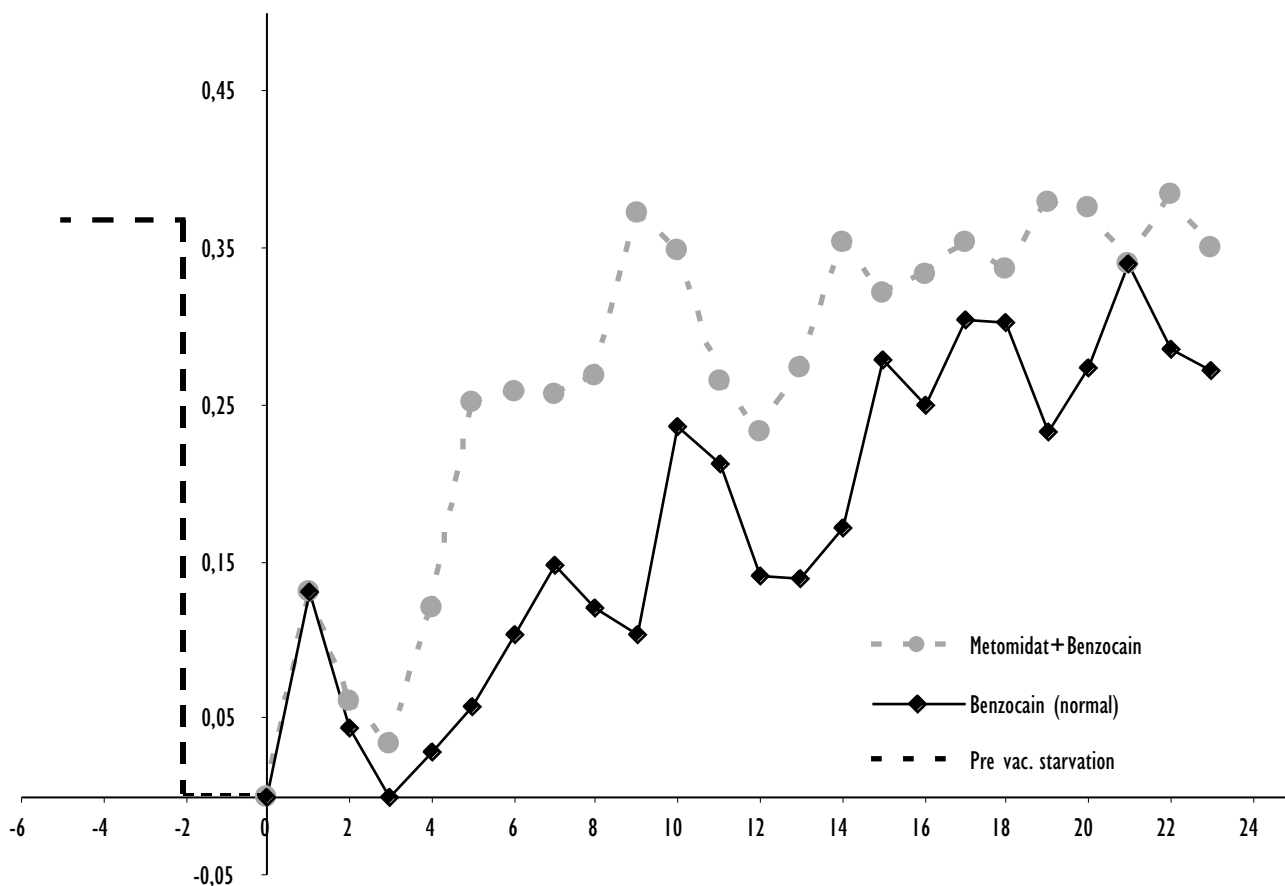
1. Hämmas tillväxten i direkt samband med vaccinering eller kommer den senare?
2. Är minskningen i tillväxt relaterad till en minskning i foderintag?
3. Vad i vaccineringen, handhavande, bedövning, injektion eller vaccin är orsaken?
4. Kan den negativa effekten av vaccinering minskas med anestesi och/eller analgesi?

I Figur 1 visas en typisk effekt av vaccinering på foderintag hos laxyngel. Direkt efter vaccination ses ett litet foderintag, vilket dock snart övergår i en total ät-depression. Efter en till tre dagar (varierade mellan olika försök) börjar fisken att äta igen. Efter 15 till 25 dagar (varierade mellan försök) har foderintaget stabiliserats på normalt foderintag jämfört med ovaccinerad fisk. I våra försök observerades en snabbare återhämtning i försök utförda under sommar och höst jämfört med de försök som utfördes under vintern. Det omvända gällde för längden av den totala ät-depressionen direkt efter vaccinering. Det är troligt att olik vattentemperatur och tillväxt mellan årstiderna var den underliggande orsaken till dessa skillnader.

I Figur 2 a och b ser vi ökning i foderintag

(a) och biomassa (b) efter vaccinering och/eller bara behandling. Biomassan mellan start och slutvägning är beräknad utifrån varje replikats (3 st) foderkonvertering och dagligt foderintag. Vi ser att de två grupper som erhållit vaccin skiljer sig markant från de grupper som enbart behandlats eller injicerats med koksaltlösning. Vaccinerad fisk både startar och uppnår normalt foderintag mycket senare än fisk som ej injicerats med vaccin. Förvånande är också att injicering med koksalt inte påverkar fisken mer än håvning och bedövning enbart. Detta innebär att själva vaccinet adderar en ytterligare stress utöver behandling och själva injektionen.

Även i detta försök gavs lugnande medel (metomidat) till en grupp innan håvning från försökskar till bedövningskar. Den stora skillnaden

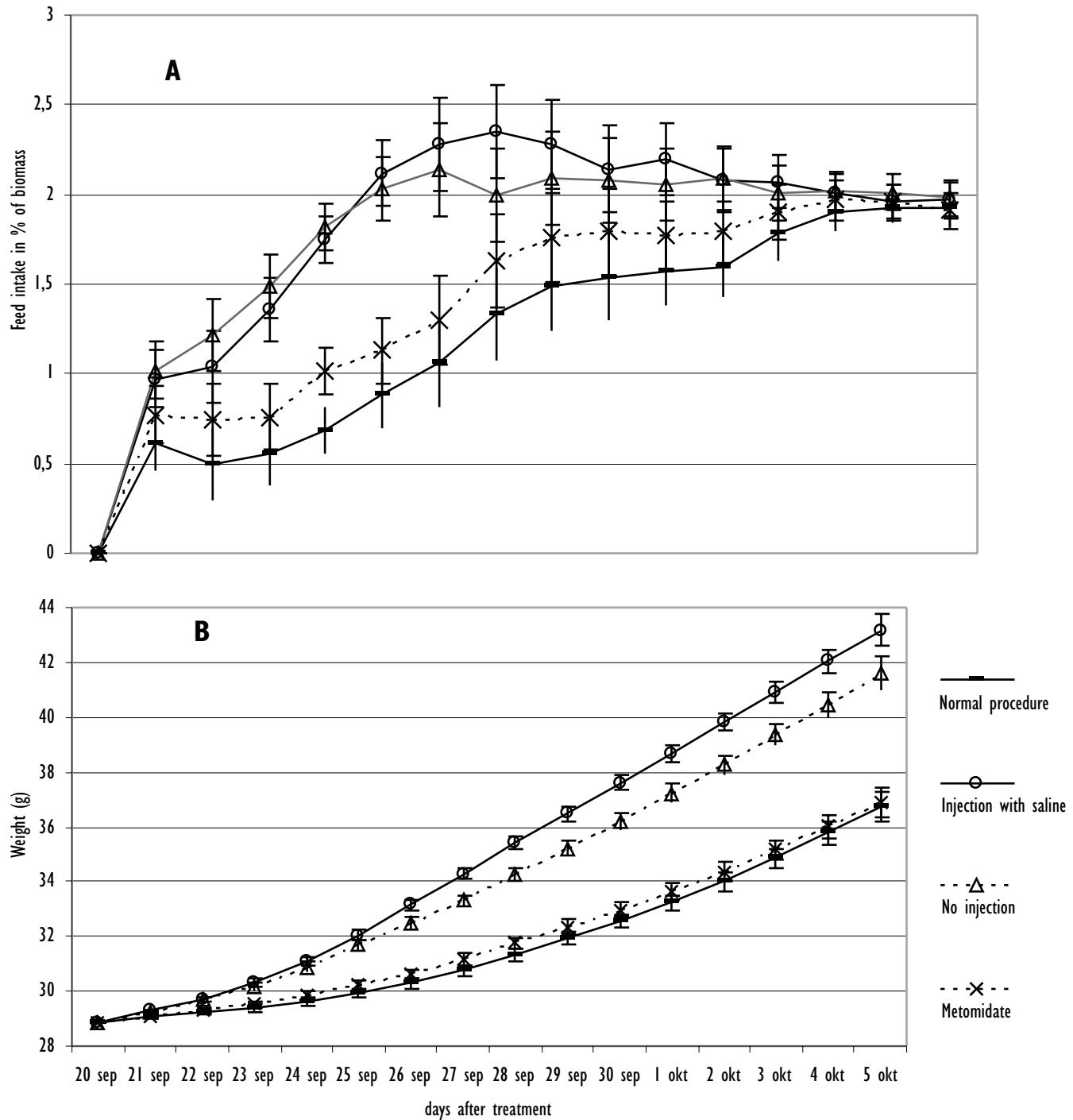


Figur 1 Effekt av vaccinering på foderintag hos laxyngel med olika anestesirutiner.

Med metomidate + benzocain fås både en lugnande effekt innan behandling och smärtlindring under själva anestesin. X-axeln uttrycker dagar från vaccinering medan Y-axeln visar foderintag i procent av biomassa. Graferna representerar medelvärdet av tre replikat.

(Baserad på Oppedal, F., Johansson, B. og Kiessling, A., 2000. Norsk Fiskeoppdrett no. 9 : 24-26.)

Effect of vaccination on feed intake recovery in salmon parr depending on anesthetic procedure. Metomidate + benzocain represents pre handling sedation (hypnotics) and vaccination anesthesia including analgesia. Only benzocain anesthesia preclude pre handling sedation.



Figur 2 Ökning i foderintag (A) och biomassa (B) hos laxyngel efter att ha utsatts för olika delmoment av normal vaccinering.

(Från D. Johansson MSc thesis, 2001, Swedish University of Agricultural Sciences)

Increase in feed intake (A) and biomass (B) in salmon parr after different handling treatments (normal vaccination, Sham injection with sterile isotonic saline, handling but no injection and vaccinated using metomidate as both pre sedation and anesthetics).

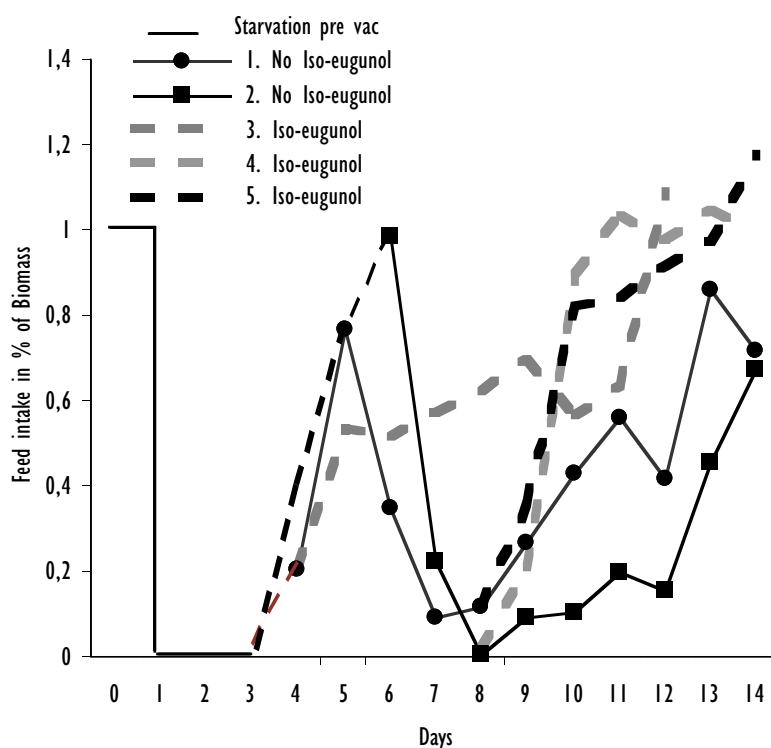
i detta försök var att den gruppen också bedövades med en högre dos av samma lugnande medel (metiomidate) istället för med benzocain. I motsats till tidigare försök (Figur 1) så får vi nu ingen positiv effekt av denna förbehandling utan denna fisk växer likadant som normalt vaccinerad fisk (Figur 2 a och b). Den avgörande skillnad mellan de två försöken är att i det första försöket (Figur 1) kombinerades det lugnande medlet före behandling med ett bedövningsmedel (benzocain) som har analgetisk (smärtlindrande) effekt, medan i det senare försöket (Figur 2) gavs enbart en högre dos av det lugnande medel för att inducera medvetslöshet utan direkt smärtlindring. Härigenom uppnåddes antagligen inte en äkta anestesi som innebär såväl medvetslöshet, smärtlindring som minnesförlust.

Resultaten från försöken redovisade i Figurerna 1 och 2 visar att den största effekten på födointag och tillväxt i samband med vaccinering är orsakad av vaccinet självt och inte handhavande eller

injectionen. Likaså indikerar resultaten att smärta kan vara involverad. För att studera detta vidare ville vi ge fisken ett analgeticum, det vill säga smärtlindring efter vaccinering. Att finna smärtlindrande medel som kan ges till fisk i vatten är inte så lätt. I första hand beror detta på avsaknad av kunskap om dels eventuell smärtlindrande effekt av de bedövningsmedel som redan finns till fisk, och dels på att de medel som vi vet från andra djurslag har god analgetisk effekt, inte är utprovade för fisk.

Som en kompromiss valde vi att använda ett medel som heter iso-eugunol som är den verksamma substansen i Aquil-s, ett för fisk godkänt bedövningsmedel. Iso-eugunol är mycket likt eugunol som är mer undersökt. Eugunol har en analgetisk effekt på människa, däremot är det mer tveksamt om dess muskelavslappande effekt beror på en central eller perifer nervös påverkan. Det vill säga om den är direkt muskelavslappande eller hypnotisk/lugnande. Dessutom så vet vi från andra djurslag att eugunol hämmar ett ämne som heter prostaglandin.

Detta är samma verkningsmekanism som vi finner hos vanliga huvudvärkstabletter. I alla undersökningar där eugunol och iso-eugunol har jämförts, har iso-eugunol haft samma verkan som eugunol fast starkare. Vi ansåg därför att som ett första försök att närma oss smärtlindring hos fisk så utgjorde iso-eugunol den bästa kandidaten. I och för sig kan man också argumentera att en eventuell effekt av iso-eugunol kan vara en minskning av inflammationen (också en effekt av prostaglandin hämning) och inte en minskning av smärtan från inflammationen. Vi undersökte därför också effekten av iso-eugunol på ärrbildningen och fan ingen förbättring utan snarare tvärt om.



Figur 3 Förändring i foderintag med iso-eugunol efter vaccinering av lax yngel.

Heldragna linjer representerar perioder utan iso-eugunol. Streckade linjer representerar perioder med iso-eugunol. Där streckade och heldragna linjer separerar har enskilda tankar (replikat) brutits ut och getts en alternativ behandling (från C. Axén MSc thesis, 2001, Swedish University of Agricultural Sciences).

Change in feed intake with removal and induction of ios-eugenol after vaccination in salmon parr. Whole and dotted lines represents periods without and with iso-eugunol, respectively. Separation of whole and dotted lines represent separation in treatment of different tanks (replicates).

Behandlingen gjordes i olika kombinationer där fisken fick medlet hela tiden, bara i början eller först några dagar efter vaccinering. Resultaten visas i Figur 3. Vi fan att även om tillsatts av iso-eugunol till vattnet i låg dos (1/10 del av den dos som ges för anestesi) inte helt hävde födointags-depressionen efter vaccinering så minskade den problemet markant. Likaså slutade fisken att äta om medlet togs bort tre dagar efter vaccination men började att äta om medlet återinfördes. Vi tror därför att smärta eller med vanliga ord magont, kan vara den underliggande orsaken till att fisken slutar äta en dag efter vaccinering (se Figur 1) och bara långsamt börjar äta igen efter tre till fyra dagar efter vaccinering.

Det är väl känt från människa att en full mage och tarm kan göra etert värre om magen är irriterad. För att se om samma sak gäller för fisk som vaccineras provades att vaccinera fisk som:

1. Svältes 2 dagar innan vaccinering och sen matades (normalt).
2. Svältes 2 dagar innan vaccinering och 2 dagar efter vaccinering innan matning.
3. Matades fram till vaccinering och direkt efter vaccinering.

Till vår förvåning fan vi att den fisk som matades och den fisk som inte fick mat efter vaccination båda började att äta snabbare och nå normal nivå efter vaccinering än fisk som vaccineras enligt standard (normalt). Från detta slöt vi oss till att mat i tarmen vid vaccinering inte var negativt för fiskens aptit. Däremot verkade det som om mängd mat påverkade ärrbildningen då den fisk som utfordrades hela tiden hade signifikant mindre ärrbildning än fisk

som svälte både före och efter vaccinering. Att fisk som svältes också efter vaccinering hade en snabb återhämtning kan bero på en kompensations aptit. Ett fenomen som är väl känt från många tidigare försök med laxfisk. Vi menar att trots att dessa resultat baseras på små och preliminära försök så är de så intressanta och inom ett så viktigt område (etiskt riktig fiskoppdrett) att de motiverar vidare studier. Det är därför glädjande att projektet har fått förnyat stöd från såväl Havforskningsinstitutet som Norges forskningsråd och enskilda svenska stipendiestiftelser. Arbetet sker i nära samarbete med såväl norsk som svensk farmakologisk och veterinärmedicinsk expertis.

Konklusion och sammanfattning

- Minskning i foderintag är direkt knutet till själva vaccineringen och den närmaste tiden därefter. Det är möjligt att minskning i foderintag också förekommer senare i livet när vaccinet reaktiveras (se separat artikel av Arne Berg).
- Minskningen i foderintag beror på en kombination av behandling och vaccinet, där vaccinet påverkar mest.
- Fisk där den psykologiska stresseffekten har minskats genom förbehandling med ett hypnotikum återhämtar sig snabbare än en fisk som inte har fått ett hypnotikum. Om detta beror på att fiskens upplevelseförmåga är avtrubbad och/eller på en minskad kortisolfrisättning (stresshormon) efter behandling är oklart.
- Det finns ingen fysiologisk grund för att svälta fisken vare sig före eller efter vaccinering. Att undvika svält kan till och med vara positivt för fisken och minimera tillväxtförlust i samband med vaccinering.

Smärta och smärtlindring

David Johansson och Anders Kiessling, Havforskningsinstitutet

Smärta hos fisk är ett relativt outforskat område. I olika försök har fiskens rent anatomiska möjligheter att känna smärta demonstrerats och i andra har man kunnat konstatera att olika typer av smärtlindrande droger haft en klar påverkan på fiskens beteende. I följande stycken redogörs för hur smärta uppkommer där fakta framförallt är tagna från humanfysiologin, hur den kan modelleras och slutligen vad man vet om smärtförmåelse och smärtlindring hos fisk i dag.

Smärtans uppkomst och transmissionsvägar

Smärta är under normala förhållanden förknippad med elektrisk aktivitet i de primära afferenta (till hjärnan) fibrerna. Dessa fibrer har sensorer i perifera kroppsdelar och aktiveras av olika stimuli (mekaniska, kemiska eller temperaturkänsliga). Dom skiljer sig från andra typer av mekaniska och termiska receptorer genom sin högre aktions-tröskel. Normalt aktiveras de bara av stimuli som har en kraftig intensitet, tillräcklig för att orsaka någon typ av vävnadsskada (noxius stimuli, därav namnet nociceptor).

Många av dessa fibrer saknar myelin och är så kallade C-fibrer. De har låg ledningshastighet (<1 m/s). De andra fibrerna som inducerar smärtförmåelse är myelinerade A δ -fibrer som har en snabbare transmission av nervsignalen. I nerverna i muskler och inälvor är det framförallt myelinerade fibrer som står för transmissionen av smärtförmåelser och dessa är sammankopplade med mekanoreceptorer som har en hög aktionströskel. De omyelinerade fibrerna är istället sammankopplade med polymoidala receptorer som i exempelvis huden. Aktivitet i A δ -fibrerna orsakar en skarp, vällokaliserad smärta medan aktivitet i C-fibrerna orsakar en molande, brännande smärta.

I samband med många olika patologiska tillstånd är en vävnadsskada den direkta orsaken till smärta. Denna leder då till ett lokalt frisläppande av en mängd olika kemiska substanser som antas verka vid nervterminalerna, antingen genom att aktivera

dem direkt eller genom att förstärka deras känslighet mot andra stimuli. C-fibrerna innehåller flera olika neuropeptider, speciellt Substans-P och en "calcitonin gene-related peptide" (CGRP). Dessa frisläpps som transmittorsubstanser både vid centrala och perifera terminaler och spelar en viktig roll inom smärtpatologin.

Olika smärttillstånd

Akut smärta orsakas oftast av en kraftig stimuli som ger upphov till en intensiv och obehaglig upplevelse via nociceptiva receptorer. Motsatsen till detta är kroniska smärttillstånd. Dessa är oftast sammankopplade med modulering av den normala fysiologiska smärtvägen och kan ge upphov till *hyperalgesi*, vilket är ett tillstånd där ett förhållandevis mildt skadligt stimuli kan orsaka smärta. *Allodyni* är ett annat tillstånd som kan inträffa. Det innebär att smärta kan orsakas av ett icke skadligt stimuli. Ett tredje tillstånd som kan inträffa är spontana kramper som startar utan något omedelbart stimuli. Dessa tillstånd orsakas genom någon typ av modulering av den nociceptiva transmissionsvägen, antingen positiv eller negativ.

Vikten av repetitiv C-fiber aktivitet i sammanhanget med att bygga upp en långvarig hyperexcitabilitet (s.k. *hyperalgesi* eller "wind up") i ryggraden har lett till konceptet "pre-emptive" analgesia. Detta innebär att man vid kirurgiska ingrepp utöver anestesi också behandlar patienten med ett lokalt anestetiskt medel eller en alpha 2-agonist för att förebygga de intensiva C-fiber urladdningarna. Detta för att förebygga ryggradens hyperexcitabilitet från att etableras och genom detta reducera postoperativ smärta.

Smärta och nociception

Nociception är den mekanism med vilken information om ett skadligt perifert stimuli skickas till CSN. Nociception är dock inte samma sak som smärta, som är en subjektiv upplevelse och innehåller en stark emotionell komponent. Storleken på smärtan som ett specifikt stimulus ger är beroende på många andra faktorer än stimuli i sig själv såsom upplevelse, förväntningar, sinnestillstånd m.m.

Stimulering av nociceptiva ändrar ger oftast ett svar orsakat av kemikalier som är i sitt ursprungstillstånd. Ett starkt mekaniskt eller termiskt stimuli kan uppenbarligen orsaka en akut smärta men att smärtan håller i sig efter att stimuli blivit borttaget speglar ofta en förändrad kemisk miljö. Samma sak händer vid en inflammation. Substanser som stimulerar smärtändrar är olika neurotransmittorsubstanser, kininer, olika metaboliter och substanser frisläppta från aktiva celler såsom lactat, ATP, ADP, K^+ , prostaglandiner, capsaicin och besläktade irriterande substanser (capsaicin är den aktiva substansen i chilipeppar och är ansvarig för den brännande smaken och är en mycket potent smärtproducerande substans som selektivt stimulerar nociceptiva och temperaturkänsliga nervändrar i vävnad).

Allmänt om anestesi/analgesi

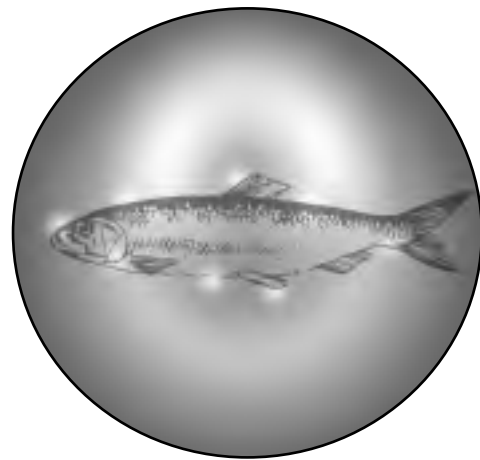
Anestesi är ett framkallat stadium av medvetlöshet hos ett djur. De tre komponenterna som anestesi består av är analgesi (smärtstillande), amnesi (minnesförlust) och immobilisering (förlust av rörligheten). Droger som används vid anestesi har varierande effekt i vart och ett av dessa områden. Vissa droger har alla dessa egenskaper medan andra måste kombineras för att uppnå full anestesi. Curariforma skelettmuskelavslappande droger eller muskelnervblockerare (tex. *Succinylcholine*, *decamethonium*, *curare*, *gallamine*, *pancuronium*) är inte anestetika och har ingen analgetisk effekt. Dessa skall då endast användas tillsammans med andra anestesimedel.

Analgesi är borttagande av smärta. Smärta är normalt sett definierat som en obehaglig sensorisk och emotionell upplevelse associerad med potentiell eller reell vävnadsskada. Smärta hos djur är svår att se eller kvantifiera då djuren saknar förmåga att kommunicera. I brist på bevis att djuren har ont får man anta att det som orsakar smärta hos människan också gör det hos djuren. Det är bäst om analgesi kan ges till djuren före eller i anslutning till den smärtsamma proceduren istället för att vänta tills smärtan är observerad. Analgesi är normalt sett erhållen som en av utav flera olika farmaceutiska former. Olika typer av anestesi/analgesimedel är lokalanestetika, phenothiazine, buterophenone sederande, benzodiazepiner, thiaziner, opiater, barbiturater, dissociativa anestesimedel och nonsteroidal antiinflammatoriska läkemedel (NSAIDs).

Smärta och smärtlindring hos fisk

Kan fiskar känna smärta? Det finns minst tre olika sätt att ta reda på om fiskar kan känna smärta.

- Har fisk de transmittorsubstanser, neurontyper och hjärnstrukturer som är kända inom smärtperception hos andra djur?
- Genom att tillfoga fisk smärta, analysera dess respons, se om man kan häva responsen med hjälp av analgetika och därefter häva analgetikans effekt med hjälp av analgetiska inhiberare.
- Ett tredje sätt är att utsätta fisken för ett potentiellt smärtsamt stimuli och se om fisken i fortsättningen undviker detta.



Hos människor finns neocortex vilket saknas hos fiskar. Hos människor utgör denna en viktig del i smärtperceptionen. Fiskens motsvarighet är istället telencephalon vilken visats ha såväl sensoriska som högre funktioner som inlärning och tänkande precis som neocortex hos människor. Frånvaron av neocortex innebär således troligen ej att fiskar saknar förmågan att motta nociceptiva och sensoriska stimuli.

Vad gäller det perifera nervsystemet hos fiskar skiljer sig detta mellan olika grupper av fiskar. Under evolutionens gång har det varit en utveckling mot myeliniserade fibrer (A δ -fibrer). Detta gör att de olika grupperna av fiskar med största sannolikhet har olika möjligheter att uppfatta smärta. Hos nej-onögonen är alla perifera nervfibrer omyeliniserade (C-fibrer) och alla sensoriska nervändrar fria nervändrar. Hos elasmobrancherna (broskfiskarna) däremot skiljer sig andelen myeliniserade nerver kontra omyeliniserade mellan de olika undergrupperna. Viktigt att komma ihåg i detta sammanhang är att de fiskar som i dag odlas är teleoster (benfiskar) vilka också är den yngsta gruppen av

fiskar, vilket troligen innebär att de kommit längst i utvecklingen av smärtperception.

Neurotransmittorer och neuromodulerare innefattar hos människans omyeliniserade neuroner en mängd olika neuropeptider. Hos olika fiskar inom elasmobrancherna har substans P, serotonin, CGRP, neuropeptid Y och bombesin hittats i SG (substantia gelatinosa) i dorsala hornet. Detta uppvisar stora likheter med den kunskap vi i dag har om människans smärtfysiologi. Det är dock ej möjligt att säga vilken/vilka av substanserna som är ansvarigt för att förmedla/modellera smärtsignalerna men deras närvaro gör det möjligt att anta att de har en liknande funktion.

Hos däggdjur finns den så kallade m-opioid receptoren där en av dess viktigaste funktioner är att modellera smärta. Teleosterna har sex olika opioid receptorlika proteiner vilka skulle kunna ha samma roll. Man har också funnit enkephaliner hos teleoster vilka hos däggdjur nedreglerar smärtförmågan. Ett flertal försök har utförts för att se om fisken reagerar på smärtefulla stimuli. Ett exempel är paradisfisk som man fick att undvika en mörk del av deras tank efter att de blivit utsatta för elektriska stötar på nämnd plats. I samma försök lärde sig fisken att aktivera en flyktväg för att undvika elektriska stötar. I ett annat försök provades olika typer av anestesimedel på regnbåge (*Oncorhynchus mykiss*) och på vita havstorsk (*Gadus morhua marisalbi*). Smärtan som tillfördes bestod dels av mekanisk smärta och dels av svaga elektriska stötar. I försöken konstaterades också att de känsligaste områdena på fisken var fenorna vilket ledde till slutsatsen att det var högst frekvens av nociceptorer på dessa områden. När man injicerade Novocaine, ett lokalanestetika fann man att detta fullständigt blockerade en nociceptiv respons. Dermorphin, en m-opiat endogen peptid som gavs intranasalt hos regnbåge minskade smärtekänsligheten med 12-55 % beroende på dosering. Även andra typer av preparat provades och konstaterades ha en analgetisk effekt. Man såg dessutom att smärtröskeln ökade kraftigt som ett resultat orsakat av stressen förknippad med håvning och transport av fisken till laboratoriet. Detta talar för att fisken kan modulera smärtupplevelser.

Sammantaget med alla ovanstående fakta kan man konstatera att fisk både har ett nociceptivt och antinociceptivt system för att reglera smärta. Detta då förutsättningarna finns rent neuroanatiskt och även bevisats praktiskt genom olika experiment.

Olika anestesimedel för fisk

Hos fiskar används olika anestesimedel på olika platser i världen. I Norge är det framför allt Benzokain (lokalanestetika) som används. De olika medlen har olika verkningsmekanismer och det har bedrivits förhållandevis lite forskning runt dessa. Den forskning som gjorts har framförallt gällt lämplig dosering och hur kraftig en eventuell stressrespons varit. Anestesi ges till fisk med så kallad inhalationsanestesi. Man tillsätter medlet till vattnet och det tas upp via gälarna.

Exempel på medel som används är:

- Benzokain som är ett lokalbedövande medel. Det är ej vattenlösligt och löses först i etanol, metanol eller aceton. Fisk som bedövas med benzokain kan initialt visa symptom på stress. Detta är en reaktion då även det centrala nervsystemet påverkas (se lokalanestetika). Bieffekter är hypoxi, depression av andningscentrum, bradykardi och svullnad av röda blodkroppar. Även andra bieffekter såsom ökad blodkoncentration av glukos, laktat, kalium, magnesium, hemoglobin och förhöjd hematokrit har konstaterats. I lösning är benzokain neutralt och anses stressa fisken mindre än MS-222. Då benzokain är fettlösligt kan anestesi hålla i sig längre hos äldre fisk och hos honor med väl utvecklade gonader. Benzokain är ett väsentligt billigare preparat än MS-222 och används även som lokalbedövning hos människor. Benzokain har en bredare säkerhetsmarginal mellan effektiv och letal dos jämfört med MS-222.
- MS-222 (Tricainmetansulfonat) MS-222 är ett av de mest använda anestesimedlen för kallblodiga djur globalt sett. Precis som benzokain är det ett lokalanestetika. Det är ett derivat av benzokain som har en extra sulfonaträdikal. Detta gör den extra vattenlöslig och surare än benzocain. MS-222 och benzokain har liknande biverkningar. Vid försök har man funnit att skillnaden mellan letal och effektiv dos är liten. För full anestesi behövdes 60 mg/l för juvenil regnbåge och redan vid 80 mg/l under 15 min. erhöles en 80 % mortalitet.
- Aqui-S™ är ett så kallat "food safe" anestetika/sedativum för användning på akvatiska arter. Det är fettlösligt och dess verksamma substans är isoeugenol. Isoeugenol är en isomer till eugenol som bl.a. verkar genom att inhibera enzymet prostaglandin H synthase. Denna mekanism tros

ligga bakom dess analgetiska effekt. Eugenol verkar också som; antioxidant, antisvampmedel, antibakteriellt medel och som ett anelgesimedel och lokalanestetika i tandvården. På Nya Zeeland är det frekvent använt vid transport och slakt av salmonider. Rekommenderad dos av tillverkaren är 17 ml per 1000 l vatten för att ge full anestesi inom 10-15 min. Man har i försök sett att koncentrationen av kortisol i plasman hos regnbåge (*Oncorhynchus mykiss*) stegrades signifikant när de utsattes för Aqui-S™ och att det behövdes mellan 24 och 48 timmar för att få samma nivå som före behandlingen. Aqui-S verkar också vara ett effektivt anestesimedel för juvenil och ung regnbåge (*Oncorhynchus mykiss*) då de kan sövas inom 3 minuter med en koncentration om 20 mg/l (=20 ml/1000 l) samtidig som det har en tillfredsställande säkerhetsmarginal.

