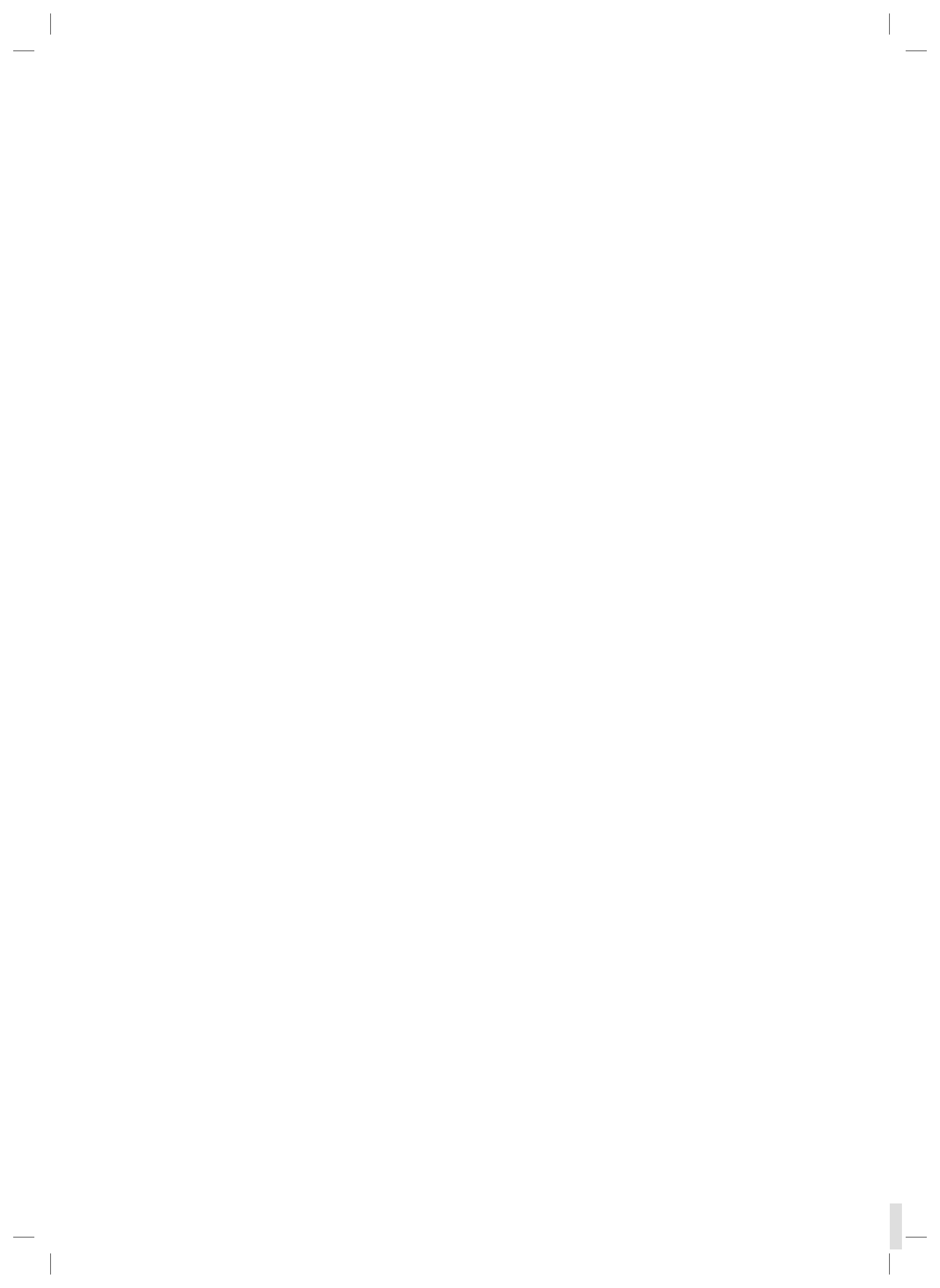


Fisken og havet, særnummer 3-2001
ISSN 0802 0620

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 yngelfôring, hvor det har vist seg vanskelig å få fisken til å overleve på formulerte fôr i startfôring og tidlig yngelfase. I dag brukes derfor levende fôr inntil de kan gå over til formulerte fôrtyper. Anriking av det levende fôret 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

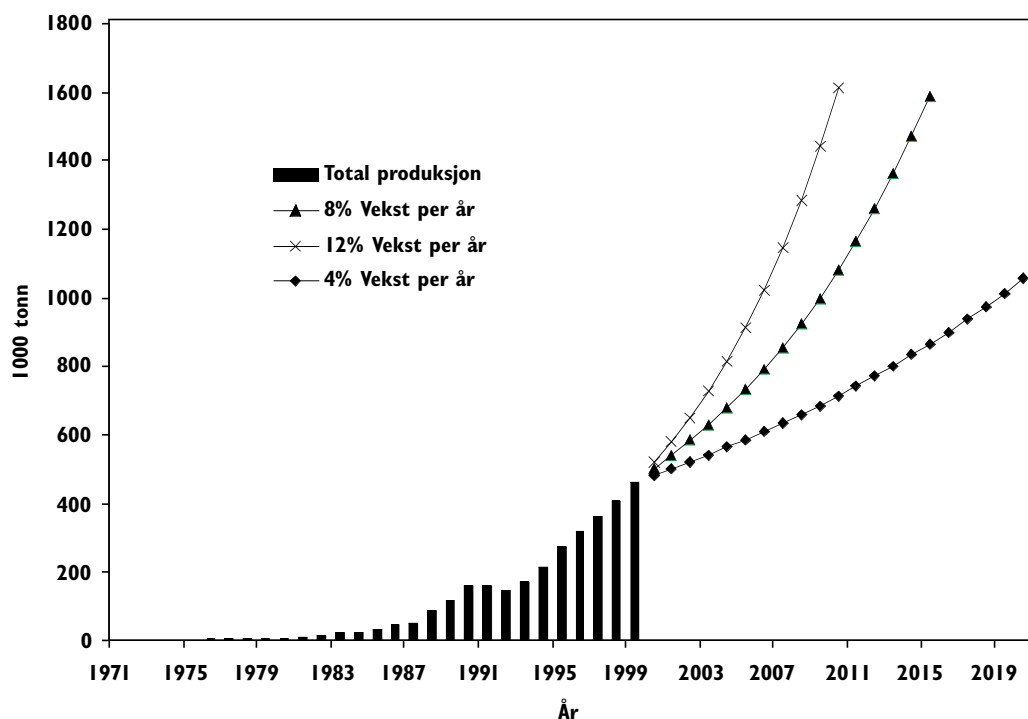
Norges forskningsråd sier i sin rapport “Det marine eventyret” at omsetningen i fiskeri- og havbrukssektoren kan femdobles fra 33 milliarder kr i 1999 til minst 150 milliarder kr i 2020. Vi skal altså leve på fisk når oljen en gang tar slutt.

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. Fantasis tall 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 lokaliseringkriterier. 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 fiskesykdom 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

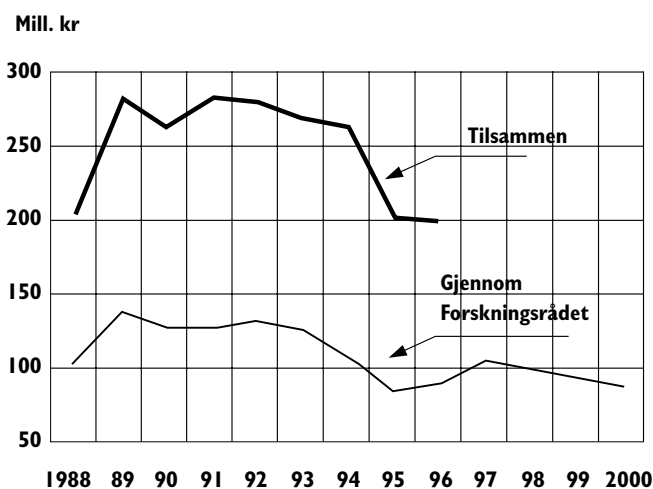
Vi kan i dag slå fast at de siste ti års forskningsutvikling innen akvakultur ikke har gitt de resultater som politikere og forskere hadde forutsatt. Grunnen til dette er en reduksjon i bevilgninger til havbrukssektoren, med det resultat at kunnskapstilfanget og løsninger har uteblitt. I samme periode 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 torskeyngel ble opprettholdt fordi dette representerer en grunnleggende kunnskap som bare kan bevares gjennom kontinuerlig drift. Dagens primitive torskeyngelproduksjon 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 markedsføringsammenheng, 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.