- Metomidate är ett hypnotikum som har en stark muskelrelaxerande effekt. I och med att det är ett hypnotikum orsakar den snarare djup sömn

än en generell anestesi. Metomidate saknar helt eller har en mycket liten analgetisk effekt. Metomidate är en metylanalog till etomidate. Etomidate undertrycker binjurebarkens funktion som hormonproduktionen av ACTH, vilket förmodligen är orsaken till att man ser en signifikant lägre plasma kortisol hos djur som är utsatta för en stressor och fått en behandling av etomidate. Man har konstaterat att metomidate fullständigt kan blockera frisättning av kortisol vid doser om 3 mg/l eller högre i fisk. För att uppnå medvetslöshet har i olika undersökningar konstaterats att en dos om 5 mg/l visat sig vara lämplig. Det är rimligt att anta att metomidate verkar direkt på interrenal-cellerna och därigenom förebygger frisläppandet av kortisol. Metomidate skiljer sig från andra induktionsmedel genom att inte ge upphov till andningsdepression eller påverka hjärtkärlsystemet i lika stor utsträckning som andra induktionsmedel. Förbehandling med metomidat innan vid stressfull hantering ger en signifikant lägre mortalitet.

Prebiotika – noe for oppdrettsnæringen?

Einar Ringø, Norges Veterinærhøgskole
Rolf Erik Olsen, Havforskningsinstituttet

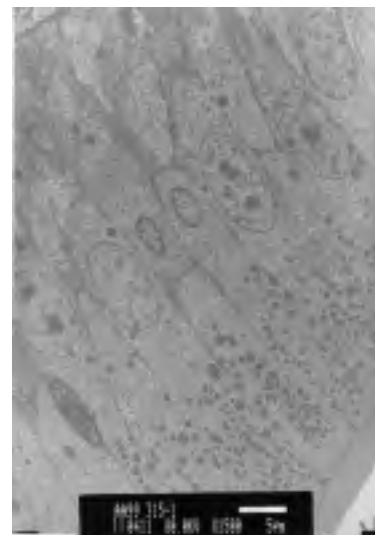
Den målbevisste satsingen på etablerte og nye oppdrettsarter har etter hvert gitt resultater i form av høy produksjon og god kjennskap til de ulike arters biologi. Men det ligger ennå en stor utfordring i at fisk i oppdrett er svært utsatt for infeksjonssykdommer. Når det gjelder mikrobielt forårsakede sykdommer kan disse i stor grad kontrolleres gjennom vaksiner, mens slike muligheter ennå ikke er tilgjengelige for virusinfeksjoner. Det er i denne sammenheng et tilbakevendende tema at vaksinasjon er vanskelig på svært små fisk, og dødeligheten kan være stor for både marin fisk og laksefisk før de blir store nok til å kunne vaksineres. I tillegg observeres med jevne mellomrom høy og uforklarlig dødelighet i fiskens tidlige livsstadier som ikke kan knyttes direkte til kjente sykdommer.

Det er i dag allment akseptert at patogene bakterier kan smitte fisken enten via hud, gjeller eller tarm. Dersom sykdomsfremkallende bakterier fester seg i tarmen, vil næringstilgangen være så stor at de vil formere seg til et stort antall i løpet av kort tid. På dette utgangspunkt, underbygget av resultater fra varmblodige dyr, har fiske-mikrobiologer undersøkt det såkalte prebiotika-konseptet til fisk, spesielt på de tidlige livsstadier hvor fisken ennå er svært liten. Konseptet innebærer at "levende bakterier tilsettes fôret for å bedre bakteriesammensetningen i vertens tarm". Konseptet har imidlertid ikke gitt de resultater som man hadde håpet på. Årsaken kan ligge i den enkle forklaring at dersom en "god" bakterie tilsettes fôret, vil den ikke uten videre være i stand til å kolonisere mage-tarmsystemet. Den vil da forsvinne ut av tarmen like etter at fôring med den ønskede bakterien opphører.

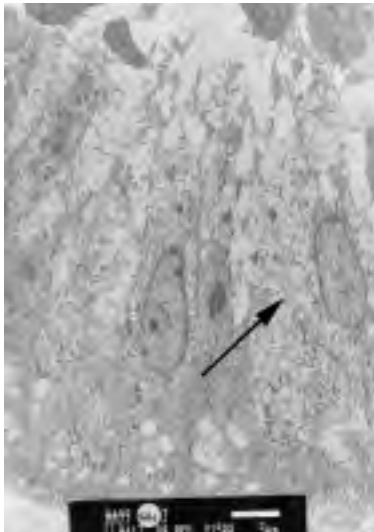
Hvordan kan en da stimulere kolonisering av de "gode" bakteriene i mage-tarmsystemet? Fra human forskning har en forsøkt å benytte det såkalte prebiotika-konseptet. Dette konseptet tar utgangspunkt i at forskjellige "gode" tarmbakterier som bifidobakterier og laktobasiller kan omsette (fermentere) forbindelser, fiber, som finnes i dietten men som verten ikke selv kan omsette. Man gir

dermed disse bakteriene et fortrinn fremfor andre bakterier. På denne måten kan andelen av de "gode" bakteriene økes i vertens mage-tarmsystem uten at den ønskede bakterien tilsettes i fôret. I tråd med dette, har vi nylig utført et arbeid hvor røye ble fôret med inulin (ufordøyelig karbohydrat) eller dextrin (fordøyelig karbohydrat) som eneste karbohydratkilde. Resultatene viste at tarmmikrofloraen i de to gruppene var svært forskjellig. Andelen "gode" tarmbakterier var langt større i fisk fôret på inulin. Muligheten for at denne forandringen kan beskytte fisken mot mikrobielle infeksjoner er derfor absolutt til stede. Videre undersøkelser på dette området som vil inkludere faktiske smitteforsøk er nå under planlegging.

Prebiotika-konseptet høres enkelt og tilforlatelig ut sett fra et mikrobiologisk synspunkt, og kan muligens bli et satsingsområde innen fremtidig oppdrett for å bedre fiskens helse og velferd. Spesielt interessant vil det være å undersøke effekten mot både bakterielle og virale sykdommer, spesielt på



Figur 1 Tarmceller i *pylorus caeca* hos regnbueørret fôret med diett tilsatt 15 % dextrin som karbohydratkilde. Normalt utseende celler. X1500.
Intestinal cells from Pyloric caeca of Arctic charr fed a diet containing 15 % dextrin as carbohydrate source. Normal looking cells. X1500.



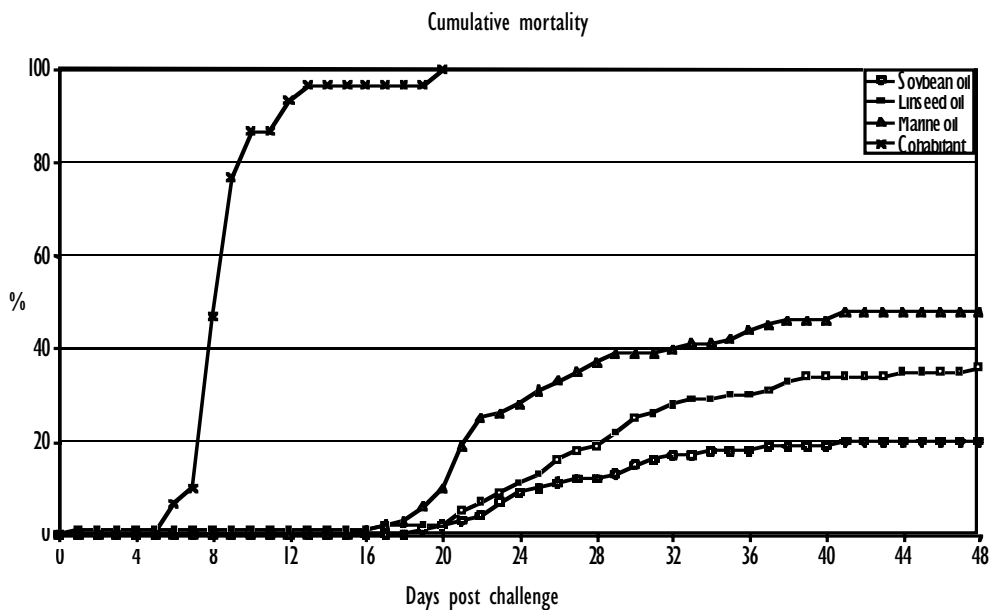
Figur 2 Tarmceller i pylorus caeca hos regnbueørret føret med diett tilsatt 15 % inulin som karbohydratkilde. Pilen viser en typisk lamell inne i cellene som sannsynligvis er forårsaket av opphopet inulin. X1500.

Intestinal cells of Pyloric caeca of Arctic charr fed a diet containing 15 % inulin as carbohydrate source. Arrow shows a typical lamellar structure inside the cells that is probably caused by accumulated inulin. X1500.

små fisk som ikke under noen omstendigheter kan vaksineres ved tradisjonelle metoder.

Men vi skal også være klar over at mage-tarm-systemets funksjon og integritet er meget følsom selv ovenfor moderate endringer i fôrets sammensetning. Et tydelig eksempel på dette er vist i Figur 1 og 2. I Figur 1 ser vi tarmceller (enterocytter) fra fremtarmen (pyloric caeca) i røye føret med 15 % inulin av fôrets tørrvekt, mens Figur 2 viser samme område når røye ble gitt fôr tilsatt 15% dextrin. Det er tydelig at inulin forårsaker betydelig vevskade og ødeleggelse av tarmcellene. Selv om årsakssammenhengen ikke er fullt klarlagt, synes forklaringen å ligge i at inulin ble absorbert av tarmcellene og deponert som lamellære strukturer (se pil i Figur 2). Siden fisk ikke har de enzymene som skal til for å fordøye disse karbohydratene, økte sannsynligvis deponeringen til et nivå hvor cellenes funksjon til slutt ble hemmet.

I utgangspunktet er hver enkelt fôrkomponent som kommer inn i tarmen en prebiotisk kandidat. Ut fra dette prinsipp har vi undersøkt hvordan ulike langkjedede fettsyrer påvirker bakteriefloraen i tarmen og dennes evne til å hemme vekst og kolonisering av patogene bakterier. Vi har også undersøkt hvordan en forandring i tarmens



Figur 3 Akkumulert dødelighet hos røye i et kohabitant smitteforsøk hvor de ble smittet med den patogene bakterien *Aeromonas salmonicida*. Før smitteforsøket startet hadde fiskene blitt gitt dietter tilsatt soyaolje, linfrøolje eller fiskeolje.

*Accumulated mortality (%) of Arctic charr during a cohabitant challenge trial using the pathogen *Aeromonas salmonicida*. Before challenge, the fish had been fed extruded diets supplemented with soybean oil, linseed oil or fish oil.*

bakterieflora innvirker på fiskens evne til å motstå sykdom når den utsettes for smitte av patogene bakterier. Resultatene var ganske entydige. Når en del marin olje i fôret til røye ble byttet ut med vegetabiliske oljer (soya eller linfrø), fikk vi en klar økning i andelen av "gode" tarmbakterier som hemmet vekst av flere kjente patogene bakterier som *Aeromonas salmonicida*, *Vibrio salmonicida* og *Vibrio anguillarum*. Spørsmålet var da, ville denne positive forandringen i røyens "gode" tarmflora også ha en positiv innvirkning dersom fisken blir eksponert for en patogen bakterie? Ja. I et kohabitant smitteforsøk hvor fisken ble eksponert for den patogene bakterien *Aeromonas salmonicida*, var røye som hadde fått fôr med vegetabiliske oljer (har mange "gode" tarmbakterier) langt mindre mottakelig ovenfor sykdom enn de som fikk fôr tilsatt marine oljer. Når fisken fikk soyaolje-dietter, døde kun 20 % av fisken mot 50 % i den gruppen som fikk marin olje (Figur 3). Linfrøolje kom ut midt mellom disse to gruppene.

Ut fra disse og flere nylig utførte undersøkelser er det sannsynlig at de "gode" bakteriene konkurrerer om festepunkter med de patogene bakteriene i fiskens tarm. Når de "gode" bakteriene får gode

forhold som gjør at de fester seg, blokkerer de for de sykdomsfremkallende bakterier slik at de ikke kan oppformere seg i tarmen. Denne hypotesen styrkes ved at *Aeromonas salmonicida* ble påvist assosiert til tarmepitel både ved hjelp av klassisk mikrobiologi og elektron mikroskopi i infisert fisk fôret med marin olje. Det er grunn til å understreke at disse resultatene er oppnådd på relativt stor røye som pr i dag heller ikke er en viktig oppdrettsart. Hvorvidt disse resultatene kan overføres til andre laksefisk og marin fisk, spesielt i de tidlige livsstadiene, med et ufullstendig utviklet immunsystem som gjør vaksinasjon vanskelig og umulig.

Konklusjon

1. Tilsetting av inulin i fôr til røye fører til økt andel av "gode" tarmbakterier. Men inulin i store mengder har også en negativ virkning ved at forbindelsen tas opp og deponeres i tarmcellene. Dette kan føre til betydelige vevskader i tarmcellene.

2. Vegetabiliske oljer (soya og linfrø) i diett til røye øker andelen av "gode" bakterier som hemmer vekst av bakterielle patogener, samt at tilsetting av vegetabiliske oljer i fôret fører til bedre overlevelse når fisken eksponeres ovenfor furunkulosebakterien *Aeromonas salmonicida*.

Lakselusen dreper villaksen. Kan vi spore effekter av tiltakene så langt?

Jens Christian Holst, Frank Nilsen og Marianne Holm, Havforskningsinstituttet
Per Jakobsen og Lars Asplin, Universitetet i Bergen

I fjorårets Havbruksrapport (<http://www.imr.no/rapporter2000/havbruk/index.html>) **ble det gitt en orientering om undersøkelsene av lusinfeksjoner på utvandrende postsmolt av laks som Havforskningsinstituttet har gjennomført i samarbeid med Universitetet i Bergen siden 1998. Det ble også orientert om et kontrollert eksperiment som ble gjennomført på villfanget postsmolt med naturlig lusinfeksjon for å estimere hvilken dødelighet lusinfeksjonen påførte fisken. Konklusjonen av undersøkelsene så langt var at lus utgjør en alvorlig trussel mot overlevelsen hos utvandrende postsmolt av villaks i de områdene som inntil da var undersøkt, og at det er viktig at konsentrasjonen av luselarver senkes i fjordene og kyststrømmen.**

Vinteren 1999-2000 tilrådte Vestnorsk Havbrukslag en koordinert avlusing av medlemmenes anlegg for å komme ned på et gjennomsnittlig lusenivå på 0.5 voksne hunnlus pr fisk. I tillegg ble det 1. februar 2000 innført en ny veterinærforskrift som satte samme tiltaksgrense for oppdrettsanleggene om våren.

Ifølge sammenstillinger fra Fylkeveterinæren av lustellingene i oppdrettsanleggene på Vestlandet, var nivået av lus våren 2000 ned mot tiltaksgrensen. I perioden januar til mai 2000 lå gjennomsnittstallene på mellom 0.8 og 0.5 modne hunnlus pr. fisk for hele Sogn og Fjordane og Hordaland fylke. Tallene



Figur 1 Lusfri postsmolt fra Tana levendefanget med Fish-Lift i Barentshavet juli 2000.

for 2000 viste store lokale forskjeller, og enkelte områder lå under tiltaksgrensen mens andre lå over.

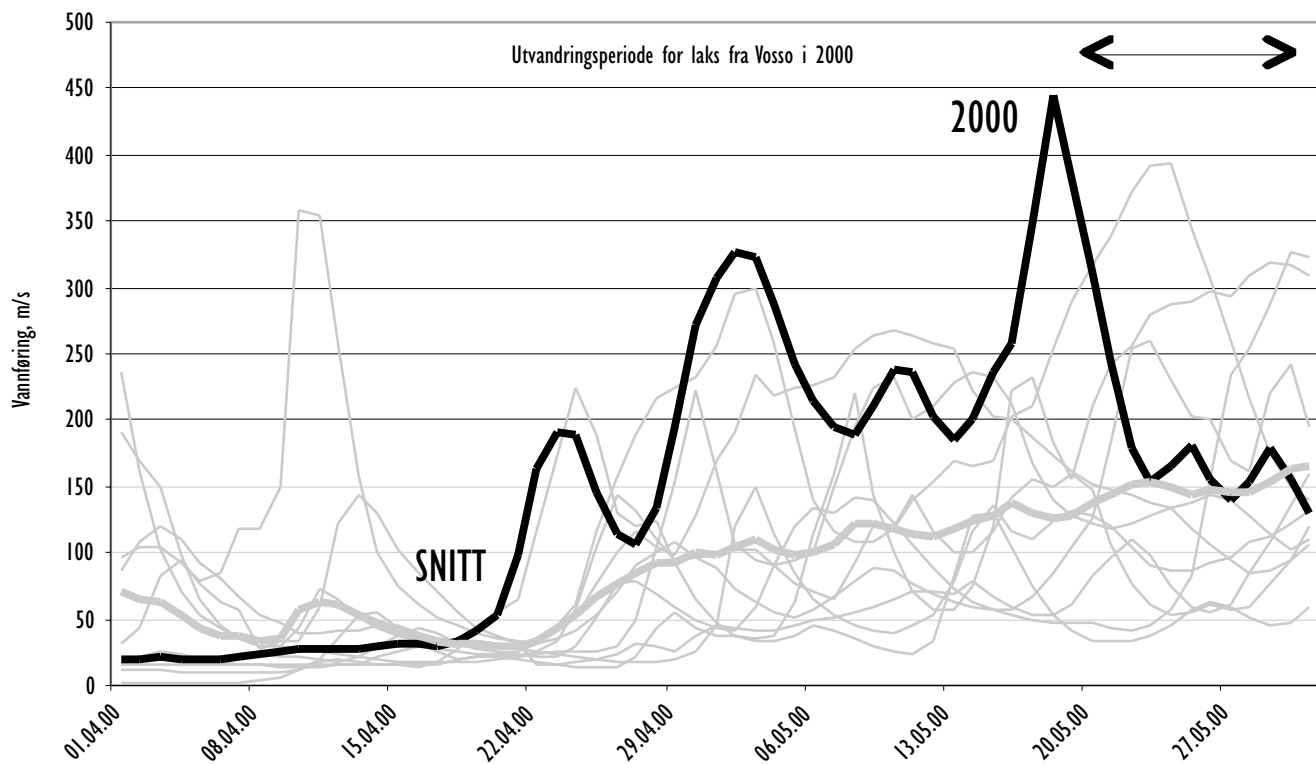
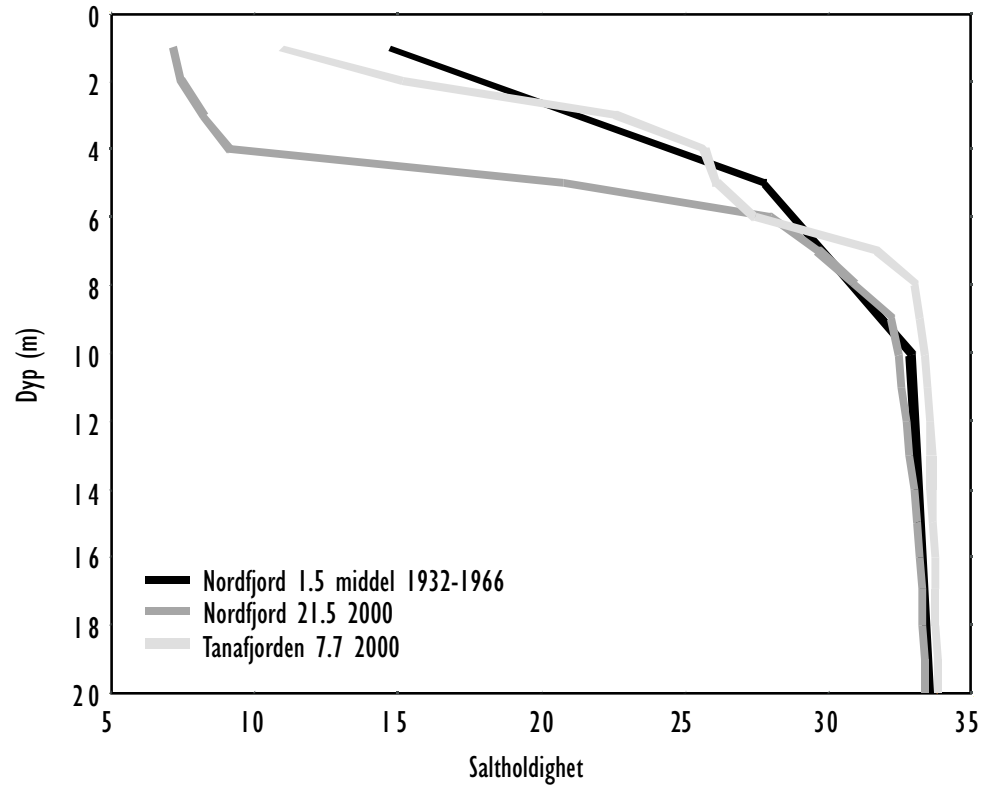
Parallelt med avlusingskampanjen vinteren 2000 forberedte Havforskningsinstituttet en større feltinnsats for å dokumentere lusenivået på den utvandrende postsmolten våren 2000. Undersøkelsene ble finansiert ved bevilgninger fra Norges forskningsråd, Direktoratet for Naturforvaltning, Fiskeridirektoratet og egeninnsats fra Havforskningsinstituttet. All prøvetaking ble gjennomført med samme metodikk som de to foregående år, med trål utstyrt med Fish-Lift, som fanger postsmolten med lite skjell og lustap (Figur 1). Det ble også gjennomført omfattende hydrografisk prøvetaking. Undersøkelsene ble gjennomført i Osterfjord-systemet (Stamnes til Fedje), Sognefjorden, Nordfjord, kyststrømmen fra Austevoll til Vikna og Namsfjorden, Finnmark fra Alta og østover og det sørlige Barentshavet fra Tanafjorden og nord til 72° 10' nord, 28°45'-31°øst. Undersøkelsene i Sør-Norge ble gjennomført i perioden 5.-30. mai og i Finnmark/Barentshavet 28. juni-24. juli. I tillegg ble det trålt i Norskehavet i midten av juni for å undersøke senskader/dødelighet i den perioden lusen er vokst til sine mest aggressive stadier, pre-adult og adult. Ved å kombinere lusundersøkelsene med andre havgående laksetokt, ga det oppsatte toktprogrammet en god dekning av store og viktige deler av norskekysten, samt et viktig transittområde for sørnorsk/britisk/søreuropeisk postsmolt på vandring fra opprinnelseselven til beiteområdene i det nordlige Norskehavet. Av spesielle forhold på Vestlandet i 2000 kan nevnes at det var et uvanlig tykt ferskvannslag som oppstod på grunn en varmebølge i første halvdel av mai kombinert med mye snø i fjellet (Figur 2 og 3).

RESULTATER

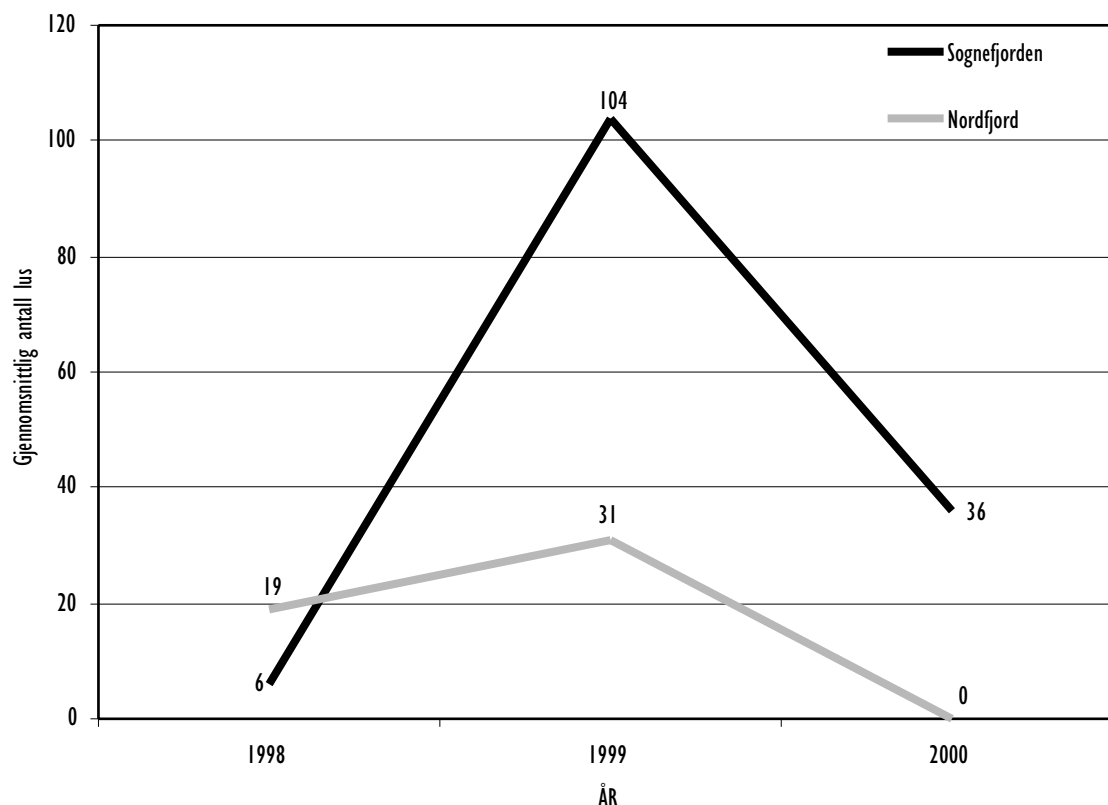
Osterfjorden

For tredje år på rad var det vanskelig å fange utvandrende postsmolt i Osterfjord-systemet og det ble kun fanget 34 postsmolt laks etter stor innsats i området fra Stamnes til rett innenfor

Figur 2 Salinitetsprofil fra Nordfjord i 2000 og middel i samme fjord for 1932-1966, og i Tanafjorden i 2000. Data er gitt for laksens utvandningsperiode i begge fjordene. Merk det spesielt ferske laget i Nordfjord i 2000.



Figur 3 Vannføring i Vosso målt ved Bulken for hvert av årene 1990-2000, og snitt for de samme årene. 2000 utmerker seg med høy vannføring i utvandningsperioden 10.-20. mai.



Figur 4 Gjennomsnittlig antall lus observert pr. fisk i Sognefjorden og Nordfjord for perioden 1998-2000.

Fedje. Resultatene knyttet til disse fiskene kan kort oppsummeres slik: Ingen lus på 28 postsmolt laks innenfor Nordhordlandsbroen, to uten lus i Herdlafjorden, tre i Radfjorden, hvorav to uten og en med 70 lus, og en postsmolt uten lus rett øst av Fedje. Samtidig ble det fanget en god del sjørret med til dels store nypåslag av lus både innenfor og utenfor Nordhordlandsbroen. Situasjonen i dette systemet er uavklart med hensyn til å estimere lusens betydning for overlevelse av postsmolt laks, men de store nypåslagene på sjørret viser at luslarver er til stede og har potensial til å slå ut laksepostsmolt.

Nordfjord

I Sognefjorden og Nordfjord har det vært betydelig enklere å fange postsmolt alle tre årene undersøkelserne har pågått. I hver av fjordene ble det våren 2000 innhentet et materiale vi anser som opp mot tilstrekkelig for problemstillingen. Her kommer også inn ønsket om å ta livet av færrest mulig fisk i allerede hardt pressede bestander. I forhold til i 1999 indikerer resultatene en klar forbedring i Nordfjord, hvor det for første gang for noen av fjordene ikke ble funnet lus på postsmolten (Figur 4). Imidlertid kan man ikke tolke dette som en direkte effekt av at luskonsentrasjonen i anleggene er nede mot tiltaksgrensen. Selv med en senket luskonsentrasjon må det forventes noe lus på fisken, og det er

ikke usannsynlig at det tykke ferskvannslaget våren 2000 kan ha hatt en beskyttende effekt for den utvandrende postsmolten (Figur 2). Totalt sett tyder mye på at forholdene var spesielt gunstige for postsmolten, og det er ikke urimelig å forvente at utvandringen fra nordfjordstammene i 2000 ikke vil være utsatt for dødelighet av betydning pga. lusinfeksjoner. Dette er en klar nedgang fra 1999, da vi ga et estimat på mellom 48.5 og 81.5 % dødelighet for det samme fjordsystemet.

Sognefjorden

I Sognefjorden viste tellingene et gjennomsnittlig lusetall på ca 36 lus pr. fisk i 2000 (Figur 5). Dette er relativt høye verdier, og i forhold til eksperimentet som ble gjennomført i 1999 er vårt estimat en dødelighet på minst 65 %. År 2000 er likevel mye bedre enn 1999 da det gjennomsnittlige påslaget var 104 lus pr fisk i Sognefjorden og et konservativt estimat på 86 % dødelighet.

Barentshavet

Av materialet som ble fanget i Tanafjorden og det sørlige Barentshavet i juli 2000 er det kun talt lus på en mindre, men representativ andel av fisken. Det ble funnet mindre enn 0.4 lus pr fisk i snitt som betyr at luseinfeksjoner lite trolig representerte noen dødelighetskilde for Tanalaksen i 2000.

De hydrografiske forholdene i Tanafjorden under utvandringen viste ikke spesielt lav saltholdighet (Figur 2) og skulle dermed ikke gi postsmolten spesiell beskyttelse i forhold til luspåslag. Det synes mer rimelig at det lave luspåslaget kan tilskrives lav konsentrasjon av luslarver i utvandringsområdet uten at dette kan dokumenteres direkte. Den lave konsentrasjonen av oppdrettsanlegg i området støtter en slik forklaringsmodell.