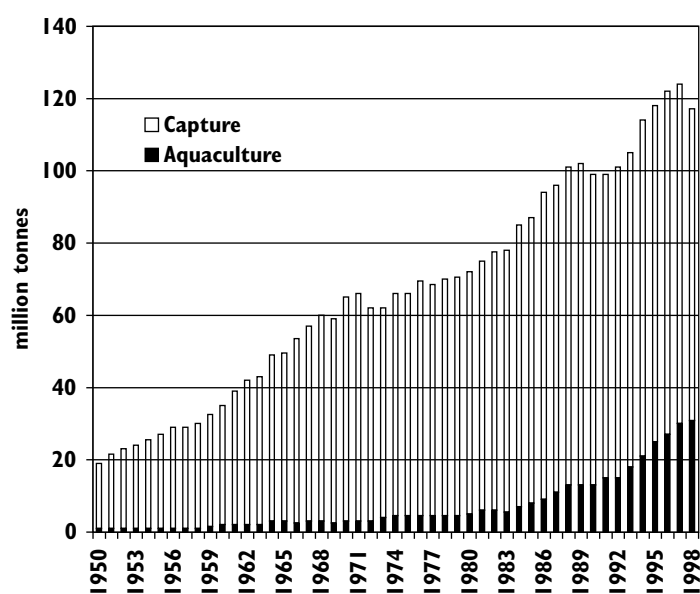
Det eneste som er sikkert i dag er at veksten i verdien av våre fiskerier og akvakultur blir vesentlig i årene som kommer, og en stor del av veksten vil komme innen produktutvikling og sjømatproduksjon. Det ville være positivt om denne utviklingen skjedde kunnskapsbasert og ikke gjennom skippertak og 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 brakkvann. 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.

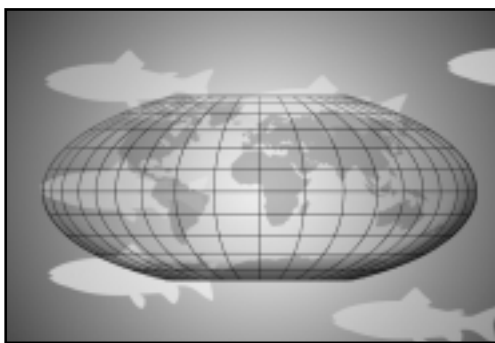
Både innen grunnforskning og i anvendt forskning trengs det fagmiljøer som er sterke og store nok

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.

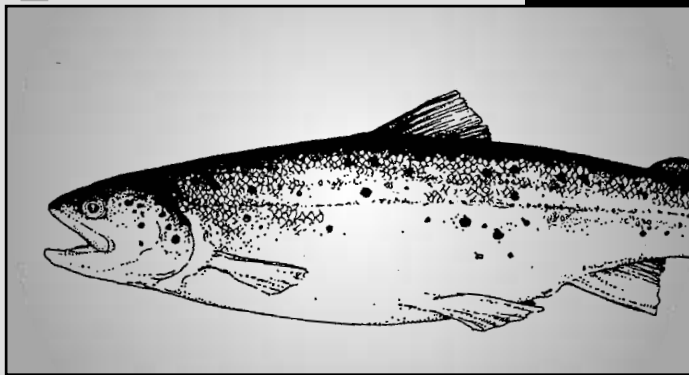
Det trengs mer penger

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.