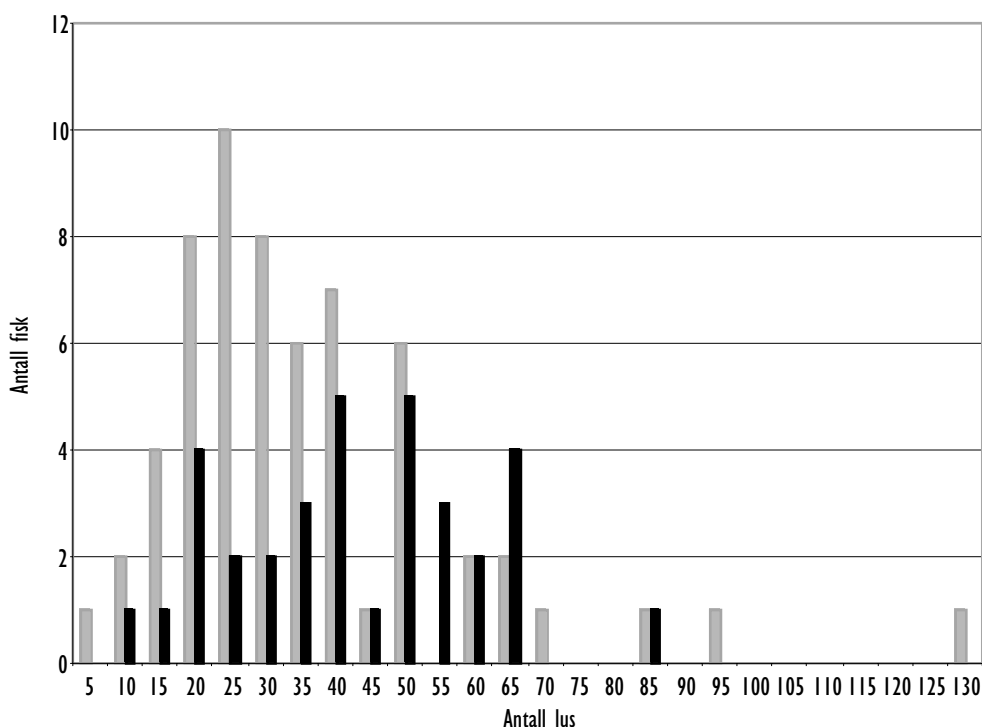
Norskehavet juni 2000

Det ble gjort flere gode fangster av postsmolt i Norskehavet i juni i områder som var pekt ut på forhånd på grunnlag av kunnskap om postsmoltens vandringsruter og vandringshastighet i disse områdene (Figur 6). Basert på merkegjenfangster og fiskestørrelse kan det fastslås at fisken hovedsaklig var fra De britiske øyer (>15 merker) med et mindre innslag norsk fisk (2 merkete fisk fra Ims i Rogaland). Fisken som ble fanget hadde samme fordeling av voksne lus som vi har observert i Norskehavet i alle år med fangster fra 1991; ingen fisk hadde mer enn 10 voksne lus. Dette er i godt samsvar med observasjonene fra dødelighetsforsøket som viste at postsmolten ikke overlever med mer enn 11 voksne lus. De få fiskene som ble fanget med 9-10 voksne lus var i dårlig forfatning, illustrert ved beiteskader i hoderegionen og hematokritverdier under 20. Disse symptomene sammenfaller med det som ble observert i forsøket kort tid før en fisk døde.

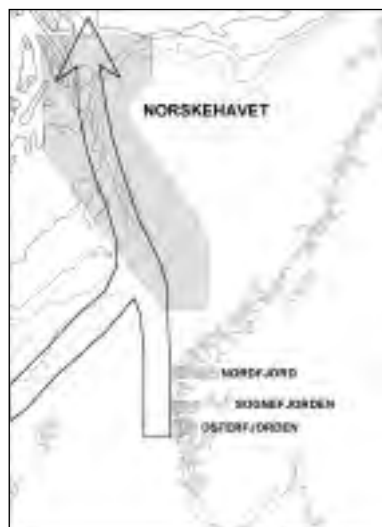
Fisk uten eller med få voksne lus hadde typisk hematokritverdier fra ca 28 til 35. Tatt i betraktning lusens utviklingstid, utvandringstidspunkt for postsmolt fra Norge og sørligere områder, veksthastighet og tiden som var gått fra utvandring i Sør-Norge i forhold til fra De britiske øyer, kan det med rimelig sikkerhet fastslås at fisk med modne lus måtte stamme fra sørligere elver, vesentlig De britiske øyer, mens fisk med umodne stadier på dette tidspunkt vesentlig ville stamme fra norske elver. Det ble ikke funnet fisk med høye nivåer av umodne eller pre-adulte lus, noe som kan indikere at det generelle nivået på lusinfeksjoner fra Sør-Norge har vært lavt våren 2000. Materialet fra Norskehavet er likevel for lite til å trekke konklusjoner med hensyn til dødelighet generert av lus hos sørnorsk postsmolt generelt. For å estimere dødelighet for fisk fra De britiske øyer synes samplingstidspunktet litt for sent og samplingsposisjonen for langt nord.

Diskusjon

Det er blitt fremført ulike typer kritikk mot undersøkelsene. Blant annet er det blitt hevdet at vi kun fanger syk fisk og fisk med mye lus. At fisken er inne i en stresset periode i forbindelse med saltvannstilvenning vil gjelde all fisk, men vi har ingen grunn til å tro at fisk som er vandret ut fra norske elver kun få dager i forveien er syke. Det kan også tilbakevises at vi kun fanger fisk med lus ettersom materialet som ble innsamlet i Nordfjord



Figur 5 Fordeling av lus på 95 talte fisk fra to prøver i Tollesundet (nordsiden av ytterste del av Sognefjorden).



Figur 2 Figur 6. Områder hvor det ble trålt på Vestlandet og i Norskehavet i mai-juni 2000. Pilen indikerer observerte vandringsveier for postsmolt fra Sør-Europa og Vestlandet. Kun områder det er referert resultater fra er markert.

og i Barentshavet i 2000 omtrent ikke hadde lus.

Det er også fremført at vi kun går inn og tar prøver over et kort tidsrom, mens utvandringen skjer over lengre tid. På denne måten får vi ikke et riktig bilde av hele utvandringen. Dette er delvis riktig og vil bli rettet opp i undersøkelsene våren 2001, da vi vil følge utvandringen over et lengre tidsrom. På den annen side har vi i mange tilfeller tatt store fangster på korte trålhal, noe som indikerer at det var store mengder postsmolt til stede i fjordene på den tiden trålingen foregikk. Dette igjen indikerer at vi er nær toppen på utvandringen, og at prøvene er representative for tyngden av fisken som vandrer ut. Videre kan estimatene som nå har blitt presentert i tre år like godt være underestimerer som overestimerer, og det er vanskelig å se gode grunner til at en systematisk skulle fange fisken akkurat i den perioden det var mest lus på fisken. Vi vil hevde at dataene er de beste som finnes så langt på lusnivå på utvandrende postsmolt laks i Norge, samtidig som vi vil bestrebe å gjøre tidsserien stadig bedre. Det vil derfor være rimelig å handle i tråd med at det foreliggende materialet gir et realistisk inntrykk av situasjonen for den utvandrende postsmolten i de områdene som er undersøkt. Tiltakene som er satt inn er derfor et steg i riktig retning, men det synes for tidlig å vurdere om de er tilstrekkelige. Det samme vil gjelde en evaluering av tiltaksgrensen fastsatt i veterinærforskriften.

Scenarier

Hvordan kan den potensielle tilgangen av luslarver i fjordene på Vestlandet forventes å utvikle seg i årene fremover? Det finnes tre hovedverter for lusen: villfisk, oppdrettsfisk i merder og rømt oppdrettsfisk. Når det gjelder tilgangen av larver produsert av lus på villaks, er innsiget av tidlig storlaks omtrent borte og kan ikke forventes å gjenoppstå i de nærmeste årene. Videre er sjøørrestammene små i mange områder, selv som en viss bedring ble observert i 2000. Tilgangen fra de ville stammene forventes derfor å holde seg på et relativt lavt nivå. Telleresultatene fra Vestlandet tyder på at konsentrasjonen av lus i oppdrettsanleggene tangerer ned mot tiltaksgrensen og kan derfor ikke forventes å synke vesentlig. Derimot kan det sannsynligvis forventes en viss økning i antall fisk i anleggene, og derved kanskje en viss økning i tilgangen på luslarver totalt fra oppdrettsfisk i merder. Tilgangen fra rømt oppdrettsfisk er usikker, men under et prøvefiske i Osterfjorden i mai 2000 hadde rømt regnbueørret ca. tre voksne hunnlus pr fisk, ca. seks ganger mer enn tiltaksgrensen. Vi anser det for rimelig å anta at potensialet for tilgang på luslarver i beste fall kan holdes på omtrent samme nivå som i 2000.

Under forutsetning av at dette scenariet stemmer noenlunde, står vi overfor en situasjon hvor de klimatiske/hydrografiske forhold i stor grad kommer til å bestemme hvor store luspåslag den utvandrende villaksen får det enkelte år. Ved gunstige forhold, som ved tykt ferskvannslag eller fjordtømming, vil en kunne oppleve lave påslag som i Nordfjord i 2000. Samme år vil en i andre områder likevel kunne få store påslag som observert i Sognefjorden i 2000. Ved ugunstige forhold kan det forventes høyere påslag. Effekten på produktiviteten i de ville laksebestandene i årene som kommer forventes derfor å variere fra ingen eller lav gjennomsnittlig dødelighet noen år, til sannsynligvis høy gjennomsnittlig dødelighet andre år, med stor variasjon mellom ulike fjorder. Etter hvert som tidsserien på luspåslag og kunnskapen om forholdene omkring smittedynamikk og effekten av de hydrografiske/klimatiske forhold øker, vil en etter hvert få frem stadig bedre estimater på lusens absolutte effekt på produktiviteten i norske laksestammer.

Havforskningsinstituttet vil i 2001 intensivere innsatsen på dette feltet, både ved en styrking og fokusering av de pågående undersøkelsene og igangsetting av nye.

Optimal vaksinasjonsstrategi for reduserte bivirkninger

Arne Berg og Tom Hansen, Havforskningsinstituttet

Med innføring av mer effektive oljebaserte vaksiner på begynnelsen av 90-tallet, fikk man de fleste bakteriesykdommene i lakseoppdrett under kontroll. De effektive vaksinene ga imidlertid bivirkninger som bl.a. sammenvoksninger i bukhalen og mørk misfarging i fileten. Ut fra hensynet til fiskens velferd bør slike bivirkninger minimaliseres. For oppdretteren kan bivirkningene gi økonomiske tap ved nedklassing, økt dødelighet eller redusert vekst.

I 1997 ble et industriprosjekt startet i et samarbeid mellom Intervet Norbio AS og Havforskningsinstituttet, Matre havbruksstasjon. For å redusere de uønskede bivirkningene av vaksiner, er miljøforholdenes innvirkning på effekt og bieffekt undersøkt. Målet har vært å utvikle en vaksinasjonsstrategi som gir optimal beskyttelse og akseptable bivirkninger. Prosjektet varer ut 2003.

Bivirkninger kan reduseres

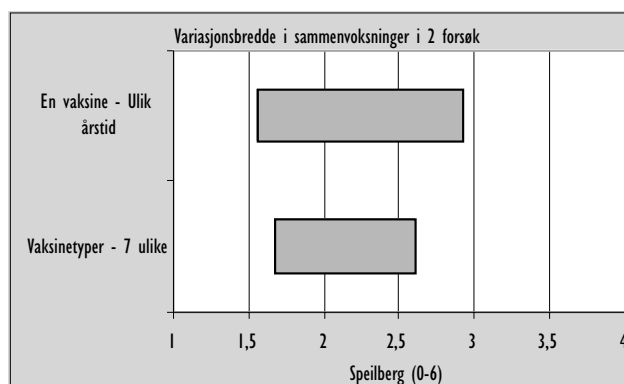
Fiskens immunsystem er enklere oppbygd enn hos mennesker, og vaksiner virker i utgangspunktet ikke like godt som hos oss. For å få effektive vaksiner har en måtte bruke olje-adjuvans. Adjuvans er et hjelpestoff som øker og forlenger immunstimulerende effekt. Vaksiner med bare bakteriekomponenter, eller bare adjuvans gir liten beskyttelse, men heller ikke bivirkninger. Det er kombinasjon av bakteriekomponenter og adjuvans som "irriterer" vev og initierer en stimulering av immunsystemet. Denne stimuleringen gir både effektiv beskyttelse og de uønskede bivirkningene.



Figur 1 Vaksinert laks med sammenvoksninger mellom bukvegg og organer, samt mørk misfarging (melanin). Bivirkningene klassifiseres visuelt etter Speilbergs skala fra 0 (ingen) til 6.

Vaccinated Atlantic salmon with adhesions and melanin deposition. Side-effects are classified visually according to Speilberg on a scale from 0 (unvaccinated) to 6.

punktet ikke like godt som hos oss. For å få effektive vaksiner har en måtte bruke olje-adjuvans. Adjuvans er et hjelpestoff som øker og forlenger immunstimulerende effekt. Vaksiner med bare bakteriekomponenter, eller bare adjuvans gir liten beskyttelse, men heller ikke bivirkninger. Det er kombinasjon av bakteriekomponenter og adjuvans som "irriterer" vev og initierer en stimulering av immunsystemet. Denne stimuleringen gir både effektiv beskyttelse og de uønskede bivirkningene.



Figur 2 Effekter på bivirkninger (Speilberg) gitt ulike vaksinetyper, og ulike tidspunkt for vaksiner. Det er mye å hente i en god vaksinasjonsstrategi.

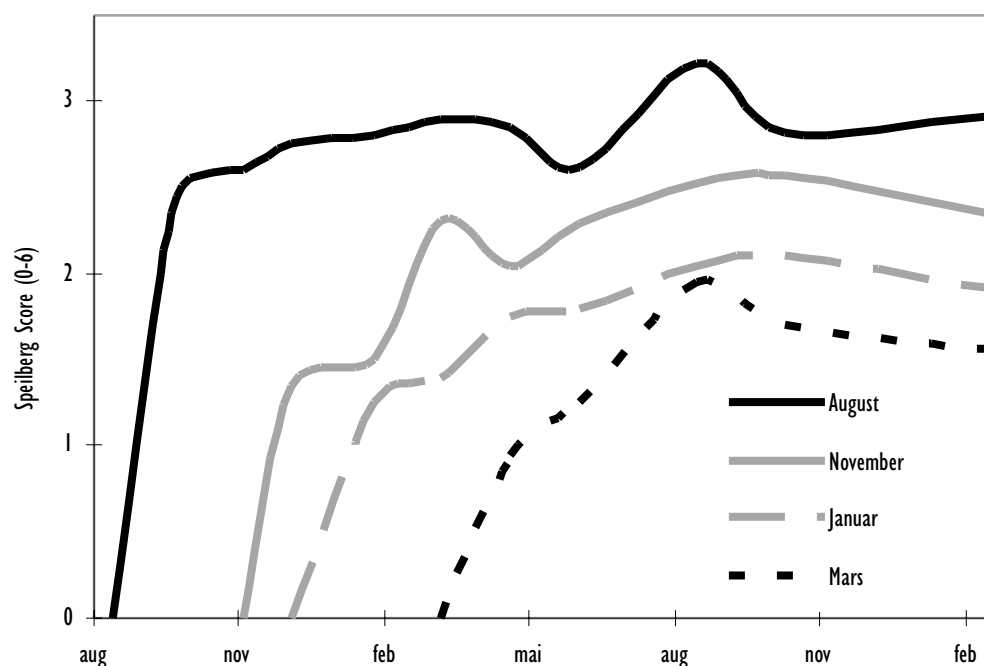
Variation in side-effects given different vaccines, and time of vaccination.

Much can be achieved with optimized strategy for vaccination.

Temperatur

Temperatur ved vaksiner er den faktoren som i størst grad påvirker utviklingen av bivirkninger. Høy temperatur gir raskere og kraftigere utvikling av bivirkningene. I et forsøk ble fisk vaksinert på høy (13°C) og middels (7°C) temperatur. Høy temperatur gav mest bivirkning. En måned etter vaksiner ble deler av gruppene flyttet fra høy til middels temperatur, og omvendt. Utviklingen av sammenvoksninger økte ved høyere, og stagnerte ved lavere temperatur.

Også etter den mest akutte fasen etter vaksiner vil temperatur påvirke utviklingen av sammenvoksninger. En økt eller senket temperatur fire



Figur 3 Nivå og sesongvariasjon i sammenvoksinger (Speilberg) for ettårssmolt vaksinert i perioden august 1998 til mars 1999.
Development of side-effects (Speilberg) in Atlantic salmon I+ smolt vaccinated between August 1998 and March 1999.

måneder etter vaksinerings påvirket graden av sammen-voksing tilsvarende. Nivået på bivirkninger som etableres i akuttfasen en-to måneder etter vaksinerings er imidlertid meget viktig for utviklingen av sammenvoksinger senere i livssyklus.

Tidspunkt for vaksinerings

Veksten til fisken varierer som følge av endring i temperatur gjennom året. Vaksinerings tidlig på høsten ved høy temperatur gir mer bivirkninger enn ved vaksinerings på lavere temperatur senere på året. Om dette skyldes vekstraten og metabolismen til fisken, eller temperaturens direkte innvirkning på immunsystemet, er ikke klarlagt. I forsøk hvor vekstrate er regulert av lysperiode påvirkes også utvikling i sammenvoksinger, men i mindre grad enn temperatur.

Størrelse ved vaksinerings

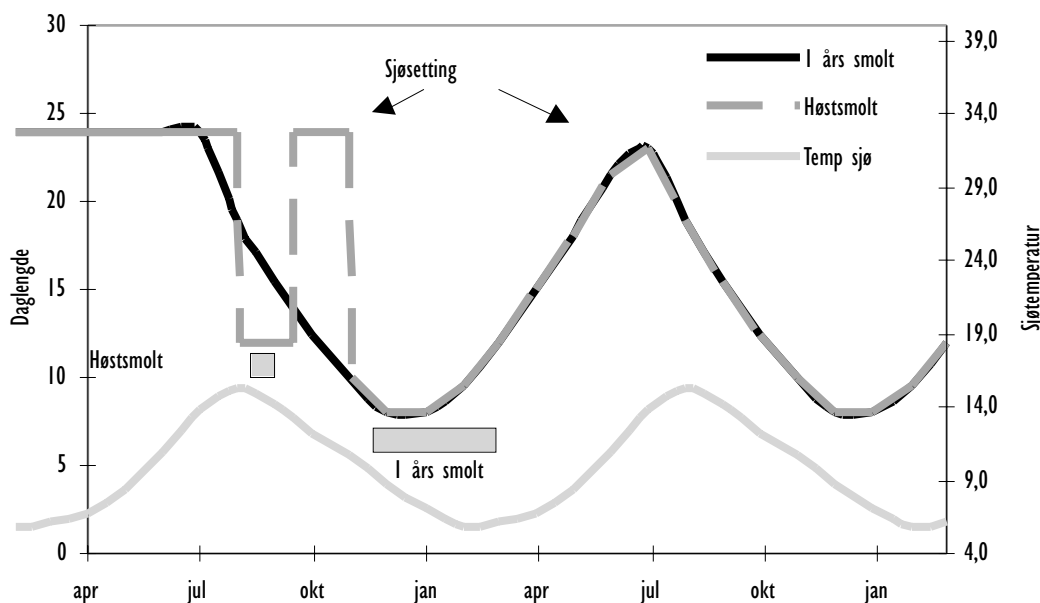
Fiskestørrelsen øker utover høsten. Dette kan være medvirkende årsak til at vintervaksinert fisk får mindre bivirkninger enn høstvaksinert. Hypotesen støttes av forsøk med individmerket fisk, hvor fiskene som var minst ved vaksinerings i stor grad også var minst ved slakting, samtidig som de fiskene som var størst ved vaksinerings utviklet minst sammenvoksinger. Fisk større enn 70 g fikk minst

sammenvoksinger i dette forsøket. Det må imidlertid gjøres flere forsøk før endelige konklusjoner om sammenhengen mellom størrelse og bivirkning kan trekkes, og eventuell anbefaling om optimal størrelse ved vaksinerings.

Sesongvariasjon

I likhet med at temperatur styrer vekstraten, vil daglengde påvirke fiskens sesongtilpassede vekst. Disse og andre faktorer resulterer i dynamiske endringer av status og utvikling av bivirkningene. Sammenvoksingene vil generelt reduseres på vinteren og frem mot våren med lav temperatur, kort daglengde og redusert vekst. Ved utsetting i sjø på våren med økende temperatur og god sjøvannsvekst, vil sammenvoksingene øke. Sammenvoksingene vil generelt bli redusert over tid, og ved slakting er graderingen etter Speilbergs skala normalt lavere enn på tidligere stadier.

Det er en dynamikk i utviklingen av sammen-voksinger, og ikke en statisk tilstand opparbeidet etter vaksinerings. En hypotese er at det er en balanse mellom sår dannelse fra den nødvendige "irritasjon" av vaksinen, og en kontinuerlig pågående sårheling. Disse prosessene og hva som styrer denne balansen vet vi imidlertid foreløpig for lite om.



Figur 4 Anbefalt vaksinasjonstidspunkt for høstsmolt og ettårssmolt.

Our recommendation for Atlantic salmon 1+smolt is vaccination in the period November to February, or at temperatures below 9 degrees. For underyearlings we recommend vaccination in the period on short day before smoltification. Growth is then already reduced as a result of photoperiod.

Stammer og familier

I forsøk med ulike vaksiner har vi brukt både ulike stammer og flere familier. Så langt har stammer og familier hatt mye å si for vekst, mens det har hatt mindre betydning for utvikling av sammenvoksinger.

Vekst og sammenvoksinger

Uvaksinert fisk vokser generelt bedre enn vaksinert fisk, og fisk med mye sammenvoksinger generelt dårligere enn fisk med lite bivirkninger.

I enkelte forsøk har man imidlertid ikke kunnet korrelere vekst til vaksinerer eller Speilberg. Sammenhenger mellom Speilberg og vekt på individbasis finnes, men ikke på gruppenivå. En forklaring kan være at fiskestørrelse ved vaksinerer kan ha påvirket sammenvoksinger, og ikke fordi sammenvoksinger direkte har gitt redusert vekst.

I forsøk med meget god vekst har også grupper med relativt mye sammenvoksinger vokst godt. Ytterligere forsøk må gjennomføres for å klargjøre sammenhenger mellom vekst og bivirkninger.

Deformasjoner

I forsøket hvor ulike grupper ble vaksinert til ulik årstid ble det registrert mest sammenvoksinger

i grupper vaksinert tidligst. De samme gruppene fikk også redusert vekst. Det overraskende var at disse gruppene også hadde høyest kondisjonsfaktor. Foreløpige data tyder på at denne endringen i vekstmønster kan skyldes ryggradsdeformasjoner. Også i andre forsøk er det funn som gir grunnlag for en hypotese om at det er en sammenheng mellom tidspunkt for vaksinerer/vaksine, økte sammenvoksinger, redusert vekst, økt kondisjonsfaktor og økte ryggradsdeformasjoner. Før mer entydige konklusjoner kan trekkes, må ytterligere ryggrader analyseres, samt nye planlagte forsøk gjennomføres.

Anbefalt vaksinasjonsstrategi

Ut fra dagens kunnskap vil vi anbefale at ettårssmolt vaksineres i perioden november-februar, eller på temperaturer under 9°C. Ved å unngå høstvaksinerer vil også fiskens størrelse øke ved vaksinerer. I høstsmolt-produksjon blir fleksibiliteten mindre. Vi anbefaler da vaksinerer i perioden med kort dag, før smoltifisering. Vekstraten er da noe redusert pga. lysperioden, og veksttapet som normalt forventes etter vaksinerer blir ikke så stort.

Kontinuerlig belysning gir best tilvekst og fremskynder sjøvannstoleranse hos regnbueørretyngel i ferskvann

Viktor Solbakken, Havforskningsinstituttet

I en oppdrettsituasjon vil vekst og overlevelse hos laksefisk ofte være sub-optimal like etter overføring til sjøvann. Dette som følge av stress knyttet til transport, tidspunkt for overføring og ugunstige miljøbetingelser. En av nøkkelfaktorene for suksessfull produksjon av matfisk i sjøvann er tidspunkt for overføring og status av settefisk. Dersom fisken overføres til sjøvann før den har utviklet full sjøvannstoleranse, blir resultatet lav overlevelse og vekst som følge av manglende utvikling av hypoosmoregulerings evne. For regnbueørret (*Oncorhynchus mykiss*) som ikke gjennomgår distinkt smoltifisering, synes størrelsen å være avgjørende for utvikling av sjøvannstoleransen.

For ørretoppdretterne er det viktig å inneha kunnskaper om når fisken er klar for sjøvannsoverføring. Under dagens oppdrettsbetingelser settes ørret i sjøvann etter å ha oppnådd en størrelse på 80-150 g. Ferskvannperioden blir dermed 1-1,5 år. Oppholdstiden i ferskvann er begrunnet med at en da er sikker på at fisken er sjøvannstolerant. Imidlertid er det også et ønske om å korte ned produksjonstiden av settefisk. På bakgrunn av produksjonsøkonomiske hensyn vil kortest mulig oppholdstid i ferskvann være gunstig, slik at fiskens vekstpotensial i sjø kan tas ut så tidlig som mulig. Videre vil frakt av stor innkjøpt settefisk være både mindre hensiktsmessig og uøkonomisk sammenlignet med frakt av mindre fisk. Erfaringer viser at settefisk ned til 80 g kan settes i sjø uten at dette forringer overlevelse og vekst. På bakgrunn av dagens kunnskapsnivå er det imidlertid vanskelig å generalisere disse produksjonsrutinene.

Kunnskap om bruk av lys i settefiskoppdrett er blitt omfattende. For en rekke *Salmo* og *Oncorhynchus*-arter, kan tidspunkt for sjøvannstoleranse styres ved hjelp av lysmanipulering, og ved riktig bruk av lysperiode kan også tilveksten fremmes. Effekten av lys på regnbueoppdrett i yngelstadiet er imidlertid mindre undersøkt. Dette gjelder spesielt på stammen som brukes i norsk oppdrett.

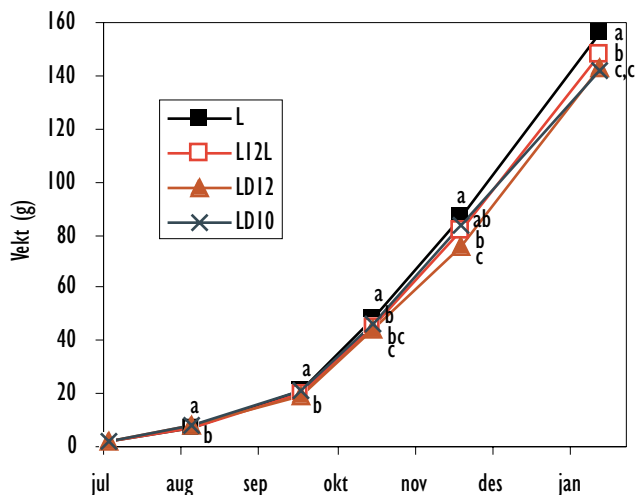
I NFR-prosjektet "Optimal settefiskproduksjon av regnbueørret" har vi undersøkt effekt av fiskestørrelse på sjøvannstoleranse hos regnbueørret, og hvordan ulike lysperioder påvirker tilvekst og utvikling av sjøvannstoleranse.

Konstant 24 timers belysning øker tilveksten

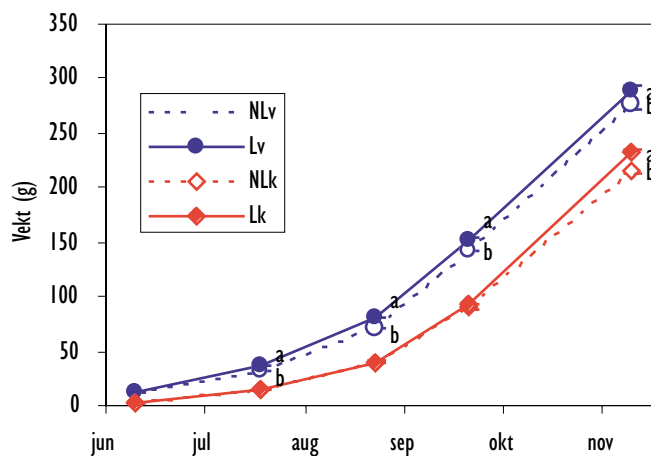
Gjennom en rekke forsøk oppstartet midtsommers 1997-1999, med yngel varierende med en gjennomsnittsvikt fra 2 til 20 gram, ble fisken eksponert for ulike lysregimer i 5 til 8 måneder. Lysregimene inkluderte naturlig fotoperiode (NL), 8, 10, 12, 16 og 20 timers daglengde. I samtlige eksperimenter ble også en gruppe eksponert for konstant 24 timers belysning (L). Fisken ble tildelt før etter den korteste daglengden i forsøkene.

Daglengder over 16 timer gav god tilvekst hos regnbueørretyngel. Best vekst hadde individer som gikk under konstant 24 timers belysning (L). Lysregimet L gav signifikant bedre tilvekst sammenlignet med NL, 8, 10 og 12 timers daglengder (Figur 1 og 2). Grupper av fisk (20-60 gram) ble overført direkte til ca 28-30 ‰ sjøvann i august, september og i november. Fisken fulgte samme oppdrettsbetingelser som i ferskvann. Den vekstfremmende effekten av kontinuerlig belysning forsterket seg i sjøvann (Figur 3), og gruppen L vokste signifikant bedre enn fisk under naturlig lysperiode og 10 timers daglengder.

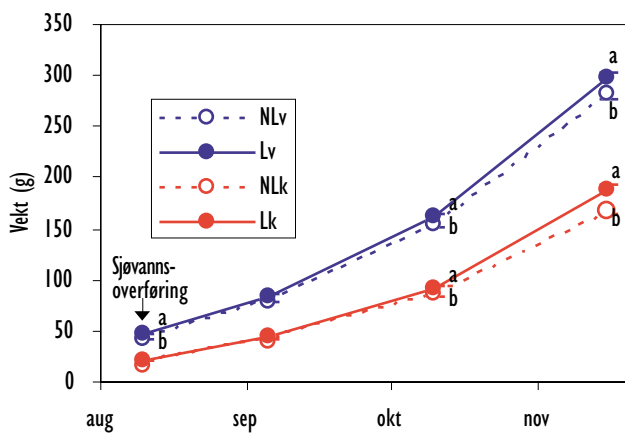




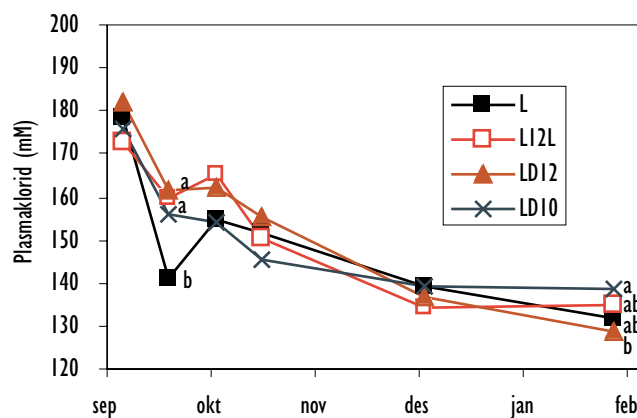
Figur 1 Vektutvikling hos regnbueørret under ulike lysregimer. L = kontinuerlig belysning. L12L = kontinuerlig belysning med 6 uker (august-september) 12 timers belysning. LD12 og LD10 = 12 og 10 timers belysning hhv. Ulike bokstaver viser signifikante forskjeller.



Figur 2 Vektutvikling hos regnbueørret i størrelsesgruppene k og v. L = kontinuerlig belysning. NL = naturlig lysperiode. Størrelsesgruppe k beskriver fisk som ble klekket ca en måned senere enn størrelsesgruppe v. Disse to størrelsesgruppene kommer fra samme rogngruppe, men er innkubert fra øyerognstadiet i kaldt (4°C) og varmt (12°C) vann. Ulike bokstaver viser signifikante forskjeller innen hver størrelsesgruppe.



Figur 3 Vektutvikling hos regnbueørret overført til sjøvann i august 1999. k = liten fiskestørrelse. v = stor fiskestørrelse. Se figur 2 for videre forklaringer. Ulike bokstaver viser signifikante forskjeller innen hver størrelsesgruppe.

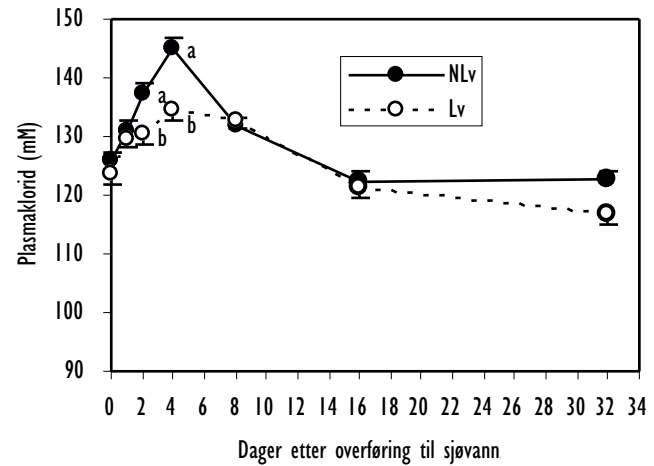


Figur 4 Utvikling av plasmaklorid etter 24 timer 35 % sjøvannstest hos regnbueørret under ulike lysregimer (se beskrivelse av gruppekoder under figur 1). Ulike bokstaver viser signifikante forskjeller.

Konstant 24 timers belysning gir sjøvannstolerant regnbueørret ved 25 grams størrelse

Regnbueørret som ble oppdrettet under kontinuerlig lys (L) utviklet sjøvannstoleranse en måned tidligere (Figur 4) og ved en mindre størrelse (ca 25 gram) enn regnbueørret som ble holdt under NL, 10 eller 12 timers daglengder (ca 40-50 gram). Dette tyder på at ved riktig bruk av lys i yngelfasen kan fisken overføres til sjøvann ved 20-30 g størrelse. Nedgangen i kondisjonsfaktor, som laksesmolt har i forbindelse med utviklingen av sjøvannstoleranse, ble ikke funnet hos regnbueørret. Dette støtter opp under tidligere undersøkelser som viser at regnbueørreten ikke gjennomgår en distinkt smoltifiseringsfase.

Hos fisk som ble overført til sjøvann viste plasmakloridinnholdet (Figur 5) og Na^+/K^+ -ATPase-aktiviteten i gjellene at gruppen L taklet overgangen til saltvann bedre enn fisk under naturlig lysperiode.



Figur 5 Plasmakloridinnhold hos regnbueørret overført til sjøvann i august 1999. v = stor fiskestørrelse. Se figur 2 for forklaring. Ulike bokstaver viser signifikante forskjeller.

Osmoreguleringsevnen til laks ved sjøvannsoverføring - en komparativ studie av smolt fra vill- og oppdrettsstamme

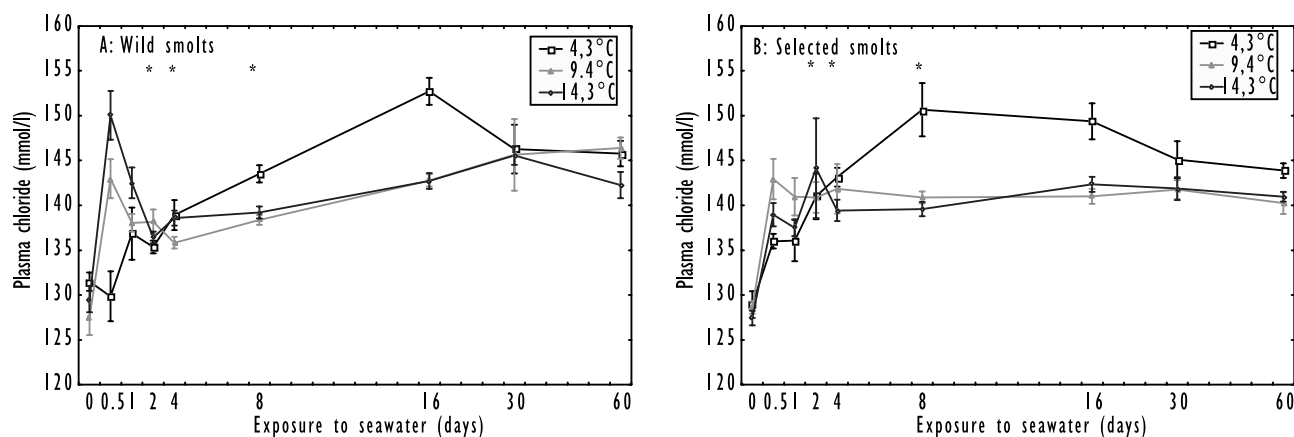
Sigurd O. Handeland, Kristian Pettersen og Sigurd O. Stefansson, Universitetet i Bergen

Bakgrunn og motivasjon

Tidligere undersøkelser har vist at laksesmolt gjennomgår en rekke dyptgripende fysiologiske og endokrine endringer under og etter overgangen til sjøvann. Enkelt sagt vil smolten umiddelbart etter overgang til sjøvann begynne å tape vann og ta opp salter (ioner). Dette kan måles som en økning i ioneinnhold i blod og reduksjon i muskelvann. I løpet av kort tid vil fisken begynne å drikke saltvann for å kompensere vanntapet, samtidig som enzymet Na^+, K^+ -ATPase i gjellene aktiveres for å øke utpumpingen av ioner fra blodet. GH synes å være nært koblet til nivåene av gjelle Na^+, K^+ -ATPase i den tidlige sjøvannsfasen. Nyere kunnskap har vist at sjøtemperaturen er avgjørende for hvordan smolt takler overgangen fra ferskvann til sjøvann, samt hvor lang tid det tar før fiskene begynner å spise. Videre har studier av vill smolt vist at utvandringen til sjø er presist timet i forhold til tidspunktet når sjøtemperaturen når 8-9°C (N.A. Hvidsten, NINA, pers. med., juni 1997). Sett i sammenheng antyder disse resultatene at laks har en optimal temperatur for overgang til sjøvann. Bakgrunnen for delprosjekt 1 har vært å kartlegge eventuelle forskjeller i osmoreguleringsevne, vekst og fôrutnyttelse hos oppdrettet og vill laksesmolt etter overføring til sjøvann ved tre ulike temperaturer.

Metode

Fisken som ble brukt i dette forsøket (laks av AkvaGen og Namsenstammer) ble hentet inn fra Dirdal forskningsstasjon i midten av mai 1998 (ca. to uker før sjøvannsoverføring). Etter ankomst til Høyteknologisenteret i Bergen, ble hver av de to stammene delt inn i tre like grupper i et 2 X 3 faktorielt design hvor både vanntemperatur (4, 9 og 14°C) og genetisk opphav (AkvaGen, Namsen) varierte. Overgangen fra 10 °C (naturlig temperatur) og til de ulike eksperimentelle temperaturer ble gjennomført trinnvis i ferskvann over en periode på 10 dager. Etter fullført temperatur-akklimering ble fiskene overført til sjøvann med samme temperatur. Under hele forsøket ble det brukt naturlige lysbetingelser, og all fisk ble føret i henhold til forventet tilvekst ut fra gjennomsnittsvikt og temperatur. En sub-populasjon på 40 individ i hvert kar ble brukt til å studere fiskenes individuelle vekstmønster. Et filtersystem montert i utløpet av hvert av karene, samlet opp alt fôrspill. Sammen med data på mengde utfôret, gav dette muligheten til å sammenlikne fôrutnyttelse mellom oppdrettet og vill laksesmolt. Fysiologiske prøver ble tatt like før sjøvannsoverføring, samt etter 12 timer og etter 1, 2, 4, 8, 14, 30 og 60 dager i sjøen. Prøvene omfattet måling av GH, gjelle Na^+, K^+ -ATPase aktivitet og plasma ion-nivå.



Figur 1A og 1B Plasmakloridnivå hos vill og oppdrettet smolt overført til sjøvann ved tre ulike temperaturer. Stjerne indikerer signifikante forskjeller mellom de to stammene. *The level of plasma chloride in wild and farmed smolts transferred to seawater at three different temperatures. Asterisks indicate significant differences between the two strains.*

Tabell 1 Gjelle Na^+ , K^+ -ATPase aktivitet hos vill og oppdrettet smolt overført til sjøvann ved tre ulike temperaturer. (4, 9 and 14 °C, n=12, ± SE). Signifikante forskjeller mellom de ulike temperaturene er vist med ulike bokstaver ($p < 0.05$).

Gill Na^+ , K^+ -ATPase in wild and reared smolts transferred to seawater at three different temperatures (4, 9 and 14°C, n=12, ± SE). Groups not sharing a common letter are significant different ($p < 0.05$).

Dager i SW	Namsen			AkvaGen		
	4 °C	9 °C	14 °C	4 °C	9 °C	14 °C
0 (FW)	14.8 (1.7)	13.4 (1.6)	11.2 (1.3)	14.5 (2.1)	11.2 (1.8)	12.5 (2.0)
16	13.9 (0.8) ^a	19.6 (1.0) ^b	20.0 (0.8) ^b	14.2 (1.2)	15.1 (1.3)	18.1 (0.8)
60	7.4 (1.6) ^a	4.3 (0.7) ^{ab}	2.7 (0.4) ^b	4.6 (0.4)	4.4 (0.8)	3.7 (0.7)

Resultat

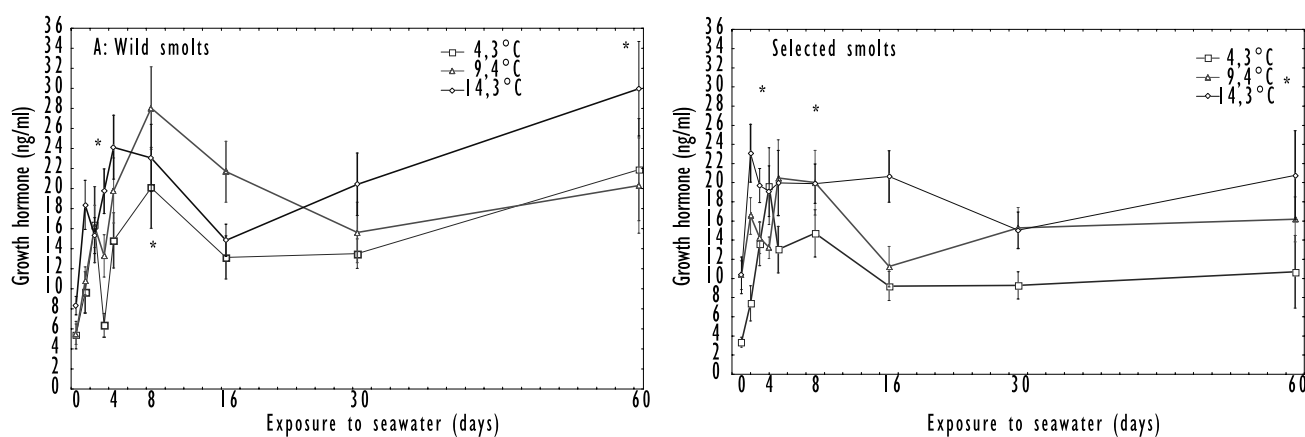
Plasmaklorid-nivå etter overgang til sjøvann

Resultatene viste kun mindre forskjeller i osmoreguleringsevne mellom oppdrettet og vill laksesmolt i sjøvann (Fig. 1A og 1B, Tabell 1). Sjøtemperaturen derimot påvirket både grad og varighet til det osmotiske stresset under og etter sjøvannsoverføring. Etter 12 timer i sjøvann var plasmaklorid-nivået i både 9- og 14°C-gruppene signifikant høyere enn i de to 4°C-gruppene. I tidsrommet mellom 12 timer og 4 dager viste både 4- og 9°C-gruppene en nedgang/stabilisering av plasmaklorid-nivået. 4°C-gruppen derimot viste en tidsforsinkelse i reguleringsresponsen, og fortsatte å ha et forhøyet ionenivå frem til dag 8 hos

oppdrettsstammen og dag 14 hos villstammen. Videre frem til dag 30 viste begge stammene en signifikant nedgang i plasmaklorid-nivået, med en stabilisering på samme nivå som hos de andre gruppene.

Veksthormon

Det sirkulerende nivå av veksthormon (GH) var signifikant påvirket av både tid i sjøvann, sjøtemperaturen og stamme (Figur 2A og 2B). I tillegg ble det funnet en signifikant interaksjon mellom tid og stamme. For alle gruppene ble det observert en signifikant økning i GH de første to dagene etter overføring til sjø. En videre analyse av resultatene viste en klar temperatur-effekt på



Figur 2A og 2B Sirkulerende veksthormon-nivå hos vill og oppdrettet smolt overført til sjøvann ved tre ulike temperaturer. Signifikante forskjeller mellom de to stammene er gitt med stjerne.

The level of circulating growth hormone in wild and farmed smolts transferred to seawater at three different temperatures. Asterisks indicate significant differences between the two strains.

Tabell 2 Forandring i lengde, vekt, kondisjon, vekstrate (20. mars – 13. mai) og gjelle Na^+, K^+ -ATPase-aktivitet hos vill og oppdrettet smolt i perioden fra 20. mars til 13. mai.
Changes in length, growth, condition index, specific growth rate (March 20th – May 13th) and gill Na^+, K^+ -ATPase activity in wild and reared smolts from March 20th to May 13th.

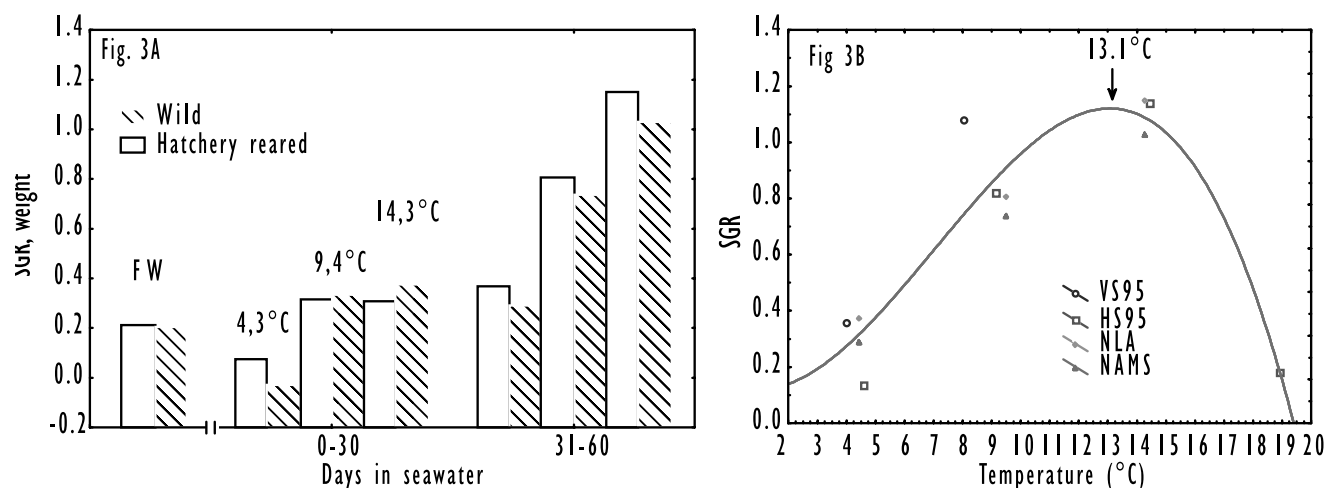
Parameter	Namsen		AkvaGen	
	20 mars	13 mai	20 mars	13 mai
Lengde	15.1 (0.6)	16.2 (0.6)	16.4 (0.5)	17.7 (0.5)
Vekt	40.8 (5.8)	45.6 (6.7)	50.4 (4.9)	56.7 (7.2)
Kondisjon	1.17 (0.06)	1.05 (0.07)	1.12 (0.06)	1.04 (0.06)
SGR		0.20 (0.02)		0.21 (0.02)
Gjelle Na^+, K^+ -ATPase	4.4 (2.3)	15.7 (1.2)	4.5 (2.0)	16.4 (0.8)

GH-nivå etter 12 timer i sjøvann, samt etter 2, 4, 8, 16 og 30 dager med sjøvannseksposering. Ved alle disse uttakene viste 4°C-gruppene et signifikant lavere GH-nivå enn 14°C-gruppene. Stammeforskjeller ble avdekket etter 2, 8 og 60 dager sjøvannseksposering. Her viste resultatene et høyere GH-nivå hos oppdrettsfisken etter 2 dager i sjøvann hvoretter villfisken viste høyest GH-nivå etter dag 8 og 60.

Vekst

I perioden fra mars til mai (ferskvann) ble det ikke observert vekstforskjeller mellom oppdrettet-

og villsmolt (Tabell 2). Etter to måneder i sjøvann viste imidlertid oppdrettsfisken en signifikant høyere vekstrate ved alle temperaturer. For begge stammene øket veksten i sjøvann med økende temperatur (Figur 3A). Dette er i samsvar med resultatene fra det tidligere forskningsrådsprosjektet 'Smoltkvalitet, sesonguavhengig utsetting og tidlig sjøfase' (108848/120) som viste at laks vokser best når temperaturen i sjøen er 14,4°C. Overstiges denne temperaturen, avtar veksten. Figur 3B viser vekstratene til postsmolt etter to måneder i sjøen fra fire ulike forsøk utført ved Institutt for fiskeri- og marinbiologi (IFM) i perioden fra 1994 til 1999. En



Figur 3A og 3B Vekstmønster i perioden fra mars til mai (ferskvann) samt de to første månedene i sjøvann hos villsmolt og oppdrettet smolt. B. Vekstratene til postsmolt etter to måneder i sjøen fra fire ulike forsøk utført ved IFM i perioden fra 1994 til 1999.
Growth pattern from March to May (freshwater), and the two first months in sea of wild and farmed smolts. B. Growth rates of post-smolts after two months in sea water are shown for a total of four different studies performed at IFM during the years 1994 to 1999.

tredjegrads tilpasning viser sammenhengen mellom den observerte vekstrate og sjøtemperaturen. For begge laksestammene ble optimal veksttemperatur i sjøvann beregnet til 13.1°C. Dette er 2.6°C over temperaturen for optimal fôrutnyttelse som i dette forsøket ble beregnet til 10.5°C (Tabell 3). En interessant observasjon fra forsøket er den høyere fôrutnyttelse som en ser hos oppdrettsfisken, spesielt ved temperaturer utenfor optimum, sammenlignet

Tabell 3 Forandringer i fôrutnyttelsen hos vill (Namsen) og oppdrettet (AkvaGen) post-smolt ved tre ulike sjøtemperaturer (4, 9 og 14°C).
Feed efficiencies of wild (Namsen) and farmed (AkvaGen) post-smolt at three different sea water temperatures (4, 9 and 14°C).

Temperatur (°C)	AkvaGen	Namsen
4	1.07	0.84
9	1.12	1.07
14	1.10	0.99

med villfisken (Tabell 3). Årsaken til denne forskjellen kan skyldes det intensive avlsprogrammet norsk oppdrettslaks har vært gjennom.

Diskusjon og konklusjon

Resultatene fra dette forsøket viste kun mindre forskjeller mellom oppdrettet og vill laksesmolt mht. smoltutvikling (gjelle Na⁺, K⁺-ATPase aktivitet, hypoosmoreguleringsevne) og akklimatiseringstid/tilslag etter overføring til sjøvann. Akklimatiseringstid etter overføring til sjøvann var imidlertid signifikant påvirket av sjøtemperaturen. Hva vekst angår, viste resultatene klare forskjeller mellom de ulike stammene. Forskjellene synes å være størst mellom vill og oppdrettet smolt. Resultatene viser videre at optimal-temperaturen for vekst i sjøvann er 13.1°C. Den tilsvarende temperaturen for fôrutnyttelse ble beregnet til 10,5°C. En interessant observasjon fra forsøket er den høyere fôrutnyttelse hos oppdrettsfisken sammenlignet med villfisken. Dette er i samsvar med tidligere undersøkelser som har vist at postsmolt fra oppdrettsstammer har høyere vekst og bedre fôrutnyttelse sammenlignet med postsmolt fra villstammer. Årsaken til disse forskjellene antas å være det intensive avlsprogrammet norsk oppdrettslaks har vært gjennom.

Betydningen av lys og temperatur på vekst og smoltifisering hos lakseunger fra oppdrettsstamme og villstamme

Sigurd O. Handeland, Kristian Pettersen og Sigurd O. Stefansson, Universitetet i Bergen

Bakgrunn og motivasjon

Bruk av lys i settefiskfasen har vært grunnlaget for den differensiering av smoltproduksjonen som har funnet sted i Norge de siste ti årene. Tidligere prosjekter finansiert av NFFR, NTNF og igangværende prosjekter under Norges forskningsråd har støttet denne forskningen. Erfaringer med liknende produksjonsregimer, som bl.a. inkluderer bruk av kontinuerlig lys i deler av parrstadiet fra andre laksestammer, viser at laks av ulikt opphav responderer forskjellig på lysstimulering. Slike forskjeller kan skyldes tilpasninger til forskjellige breddegrader og dermed lysperioder, men det er også forhold som taler for at norske avlsprogram kan ha endret (styrket) laksens forutsetninger for å respondere på slik lysstimulering. Hensikten med delprosjekt 2 har vært å gi en komparativ beskrivelse av de grunnleggende fysiologiske og vekstmessige effektene av lysstimulering i de tidlige fasene av smoltifisering hos lakseunger fra oppdrettsstamme og villstamme.

Metode

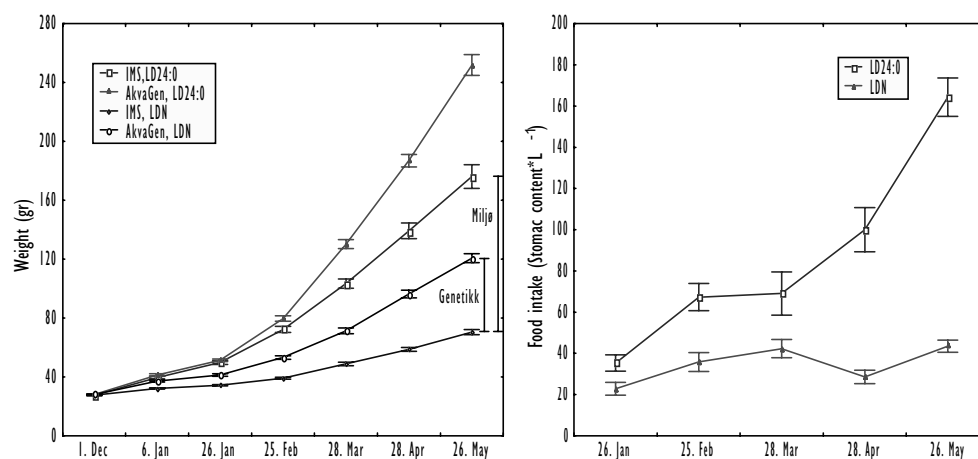
Dette forsøket besto av et 2 X 2 faktorielt design hvor en varierte både genetisk bakgrunn (AkvaGen og Imsa-stamme) og lyssignal (LDN og LD24:0) under smoltifisering. Forsøket startet i januar samtidig som de ulike eksperimentelle gruppene ble etablert. Villfisk ble hentet inn fra NINA sin forskningsstasjon på Ims mens oppdrettsfisk kom fra Nutreco ARC sin forskningsstasjon på Lerang. Alle fiskene var individuelt merket (Carlinmerker) for studie av individuelt vekstmønster. Under hele forsøket ble fiskene fôret med et spesialfôr som inneholdt røntgentette kuler. Dette muliggjorde direkte måling av individuelt fôrøptak på levende fisk ved hjelp av røntgen-

fotografering. Fysiologiske prøver ble tatt hver 14. dag under hele ferskvannsfasen i den hensikt å gi en komparativ beskrivelse av smoltifiseringen hos vill og oppdrettet smolt. Prøvene omfattet måling av GH og gjelle Na^+ , K^+ -ATPase-aktivitet.

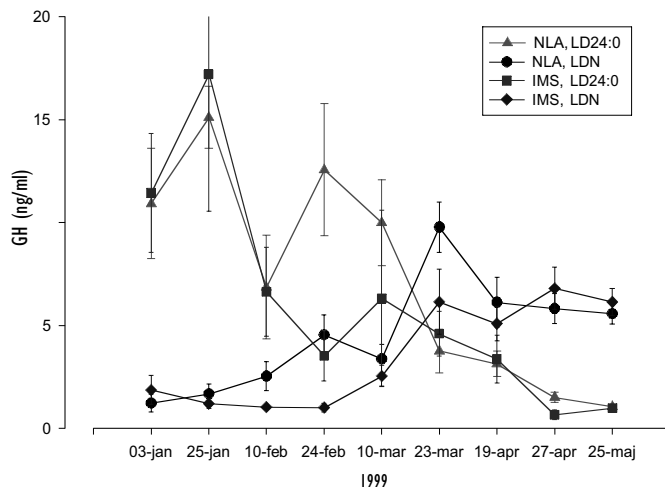
Resultat

Vekst og fôrinntak

Resultatene fra forsøket viste klare signifikante forskjeller i vekst både mellom stammene og som følge av lysbehandlingen (LDN og LD24:0, Figur 1A). Videre viste resultatene ingen forskjell i fôrinntak mellom stammene, men heller en klar sammenheng mellom bruk av kontinuerlig lys og inntak av fôr (Figur 1B). M.a.o. at årsaken til at fiskene som gikk på LD24:0 vokste signifikant bedre enn LDN-gruppen trolig skyldes at bruk av tilleggslis stimulerer fiskene til et høyere fôrinntak. Et annet interessant aspekt med resultatene er å sammenlikne effektene av genetik mot effekten av kontinuerlig lys med tanke på vekst. Generelt viser resultatene at oppdrettsstammen vokser bedre enn villstammen under de samme lysbetingelser. Splitter en imidlertid lysgruppene, og sammenlikner villfisk under konstante lysbetingelser med oppdrettsfisk som går på naturlig lys, viser våre resultater at effekten av å bruke kontinuerlig lys mht. vekst, er mer enn dobbelt så stor som den registrerte forskjell i vekst mellom de to stammene.



Figur 1A og 1B Vekst og fôrinntak hos smolt fra Imsa og AkvaGen under to ulike lysbetingelser.



Figur 2 Veksthormon-nivå hos smolt fra Imsa og AkvaGen under to ulike lysbetingelser.

Veksthormon

Under naturlige lysbetingelser ble det for begge stammene observert en signifikant økning i veksthormon (GH) i perioden under smoltifisering (Figur 2). Hos fisken som gikk på kontinuerlig lys ble det derimot registrert en signifikant økning i GH-nivå de første ukene etter lypåslag, hvorefter GH-nivået sank signifikant frem til forsøket ble avsluttet den 25. mai. Det ble ikke funnet noen forskjeller i GH mellom stammene innen hver lysgruppe.

Prøvene som omfatter måling av gjelle Na^+ , K^+ -ATPase-aktivitet er fremdeles under analyse, og vil derfor bli presentert i forbindelse med publisering.

Diskusjon

Resultatene fra forsøket viste en klart bedre vekst

hos oppdrettsstammen i tillegg til at bruk av konstant lys ble funnet å ha en klar positiv effekt på vekst. Det ble imidlertid ikke registrert noen forskjell i fôrinntak mellom stammene, men heller en klar sammenheng mellom bruk av lang dag og inntak av fôr. M.a.o. var årsaken til at fiskene som gikk på konstant lys, vokste bedre enn gruppen på naturlig lys sannsynligvis at bruk av tilleggslys stimulerer til et høyere fôrinntak. I hvilken grad det økte fôrinntaket hos lysgruppen er koblet til den observerte GH-responsen i gruppen er usikkert.

En annen interessant tolking av resultatene fra forsøket finner en ved å sammenlikne effektene av genetik mot effekten av kontinuerlig lys med tanke på vekst. Generelt viser resultatene at oppdrettsstammen vokser bedre enn villstammen under ellers like lysbetingelser. Splitter en imidlertid lysgruppene og sammenlikner villfisk under konstante lysbetingelser med oppdrettsfisk som går på naturlig lys, så viser resultatene at effekten av kontinuerlig lys mht. vekst, er mer enn dobbelt så stor som den registrerte forskjellen i vekst mellom de to stammene. I norsk oppdrettsnæring har en de siste ti årene sett at smoltstørrelsen ved utsett har økt fra ca. 50 til 120 g. I samme periode har også oppdrettstiden i ferskvann blitt betydelig kortere. Våre resultater tyder på at årsaken til denne fremgangen skyldes en kombinasjon av avl og ikke minst optimalisering av oppdrettsmiljøet, herunder bruk av både lys og oppvarmet vann i tidlig fase samt under smoltifisering. I tillegg til disse faktorene bør en også ta med at en de siste årene har hatt en betydelig utvikling av nytt og bedre fôr, hvilket også bidrar til å forklare den høye veksten til dagens smolt.

Fôringredienser dyrket på landjorda?

Camilla Røsjø, AKVAFORSK

I dag lever oppdrettslaksen i hovedsak på fiskemel og -olje. Hvorfor ikke fôre vårt største husdyr med korn og andre plantevekster som er tilpasset fisk?

Vi var det første landet i verden som brukte landbrukskompetanse til å utvikle oppdrettsnæringen. Kunnskap innen husdyravl, husdyrnæring og dyrehelse var forutsetningene for det industrielle eventyret som har gjort fisk til vårt største husdyr. Det ga gevinst. Gjennom et prosjekt initiert av NLH, AKVAFORSK, MATFORSK og PLANTEFORSK vil miljøet på Ås nå jobbe mot et annet felles mål – norske fôringredienser. Landbruksministeren var den første til å velsigne og støtte denne satsingen. All landbrukskompetanse som er mulig å oppdrive vil være nødvendig og relevant i denne sammenheng.

Ingenting skal være uprøvd

Fôr til oppdrettsfisk er hovedsakelig basert på fiskemel og fiskeolje. Én kilo tilvekst hos oppdrettsfisk krever ca to kilo marint fôrstoff. Produksjon av fiskemel og -olje er blant annet sterkt regulert av fiskekvoter, samtidig som den globale oppdrettsnæringa stadig ekspanderer, noe som kan medføre en mangel på fiskemel og -olje i fremtiden. Utvikling av nye fôrmidler vil derfor være helt avgjørende for fortsatt vekst i oppdrettsnæringen. Det finnes flere aktuelle nye fôrmidler basert på høsting av marin planteproduksjon, proteinproduksjon fra naturgass, landbruksbaserte vekster og utnytting av bioavfall fra skog- og landbruk, som kan videreutvikles til å dekke underskuddet. Dette krever imidlertid flere års nitidig forskning på mange områder, blant annet innen landbrukssektoren.

Planter tilpasset fiskemagen

Når sant skal sies, brukes allerede både hvete, mais og soya i laksefôr. Disse fôrmidlene er

imidlertid basert på eksisterende planteproduksjon myntet på menneskefôde eller som fôrmiddel til tradisjonelle husdyr. Gjennom et århundrelangt systematisk sortsarbeid, planteforedling og utvikling



Ved at miljøet på Ås jobber sammen, vil det være mulig å dyrke ingredienser til fiskefôr i Norge, tror Per Olav Skjervold, NLH, (t.v.), Camilla Røsjø, AKVAFORSK og Øistein Jakobsen, MATFORSK. (Representanten fra PLANTEFORSK var ikke til stede).

av dyrkingsteknikker, er plantene tilpasset human- og husdyrnæring. Dette er ikke nødvendigvis det beste utgangspunktet for å utnytte plantematerialet til fiskefôr. Et av delmålene i prosjektet er derfor å undersøke mulighetene for systematisk sortsarbeid, planteforedling og utvikling av dyrkingsteknikker for å produsere fiskefôr.

Fakta om forprosjektet

Forprosjektet gjennomføres som et samarbeid mellom Norges landbrukshøgskole (instituttene for plantefag, husdyrfag, kjemi/bioteknologi, tekniske fag og økonomi/samfunnsfag), MATFORSK, AKVAFORSK og PLANTEFORSK. Forprosjektet løper i tiden 1. november 2000 til 31. desember 2001. Seniorforsker Grete Skrede på MATFORSK er ansvarlig prosjektleder. En styrings- og referansegruppe er under oppbygging.

Målene for forprosjektet er følgende:

- Kartlegge eksisterende kunnskap om laksefôrbetegnelse i forhold til alternative landbruksbaserte råvarekilder (vegetabler, alger, zooplankton, bioprotein osv.)

- Utarbeide "kravspesifikasjon" som grunnlag for å vurdere ernæringsmessig egnethet hos de ulike landbruksressurser.
- Utarbeide oversikt over aktuelle fôrprodukter og mulighetene for optimalisering/tilpassing av disse gjennom systematisk planteforedling, endrede produksjonsprosesser osv.
- Beskrive forventet markedspotensial for ulike fôrmidler
- Vurdere muligheten for genetisk tilpassing av laksefisk til nye fôrmidler ved for eksempel seleksjon.

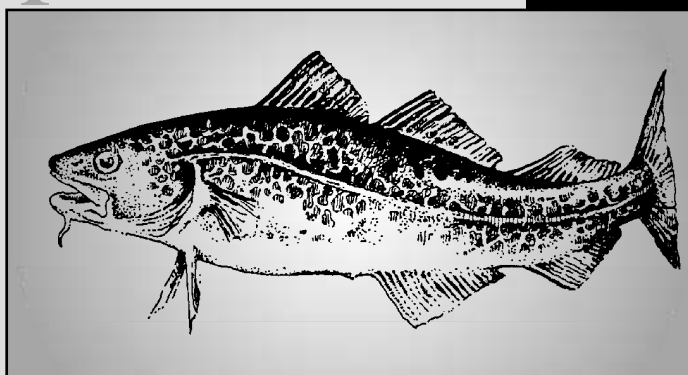


I løpet av forprosjektet skal det dessuten initieres tre konkrete FoU-prosjekter i samarbeid med næringslivet.

Endelig skal det utarbeides en konkret handlingsplan for selve hovedprosjektet (2002-2007).

Kapittel 2

Marin fisk



Markedet i 2000 for marin fisk

Torsk – den nye store oppdrettsarten

Håkon Otterå, Havforskningsinstituttet

I løpet av de siste par årene har interessen for oppdrett av torsk endret seg radikalt, fra å være et uinteressant område til kanskje det "hotteste" satsingsområdet for norsk havbruk. Årsaken til denne endringen i interesse er nok sammensatt; kunnskapen om torsk som oppdrettsfisk er forbedret, og markedsutsiktene for hvitfisk generelt og torsk i særdeleshet er svært gode. Den viktigste årsaken er likevel trolig at norsk oppdrettsnæring er inne i en gullkantet periode, med store overskudd innen lakseoppdrett og generell optimisme. Samtidig synes ekspansjonsmulighetene innen lakseoppdrett å være begrenset. Mange ser seg derfor om etter nye bein å stå på, og har funnet svaret i torskeoppdrett. I motsetning til for eksempel kveite har torsk trolig potensial til å bli en volum-art. Dette innebærer at en har et stort marked i tonn, men at en må produsere fisken med lave kostnader.

Biologiske flaskehals

Biologisk har en behersket oppdrett av torsk i liten skala i 10-15 år. Skal en derimot produsere større mengder torsk til lave kostnader, er det en del igjen å gjøre. Dette gjelder særlig innen yngelproduksjon, men også matfiskfasen og helsesiden vil måtte vies betydelig oppmerksomhet. Et viktig område som avl har til nå manglet totalt.

Innen yngeloppdrett vil følgende faktorer være av særlig stor betydning:

- Helårlig yngelproduksjon; for å få lønnsom drift av intensive yngelanlegg er en avhengig av å utnytte anlegget gjennom hele året, ikke bare under den naturlige gyteperioden om våren. Gytetidspunktet for torsk kan påvirkes med lysregimet. Innledende forsøk ved Austevoll havbruksstasjon høsten 2000 viser at det er relativt lett å produsere torskelarver også om høsten.
- Tilpasning av levendefôrproduksjon; produksjon av rotatorier og *Artemia* foregår i stor grad etter standardprosedyrer for de fleste fiskearter. En tilpasning av anrikingsmedier til torsk vil likevel være nødvendig.
- Korte ned perioden der levende fôr er

nødvendig; i dag er bruk av levende fôr (rotatorier etterfulgt av *Artemia*) nødvendig innen oppdrett av torsk og andre marine arter. En tidligere overgang til formulert fôr kan i første omgang gjøre bruken av *Artemia* overflødig, og dermed forenkle produksjonsteknologien.

- En generell optimalisering av oppdrettsforholdene (fôringsregime, vannutskifting, karutforming, etc.) vil være nødvendig for å få god vekst og overleving, og samtidig produsere yngelen ved høye nok tettheter til å gi lønnsom drift. Småskalaforsøk utført i USA viser at torskelarver kan startfôres ved opptil 300 larver pr. liter, og allikevel gi brukbar vekst og overleving. Greier en dette også i stor skala, kan en langt på vei sammenligne seg med det en oppnår med arter som sea bass.
- Automatisering og teknologitilpasning; behovet for manuelt arbeid kan fort bli stort innen yngeloppdrett dersom en ikke har gode nok tekniske løsninger. Dette gjelder både innen levendefôr-produksjon, utfôring, kar-rengjøring, sortering og forflytning av yngel. På dette området er det nok mye å lære av intensive anlegg for andre arter, selv om en i Norge nok må gå enda lenger i automatiseringen enn i Sør-Europa der lønnsnivået er lavere.

For å lykkes med intensivt yngeloppdrett trenger en rikelig med kapital, men også tålmodighet og et perspektiv utover et par år. Selv om utsiktene synes lovende er det mange biter som skal på plass. Når mange snakker om å overføre sea bass/sea bream-teknologi fra utlandet til torsk, må en være klar over at svært mye av det som har vært gjort innen forskning på oppdrett av torsk har skjedd i Norge, og at det neppe er noe ukjent teknologi innenfor andre arter. Teknologien er mye av den samme både for torsk, kveite, piggvar, sea bass og andre marine arter, men variasjoner og tilpasninger må til. Når det derimot gjelder oppskalering og drift av fullskalaanlegg, er det ting å lære fra andre land. Overgangen fra å få det til i liten skala til å få funksjonelle anlegg som kan produsere millionvis av yngel er krevende, og vil ta tid. Utviklingen av yngeloppdrett vil neppe skje ved de

store gjennombrudd, men heller gjennom de små detaljer. For å lykkes er det mange detaljer som må stemme – hver dag. Det er ikke mangel på kunnskap som gjør at vi i dag ikke har kommersiell intensiv yngeloppdrett av torsk, men heller mangel på tålmodighet og utsikter til marginal lønnsomhet.

Torsk i oppdrett vil i de aller fleste tilfeller bli kjønnsmoden to år etter klekking. Den vil da være i minste laget for salg, og oppdretteren vil tape flere måneder med tilvekst. Dette kan være avgjørende for lønnsomheten til torskeoppdrett. Ved bruk av kunstig tilleggsllys har en greid å utsette kjønnsmodningen med ett år i innendørs forsøk. Det er også indikasjoner på at dette vil lykkes i storskala merdoppdrett innen få år. Ved siden av tidlig kjønnsmodning har kvalitetsproblemer tidligere vært sett på som et problem for oppdrettstorsk. Ved bruk av for fett fôr vil torsken få en stor lever, som både kan virke skjemmende estetisk og redusere filetutbyttet. Oppdrettstorsk har også ofte en mørk skinnfarge, som i noen markeder anses som tegn på dårlig kvalitet. Oppdrettstorsk har i tillegg vært dårlig egnet til fryselagring. Utvikling av bedre fôrtyper til torsk vil ventelig gjøre at disse problemene kan løses relativt raskt.

Pr. i dag har vibriose vært den eneste sykdommen som har skapt større problemer for torskeoppdrett. Selv om yngelen blir vaksinert er det en betydelig dødelighet, særlig i yngelfasen. En overgang til intensivt yngeloppdrett med effektiv vannbehandling vil forhåpentligvis redusere problemene med vibriose hos torsk. Etter hvert som oppdrett av torsk øker i omfang, vil nok også andre sykdommer gjøre seg gjeldende. Det er liten grunn til å tro at torskeoppdrett skal bli forskånet for dette. På den andre siden står en i dag langt bedre rustet til å takle sykdommer enn en gjorde under oppbyggingen av lakseoppdrett i Norge.

Den faktoren som raskest kan gi oppdrett av torsk et hopp framover er avlsarbeid. Dette har ennå ikke startet opp for torsk, selv om en allerede har en del grunnlagsmateriale fra ville bestander tilgjengelig. Spredningen i for eksempel vekstegenskaper blant oppdrettstorsk er svært stor, og genetiske faktorer er helt sikkert av stor betydning. Avlsarbeidet med torsk vil bli sterkt forenklet med bruken av moderne DNA-metoder, som allerede er utviklet for torsk. En kan da ha fisk fra forskjellige foreldre i det samme karet eller merden, og ved hjelp av DNA-fingerprinting finne fram til foreldrene til de fiskene

som har best vekst eller andre ønskede egenskaper. Det pågår allerede i dag forsøk der denne metoden blir benyttet på torsk (<http://macom.imr.no>).

Vekst og styring

En rask vekst i torskeoppdrett er i de nærmeste årene begrenset av mengden yngel som er tilgjengelig. I 2000 ble det produsert ca. 500.000 torskkeyngel i Norge, hovedsakelig med ekstensive/semi-ekstensive metoder. Dette tilsvarer ca. 1500 tonn tre kilos fisk i 2003, noe som er i samsvar med produksjonsmålene som ble lagt i prosjektet “Sats på torsk – 1999-2002” i regi av Norsk Sjømatsenter. Det er bred enighet om at skal en komme over på en industriell skala når det gjelder yngelproduksjon, må en over på intensive produksjonsformer, etter mønster fra andre marine arter (sea bass, sea bream). Det er nå en storstilt satsing på dette området i Norge. Et titalls selskap har uttrykt at de vil satse på yngeloppdrett av torsk, og flere er allerede i gang med prosjektering og utbygging. Et fullskala intensivt yngelanlegg krever relativt store investeringer og vil måtte basere seg på helårig yngelproduksjon og store produksjonsvolum for å bli regningssvarende. En kan i løpet av en femårsperiode “risikere” å ha ti intensive yngelanlegg med en samlet produksjonskapasitet på 20-100 millioner yngel pr. år.

For å fortsette dette tankeeksperimentet vil en i 2008 ha 60.000-300.000 tonn oppdrettstorsk på markedet. Det er opplagt at slik vil det neppe gå. Eksporten av laks fra Norge var i 2000 ca 400.000 tonn, et volum det har tatt ca 30 år å bygge opp. Utviklingen for torsk kan likevel gå betydelig fortere enn for laks, mye av lakseteknologien kan nærmest overføres direkte til torskeoppdrett, kapitaltilgangen er god, og markedet ligger der. Lozowick Market Research anslo for eksempel i høst en produksjon av 50.000 tonn oppdrettstorsk i Storbritannia i 2010. Torskeoppdrett vil også konkurrere med laks og annen oppdrettsfisk om fôrkilder, og antall lokaliteter til matfiskoppdrett vil fort bli begrensende. Videre vil oppdrettstorsk til dels måtte konkurrere med villfanget torsk og andre fiskearter både fra oppdrett og fangst på markedet. Potensialet for oppdrettstorsk vil naturlig nok til syvende og sist bli bestemt av produksjonskostnadene. Skal de store markedene være reelle må en betydelig ned i produksjonskostnader, trolig godt under det en har for laks i dag. En må også påregne konkurranse fra utlandet, både Storbritannia og Canada er i gang med pilotskala-produksjon av oppdrettstorsk. Norge bør likevel,

særlig på matfisk-siden, ha store konkurransefortrinn når det gjelder oppdrettstorsk. Skotsk torsk oppdrett vil for eksempel fort bli begrenset av antallet tilgjengelige matfisk-lokaliteter.

Det som er den virkelige store utfordringen for utviklingen av torsk oppdrett er hvordan en kan øke produksjonsvolumet på en fornuftig måte, uten at for mange må blø. Samspillet mellom produksjonskapasitet for yngel og matfisk på den ene siden og produksjonskostnader og markedsmuligheter på den andre siden er dynamisk og avgjørende for utviklingen. Å finne gode feedback-løsninger for å regulere dette er ikke lett; både offentlig styring og kapitalismens “survival of the fittest”, kan lett gi en suboptimal utnyttelse av ressursene totalt sett. Pr. i dag synes det som om yngelproduksjonen vil sette en effektiv brems på veksten i næringen. Med den innsatsen som nå ser ut til å bli gjort innen intensivt yngeloppdrett, er det liten grunn til å tvile på at dette vil lykkes innen få år. Situasjonen vil da bli snudd på hodet, fra at en i dag avkreves avtaler om leveranse

av yngel fra myndighetene for å få konsesjon på matfisk-oppdrett, til at matfiskkonsesjoner blir en mangelvare. Behovet for allerede i dag å tenke på vertikal integrasjon er innlysende.

Jojo-satsing

Dagens satsing og tro på oppdrettstorsk minner en del om det vi var vitne til på midten av 1980-tallet og noen år framover – markant optimisme etterfulgt av en like kraftig nedtur.

Satsingen vi ser nå synes likevel å være noe grundigere fundert, både fra myndighetenes side og fra de private som ønsker å satse. Jeg tror torsk kan bli den nye store oppdrettsarten, men at suksess er betinget av at en har et langsiktig perspektiv, tålmodighet og evne til å tenke på alle ledd, fra stamfisk til marked. Jeg tror også at innen området intensiv yngelproduksjon og avlsarbeid vil en form for koordinering av innsatsen være avgjørende. Dette er områder som er så kostnadskrevende at for spredt satsing kan ødelegge hele grunnlaget for torsk oppdrett i Norge.

Helsesituasjonen – marin oppdrettsfisk

Hogne Bleie, Veterinærinstituttet, Øivind Bergh og Brit Hjeltnes, Havforskningsinstituttet

Vi mangler ennå mye kunnskap om de ulike marine fiskearters miljø- og ernæringskrav. Trolig foregår deler av oppdrettssyklusen under suboptimale forhold. Under slike forhold kan infeksjose sykdommer lett få god grobunn og gi betydelig dødelighet i anleggene. Omfattende forskning gjenstår før en med stor sikkerhet kan forebygge de mest tapsbringende sykdommene i marint fiskeoppdrett. Foruten forskning på smittestoffer og deres epidemiologi, er det viktig at dette sees i sammenheng med utviklingen av bedre fôringsregimer og oppdrettsmiljøer. Arbeidet med å bedre den generelle hygienemå stå sentralt.

En høyt prioritert forskningsoppgave er arbeidet med å avdekke molekylærbiologien og smitteveiene til nodavirus, som er årsaken til sykdommen viral encefalopati og retinopati, (VER). Sykdommen VER gir fortsatt store tap av larver og yngel i kommersielt kveiteoppdrett, selv om problemene syntes å ha mindre omfang i 2000 enn i de foregående årene. Årsakene til denne tilsynelatende forbedringen av sykdomssituasjonen er ikke fastslått. Forebyggende tiltak, deriblant vaksiner og effektiv desinfeksjon, er under utvikling og utprøving. Nodavirus har evnen til å fremkalle sykdom hos mange ulike marine fiskearter, og utgjør derfor en potensiell trussel mot flere marine oppdrettsarter.

Utbrudd av sykdom relatert til infeksjøs pankreas nekrose-virus (IPNV), som også fører til dødelighet hos et vidt spekter av fiskearter, forårsaket høy akkumulativ dødelighet i kveiteyngelproduksjonen i 2000.

Bakterielle sykdommer, da spesielt vibriose, har stor betydning hos marin fisk. Torsk later til å være svært utsatt for vibrioseangrep, og videre vaksineutvikling vil være av avgjørende betydning for å sikre en stabil torskeyngelproduksjon.

Parasitter kan også by på problemer for både marin yngel og matfiskproduksjon. Det er svært viktig å kartlegge de ulike parasitenes betydning og finne egne tiltak mot de viktige artene.

VIRUSSYKDOMMER HOS MARIN FISK

VER

Sykdommen, som også blir også kalt viral nervevevs-nekrose (VNN), skyldes ulike stammer av nodavirus. Nodavirus har et stort vertsregister og er vist å forårsake sykdom hos en rekke marine fiskeslag. Syk fisk vil ofte vise nervøse tegn med overreaksjon på ytre stimuli, samt spiralsvømming. Gul misfarging av huden er vanlig. I Norge har naturlige sykdomsutbrudd med stor akkumulativ dødelighet forekommet hos oppdrettet kveite og piggvar. Vi har til nå ingen funn som knytter nodavirus til sykdom på torsk i Norge, men sykdommen ble i 2000 påvist hos oppdrettstorsk i Skottland. Dødeligheten der var imidlertid lav. Sykdommen er fra tidligere kjent fra marin fisk i oppdrett i Middelhavet, det østlige Asia og Australia.

Sykdommen VER diagnostiseres i dag på grunnlag av typiske histologiske funn med vaccoulisering (blæredannelse) av celler i retina, hjerne og ryggmarg. Positiv immunohistokjemi med bruk av antistoffer (polyklonale) mot nodavirus bekrefter diagnosen.

Påvisning av viruset kan nå gjøres med svært følsomme metoder basert på polymerase kjedereaksjoner (PCR). Viruset kan da detekteres i vev fra fisk uten at sykdommen nødvendigvis er til stede. Nylig er det utviklet en PCR-metode for påvisning av nodavirus i sjøvann. Denne metoden vil være et nyttig redskap for den videre kartlegging av smitteveier for viruset.

Vi vet nå at nodaviruset fra kveite kan overføres horisontalt. Videre vet vi at det kan smitte effektivt mellom de ulike enhetene i et oppdrettsanlegg, forutsatt at konstruksjon av vanntilførsel og manglende smittevernhygiene tillater det. Resultatene fra et bredt forskningssamarbeid mellom Havforskningsinstituttet, Veterinærinstituttet, Zoologisk institutt, Universitetet i Bergen og næringsaktører, tyder på at nodavirus også kan overføres vertikalt fra stamfisk (persistent infisert) til larver i kveite-

oppdrett. Det er også vist at viruset kan overføres på overflaten til egg.

Hos flere eksotiske fiskearter er det kjent at smitten overføres vertikalt. I Japan er derfor oppdrett av flere marine fiskearter i økende grad basert på seleksjon av stamfisk som er fri for nodavirus. Fiskehelsepersonell utfører systematiske undersøkelser av stamfiskrekrutter for å påvise spesifikke antistoffer i blodet. Fisk med slike antistoffer blir betraktet som smittet og avlivet. Stamfiskseleksjon kombinert med andre smitteforebyggende tiltak, har så langt gitt lovende resultater for bl.a. oppdrett av fiskearten striped jack i Japan.

Det er ønskelig å utvikle hurtige, serologiske metoder for screening av levende stamfisk for nodavirus til bruk i kommersielt kveiteoppdrett. Videreutvikling av PCR-baserte metoder for påvisning av nodavirus i kjønnsprodukter fra stamfisk ville også kunne vært svært nyttig. Forsøk for å kartlegge mekanismene bak persistente infeksjoner med nodavirus i flatfisk pågår nå ved Havforskningsinstituttet.

VER/VNN er på listen over gruppe B-sykdommer etter "fiskesykdomsloven".

IPN

IPN (infeksiøs pankreasnekrose) er tidligere blitt påvist både hos kveite og piggvar i Norge. Sykdommen forårsakes av infeksjøs pankreasnekrose-virus (IPNV). I 2000 ble det registrert et utbrudd av IPN med stor akkumulativ dødelighet i et anlegg for oppdrett av kveiteyngel. Hovedtyngden av problemet startet etter at metamorfose og tilvenning til tørrfôr hadde funnet sted. Mørk misfarging av huden og "slapp" fisk noe sent i den ekstensive oppdrettssyklusen er assosiert med IPN. Diagnose stilles på grunnlag av histologiske funn, som ofte består av flekkvise nekroser i levervev. I tilfeller med stor dødelighet kan en også finne nekroser av eksokrint pankreasvev. Diagnose bekreftes med positiv immunohistokjemi der en benytter antistoff (polyklonale) mot IPN-virus serovar Sp.

I sesongen i 2000 ble det fortløpende tatt ut prøver fra enhetene med kveiteyngel som utviklet IPN. Disse prøvene er verdifulle for videre forskning på denne sykdommen i marint oppdrett. Det utføres arbeid med å utvikle sensitive metoder for påvisning av viruset, for eksempel basert på PCR-teknikk.

Utvikling av vaksiner mot IPN kan også bli en mulighet for marin fisk.

IPN er på listen over gruppe B-sykdommer etter "fiskesykdomsloven".



Cod ulcer-syndrom (CUS)

Sykdommen, som også blir kalt "Ulcer Disease of Atlantic cod", er relativt utbredt hos villtorsk. Tilstanden har vært kjent i mer enn 60 år. Den er ofte blitt registrert på torsk i baltiske havområder, men også fra våre områder er den rapportert på fangster av villfisk. Infeksjonen er karakterisert ved små blæredannelser i huden. I noen tilfeller kan sykdommen utvikle seg gjennom flere stadier til store sår. Som regel fører ikke dette til økt dødelighet, og etter en tid forsvinner blærene og sårene heles. Det største problemet er lav tilvekst og en lite salgbar fisk. Tilstanden er kronisk, og det er sannsynlig at samme fisk kan ha flere utbrudd. Fra tid til annen er CUS blitt påvist på oppdrettstorsk, bl.a. stamfisk.

Sykdomsårsaken er ikke fullt ut klarlagt, men en regner med at et iridovirus spiller en stor rolle. Selv om dette viruset ikke er et konstant funn ved CUS, har danske forskere kunnet fremkalle sykdommen eksperimentelt ved laboratoriesmitte. Iridovirus tilhører gruppen DNA-virus (dobbeltrådet uten kappe), og det finnes en rekke iridovirus som er patogene for fisk. I tillegg til iridovirus, er det sporadisk funnet et rhabdovirus som sannsynligvis kan grupperes som et marint VHSV-isolat. Fra sårene kan en ofte isolere vibriobakterier (*V. anguillarum*). Imidlertid er dette sannsynligvis sekundærinfeksjoner. Miljøfaktorer som temperatur ser ut til å ha betydning, da sykdomsutbrudd oftest registreres om høsten. Forurensing kan ha betydning for sykdomsutbrudd; sykdommen er hyppigere fore-

kommende i områder med sterk organisk belastning (celluloseproduksjon, sukkerfabrikker).

I dag finnes det ingen vaksiner eller effektiv behandling av CUS. Siden sykdommen er vanlig forekommende på villfisk, er det sannsynlig at problemet reduseres når en ikke benytter seg av vill stamtorsk eller innfanget småtorsk. I tillegg vil muligheten til å holde generasjoner atskilt være sykdomsforebyggende.

Herpesvirus scophthalmi

Denne sykdommen ble i 2000 påvist hos et parti med importert piggvar i forbindelse med et nasjonalt overvåkningsprogram. Virussykdommen gir hud- og gjellelesjoner som diagnostiseres ved hjelp av lysmikroskopi. Betydningen av sykdommen er ikke helt kartlagt, men er trolig minimal.

Lidelsen er på listen over gruppe B-sykdommer etter "fiskesykdomsloven".

BAKTERIELLE SYKDOMMER HOS MARIN FISK

Vibriose

Vibriosebakterien, *Vibrio anguillarum*, er en vanlig årsak til dødelighet hos kveite og torsk. Larver og yngel synes særlig utsatt for vibriose rundt startfôring og tilvenning til tørrfôr. Det er særlig *V. anguillarum* serovar 02 som isoleres fra marin fisk. Det er vist at vaksiner av torsk kan gi god beskyttelse. Vaksiner utviklet mot vibriose på laksefisk har vært brukt til vaksiner av torsk, men beskyttelsesgrad er usikker da vibriosebakteriene hos torsk trolig skiller seg noe fra tilsvarende hos laksefisk. En vaksine som inneholder antigener fra vibriobakterier isolert fra torsk, vil derfor høyst sannsynlig være å foretrekke. I dag er det ingen slik kommersiell vaksine tilgjengelig. Imidlertid foregår det for tiden forsøk med utprøving av vaksiner.

Ved produksjon av torskeyngel i poll, har det å velge riktig vaksinasjonsmetode og vaksinasjonstidspunkt vært et stort problem. Normalt burde fisken vaksineres første gang på forsommeren når den fanges i pollen. På det tidspunktet er den for liten til å stikkvaksineres, og vaksinasjonen må foregå ved dypp eller bad. Dette gir en langt lavere beskyttelsesgrad enn injeksjonsvaksiner. Ved normale vanntemperaturer vil fisken være ømtålig for håndtering i sommermånedene, og det er derfor problematisk å foreta revaksiner før ut på høsten.

Da er fisken så stor at stikkvaksiner kan benyttes.

Det foreligger vaksiner med dokumentert effekt mot vibriose, og det er grunn til å anbefale vaksinasjon av tørrfôrtilvent yngel.

Kaldtvannsvibriosebakterien *Vibrio salmonicida* er påvist hos torsk og kveite. Den kan forårsake sykdom, om enn ikke i samme grad som *V. anguillarum*.

Bakterien som fremkaller "atypisk furunkulose", såkalte atypiske *Aeromonas salmonicida*, er isolert fra kveite. Det er uvisst om dette er sekundære infeksjoner, eller om disse bakteriene kan være primærårsak til sykdom.

Flexibacter

Bakterien *Flexibacter ovolyticus* angriper kveiteegg i inkubator og lagringsfasen samt plomme-sekklarver. Effektiv overflatedesinfeksjon av egg og generelt god hygiene i klekkeriene er trolig det beste middelet mot bakterien. En har sett gunstig effekt av overflatedesinfeksjon av befruktede egg med ozonert sjøvann.

Marin tuberkulose

Infeksjoner med mycobakterier, mellom andre *Mycobacterium marinum*, dukker av og til opp hos torsk i både oppdrett og villfangst. Også annen fisk kan bli angrepet. Ofte er det vanskelig å stille en helt sikker diagnose, da bakterien er tidkrevende og vanskelig å dyrke. Infeksjonen har et kronisk forløp og utvikles over lang tid. Sykdomstegnene kan variere, men hvite knuter i indre organer som lever, nyre og milt er karakteristisk. Den sykdomsfremkallende bakterien *Mycobacterium marinum* er zoonotisk og kan gi hudlesjoner hos mennesker. Dette har i tidligere tider vært en vanlig lidelse hos arbeidstakere i fiskeforedlingsindustrien.

Bruk av ubehandlet våtfôr med råstoff fra fiskeflåten er en viktig smittekilde i oppdrett. Da bruk av slikt fôr ikke lenger er vanlig, er også slike infeksjoner mindre utbredte nå.

Parasitter hos marin fisk

Ulike parasitter som er påvist fra kveite kan føre til sykdom, stress og produksjonstap. Flere av disse har vist seg å ha helsemessig betydning for oppdrettet kveiteyngel. Villfanget zooplankton representerer en

viktig smittekilde for bl.a. trematoder, bendelmark og rundmark. Dette kan være et problem i startfôrings- og weeningsfasen. Ciliaten *Trichodina hippoglossi* har forårsaket sykdom i kveiteyngelanlegg. Mikrosporidier tilhørende *Nucleospora sp.* har blitt påvist i nyrene på kveiteyngel. Infeksjonen fører til sykdom og økt dødelighet. Det er ennå usikkert hvilken rolle parasittinfeksjoner spiller for kveiter i matfiskanlegg, men det finnes flere arter av parasitter som kan skape problemer. Kjent her er blant annet kveiteikten *Entobdella hippoglossi*, som kan være et problem hos stamfisk og matfisk, samt kveitelusa *Lepeophtheirus hippoglossi*.

Også hos torsk kan bruk av villfanget zooplankton til startfôr føre til at yngel blir smittet med parasitter. Disse ligner tilsvarende parasittarter hos kveite. Infeksjoner med *Trichodina cooper* kan være et sykdomsproblem på torskeyngel. Videre er mikrosporidien *Pleistophora gadi* funnet på oppdrettet torskeyngel. Det er dokumentert at kraftige infeksjoner med *Gyrodactylus sp.* på gjellene til torsk kan føre til sykdom. *Gyrodactylus*-infeksjoner er i hovedsak funnet på større torsk, og sykdomsutbrudd med denne parasitten kan være vanskelig å behandle effektivt.

POTENSIELLE PROBLEMER

VHS

Viral hemoragisk septikemi (VHS), "Egtvedtsyke" er særlig kjent hos regnbueørret hvor den kan forårsake alvorlige tap. I løpet av de ti siste årene er VHS-virus blitt isolert fra både oppdrett og villbestander av en rekke marine fiskearter, deriblant torsk, piggvar og sild.

I 2000 ble det rapportert om utbrudd av VHS på flyndrefisk (*Paralichthys olivaceus*) i Japan. Den smittede fisken var fra 2 g til 1 kg, og dødeligheten ble angitt å variere fra 2-70 %. Dødeligheten var klart temperaturavhengig, og den avtok ved temperaturer over 15°C. Med de offisielle diagnostiske metodene (serologi), er det i dag ikke mulig å skille disse marine isolatene fra isolater fra regnbueørret. Genetiske undersøkelser og smitteforsøk tyder imidlertid på at det er snakk om flere ulike virus. VHS har ikke blitt påvist verken på oppdrettstorsk eller andre marine oppdrettsarter i norske farvann. Skulle VHS bli påvist på norsk marint fiskeoppdrett, ville dette føre til båndlegging, og trolig omfattende restriksjoner i samsvar med gjeldende EU-reglement, også for nærliggende lakseoppdrettsanlegg. Dette til tross for at isolatet

trolig kan klassifiseres som et marint VHS-virus. Fôring av stamfisk og annen oppdrettsfisk med fersk eller frossen villfisk er derfor meget risikabelt og kan få ekstreme konsekvenser for akvakultur i nærområdet.

Lidelsen er på listen over gruppe A-sykdommer etter "fiskesykdomsloven".

Deformiteter hos torsk

Ryggradsdeformiteter og deformiteter i hode-regionen på villtorsk er velkjente fenomener, og forekomsten kan i enkelte områder være høy. Den direkte årsakssammenheng er ikke klarlagt, men lidelsen antas å skyldes et samspill av flere faktorer hvor grunnlaget legges i tidlige livsstadier. Ryggradsdeformiteter er påvist på oppdrettstorsk, men omfanget av problemet er ikke tallfestet.

Forebyggende tiltak

Slik et vanlig norsk oppdrettsanlegg for marin yngel er designet i dag, finnes det mange muligheter for introduksjon av smittestoffer (agens), samt intern spredning av etter at infeksjon har oppstått. Ubehandlet utløpsvann resirkuleres til vanninntaket, transport og blanding av eggbatcher, flytting og blanding av fisk fra ulike enheter, fôring med levende zooplankton og andre tvilsomme rutiner gir et økt smittepress. En strategi for å bekjempe smittsomme sykdommer må være basert på grundig kunnskap om epidemiologien til de enkelte agens, for så å kunne etablere smittebarrierer.

Vaksiner har vært en av hovedforutsetningene for utviklingen av laksenæringen, og det er all grunn til å tro at så vil være tilfelle også i kveiteoppdrett. Også innen vaksineutvikling blir molekylærbiologiske metoder stadig viktigere. Avanserte konsepter som opprinnelig ble utviklet for humanmedisinske formål blir nå tatt i bruk innenfor fiske- og dyrehelse. Såkalte rekombinante vaksiner mot virus, der bakterier ved hjelp av avansert DNA-teknologi blir benyttet til å produsere tilstrekkelige mengder av virusprotein, har gitt lovende resultater mot IPN hos laks. Tilsvarende teknologi kan forventes å gi resultater hos marine oppdrettsarter.

Det arbeides med utvikling av tilsvarende vaksiner mot VER.

Såkalte DNA-vaksiner, der gener fra virus eller bakterier blir uttrykt i muskelvev hos dyr, representerer også store muligheter, spesielt med tanke på immunisering av stamfisk. Sikkerhet og effekt av slike vaksinekonsepter blir evaluert videre.

Probiotika, der gunstige bakterier tilsettes miljøet som en motvekt mot sykdomsframkallende bakterier, kan være et interessant sykdomsforebyggende tiltak ved fiskens tidlige livsstadier.

Effektiv desinfeksjon av inntaksvann i yngeloppdrett har lenge vært et ønske. Bestråling av sjøvann med ultrafiolett (UV) lys, en metode som benyttes i stor utstrekning i lakseoppdrettsnæringen, har trolig liten effekt på robuste virus som nodavirus. UV-lys har også andre svakheter og ulemper. Behandling av ferskvann med ozon har en tid vært benyttet med hell i smoltoppdrett. Ozonering av sjøvann gir derimot opphav til giftige frie radikaler, da sjøvann inneholder en rekke ulike grunnstoffer og kjemiske forbindelser. Direkte bruk av ozonert sjøvann er derfor svært giftig og vil drepe fisken. Ozonbehandling av sjøvann med etterbehandling med thiosulfat er blitt prøvd ut med tilsynelatende gode resultater på et kveiteyngelanlegg i 2000. Ozonbehandling av sjøvann er komplisert, og mange

problemstillinger gjenstår å løse.

Ozonert sjøvann brukes nå også til overflatedesinfeksjon av rogn, da forskningsresultater har vist at ozon gir høy grad av inaktivering av nodavirus. I denne prosessen blir det ozonerte sjøvannet brukt direkte på eggene, for deretter å bli grundig vasket med avgiftet vann.

Tradisjonell eggdesinfeksjon med aldehyder, som formalin og glutardialdehyd, gir god effekt mot bakterier, men har i liten grad virkning mot viruspartikler. Siden vasking av egg med ozonert sjøvann ble implementert i de fleste kveiteklekkeriene i 2000, kan dette være en medvirkende årsak til at det ikke ble registrert noen vesentlig dødelighet på grunn av VER dette året.

For å unngå introduksjon av alvorlig smitte til marine oppdrettsanlegg, bør en straks finne midler til å unngå føring av stamfisk med fersk eller frossen fisk.

Asking fish larvae what they see and smell

Howard Browman, Havforskningsinstituttet

In order to design an adequate rearing environment for fish larvae, we must first know details of their fundamental biology and ecology: their sensory abilities (particularly vision and olfaction, since their feeding behaviour is guided primarily by these two senses), their behaviour under different rearing conditions, and also how both of these change with size and developmental state. Until recently, this kind of information was extremely difficult (sometimes impossible) to obtain, and it was always time-consuming to generate.

The kinds of questions which we must ask, and answer, before attempting to develop husbandry protocols for a marine fish (or invertebrate) species are, for example:

- What can fishes see (light intensity and quality, imaging of prey and feed particles, etc.) at different life stages? This knowledge can be used to optimize the lighting conditions under which fishes are raised. Even small changes in light intensity and quality can have significant effects on the feeding behaviour, and therefore survivorship and growth, of fish larvae. Despite this, the choice of light environment for rearing has, with few exceptions, been little more than guesswork.
- What can fishes smell at different life stages and do they “prefer” some odours (e.g. exudates of specific prey) over others? Can such odours be used to enhance feeding rates? Virtually nothing is known of the olfactory abilities of fish larvae nor of its role in feeding. In fact, only a handful of such studies exist for fishes, and that work has been mostly on salmonids, which do not have a true larval period.
- At low light intensities (or total darkness) what role, if any, does mechanoreception play in feeding? How might fish abundance in rearing systems affect processing of mechanosensory information and does this affect feeding performance? Although there is some knowledge of these questions for juvenile and adult fishes, virtually nothing is known for fish larvae. And certainly

nothing in the context of aquaculture rearing systems.

- What roles do container size and colour, water movement, temperature, salinity etc., play in feeding behaviour? Although these issues have been examined separately, their interaction has not been rigorously investigated.
- What prey characteristics (e.g. size, colour, movement pattern, odour, consistency) determine food preferences of fishes at different life stages?

These are only a small subset of the questions that remain to be addressed, inside or outside of an aquaculture context. To increase the probability of successfully developing a species for commercial production, we must be able to systematically address these types of questions, from first principles.

A unique approach to answering these questions at Austevoll Aquaculture Research Station

The first principles approach requires an ability to collect information on the fundamental biology and life support requirements of organisms targeted for aquaculture. Thus, our work brings together several modern biomedical and ethological techniques in order to more rapidly and accurately generate the kinds of information that are essential to the planning and implementation of husbandry protocols for marine fish (or invertebrate) species targeted for commercial production.

The basis for the utility of these techniques is that they all allow the researcher to ask questions of organisms which cannot communicate with us verbally.

Techniques to Study Behaviour: Silhouette Imaging and Motion Analysis

Silhouette video-based three dimensional motion tracking and move path analysis allows detailed observations of the reactions of aquatic organisms to different environmental conditions. This type of analysis provides us with information on overall activity, swimming patterns, foraging and prey



Figur 1 Silhouette video photography system (SVP) used to make behavioural observation of fish larvae. Light from a 1-kW Xenon arc lamp (not shown) is focussed onto the aperture of a UV-visible liquid light guide (O) and passes through various optical components in a filter holder (F) before reaching the test aquarium (A) in which the animals are freely swimming in 12 l of sea water. The aquarium (30 cm square) is located at the intersection of two 3 m long optical rails. Each rail supports a far-red light emitting diode (D) placed at the focal point of a 14.5 cm diameter biconvex collimating lens (L), and a video camera (C) to image the shadows projected by the collimated beam that passes through the aquarium. Also shown are the lasers (Ar) that are used to align all of the optical components on the rails prior to a given set of experiments. The red spot at the far end of one of the rails is the light emitted by the diode.

search behaviours. All of these are directly relevant, and of great importance, in developing appropriate rearing environments. Such observations can be used very effectively in order to evaluate different combinations of rearing conditions.

Other Applications of the Approach

This instrumentation and approach can be applied to any group of organisms, invertebrate or vertebrate, for which this kind of information might be useful. For example,

- (1) little is known about the responses of salmon lice (free-swimming stages of the life history) to various stimuli, visual, olfactory or tactile – all stimuli that might be important in host-finding. The instrumentation and approach we propose is ideally suited to obtaining such information and to determining how it might be used to ameliorate the salmon lice pest problem on farms. If we can determine the spectral sensitivity of the salmon lice eye, it might be possible to develop a light trap that would attract their free-swimming stages in sea pens thereby at least reducing the number of lice present to infect fish;
- (2) thyroid hormones are directly involved in several key physiological processes at certain times during the life of fishes. They are, for example, associated with metamorphosis and with the significant changes in the visual system that occur during this transformation. The instrumentation that we will develop can be used to measure these changes and to assess how we might change the rearing environment in consequence;
- (3) the effects of environmental pollutants on the physiological responses of fish larvae, juveniles or adults, can also be assessed using these techniques. We could, for example, measure changes in central nervous system function and in swimming behaviour in larvae exposed to various pollutants.

Intensiv produksjon av torsk yngel

Terje van der Meeren, Havforskningsinstituttet

En forutsetning for et fremtidig oppdrett av torsk i stor skala er god tilgang på yngel. Til nå har metodene for dette vært produksjon av yngel i ekstensive systemer (direkte i poller) og semi-intensive systemer (store kar eller poser knyttet til en poll). I tillegg har det også vært fanget inn villyngel fra sjøen som er blitt satt i oppdrett. I løpet av 2000 har interessen for oppdrett av torsk økt kraftig, samtidig med at det ikke lenger er tillatt å fange inn yngel fra sjøen. Gode priser på torsk samt krav om tilgang på kunstig klekket yngel for å få eller opprettholde en marin matfisk-konsesjon, har ført til stor interesse for yngelproduksjon av torsk. I en fremtidig storskala industriell produksjon av torsk, vil ekstensive og semi-intensive metoder trolig ikke kunne dekke behovet for torsk yngel og vil derfor kun være et supplement til en intensiv yngelproduksjon. Den viktigste årsak til dette er at produksjon knyttet til poller temperaturmessig er begrenset til en sesong med utbytte på maksimalt 200.000-500.000 yngel pr. anlegg. Variasjonen kan være stor mellom ulike år, først og fremst grunnet naturlige og ukontrollerbare variasjoner i pollenes planktonproduksjon.

Intensiv yngelproduksjon av marine arter er en stor suksess for seabass og sea bream i Middelhavsområdet. Her foregår produksjonen kontinuerlig og uavhengig av årstid, og stamfiskens gyting styres ved bruk av lys for å forskyve årstiden. Tilsvarende forsøk ble utført ved Havforskningsinstituttet, Austevoll havbruksstasjon i 1994-1995. Disse viste at gytetidspunktet er enkelt å forskyve hos torsk. Nye forsøk med gytetidsforskyving er utført i 2000, med vekt på å vurdere eggene og larvenes kvalitet. Bruk av tilleggslys i september utendørs i merd frem til februar, da fisken ble tatt inn og satt på seks måneders forskjøvet årssyklus, førte til gyting i perioden juli-november. Et tilsvarende lysregime med unntak av tilleggslys i merd førte først til en naturlig vårgyting i perioden februar-mai, og siden kom en ny gytperiode som startet i september. Fekunditeten var lik mellom vår- og høstgytere (ca. 900.000 egg pr. kg hunnfisk ved starten av gytingen).

Resultatet fra disse forsøkene viser også at temperatur påvirker kvaliteten på gytingen. Høy temperatur ($>10^{\circ}\text{C}$) fører til redusert befruktning. I tillegg vil egg som er befruktet ved høy temperatur ha en større grad av feilutvikling og større dødelighet.



Ut fra data på temperatur langs norskekysten settes det derfor begrensninger på hvor grunt et vanninntak til et helårlig intensivt yngelanlegg bør ligge uten at vannet til stamfiskene i perioder må kjøles. Fra Vest-Agder til Finnmark varierer denne dybden fra 125 m i syd til 25 m i nord, basert på langtids månedlig middeltemperatur pluss standardavvik i perioden før 1993. Med utgangspunkt i enkeltobservasjoner de siste fem år er tilsvarende dybder 250 m i Vest-Agder og 30 m i Finnmark.

En del egg-grupper fra høstgytingen ved Austevoll havbruksstasjon ble inkubert og klekket. Larvene ble startfôret i 0,5 og 1,5 m³ kar. Kun den intensive metoden med rotatorier og Artemia som fôr ble benyttet. Videre ble det brukt "grøntvann" med kontinuerlig tilførsel av alger (Isocrysis) i rotatoriefasen som varte fra tre til fire uker. Overlevelsen i en del av forsøkene var svært god (opp mot 50 % de første syv ukene etter klekking). Larvene var da ca. 15 mm lange. Tettheten i karene på dette tidspunktet har vært opp i 15 larver pr. liter, noe som er svært lovende for en oppskalering av produksjonen. Det er også utført intensivt oppdrett uten omfattende bruk av alger. Resultatene fra disse karene er lovende, med opp til 29 % overlevelse helt uten bruk av alger

til dag 45 etter klekking. Tettheten var da 10 larver pr. liter av 12-15 mm størrelse. Resultatene tyder på at alger kanskje ikke trengs i det hele tatt, eller i verste fall kan begrenses til den første uken etter startfôring.

I alt er det produsert anslagsvis 70.000 yngel frem til 15 mm-stadiet ved Austevoll havbruksstasjon høsten 2000. Den første gruppen ble tilvendt formulert fôr med overlevelse på 80 % frem til ca 5 cm lengde. Flere oppdrettere har også produsert noen titusener torskelyngel i 2000 ved bruk av den intensive metoden.

Erfaringene fra høstproduksjonen ved Austevoll havbruksstasjon har også vist at yngelen var særlig utsatt for dødelighet når tilvenning til formulert fôr startet rundt dag 60 etter klekking. Noe av denne dødeligheten kan trolig tilskrives overmetning av nitrogengass, da torskene ser ut til å være svært følsom for dette. Andre viktige faktorer er god vannkvalitet med hensyn til organisk belastning (effektiv fjerning av fôrrester og fekalier) og god fôrtilgang. Kombinasjoner av levende fôr (*Artemia*) og formulert fôr kan være gunstig. Bruk av overflaterensing ("luftskimmer") er også anbefalt for å fjerne fetthinnen som raskt dannes ved bruk av formulert fôr.

Resultatene viser at det trolig kan produseres godt over en million 15 mm-yngel årlig i et intensivt anlegg. Utvikling av sikre metoder som fører til



god overlevelse gjennom tilvenningen til formulert fôr og i tidlig yngelfase er nødvendig for at store anlegg også kan bringe 15-mm yngelen frem til salgbar størrelse. Spesielt vil teknologi for karrensing og skånsom yngelsortering være viktig. Et annet moment er at intensiv produksjon bør gjøre seg uavhengig av *Artemia* som levendefôr. Tilgangen og pris på *Artemia* vil kunne variere mye, da dette er et byttedyr som opprinnelig er høstet inn fra naturen. Tidlig tilvenning til formulert fôr er derfor et viktig område for forskningen. For å ha full lokal kontroll med alle ledd i yngelproduksjonen bør larvene i fremtiden startfôres på rotatorier med overgang til formulert fôr mellom to-fire uker etter klekking. Også bruk av alger kan kanskje rasjonaliseres vekk. Pilotforsøk ved Austevoll havbruksstasjon høsten 2000 viser rimelig god overlevelse gjennom larvefasen uten bruk av alger.

Produksjon og bruk av Artemia til startfôring av kveitelarver

Jan Ove Evjemo, Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (NTNU)

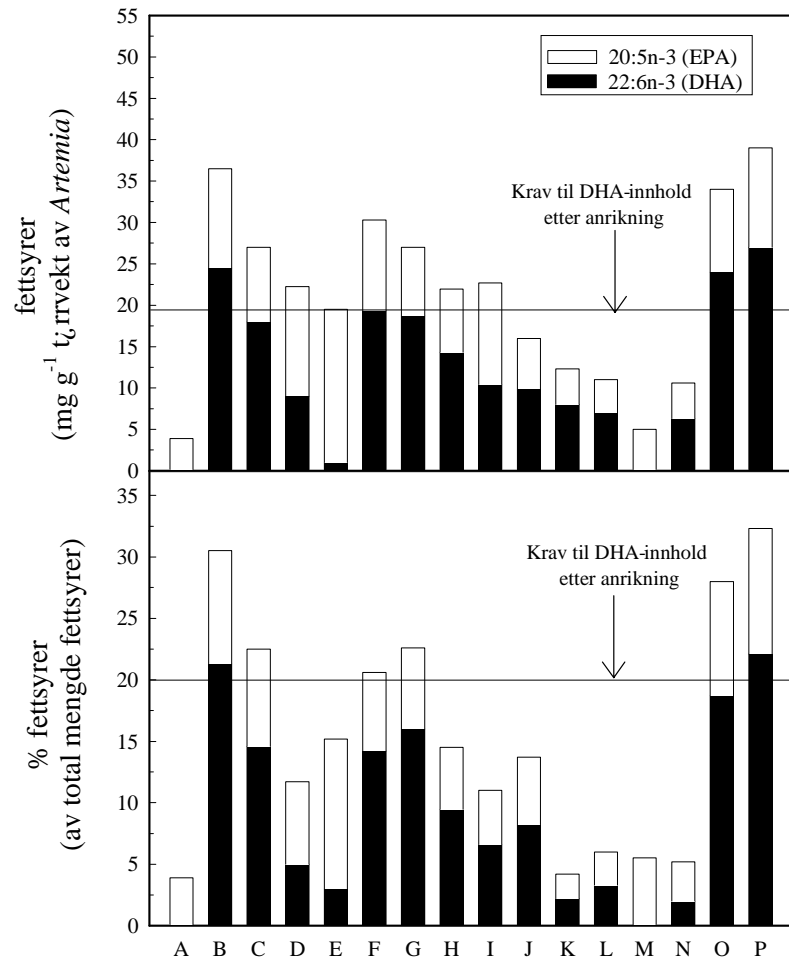
Startfôring av marin fiskeyngel kan fremdeles betraktes som en av flaskehalsene innen kommersiell yngelproduksjon. Denne fasen av produksjonen karakteriseres ofte av høy dødelighet på fisken samtidig som produsentene investerer store ressurser til innsamling av levende zooplankton og produksjon av levende fôrorganismer som Artemia. I motsetning til laks, som kan fôres med formulert fôr fra første dag av startfôringsperioden, er torsk og kveitelarver helt avhengige av levende fôrorganismer en periode før de gradvis går over til formulerte fôrtyper.

Artemia er den mest benyttede levende fôrorganismen. Den benyttes i dag til produksjon av over 40 ulike marine fiskearter og krepsdyr rundt omkring i verden. Årsaken til at bruken av *Artemia* er blitt så omfattende er tilgjengeligheten av *Artemia*-cyster (hvile-egg), som er en kommersiell vare, og som klekkes når behovet er til stede for levende fôrorganismer. En annen viktig årsak er at denne organismen kan dyrkes ved høye tettheter.

Ved SINTEF Havbrukscenteret ble det på nittitallet utviklet metoder for intensiv *Artemia*-produksjon til startfôring av våre marine fiskelarver. Ulike anrikningsemulsjoner ble utprøvd, ulike *Artemia*-stammer sammenlignet, stabilitet av næringsverdi ble bestemt, oppskalering av produksjonsprosessen ble gjennomført, og det ble gjort forsøk med å videredyrke *Artemia* for å produsere en større fôrorganisme spesielt for kveite. Mye av arbeidet ble konsentrert omkring fetttsyresammensetningen i *Artemia*, og spesielt innholdet av de essensielle flerumettede fetttsyrene DHA og EPA (dokosaheksaen-syre (DHA, 22:6n-3) og eikosapentaen-syre (EPA, 20:5n-3)). På grunnlag av disse resultatene ble det konkludert med at DHA-innholdet i *Artemia* etter anrikning burde ligge mellom 18 og 25 mg DHA/g tørrvekt, og at DHA skulle utgjøre minimum 20 % av totalmengden fettstyrer. Forholdet mellom DHA og EPA burde ligge mellom 1 og 2. Dette er ofte blitt brukt som et kriterium for å beskrive næringsverdien i *Artemia*. Disse

verdiene ble også vurdert ut fra analyser av fetttsyresammensetning og DHA-innholdet i naturlig zooplankton (hovedsakelig copepoder), som trolig utgjør en betydelig del av fiskens naturlige føde i den pelagiske næringskjeden, og som derfor kan antas å ha en optimalt ernæringsmessig sammensetning for fiskelarvene.

De kommersielle *Artemia*-stammene/artene som brukes til startfôring av marine fiskelarver inneholder ikke DHA, og har kun lave og varierende konsentrasjoner av andre flerumettede n-3 fettstyrer som regnes som essensielle for marine fiskelarver. Mange studier har vist at DHA er en meget viktig komponent i dietten til marine fiskelarver, konsentrasjoner av denne fettstyren gir dårlig pigmentering, redusert overlevelse og ufullstendig metamorfose av yngel. Det er derfor helt nødvendig at *Artemia* anrikes (fôres) med emulgerte lipider for å få en akkumulering av disse fettstyrene før den utfôres til fiskelarver. De kommersielle anrikningsproduktene inneholder varierende mengder av DHA og EPA og etter anrikning vil fetttsyresammensetningen i *Artemia* være sterkt influert av fetttsyresammensetningen i anrikningsmediet. Innholdet av DHA og EPA utgjør ofte mer enn 30 % av totalmengden fettstyrer, og det er spesielt viktig at innholdet av DHA er høyt i *Artemia* etter anrikning. Denne delen av *Artemia*-produksjonen må gjøres etter nøye kontrollerte prosedyrer, for å sikre optimal næringsverdi. Bruk av eksperimentelle emulsjoner har vist at DHA-innholdet i *Artemia*, i løpet av en standard 24 timers anrikningsperiode, kan bli relativt høyt og betydelig høyere enn det som finnes i de marine copepodene, forutsatt at anrikningsmediet har høy konsentrasjon av denne fettstyren. Dette er viktig fordi *Artemia* selektivt omdanner DHA til EPA både under og etter anrikning, noe som resulterer i en nedgang av DHA-innholdet i *Artemia* etter anrikning. Denne prosessen er temperaturavhengig, og forsøk med anriket *Artemia* som er blitt sultet har vist at DHA-mengden kan bli redusert med 50 % i løpet av 24 timer dersom temperaturen er 11-13°C. Ved temperaturer opp mot 30°C kan DHA-mengden bli redusert med over 90 % i løpet



Figur 1 Innhold av de essensielle flerumettede fettsyrene DHA og EPA i *Artemia* som er blitt anrikt med emulgerte lipider (anrikningsemulsjoner) ved ulike yngelanlegg og forskningsinstitusjoner i Norge (A – P). I, viser absolutt fordeling av DHA og EPA (mg av DHA og EPA g⁻¹ tørrvekt av *Artemia*) og II, relativ fordeling (% av total mengde fettsyrer) av DHA og EPA. Verdi A viser *Artemia* som ikke er anrikt (nyklekte *Artemia* nauplier), og som dermed ikke inneholder DHA (kun EPA), mens neste punkt (B) viser samme *Artemia* etter anrikning (standard ved SINTEF/NTNU.)

The content of the polyunsaturated fatty acids EPA and DHA in Artemia enriched with emulgated lipids (enrichment emulsions) at different hatcheries and research institutions in Norway (A-P). I shows the absolute content of DHA and EPA (mg g⁻¹ dry weight of Artemia) and II their relative content (% of the fatty acids). Value A shows Artemia that has not been enriched (newly hatched nauplii) and that do not contain DHA (only EPA). Value B shows Artemia following enrichment (standard procedure at SINTEF/NTNU).

av et døgn. For i størst mulig grad å redusere denne effekten er det viktig at *Artemia* blir utført til fiskelarvene rett etter anrikning. Dersom dette ikke passer inn i den daglige driften/rutinene, må *Artemia* oppbevares ved lave temperaturer (6-8°C) for å redusere nedgangen av DHA. Videre er det viktig å etablere fôringsrutiner som bidrar til at oppholdstiden for *Artemia* i fiskekarene reduseres. Lang oppholdstid bidrar til at *Artemia* sultes og DHA-innholdet reduseres. Ulike *Artemia*-arter/stammer er blitt sammenlignet for å se om alle har denne egenskapen. Til nå er det funnet en

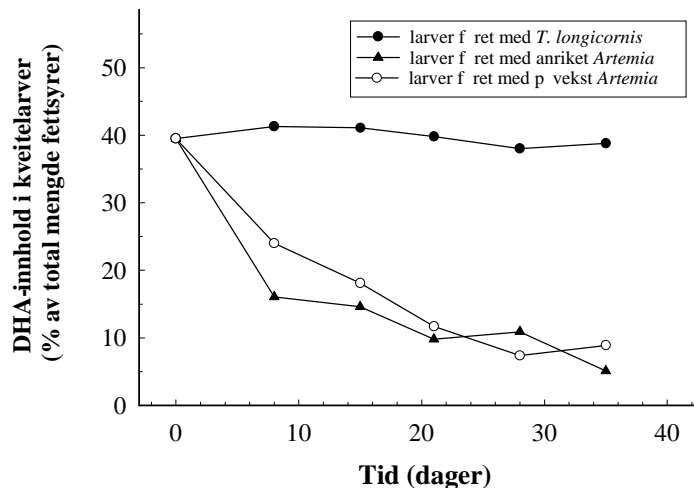
Artemia-stamme som opprettholder et relativt stabilt DHA-nivå etter anrikning. Denne stammen er ikke kommersielt tilgjengelig.

Analyser gjennomført ved SINTEF/NTNU av lipid- og fettsyresammensetningen i *Artemia* produsert ved ulike marine yngelanlegg her i landet, viste at det kun var i to av ti tilfeller at *Artemia* hadde en tilfredsstillende næringsverdi. Innholdet av de essensielle fettsyrene, DHA og EPA, var generelt for lavt. I flere tilfeller ble det ikke funnet DHA i anrikt *Artemia* (Figur 1). En av hovedårsakene

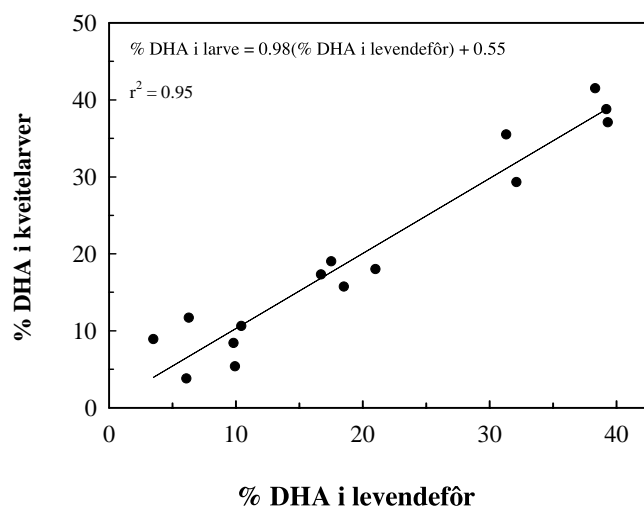
til dette kan være at *Artemia*-produksjonen ikke blir gitt høy nok prioritet. Man får ofte inntrykk av at så lenge *Artemia*'en svømmer, tror de fleste at den er et tilfredsstillende fôr til fisken. Dette er helt feil fordi det er den ernæringsmessige sammensetningen som avgjør hvordan fiskeyngelen vokser og utvikler seg. Fiskelarvene er svært følsomme i denne perioden, og det er meget viktig at de føres med en levendefôrorganisme som har høy næringsverdi. De fleste yngelprodusenter som skal bestille kommersielt fôr til sin fisk er interessert i hvordan fôret er sammensatt (protein, lipid, vitaminer etc.). Når det gjelder *Artemia* er det imidlertid svært liten kontroll med hensyn til innholdet av viktige næringskomponenter.

Figur 1 viser DHA- og EPA-innholdet i *Artemia* sp. fra flere ulike anlegg (A-P). Årsakene til de dårlige og svært varierende resultatene kan være for lav eller høy temperatur i dyrkningstankene, lave konsentrasjoner av fôrpartikler, dårlig oksygenering i dyrkningsperioden, for lav pH i anrikningsmediet (vannet i dyrkningstanken) eller feil dekkapsulering av cystene som gjør at *Artemia* sp. dør enten i samband med anrikning eller etter en tid i fiskekarene. Feil lagring av *Artemia*-cyster og dermed dårlig kvalitet på naupliene og feil lagring av anrikningsmediet (oksidasjon/harskning), kan også være årsak til lavt fødeopptak og lav akkumulering av de essensielle fettsyrene i *Artemia*. Det samme gjelder dårlig hygiene og høy bakteriell belastning i dyrkningskarene.

En annen viktig årsak til lav næringsverdi i anriket *Artemia* er valget av emulsjon. De fleste kommersielle emulsjonene er universelle, det vil si at de er produsert for *Artemia* som anrikes og senere føres ut til fiskelarver som kommer fra både varme og kalde farvann. Det er innlysende at marine varmtvannsarter har helt andre ernæringsmessige krav enn hva som er tilfellet med våre marine kaldtvannsarter. Det er til nå ikke produsert anrikings-emulsjoner som er beregnet for *Artemia* som skal utføres til marine kaldtvannsarter. En slik emulsjon bør ha en annen fettsyreprofil, det vil si at den må ha et annet innhold av og forhold mellom de essensielle flerumettede fettsyrene DHA og EPA enn dagens kommersielle emulsjoner. Fettsyreanalyser av ulike levendefôrorganismer som har blitt brukt



Figur 2 Relativt DHA-innhold (% av total mengde fettsyrer) i tre grupper med kveitelarver som enten ble fôret med *Artemia* eller copepoden *T. longicornis*. Relative DHA content (% of total fatty acids) in three groups of halibut larvae fed either *Artemia* or the copepod *T. longicornis*.



Figur 3 Sammenheng mellom relativt DHA-innhold (% av total mengde fettsyrer) i ulike organismer som er blitt brukt som levendefôr til kveitelarver, og i larvene etter en fôringsperiode på mellom 28 og 36 dager. The relation between dietary DHA content (% of fatty acids) in various live prey organisms and halibut larvae after a feeding period of 28-36 days.

til startfôring av kveitelarver har vist et relativt høyt innhold av DHA i de marine copepodene, *Temora longicornis* (30 – 38 %) og raudåte (*Calanus finmarchicus*) (20 – 30 %), og noe lavere og langt mer varierende innhold i *Artemia*. Dette skyldes som nevnt tidligere ulik kjemisk sammensetning av anrikningsmedier, og ulik og varierende anrikning slik som resultatene i Figur 1 viser.

Startfôringsforsøk med kveitelaver har vist at mengden DHA i levendefôret (% av total mengde fettsyrer) i stor grad påvirker DHA-nivået i kveitelarvene. Høy konsentrasjon av DHA i levendefôret gir høy konsentrasjon av DHA i fisken og vice versa. Dette er vist i Figur 2 der ulike grupper med kveitelarver er blitt fôret enten med *Artemia* eller copepoden *T. longicornis* i løpet av en periode på 35 dager. Analyser av fettsyresammensetningen i de to levendefôrorganismene viste at DHA-mengden utgjorde henholdsvis 10 – 12% og 34 – 38% av totalmengden fettsyrer. Dette medførte at larvegruppen som ble fôret med *T. longicornis* opprettholdt det relativt høye DHA-nivået de hadde ved dag 0 (første dag av startfôringsperioden) gjennom hele forsøksperioden, mens gruppene som ble fôret med *Artemia* fikk et betydelig lavere innhold av DHA allerede etter 8 dager. Ved forsøkets avslutning utgjorde det relative DHA-innholdet i kveitelarvene som var blitt fôret med *Artemia* 5 – 8 % av totalmengden fettsyrer. Denne nedgangen kunne vært redusert ved at det hadde blitt brukt *Artemia* med langt høyere næringsverdi.

Sammenhengen mellom det relative DHA-innholdet i forskjellige levendefôrorganismer som er blitt brukt til startfôring av kveitelarver og DHA-innholdet i larvene som har spist de respektive organismene er vist i Figur 3. Som nevnt tidligere har de marine copepodene et høyt DHA-innhold, og dette gir også høyt DHA-innhold i fiskelarvene

(> 30 % DHA av totalmengden fettsyrer). Det varierende DHA-innholdet i *Artemia* (3.5 – 21 % DHA av totalmengden fettsyrer) gir et svært varierende DHA-innhold i larvene, men det er allikevel en nær korrelasjon mellom DHA i *Artemia* og DHA-innholdet i larvene (Figur 3).

Karakteristisk for de larvene som har spist copepoder er at de blir normalt pigmenterte og fullstendig metamorfoserte. De larvegruppene som har fått *Artemia* med lav næringsverdi (DHA-innhold < 12 %) er i stor grad feilpigmenterte og ufullstendig metamorfoserte, men de viser ofte bedre vekst enn larver som er fôret med copepoder. Larver som er fôret med *Artemia* som har høyere næringsverdi (omkring 20 % DHA, Figur 3) er i langt større grad normalt pigmenterte og metamorfoserte, samtidig som de viser meget bra vekst. Dette betyr at fettsyreprofilen i *Artemia* kan manipuleres i en slik grad at den trolig kan imøtekomme kravene som kveitelarvene har til DHA, og at *Artemia* etter hvert kan tilpasses kveite som levendefôrorganisme. Det forutsetter imidlertid optimal anrikning av *Artemia* som bare kan oppnås dersom produksjonen av *Artemia* gjennomføres etter nøye kontrollerte prosedyrer med et egnet anrikningsmedium.

Utviklingen av en anrikningsemulsjon til *Artemia* som skal brukes som levendefôrorganisme til våre marine kaldtvannsarter vil ytterligere øke næringsverdien av *Artemia*. En optimal levendefôrorganisme vil dessuten bidra til å etablere en lønnsom, helårig forutsigbar produksjon av kveiteyngel. Flere gyteperioder i løpet av året er avhengig av intensiv produksjon av levende fôrorganismer til fiskelarvene. Dette er helt avgjørende, ikke bare fordi levende plankton fra sjøen er tilgjengelig en kort periode av året, men også fordi det kvantitative og kvalitative innholdet av det innsamlede planktonet kan variere i meget stor grad.

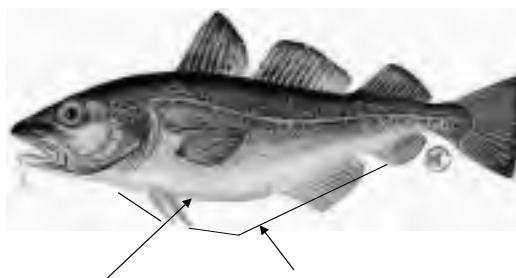
Hvordan føre oppdrettstorsk slik at den skal vokse hurtig og ikke bygge opp for stor lever?

Gro-Ingunn Hemre, Ragnar Nortvedt og Øyvind Lie, Fiskeridirektoratets ernæringsinstitutt
Kjartan Sandnes, SeaGrain AS, Austevoll

Torskeressursene er igjen under sterkt press, kvotene små, og markedet for torsk umettet. Dette gir seg utslag i gode priser og økt interesse for oppdrett. En tilsvarende situasjon opplevde vi på 80-tallet. Den gang ble det fra offentlig hold (Forskningsrådet) investert en del kroner i forskningsprosjekter, bl.a. for å optimalisere et effektivt og kostnadssvarende vekstfôr. Da utviklingen av torskefôr startet tok man utgangspunkt i laksefôr (1980-tall), som den gang fordelte seg med om lag like andeler protein og fett, og et karbohydratinnhold på ca. 10 % (energi på tørrstoffbasis). Selv om føret resulterte i god vekst, var det altfor fett, og torskene bygde opp enorme energilagre i lever. Leveren kunne utgjøre over 17 % av fiskevekten. Torskemuskelen var likevel mager, under 1 % fett, og uavhengig av førets fettinnhold.

Hvordan få en torsk med normal leverstørrelse, samtidig som man beholder en høy veksthastighet?

En rekke studier har vært gjennomført på fordøyelighet, lipolytisk aktivitet, behov for flerumettede fettsyrer (både n-6 og n-3), innbygging av disse fettsyrene i ulike organer, og måling av



Villtorsk:

3 - 7 % lever
25 - 40 % fett i lever
<1 % fett i filét
ca. 50 % filét

Oppdrettstorsk:

7 - 19 % lever avhengig av førfett
>50 % fett i lever
<1 % fett i filét
40 - 50 % filét

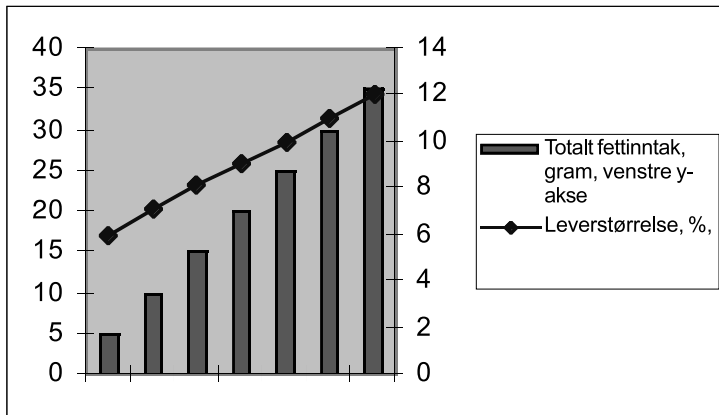
Figur 1 Sammenligning av villtorsk og oppdrettstorsk mht. leverstørrelse og fettdeponering (figuren er hentet fra heftet Fakta om fisk; Eksportutvalget for fisk med flere).
Wild and farmed cod; Farmed cod shows significantly higher liver somatic index additionally to higher liver lipid levels compared to wild cod.

Tabell 1 Leverindeks og % daglig tilvekst hos torsk føret med enten 15, 30, 45 eller 65 % fettenergi (energiverdi for fett er her satt til 38 kJ per gram).

Liver index and daily growth rate (%) in cod fed either 15, 30 45 or 65 % energy from lipid (energy value lipid=38 kJ per g). Lipid is given as a percentage of dry matter in left column parenthesis.

Fettenergi i føre, %
(g/100 g tørrstoff er
gitt i parentes)

Fettenergi i føre, % (g/100 g tørrstoff er gitt i parentes)	Leverstørrelse, % av hel fisk vekt	% daglig tilvekst
65 (39)	14	0,7
45 (25)	12	1,0
30 (15)	10	1,0
15 (6)	7	1,0



Figur 2 Venstre y-akse angir hvor mange gram fett oppdrettstorsken har spist (kolonner), mens høyre y-akse angir % lever (linje med merker). Fôringsforsøket varte i 60 dager. Left y-axis shows g lipid intake (columns), while right y-axis shows liver index (dotted line).

fettsyrenes betydning for torskens helse. Andre arbeider har vært konsentrert om fett som energikomponent i fôret, og hvordan fettnivået i fôret påvirker leverstørrelsen hos oppdrettstorsk. I figur 1 er det skissert typisk leverstørrelse og leversammensetning i en vill torsk kontra en oppdrettstorsk.

Figur 1 viser at den største forskjellen på vill og oppdrettet torsk forefinnes i mengde lever samt sammensetning av leveren, der oppdrettstorsken som regel både har større relativ andel lever og at leveren fra oppdrettstorsk inneholder mer fett. Fettets sammensetning i torskens lever gjenspeiler mye sammensetningen av fettene i fôret. Med det menes: fôres torsken med et høyt nivå av n-3 flerumettede fettsyrer (PUFA), vil man også finne

mye n-3 PUFA i leveren. Og selv om torskemuskelen er mager (<1 % fett), vil det i fettene som finnes der (membranfett) også finnes høye andeler n-3 PUFA om man fôrer torsken med høye andeler flerumettede fettsyrer. I tabell 1 er det gitt resultater som viser hvordan fôrets totale fettinnhold påvirker vekst og leverstørrelse hos torsk som vokste fra ca. 180 gram til 300 gram i løpet av 60 dager. Resultatene er fremkommet etter fôring med et mykfôr sammensatt som vist i kolonne 1. Leveren responderte ganske raskt på fôrets fettinnhold.

Resultatene viser en klar sammenheng mellom fettenergi i fôret og leverindeks. I tillegg resulterte det fetteste fôret (tilsvarende sammensetning som et høyenergi laksefôr anno 2000) i en redusert tilvekst. Fisken i forsøket var fôret en gang om dagen, fem dager i uken, til metthet.

Figur 2 viser igjen en klar sammenheng mellom fettinntak og deponering av fett i lever, her vist som økt leverstørrelse med økt fettinntak. Resultatene fra forsøk vist i tabell 1 og forsøk vist i figur 2 tilsier at torsken ikke bør fôres med fôr inneholdende mer enn 45 % fettenergi (25 % fett, gram av tørrstoff) dersom leveren ikke skal bli for stor. Opp til dette nivået har derfor fett en reell proteinsparende effekt. Resultatene gjelder for ca. 300 grams torsk.

Fôringsregime påvirker også vekst og leverstørrelse

I regi av NFFR*-prosjektet "Fôroptimalisering til oppdrettstorsk" på 80-tallet ble det gjennomført en rekke forsøk for å undersøke effekten av fôringshyppighet, rasjonsstørrelse og fôrsammensetning på fiskens vekst og leverutvikling (*NFFR=Norges

Tabell 2 Sammenheng mellom fôringsfrekvens og veksthastighet, energiutnyttelse og leverstørrelse hos torsk (100-200 gram). Feeding frequency and growth rate, energy utilisation and liver index in cod subjected to different feeding regimes.

	Fôringsfrekvens			
	2 ganger daglig	1 gang daglig	Annehver dag	Hver 4. dag
Vekst, % per dag	0,63	0,62	0,59	0,47
KJ spist/gram tilvekst	26,7	21,3	20,9	19,6
Leverprosent	11,9	12,7	11,3	9,5

Tabell 3 Sammenheng mellom veksthastighet og leverstørrelse hos torsk gitt ulike rasjoner, rasjonsstørrelse er basert på metthet=100%.
Daily growth rate (%) vs. liver index in cod fed different rations, where ration is calculated from "metthet=100".

	Metthet	Rasjon		
		75% av metthet	50% av metthet	25% av metthet
Vekst, % per dag	0,84	0,72	0,51	0,13
Leverprosent	11,5	10,6	8,4	6,2

fiskeriforskningsråd, nå en del av Norges forskningsråd). Ettersom lagring av fett i leveren er et uttrykk for at energiinntaket er større enn energiforbruket, var det naturlig å undersøke hvorvidt en reduksjon i fôrintaket ville forbedre forholdet mellom muskelvekst og levervekst til fordel for muskelveksten. En reduksjon i fôrintaket kan gjennomføres enten ved å redusere fôringsfrekvensen eller å redusere mengde fôr ved hver utfôring (reduisert rasjon). I tabellene 2 og 3 er det vist resultater fra forsøk over to måneder med varierende fôringsfrekvens og rasjonsstørrelse (Lied, Lie og Lambertsen, *Norsk Fiskeoppdrett 6/1989*). Forsøkene ble utført i 350 L akvarier og med en vanntemperatur på 8-9°C, og med torsk i størrelsen fra 100 - 200 gram. Torsk gitt ulikt fôringsregime (frekvens) varierende fra to ganger daglig til en gang daglig, annenhver dag og hver 4. dag, ble fôret til metthet ved hver fôring, mens fisk i rasjonsforsøket fikk varierende fôrmengde ved hver fôring; til metthet, 75 % av metthet, 50 % og 25 % av metthet. Fordeling mellom hovednæringsstoffene var 45 % proteinenergi, 45 % fettenergi og 10 % karbohydratenergi, og fôret var av type mykfôr.

Som det fremgår av tabell 2 fant man liten forskjell i veksthastighet mellom gruppene fôret annenhver, hver og to ganger daglig. Innenfor disse gruppene var leverindeksen lavest hos torsken som var fôret annenhver dag. Torsken som var fôret annenhver dag trengte kun 20,9 KJ energi per gram tilvekst, mens torsken fôret to ganger daglig trengte 26,7 KJ/gram tilvekst. Dette utgjør en forskjell i fôrbehov per tilvekstenhet på 22 %, altså 22 % dårligere fôrutnyttelse med for hyppig fôring. Fôring hver 4. dag gav en reduksjon i veksthastighet, og samtidig en lavere leverindeks. En reduksjon i mengde fôr per dag (fôr-rasjonsforsøket vist i tabell 3) medfører en reduksjon i torskens veksthastighet. Fisk fôret til metthet (maksimalt fôrintak) har en klart høyere veksthastighet enn fisk fôret med rasjoner tilsvarende 75 % og 50 % av maksimalt fôrintak. En ser en klar sammenheng mellom leverutviklingen og rasjonsstørrelsen med høyest leverindeks hos fisk som blir fôret til metthet. Torsk fôret en rasjon tilsvarende 25 % av det maksimale inntaket vokste svært sent (0,13 % daglig tilvekst), og hadde en lavere leverindeks ved slutt enn ved start av forsøket (start = 7 % lever), dvs. ved så lav rasjon har fisken forbrukt fettreserver fra

Tabell 4 Effekt av varierende innhold av energi fra protein og fett i fôret i forhold til veksthastighet, energiutnyttelse, leverstørrelse og proteinretensjon (PPV) hos torsk.
Daily growth rate (%), liver index, energy utilisation and protein retention in cod fed different ratios of protein and lipid.

	Fôrsammensetning (protein-/fett-/karbohydratenergi)		
	41/47/12	56/29/15	75/11/14
Vekst, % per dag	0,9	1,0	0,9
Leverprosent	11,9	9,7	7,3
kJ inntak/gram tilvekst	5,6	14,7	12,8
PPV * 100 (% retinert protein)	27	28	19

lever, men likevel økt helfisk-vekt (mest sannsynlig muskelmasse).

Sammenstillers man forsøksresultatene fra flere forsøk gjort i det ovennevnte NFFR-prosjekt, kan man konkludere med at torsk har lav evne til å utnytte fettenergi (sammenlignet med laks). Fører man torsken med et for fett fôr, vil dette hovedsakelig resultere i økt levervekt, uten en forbedret vekst eller fôrutnyttelse. Lange intervaller mellom fôringene alternativt til reduserte rasjoner vil gi et gunstigere forhold mellom muskelvekst og levervekst. Det maksimale utbyttet syntes å komme ved fôring til metthet annenhver dag, og med et fôr inneholdende ca. 25 % fett (av tørrstoff).

Torskens behov for protein

Generelt har fisk et høyt proteinbehov i forhold til de fleste landlevende dyr, noe som antas å komme av at fisken i større grad er "avhengig" av protein og aminosyrer som energikilde. Forsøk har vist at i fôr til torsk bør 55 % av energien komme fra protein (vanntemperaturer på 8°C). Reduseres proteininnholdet vil dette resultere i lavere vekst, men ikke i lavere proteinretensjon (målt som "protein productive value"; PPV, dvs. proteinlagring i fisken relativt til mengde protein spist).

I forsøkene fra tabell 4 (hentet fra Lie, Lied & Lambertsen 1988, *Aquaculture* 69, 333-341) var proteinretensjonen relativt lav (27-28 %), og ingen negativ effekt var funnet ved å øke proteininnholdet fra 41 energiprosent til 56 energi-

prosent på proteinutnyttelse. Imidlertid viste torsk gitt 56 energiprosent protein hele 10 % bedre vekst enn torsken gitt det laveste proteinnivået. Økning av proteinmengden i fôret utover dette (75 energiprosent-gruppen) hadde imidlertid mye dårligere proteinutnyttelse, men samme vekst, som gruppen gitt 41 energiprosent fra protein. Den relative leverstørrelsen varierte avhengig av fôrets innhold av fett. Tilsvarende resultater ble rapportert fra Jobling og medarbeidere i *Norsk Fiskeoppdrett*, nr. 8, 1990.

Kan smak ha betydning for fôrutnyttelse og vekst hos torsk?

For flere arter er det fastslått at fôrets smakelighet påvirker ikke bare appetitt og fôrinntak, men også proteinutnyttelsen (retensjon) hos fisk. For å finne hvorvidt torsken fikk stimulert appetitt, fôr- og proteinutnyttelse avhengig av hvilke smaksråstoffer fôret var basert på, ble det laget mykfôr basert enten på seifilét som eneste proteinkilde, eller 90 % sei + 10 % reke, 90 % sei + 10 % akkar, eller akkar som eneste proteinkilde og fôret til torsk i et åtte ukers forsøk. Samme proteinnivå ble brukt i alle fôr. Tabell 5 viser resultatene fra dette forsøket. Fisken var ca. 290 gram ved forsøkets start.

Resultatene viser at man får økt fôrinntak og samtidig forbedret proteinutnyttelse ved smaksforbedringer av fôret. De beste resultatene ble oppnådd ved akkartilsetning. Sammenligner vi

Tabell 5 Vekst, fôrforbruk, leverindeks og proteinretensjon hos torsk (300-400 gram) fôret med ulik innblanding av akkar og reke.

Growth, feed intake, liver index and protein retention in cod given diets added either saithe or squid as feed attractants.

Fôr basert på:	Sei	Sei + 10 % akkar	Sei + 10 % reke	Akkar
Fôrinntak, gram	58	86	82	78
Daglig tilvekst, %	0,56	1,10	1,03	1,14
Leverindeks, %	6,5	7,9	6,9	7,6
PER (g vekst/g protein spist)	1,45	2,10	2,00	2,20
PPV *100 (% av inntatt protein som ren proteinvekst)	28	34	33	35

Tabell 6 Gonadosomatisk indeks (GSI %), sloindeks (slo %) og leverindeks (lever %) i mars 1992 hos torsk gitt enten tørrfôr, synkende våtfôr eller flytende våtfôr.

Gonadal size (%), dress out loss (%) and liver index (%) in cod fed either a commercial dry feed, a sinking or floating wet feed.

	% GSI	% Slo	% Lever
Tørrfôr	23,3	22,9	8,3
Våtfôr synk	15,7	20,6	7,5
Våtfôr flyt	13,3	17,0	5,9

sei+akkar og ren akkar, ser vi at vi får samme vekst og proteinutnyttelse med et lavere fôrinntak hos torsk fôret med ren akkar.

Fôrkostnadene er en nøkkelfaktor i oppdrett av torsk. Et proteinrikt fôr er dyrt, og en aktuell måte å redusere kostnadene på er å bruke billigere råvarer, for eksempel ved å bytte ut en del av proteinet med karbohydrater. Dette var også bakgrunnen for at man i forrige periode med torskeoppdrett (80-tallet) startet forskning omkring karbohydrater som alternativ energikilde til deler av proteinet (proteinsparende effekt). Torsk hadde jo en begrenset evne til utnyttelse av fett. Dessverre viste disse studiene at torsken kun kan nyttiggjøre seg små mengder karbohydrater, og en optimal tilsetning for fullstendig energiutnyttelse ble funnet å ligge rundt 7 % stivelse på tørrstoffbasis. Torsketarmen viste en begrenset evne til å fordøye komplekse karbohydrater. I tillegg viste torsk en svak og sen regulering av blodglukose, dvs. at den etter et karbohydratrikt måltid ville komme i en sukkersykelignende tilstand, med vedvarende høye konsentrasjoner av sukker i blodet. I forsøk tok det hele fire dager før blodsukkeret normaliserte seg etter et høyt inntak. I tillegg ble det funnet et metningspunkt for lagring av karbohydratenergi i form av glykogen, både i lever og muskel.

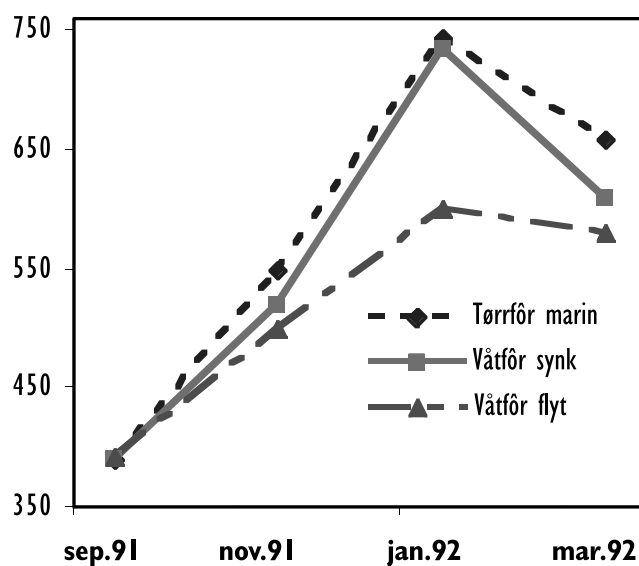
I arbeidene med karbohydratoptimalisering fant man at denne fôringrediensen i sterk grad påvirket fôrfaktoren, og ved riktig tilsetning (lave nivåer) oppnådde man i gjentatte forsøk fôrfaktorer ned mot 0,6 for ca. 0,5 kg fisk. Tilveksten ble også forbedret ved lave nivå karbohydrater i fôret, og 0,5 kg torsk

ble funnet å doble sin vekt i løpet av åtte uker når fôret var optimalisert.

Resultatene for effektiv fôrutnyttelse og muligheter for rask vekst gir interessante perspektiver når det gjelder lønnsomt oppdrett av torsk. Nøkkelen ligger fremdeles i å komme frem til et billig nok fôr som gir tilnærmet samme vekst og fôrfaktor som nevnt over. Dette vil avhenge av tilgang på billig nok råstoff i fôrproduksjon, for eksempel utnyttelse av biprodukter fra fiskeriene direkte og/eller ensilasje, samt en prosess som ikke koster for mye. I denne sammenheng har forfatterne stor tro på Rubin-fôret, som bl.a. er testet i full skala ved Lofilab AS (Lofoten), og som ble positivt profilert på Torskenettverksamling i juni 2000 (Bergen). Rubin-konseptet er i dag under videreutvikling (GellyFeed AS) bl.a. for å ivareta hygienerisiko (manglende varmebehandling). Resultatet fra evaluering om GellyFeed AS vil falle innenfor regelverket er ennå ikke på plass.

Vanninnhold og flyt-/synkeegenskaper til fôr - betydning for vekst og kjønnsmodning hos torsk

I et forsøk ble tre ulike fôrtyper; tørrfôr (Skretting Marin, 1992), sentsynkende våtfôr (SeaGrain AS) og flytende våtfôr (SeaGrain AS) gitt til 350 grams torsk i merder i sjø ved Havforskningsinstituttet Matre havbruksstasjon. Torsk som fikk sentsynkende



Figur 3 Vektutvikling hos tre grupper torsk i merder ved Matre havbruksstasjon. *Weight (g) development in three groups of cod fed either a commercial dry feed, or a sinking or floating wet feed.*

våtfôr og torsk som fikk tørrfôr vokste likt og bedre enn torsk gitt vått flytefôr de fire første månedene etter forsøkets start (fra sept. 91 til jan. 92). Etter dette (januar 1992) inntraff kjønnsmodning og totalveksten sank i alle grupper. Forskjellene i vekt ved slakting i mars 92 gjenspeilte tilsvarende mønster i relativ gonadestørrelse (GSI, %), sloindeks (%) og leverindeks (%) (tabell 6 og figur 3).

Ingen av gruppene, selv ikke tørrfôr-fôret torsk hadde særlig høye leverindekser, mens både gonadevekst og sloindeks var høyere i tørrfôr-fôret torsk enn i torsk gitt synkende våtfôr. Lavere veksthastighet og sluttvekt ble funnet når torsken ble fôret med et flytende våtfôr. Ut fra disse resultatene kan man ikke anbefale våtfôr fremfor tørrfôr ved oppdrett av torsk (eller vice versa). Filet av torsk fra alle grupper, samt en gruppe villfanget torsk, ble sendt til sensorisk analyse ved Matforsk. Det trente dommerpanelet fant generelt størst forskjell mellom villtorsk og torsk som hadde fått tørrfôr. Resultatene viste at det var signifikant forskjell (5 % nivå) mellom villtorsk og tørrfôr-fôret torsk med hensyn til egenskapen fasthet. Tørrfôr-fôret torsk ble bedømt til å være løsere i konsistensen og saftigere og ha en friskere smak enn de to andre gruppene (gitt våtfôr). Utover dette var de sensoriske ulikhetene mellom de tre oppdrettsgruppene så små at man ikke fant noen andre statistiske forskjeller blant de 11 øvrige sensoriske parametrene. Hovedkonklusjon fra forsøket er derfor: Torsk vokste like godt med tørrfôr og sentsynkende våtfôr frem til kjønnsmodningsperioden startet. Deretter kunne forskjellene i gjennomsnittsvekt tilskrives kjønns-

modning og deponering av fett i slo (lever). Torsk som fikk tørrfôr hadde noe avvikende smak fra villtorsk og torsk som hadde fått sentsynkende våtfôr. De to sistnevnte gruppene ble bedømt likt av det sensoriske panelet.

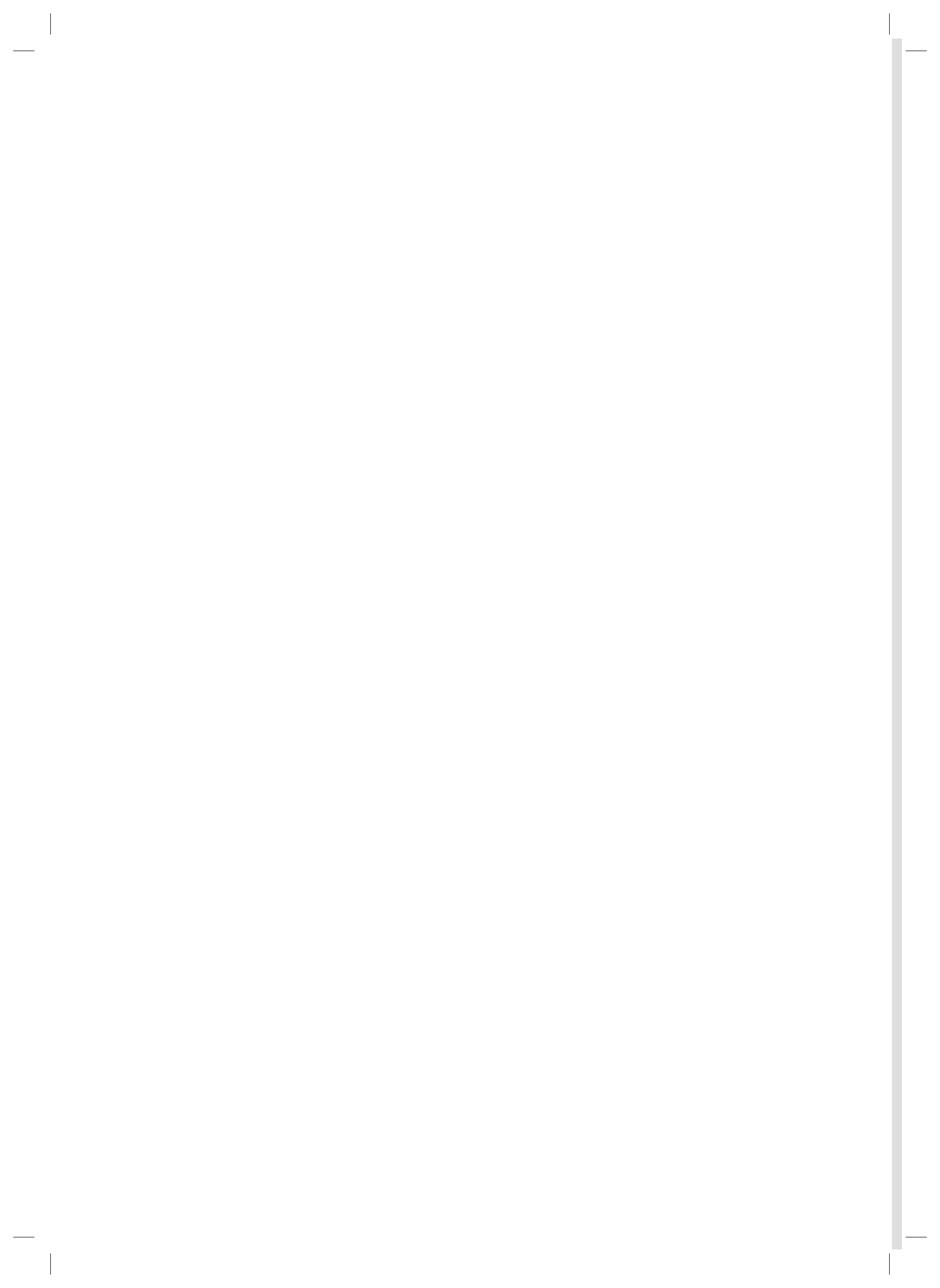
Hovedkonklusjon

- hvordan skal vi fôre oppdrettstorsken for at den skal vokse hurtig uten å bygge opp for stor lever - blir derfor:

For best mulig vekst, lav fôrfaktor og lite leverstørrelse (%) bør torsken fôres til metthet annenhver dag (maksimal rasjon), dvs. tre ganger per uke (gjelder ikke larver og yngel) med et magert fôr (<25 % fett av tørrstoff), inneholdende mye protein og et lavt nivå karbohydrat (7 - 11 % av tørrstoff), samt inneholdende råstoffer som gir appetittstimulans, for eksempel noe akkar. Tørrfôr gir samme vekst og fôrutnyttelse som våtfôr, men noe større lever er målt ved fôring av tørrfôr. Et sentsynkende fôr er bedre enn et flytefôr. Man bør finne driftsrutiner som unngår kjønnsmodning, og her er det en del forskningsresultater fra Havforskningsinstituttet (v. Hansen og Taranger) der spesielle lysregimer kan utsette kjønnsmodningen.

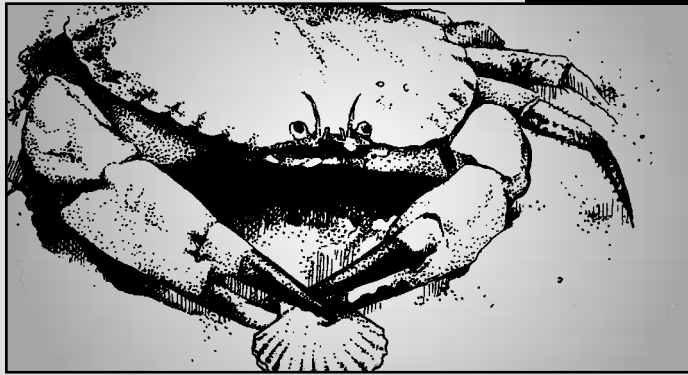
En omfattende publisering foreligger bl.a. på fôring av torsk. De artikler som er kommet fra Fiskeridirektoratets ernæringsinstitutt kan finnes i litteraturlisten utlagt på våre nettsider:

www.fiskeridir.no. Innlegget er gjengitt fra *Norsk Fiskeoppdrett nr. 16, 2000*.



Kapittel 3

Andre arter



Skjellhelse og smittespredningsproblematikken

Stein Mortensen, Havforskningsinstituttet
Hege Hellberg, Veterinærstituttet i Bergen

En del sentrale emner som angår forvaltningen av skjellnæringen, om tiltak for å opprettholde vår gode helsestatus og bygge opp en langsiktig forvaltningsmodell, ble beskrevet i fjorårets Havbruksrapport. Helsestatus hos både skjell og fisk er i hovedtrekk som i fjor, men en del områder er blitt aktualisert i året som har gått. I dette kapitlet skal vi gi en kort oversikt over en del av de forvaltningsmessige problemstillingene som er i fokus, og som angår skjellhelse og smittespredningsproblematikken, og noen konkrete tiltak som er satt i verk.

Rift om kystarealene

Det strømmer inn søknader om konsesjoner til skjelldyrking. Langs praktisk talt hele kysten ligger bunkene høye på fiskerisjefkontorene og gir forvaltningsapparatet en god del grå hår i hodet. For at konsesjonene skal få lik, rettvist og korrekt behandling, må man ha klare svar på en rekke spørsmål; hvor mange konsesjoner bør gis, hvor tett kan skjelldyrkingsanleggene ligge, hvor nær opptil fiskeoppdrettsanleggene kan de plasseres, skal det tillates skjelldyrking i områder med store alggiftproblemer, med mye ærfugl, i landskapsvernområder, naturreservat, friluftsområder etc., men mange av de klare svarene finnes ikke. Kysten er ikke urørt, og er heller ikke fri til å forsyne seg av. En av de viktigste grunnene er at fiskeoppdrettet har gode tider. Fiskeoppdrettsnæringen ønsker også arealer, flere konsesjoner og økt produksjon. Når produksjonen av flere arter må sees i sammenheng, blir bildet mer komplisert.

Regionalisering eller ikke?

En av de faktorene som kompliserer bildet er risikoen for smittespredning. Forhåpentligvis klok av skade er fiskeoppdrettsnæringen redd for innførsel av nye sykdommer - eller spredning av de allerede eksisterende.

Ett mulig virkemiddel i sykdomsforvaltningen er regionalisering - en inndeling av kysten i regioner hvor det ikke skal transporteres levende materiale

mellom sonene, eller være strenge restriksjoner på slik flytting. Regionalisering kan både minke risikoen for smittespredning, og avgrense nye sykdomsutbrudd geografisk. Hvis næringen langs hele kysten er selvforsynt med yngel, er regionaliseringen praktisk gjennomførbar. I en situasjon hvor noen kystsoner ikke er selvforsynte, vil regionaliseringen skape praktiske problemer.

Skjellnæringen er i den sistnevnte situasjonen. Kamskjellprodusentene har kun én yngelprodusent, og det er kun ett vekstanlegg i drift. Disse ligger også i ulike landsdeler. Produksjonen av østersyngel skjer på noen få lokaliteter. Dyrkingen av både kamskjell og østers er i dag derfor avhengig av transport av yngel, fra klekkeri til yngelanlegg til dyrker. Situasjonen er mest komplisert for kamskjell, siden yngelproduksjonen for denne arten er relativt komplisert. Produksjonen av østersyngel vil sannsynligvis bli satt i gang på flere lokaliteter enn i dag, hvis markedet etterspør yngelen. Når det gjelder blåskjell er ikke dette noe problem, siden det langs hele kysten finnes områder med god tilgang på vill yngel.

Regionalisering er også aktuell for skjellnæringen, og et offentlig nedsatt utvalg har vært i arbeid for å utrede regionalisering av hele havbruksnæringen - inklusive skjell. Det er gitt flere innspill til dette utvalget. Et hovedpoeng i sykdomsforvaltningen av skjell er at erfaringene fra utlandet viser at skjellsykdommer ofte blir oppdaget etter at de er spredd over betydelige områder. Når de først er spredd, lar de seg ikke fjerne, ettersom man verken kan vaksinere skjell eller utrydde skjell helt fra et område.

På bakgrunn av dette - og dagens yngeltilgang - kommer vi lett i en situasjon hvor faglige hensyn og praktiske behov drar i hver sin retning. Vi har behov for sikkerheten i en forvaltningsmodell - næringen trenger yngeltransport. Dette resulterer i ett kortsiktig og ett langsiktig scenarium. Det kortsiktige er som i dag, med en tilnærmet fri flyt av skjellyngel over hele landet. Dette fungerer bra når det ikke er sykdomsproblemer, men kan bli en katastrofe for

skjellnæringen hvis en alvorlig skjellsykdom dukker opp. Det langsiktige er naturligvis en regionalisert skjellnæring, hvor hver region er autonom og forvaltes deretter. En slik modell vil i dagens situasjon kunne resultere i at eksempelvis Trøndelag står uten både kamskjell- og østersyngel – et problem!

Som fagpersoner er vi nødt til å arbeide for å få til både langsiktige, bærekraftige og funksjonelle løsninger. I denne sammenhengen er det ikke enkelt, og inntil det er etablert et skjellklekkeri nord for Stad, er den eneste åpenbare kompromissløsningen at det innføres en regionalisering, med en overgangsfase hvor det aksepteres yngeltransport fra noen få produsenter som gjennomfører definerte tiltak for sporbarhet, dødelighetskontroll, helsekontroll etc.

Skjellhelse

Selve grunnstammen for sykdomsforvaltningen er naturligvis å kjenne til helsesituasjonen for oppdrettsartene. For skjell er det bygget opp et samarbeid mellom Veterinærinstituttet og Havforskningsinstituttet, som gradvis kan ivareta både diagnostikk, forskning og forvaltningsrådgivning på skjellsykdommer.

Status for skjellhelse er heldigvis som tidligere - vi har ikke påvist alvorlig sykdom i norske skjellbestander.

Prøver av kamskjell-stamdyr fra klekkeriet har ikke vist tegn på sykdom. Det er i liten grad gjort undersøkelser av kamskjell i produksjon, men det er tidvis kommet inn materiale fra anlegg som har opplevd dødelighet. Bortsett fra ett tilfelle med børstemarkinfeksjoner på yngel i vekstanlegg i 1997, er det ikke påvist sykdomsfremkallende organismer i forbindelse med dødelighetstilfellene. Det er derfor behov for grundigere undersøkelser for å forsøke å finne årsakssammenhengene. Vi har imidlertid sett tilfeller av unormal skallvekst og forstyrrelser langs kappekanten som tyder på at slitasje på skallkanten i mellomkulturfasen kan gi skader, stress og sannsynligvis infeksjoner i kappen. I noen tilfeller tror vi at dette kan ha medført forhøyet dødelighet. I andre tilfeller tror vi at dødeligheten skyldes stress etter transport eller utsett av skjellyngel med lave energireserver. Kamskjell er på mange vis ikke så robuste som vi skulle ønske.

Det er blitt gjort en omfattende undersøkelse av flatøsters siden 1995. Undersøkelsen blir gjennomført av Veterinærinstituttet som et nasjonalt overvåkingsprogram for parasittsykdommene bonamiose og marteiliose. Resultatene er oppløftende. Verken disse eller andre alvorlige østerssykdommer er blitt påvist, og resultatene er rapportert til Statens dyrehelseinsyn, som har utformet og sendt en søknad til EU (via EFTAs overvåkingsorgan ESA) om godkjenning av Norge som en sone fri for østerssykdommene bonamiose og marteiliose. Dette kan gjøre norsk flatøsters til en interessant ressurs internasjonalt.

For blåskjell og andre skjellarter er situasjonen at vi vet svært lite. Ut fra en begrenset undersøkelse av teppeskjell og et generelt fravær av unaturlig dødelighet, kan vi kun anta at helsesituasjonen er tilfredsstillende. Det vil i dagens situasjon antakelig være unaturlig å bruke ressurser på omfattende studier på helseundersøkelser av nye skjellarter.

Skjellsykdomsproblematikken er aktuell for skjellnæringen, men ikke for fiskeoppdrettsnæringen. Siden fisken stort sett har prioritet, og det ikke er utbrudd av skjellsykdommer, er det fare for at vi slurver med føre var-prinsippene med hensyn til skjell. Det bør vi definitivt ikke. Ved å beskytte norske skjellbestander gjennom et fornuftig forvaltningsregime, har vi en unik mulighet til å holde bestandene sykdomsfrie og bevare en verdifull ressurs.

Fiskehelse og smittespredning

Det er betydelig mer fokus på fiskeesykdommene, og på skjellenes mulige rolle som bærere eller reservoarer for smitte. Smittespredningsproblematikken er både faglig og forvaltningsmessig svært utfordrende. Det er i modellstudier vist at skjell kan fungere som smittereservoarer, og at sykdom kan overføres fra fisk til skjell, og fra skjell til fisk. Dette betyr at fiskeoppdrett og skjell dyrking må forholde seg til hverandre i en praktisk og forvaltningsmessig sammenheng. Gjennomføring av en sikker forvaltningsstrategi vil få konsekvenser både for skjell- og fiskeoppdrettsnæringen, og spille inn på områdetildeling, nærhet, samlokalisering osv.

Dagens forvaltning på dette området baserer seg i stor grad på kunnskap som er opparbeidet med studier av skjell i en eksperimentell situasjon, og på føre var-prinsipper. Det mangler i dag imidlertid

grunnleggende kunnskap om hva som faktisk skjer i en "naturlig" situasjon i sjø, og i eller ved anleggene. Det er behov for mer kunnskap på dette området, og vi har etablert et prosjekt med mål å studere problemstillingen et trinn videre. Resultatene fra prosjektet vil kunne gi en klar nytteverdi for forvaltningen, og vil kunne brukes ved planlegging av havbruksaktiviteter som inkluderer flere arter, som;

- Etablering av skjellanlegg i områder med oppdrett av laks eller marin fisk
- Praksis for flytting av skjellyngel mellom ulike skjelldyrkingsområder
- Samdrift med flere arter i ett system
- Vurdering av interaksjoner mellom oppdretts- og ville organismer
- Vurdering av smittestoffenes persistens i miljøet (i forbindelse med blant annet brakklegging)

Utfordringen - langsiktighet i havbruksforvaltningen

Det er knyttet tette bånd mellom forsknings- og forvaltningsinstitusjonene, og det er en svært god informasjonsflyt mellom institusjonene. Havforskningsinstituttet, Veterinærinstituttet, Fiskeridirektoratet og Statens dyrehelsetilsyn samarbeider i konkrete saker som angår forvaltning av skjellnæringen. Det arbeides i dag med etablering av konkrete rutiner i forbindelse med helsekontroll i skjelldyrkingsanlegg, med kompetanseheving i både næring og forvaltning, med planlegging av kurs, og en trinnvis utdanningsplan for å få kunnskap om skjell inn på ulike nivåer. Vi deltar også i den internasjonale diskusjonen om hvilket sikkerhetsnivå man i EU - og i utenforstående land som blir påtvunget EUs direktiver - skal forvalte skjellhandel og -produksjon. Ved å arbeide bredt kan vi nå målet om å oppnå en langsiktig og sikker skjellforvaltning. Ved å arbeide i dybden kan vi skaffe kunnskapen og datagrunnlaget som er nødvendig for å gjøre denne forvaltningen troverdig.

Ny grenseverdi for yessotoksin - godt nytt for blåskjelldyrkere

Peter Hovgaard, Høgskolen i Sogn og Fjordane
Tore Aune og Hanne Ramstad, Norges Veterinærhøgskole

I august 2000 sendte Fiskeridirektoratet, ved kontoret for kvalitet og miljø, ut et rundskriv om endrete grenseverdier for algegiften yessotoksin (YTX). Dette innebærer et stort fremskritt for blåskjelldyrkere fordi YTX i betydelig grad har ført til høsteforbud uten at det egentlig hadde vært nødvendig av hensyn til konsumentene. YTX ekstraheres sammen med diarétoksinene (DSP) og dreper mus når toksinet er til stede i konsentrasjoner over ca. 40 mg per 100 gram skjellmat. Forekomst av YTX over denne grensen kan derfor gi positivt utslag på musetest uten at diarétoksin (okadasyre (OA)/dinofysistoksin (DTX)) er til stede i mengder over tillatt grenseverdi som EU i 1999 senket fra 25 til 16 mg OA-ekvivalenter per 100 gram skjellmat.

Siden YTX første gang ble beskrevet i japanske kamskjell i 1986, har det vært diskutert i hvilken grad det representerer noen helseisiko for konsumenter av skjell. Det har vært arbeidet med vitenskapelige risikovurderinger, blant annet ved kompetansemiljøet for marine algegifter i Norge ved Norges Veterinærhøgskole. I tråd med den økte kunnskapen om oral toksisitet (giftighet ved spising, i motsetning til musetesten som foregår ved injeksjon i bukhalen), har Fiskeridirektoratet innført en øvre grenseverdi på 100 mg YTX per 100 gram skjellmat. Det er et vesentlig poeng i denne sammenheng at håndhevelse av denne grenseverdien hadde vært umulig uten å gjøre kjemiske analyser. Derfor er bevilgningene til analyseutstyr til Veterinærhøgskolen i 2000 også en nødvendig forutsetning for at de problemer som YTX har representert, skal bli redusert.

Dersom utslaget i musetest ikke kan forklares ved kjemiske analyser av YTX, kan det være andre, ikke-identifiserbare, toksiner til stede i prøven. I slike tilfeller skal det ikke gis høstingstillatelse.

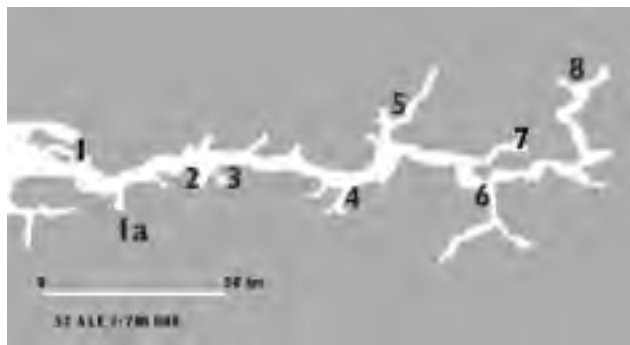
Hva innebærer så denne hevingen av grenseverdien i praksis? En større undersøkelse i Sognefjorden i 1997 av forekomsten av YTX, samtidig med andre toksiner, og bruk av musetest

kan illustrere dette. Da ble ni lokaliteter fordelt langs fjorden undersøkt med jevne mellomrom (to-fire uker) i tidsrommet mars til november. Figur 1 viser Sognefjorden med plassering av lokalitetene.

Figur 2 viser resultatene. Det er for DSP bare tatt med i hvilken grad verdiene ifølge kjemiske analyser lå over tillatt grenseverdi, 16 mg/100 g skjellmat (dvs. høsting forbudt, sort farge i figur 2), eller under tillatt verdi (grå farge i figur 2). For YTX er det intervallet mellom 40 og 100 mg/100 g skjellmat som er interessant. Etter de nye retningslinjene kan skjellene godkjennes om YTX-verdien ligger i dette intervallet, selv om musetesten viser DSP > 1 (hvilket tidligere førte til høsteforbud) forutsatt at kjemisk måling av DSP ikke var over 16. Figur 2 tar også med i hvilke tilfeller PSP lå over grenseverdien 400 ME (MuseEnheter, tilsvarende 80 mg Saxitoksin-ekvivalenter/100 g skjellmat).

DSP

Ved vurdering av DSP alene, viser figuren en klar tendens med lengst tid med høsteforbud på de innerste stasjonene Lusterfjorden og Skjer (i Sogndalsfjorden). Her førte DSP til høsteforbud fra ca. midten av juni og ut året. I mars var i tillegg verdien over det tillatte på Skjer, hvilket kan forklares med rester av DSP-toksin i skjellene



Figur 1 Ni stasjoner i Sognefjorden fra Lifjorden (nr. 1) ytterst til Lusterfjorden innerst (nr. 8).
Nine stations in Sognefjorden from Lifjorden (no 1) to Lusterfjorden (no 8).

Stasj/Tox	Mars	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.
Lusterfj.									
DSP	[Grått]								
YTX, 100	[Grått]	[Grått]	[Sort]	[Grått]	[Grått]				
YTX, 40	[Grått]	[Grått]	[Sort]	[Sort]	[Sort]				
PSP		[Grått]	[Sort]	[Grått]					
Skjer									
DSP	[Sort]	[Grått]	[Grått]	[Grått]	[Sort]	[Sort]	[Sort]	[Sort]	[Sort]
YTX, 100	[Grått]	[Grått]	[Grått]	[Grått]	[Sort]	[Grått]			
YTX, 40	[Grått]	[Sort]	[Sort]	[Sort]	[Sort]	[Sort]	[Sort]	[Sort]	[Sort]
PSP	[Grått]	[Sort]							
Simlenes									
DSP	[Grått]	[Grått]	[Grått]	[Grått]	[Grått]	[Grått]	[Sort]	[Sort]	[Sort]
YTX, 100		[Grått]	[Sort]	[Sort]	[Sort]	[Grått]			
YTX, 40		[Sort]	[Sort]	[Sort]	[Sort]	[Sort]			
PSP		[Grått]	[Grått]						
Menes									
DSP	[Grått]	[Grått]	[Grått]	[Grått]	[Grått]	[Grått]	[Sort]	[Sort]	[Sort]
YTX, 100	[Grått]	[Grått]	[Sort]	[Sort]	[Sort]	[Grått]	[Grått]		
YTX, 40	[Grått]	[Sort]	[Sort]	[Sort]	[Sort]	[Sort]	[Sort]		
PSP	[Grått]	[Sort]	[Grått]						
Arnafj.									
DSP	[Grått]	[Grått]	[Grått]	[Grått]	[Grått]	[Grått]	[Grått]	[Sort]	[Sort]
YTX, 100	[Grått]	[Grått]	[Sort]	[Sort]	[Sort]	[Grått]	[Grått]		
YTX, 40	[Grått]	[Sort]	[Sort]	[Sort]	[Sort]	[Sort]	[Sort]		
PSP		[Grått]	[Grått]						
Østerbøv.									
DSP	[Grått]	[Grått]	[Grått]	[Grått]	[Grått]	[Grått]	[Grått]	[Sort]	[Sort]
YTX, 100	[Grått]	[Grått]	[Grått]	[Grått]	[Sort]	[Grått]	[Grått]		
YTX, 40	[Grått]	[Sort]	[Sort]	[Sort]	[Sort]	[Sort]	[Sort]		
PSP	[Grått]	[Grått]	[Grått]						
Bjordal									
DSP	[Grått]	[Grått]	[Grått]	[Grått]	[Grått]	[Grått]	[Grått]	[Sort]	[Sort]
YTX, 100	[Grått]	[Grått]	[Grått]	[Grått]	[Sort]	[Grått]	[Grått]		
YTX, 40	[Grått]	[Sort]	[Sort]	[Sort]	[Sort]	[Sort]	[Sort]		
PSP	[Grått]	[Grått]	[Grått]						
Asheim									
DSP	[Grått]	[Grått]	[Grått]						
YTX, 100	[Grått]	[Grått]	[Grått]						
YTX, 40	[Sort]	[Grått]	[Sort]						
PSP	[Grått]	[Grått]	[Grått]						
Lifjord									
DSP	[Grått]	[Grått]	[Grått]	[Grått]	[Grått]	[Grått]	[Grått]	[Grått]	[Grått]
YTX, 100	[Grått]	[Grått]	[Grått]	[Grått]	[Grått]	[Grått]	[Grått]		
YTX, 40	[Grått]	[Grått]	[Grått]	[Grått]	[Sort]	[Sort]	[Sort]		
PSP			[Sort]						

Figur 2 Høsting forbudt (sort) og tillatt (grått) på ni stasjoner i Sognefjorden i 1997 etter grenseverdien for algetoksinet DSP på 16 mg OA-ekv. (øverste linje i hver boks). Linje 2: YTX-verdier over (sort) eller under (grått) 100 mg. Linje 3: YTX-verdier over (sort) eller under (grått) 40 mg. Linje 4: PSP over (sort) eller under (grått) 400 ME (alle verdier per 100 gram skjellmat).

Harvesting prohibited (black) and allowed (grey) on nine stations in Sognefjorden in 1997 given according to limits set for the algae toxin DSP on 16 mg OA equivalents (upper line in each box). Line 2: YTX-values over (black) or under (grey) 100 mg. Line 3: YTX-values over (black) or under (grey) 40 mg. Line 4: PSP over (black) or under (grey) 400 ME (all values pr 100 g shellfish meat).

fra foregående høst. Lenger ute i fjorden kom giftinnholdet over tillatt grenseverdi gradvis senere, på Simlenes fra midten av august, på Menes fra midten av september, i Arnafjorden og Østerbøvatnet fra midten av oktober, ved Bjordal i slutten av oktober, mens det i Lifjorden ikke ble målt noen verdier over tillatt grenseverdi. Ved Asheim er det bare tatt med verdier fra mars til mai (alle under tillatt grenseverdi) ettersom skjellene som ble brukt i forsøket bli spist opp av ærfugl. Nye skjell fra Skjer ble utsatt i juli, men representerer ikke lokale skjell og er derfor ikke tatt med her.

En samlet vurdering

Akseptering av YTX-innhold mellom 40 og 100 mg per 100 gram skjellmat ville ha ført til stor forskjell i når skjell kunne vært høstet i 1997. Figur 2 viser at forskjellen er størst i de midtre og ytre stasjonene. I Lusterfjorden viser figuren at skjell kunne vært høstet i mars og halve april, da det ble høsteforbud en kort periode på grunn av PSP. YTX forekom ofte i konsentrasjoner over 40 mg/100 g skjellmat (hvilket tidligere har vist seg å være tilstrekkelig til å gi utslag på musetesten). Følgelig bidro YTX til høsteforbud ut året, først på grunn av YTX, deretter på grunn av DSP. Med aksept av YTX inntil 100 mg/100 g skjellmat kunne det også vært høstet et par uker i begynnelsen av juni. På Skjer i Sogndalsfjorden kunne den nye grenseverdien for YTX ha medført en høstperiode på ca. seks uker i mai – juni. På Simlenes ville høstemulighetene økt fra bare mars til også å gjelde april og august. På Menes kunne det med ny verdi for YTX åpnet for høstemuligheter første halvdel av april og en periode i august. Tilsvarende ville det i Arnafjorden kunne vært høstet sammenhengende i mars og april til litt ut i mai, og i tillegg en periode om høsten, men det er usikkert hvor lenge på grunn av få målinger. I Østerbøvatnet var det høstingstopp fra mai til september med musemetoden, mens en betydelig kortere forbudsperiode kunne vært aktuell med en kombinasjon av musemetoden og kjemiske analyser

av genuine diarétoksiner (OA og DTX) og YTX med den nye grenseverdien. Basert på bare musemetoden ville det vært høstestopp i Bjordal fra tidlig i april til et stykke ut i august, mens 100 mg YTX/100 g skjellmat som grenseverdi ville gitt høstestopp en periode i juli og august og igjen fra slutten av oktober på grunn av DSP. I de tre månedene vi har målinger fra Asheim, ville tidligere metode gitt høstestopp i to måneder, mens den nye grenseverdien for YTX ikke ville gitt høstestopp. I Lifjorden var det høstestopp i mai på grunn av PSP, mens man ved anvendelse av egen grenseverdi for YTX hadde unngått høstestopp i juli og august.

I denne gjennomgangen bør man ta forbehold om sporadisk opptreden av ikke-identifiserbare toksiner som kan bidra til utslagene i musetest. Denne situasjonen vil bli betydelig forbedret når det nye LC-MS-instrumentet tas i bruk ved Veterinærhøgskolen.

Hva med EU-regulativet?

Mange vil sikkert spørre seg om EU vil akseptere at Norge innfører en høyere grenseverdi for YTX enn det som kan gi utslag på musetesten. Til det er å svare at EU indirekte allerede aksepterer at YTX ikke er et helsemessig problem ved konsum av skjell. Det gjør de ved å akseptere at rottetesten blir brukt som kontrollmetode slik det gjøres i Nederland. Etter som YTX ikke gir diaré hos forsøksdyrene, vil toksinet ikke bli oppdaget ved denne testen. I tillegg har Tyskland benyttet seg av HPLC-metode for diarétoksinene, og følgelig heller ikke tatt hensyn til YTX. Det er derfor presserende å få EU til å akseptere toksikologisk baserte grenseverdier for YTX, i stedet for et utslag i musetest som ikke sier noe om helserisiko hos mennesker ved normalt konsum. De pågående oraltoksikologiske studiene ved Veterinærhøgskolen vil forhåpentlig føre til en avklaring på dette problemet.

Avlsarbeid på skjel like aktuelt som for laks

Trygve Gjedrem, AKVAFORSK

Noreg har eit stort potensial for ein høg produksjon av skjel, fyrst og fremst basert på artane blåskjel (*Mytilus edulis*), østers (*Ostrea edulis*) og kamskjel (*Pecten maximus*). Vårt overordna mål bør difor vere å etablere og vidareutvikle ei livskraftig skjelnæring for å utnytte dei store naturlege ressursane langs kysten og for å skape nye arbeidsplassar. Vi må difor lage produksjonssystem og produksjonsliner for å utvikle skjel som vil vekse og trivast i oppdrettsmiljø og som konsumentane vil ha. Skjela må vere av høg kvalitet, og kravet må vere at kvaliteten kan dokumenterast slik at opphavet til kvart skjel kan sporast attende til foreldre, veksestad, nytta teknologi, helsetilstand, haustedato og så vidare. For å få ein vellukka produksjon må mange faktorar vere til stades. Å skaffe rikeleg med næringsemne og produktive dyr vil vere heilt avgjerande.

I rapporten "Norges muligheter for verdiskaping innen havbruk" uttaler utvalet at avlsarbeid har vore Noregs sterkaste kort ved utviklinga av laksenæringa. Mykje talar for at dette er ein rett konklusjon. Det er difor naturleg å samanlikne mulighetene for avlsmessig framgang hos laks og skjel når vi skal vurdere å byggje opp eit avlsarbeid for skjel, i første omgang for østers og kamskjel.

Biologisk grunnlag

Den generelle avlslæra er godt utvikla og gjeld for alle dyreartar, også for fisk og skaldyr. Teoretisk kan vi rekne ut kor stor framgang vi kan vente i eit avlsarbeid med skjel. Det er to parametarar som avgjer kor stor framgang vi kan vente oss når vi gjer utval eller selekterer:

- Prosent av dyra som må nyttast til avlsdyr (utvalsstyrken) og
- Genetisk variasjon for den eller dei eigenskapane vi vil betra.

Skjel har større reproduksjonsevne enn laks og difor kan vi gjere eit strengare utval for skjel enn for laks, altså ei føremon for skjel. Når det gjeld genetisk variasjon for tilvekst (vekt) og motstandsevne for sjukdom, må vi ty til litteraturen sidan vi ikkje har

norske studiar å vise til. For østers og kamskjel ser det ut til at den genetiske variasjonen relativt sett er om lag som for laks. Dette er basert delvis på andre artar enn dei som er aktuelle hos oss, men det er ingenting som tilseier at det er nokon vesentleg artsskilnad i storleiken av den genetiske variasjonen. Vi kan såleis konkludere:

Det biologiske grunnlaget for avlsmessig framgang ser ut til å vere minst like bra hos østers og kamskjel som for laks.

Avlsmetodar

Både for østers og kamskjel er det funne at innavl har skadelege verknader for både tilvekst og motstandsevne mot sjukdom.

I eit kryssingsforsøk med ulike stammar av kamskjel (*Argopecten circularis*) vart det ikkje funne nokon nytte i kryssing. Ingen av kryssingsgruppene var betre enn den beste av foreldrestammene. Heller ikkje for østers er det påvist store utslag i kryssingsforsøk. I eit avlsprogram for østers og kamskjel er det såleis i utgangspunktet mest naturleg å satse på reinavl og seleksjon.

Har avlsarbeidet gitt framgang i praksis?

Det er vanleg å angi avlsmessig framgang i prosent per generasjon. Det kan nemnast at for tilvekst hos norsk laks er det oppnådd ein framgang på 10-14 % per generasjon. Dette er ein svært stor framgang og resulterer i ei fordobling av tilveksten etter seks-syv generasjonar. I litteraturen kan vi alt finne mange resultat frå avlsforsøk og avlsprogram med skjel (for østers tolv og for kamskjel seks). Dei fleste forsøka er utførte i Canada, USA, Mexico og Australia. Oppnådd framgang varierar frå nokre få prosent til så mykje som 18 % auke i tilvekst per generasjon. Det mest imponerende resultatet er oppnådd i Maine, USA, med østers (*Crassostrea virginica*), der dei har fordobla vekta på fire generasjonar, dvs. framgang på 20 % per generasjon. Det kan nemnast at det i Canada er oppnådd ein avlsmessig framgang på 17 % for vekt på vår østers-art (*Ostrea edulis*).

For overleving eller motstandsevne mot sjukdom

er det færre resultat. Nokre er svært positive når det gjeld auka overleving, medan andre viser mindre eller ingen framgang. Det kan nemnast at det er oppnådd auka motstandsevne mot parasittar både for vår østers og for den dei dyrkar på austkysten av USA (*Crassostrea virginica*).

Det er ganske vanleg at resultat frå avlsforsøk og avlsprogram varierar mykje, og det kan vere fleire årsaker til at framgangen vert liten eller ingen. Det kan vere:

- Mangelfull planlegging og gjennomføring slik at miljøskilnadene hindrar framgang.
- Bruk av få og innavla avlsdyr som har liten genetisk variasjon i eigenskapane ein gjer utval for.
- Svakt og usikkert utval slik at dei beste avlsdyra ikkje vert valde til avlsdyr.

Konklusjon

Det er like gode muligheter for avlsmessig framgang for tilvekst hos østers og kamskjel som hos laks. Det gjeld truleg også for motstandsevne mot sjukdom. Sidan generasjonsintervallet er tre-fire år hos desse skjelartane, vil det ta tid før næringa får denne nytten av avlsarbeidet. Det er difor viktig at avlsarbeidet med skjel kan starte så fort som mogeleg. AKVAFORSK har alt planane klare.

Taskekrabben – ein velsmakande ressurs

Gerd Marit Berge og Erland Austreng, AKVAFORSK
Astrid Woll, Møreforskning

Taskekrabben (*Cancer pagurus*) fins langs heile norskekysten oppover til Troms, og er ein av dei viktigaste kommersielle krabbeartane i Noreg. Dei registrerte fangstane ligg på nærmare 3000 tonn i året, i tillegg kjem eit populært fritidsfiske. Krabbefisket går stort sett føre seg frå juli til november. Fangsten kan bli selt direkte frå fiskar, den kan bli selt til fiskehandlarar eller til produksjonsbedrifter. Felles for alle kjøparane er at dei ikkje er garantert å få fullmata krabbe. I ein krabbefangst vil det alltid vere ein viss andel av krabbene som ikkje er skikkeleg fylt. Dei dårlegaste vil bli utsorterte, men alle dei som kjem i kategorien “middels fyllingsgrad”, vil ha eit potensial for forbetring, - og dermed auka verdi på produktet.

I løpet av siste året har vi fått innvilga eit brukarstyrt prosjekt med Møreforskning, AKVAFORSK og produksjonsbedrifta Hitramat & Delikatesse A/S. Eitt av måla i dette prosjektet er å auke verdien på dei “middels gode” krabbene gjennom oppføring. Utfordringa blir å finne fram til eit fôr som krabbene vil ete, “med god appetitt”, og eit fôr som som kan fungere i høve til krabben sin måte å ete på. Og sist, men ikkje minst, eit fôr som gir god smak på krabben, med tanke på forbrukaren.

Før vi byrja å lage fôrblendingar til krabbene, ville vi skaffe oss litt bakgrunn for val av fôrmiddel. At krabbe er glad i blåskjel og at sei er god krabbemat er noko “alle veit”. Men på den andre sida veit vi også at krabben er ein åtseletar og altetar. Kva vil den velje dersom den kan velje sjøl? Vi skaffa oss eit lite utval av fôrmiddel for å teste dette, sei, blåskjel, akkar, sild og makrell. Sidan sei har vore brukt i ein del oppføringsforsøk med krabbe, valde vi å bruke sei som referanse i desse testane.

Vi hadde krabber gåande i kar (1m², 60 cm vannstand), om lag 25 krabber i kvart av tre kar, og kara sto innandørs med svakt lys. Vi skar opp bitar av fisk og akkar (ca. 3x3 cm), og blåskjela delte vi i to. Vi tok ein bit sei og ein av dei andre fôrmidla og la dei ved sida av kvarandre på botnen

av karet, og observerte kva for ein partikkel som blei spist først. Vi gjorde seks samanlikningar for kvart fôrmiddel, og resultatet var eigentleg ganske greitt. Når krabben kunne velje så tok den sei, nesten utan unntak. Akkar var det som kom på andre plass, men dei andre blei også spist når seien var borte. Eit anna fôrmiddel vi hadde tenkt å teste var konsentrat av fiskeensilasje. Slike produkt er flytande, og kunne dermed ikkje vere i med i den same typen test som dei andre. Det vi gjorde, var å ta eit par dråpar ensilasje direkte i karet nær innløpet, for så å observere reaksjonen. I utgangspunktet låg alle krabbene i karet roleg, men straks ensilasjen vart spreidd i vatnet så byrja dei å røre seg, flytte seg rundt omkring, som om dei leita etter mat. Med grunnlag i desse testane, laga vi nokre prøveblendingar av mjukfôr med sei som basis, både med og utan ensilasje, og begge typane såg ut til å fungere bra. Ensilasjen har eigenskapar som gjer det vanskelegare å få god konsistens på



Trond Storebakken med ein taskekrabbe

fôret, men krabbene viste god respons på fôret, og det vil bli gjort meir for å få dette til å fungere. Alt i alt fôra vi krabbene i fire veker på diverse mjukfôrblendingar, for å få ein del erfaring med fôrproduksjon og fôrkonsistens.

Vidare i prosjektet skal vi gjere meir med fôret til krabbene. Fôret må tilpassast taskekrabba for at både muskelmasse, lever og rogn skal utviklast

optimalt. Krabben tar truleg lett smak frå fôr og omgjevnader, difor blir det viktig å følgje opp effekt på kvalitet. Planlagte fôringsforsøk vil bli avslutta med ei kvalitetsvurdering som mellom anna omfattar eit smakspanel. I tillegg til å arbeide med fôr, skal vi gjere ein del på miljøforhold for krabben i ein oppfôrings situasjon. Dette går både på tekniske løysingar og miljøparametrar.

Målet med prosjektet er sjølvsagt å bidra til at ein ressurs som er der skal kunne bli betre utnytta, til glede både for næringsutøvarane og alle oss som er glad i krabbe!



Forfattere i Havbruksrapporten 2001

Aune, Tore Austreng, Erland Axen, Barbro	Norges Veterinærhøgskole, tore.aune@veths.no AKVAFORSK, erland.austreng@akvaforsk.nlh.no Havforskningsinstituttet
Berg, Arne Berge, Gerd Marit Bergh, Øivind Bleie, Hogne Browman, Howard	Havforskningsinstituttet, arne.berg@imr.no AKVAFORSK, gerd.berge@akvaforsk.nlh.no Havforskningsinstituttet, oivind.bergh@imr.no Veterinærinstituttet, hogne.bleie@veinst.no Havforskningsinstituttet, howard.browman@imr.no
Evjemo, Jan Ove	Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet, jan.ove.evjemo@chembio.ntnu.no
Gjedrem, Trygve	AKVAFORSK, trygve.gjedrem@akvaforsk.nlh.no
Handeland, Sigurd O. Hambro, Christian Hansen, Tom Hellberg, Hege Hemre, Gro-Ingunn Hjeltnes, Brit Hovgaard, Peter	Universitetet i Bergen, sigurd.handeland@ifm.uib.no Norges forskningsråd, cha@forskningsradet.no Havforskningsinstituttet, tom.hansen@imr.no Veterinærinstituttet, hege.hellberg@veinst.no Fiskeridirektoratets ernæringsinstitutt, gro-ingunn.hemre@nutr.fiskeridir.no Havforskningsinstituttet, brit.hjeltnes@imr.no Høgskolen i Sogn og Fjordane, peter.hovgaard@anf.hisf.no
Johansson, Barbro Johansson, David	Havforskningsinstituttet Havforskningsinstituttet
Kiessling, Anders Klakegg, Øystein	Havforskningsinstituttet, anders.kiessling@imr.no Kontali Analyse A/S, oystein.klakegg@kontali.no
Lie, Øyvind	Fiskeridirektoratets ernæringsinstitutt, oyvind.lie@nutr.fiskeridir.no
Meeren, Terje van der Mortensen, Stein	Havforskningsinstituttet, terje.van.der.meeren@imr.no Havforskningsinstituttet, stein.mortensen@imr.no
Nortvedt, Ragnar	Fiskeridirektoratets ernæringsinstitutt, ragnar.nortvedt@nutr.fiskeridir.no
Olsen, Rolf Erik Otterå, Håkon	Havforskningsinstituttet, rolf.erik.olsen@imr.no Havforskningsinstituttet, haakon.otteraa@imr.no
Pettersen, Kristian	Universitetet i Bergen
Ramstad, Hanne M. Ringø, Einar Røsjø, Camilla	Norges Veterinærhøgskole, hanne.m.ramstad@veths.no Norges Veterinærhøgskole, einar.ringo@veths.no AKVAFORSK, camilla.rosjo@imr.no
Sandnes, Kjartan Slinde, Erik Solbakken, Victor Stefansson, Sigurd O.	Fiskeridirektoratets ernæringsinstitutt, kjartan.sandnes@nutr.fiskeridir.no Havforskningsinstituttet, erik.slinde@imr.no Havforskningsinstituttet, victor.solbakken@imr.no Universitetet i Bergen, sigurd.stefansson@ifm.uib.no
Torrissen, Ole J.	Havforskningsinstituttet, ole.torrissen@imr.no
Woll, Astrid	Møreforsking, astrid.woll@hials.no