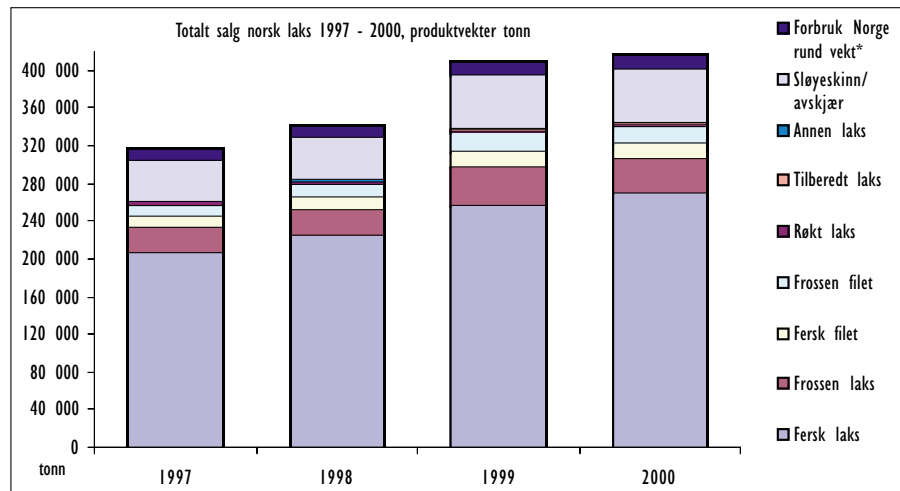
God lønnsomhet

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.

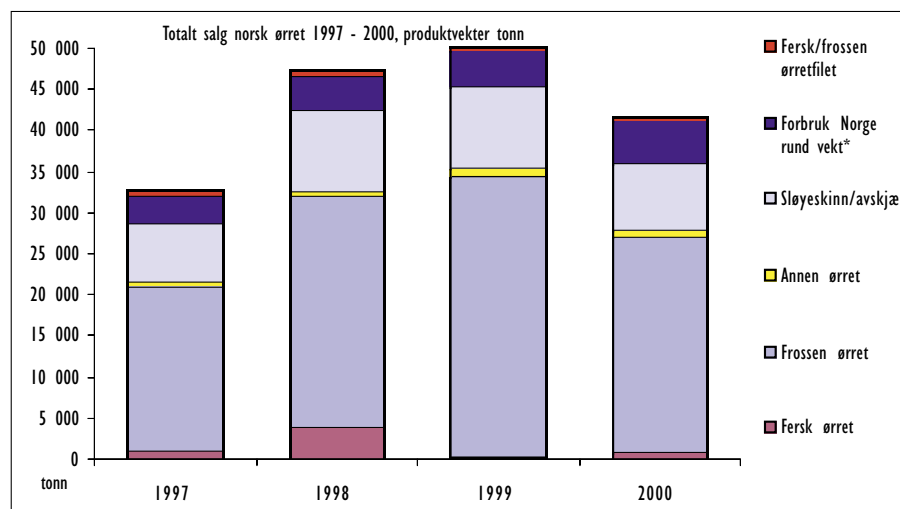
Samtidig som prisen har vært høy, har produksjonskostnadene også i 2000 gått ned.

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.

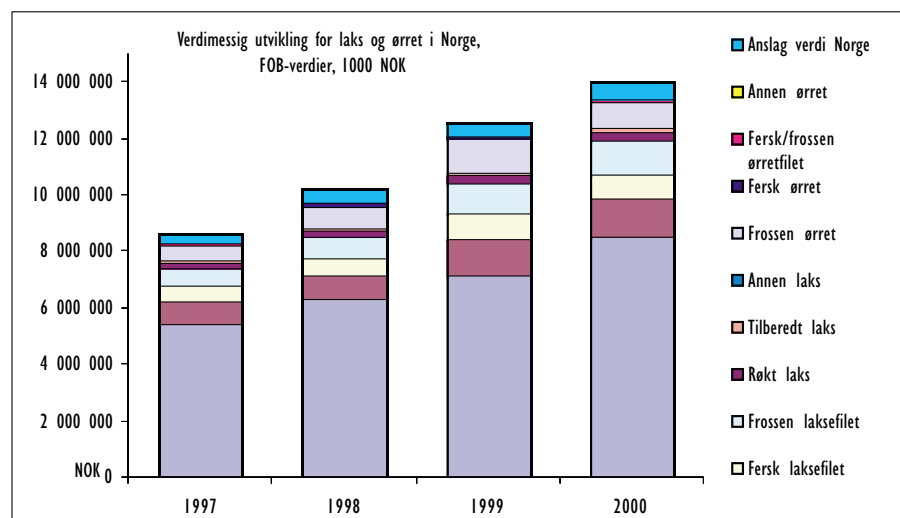
Verdiskapingen norsk oppdrettsnæring gir fra fjord til bord er formidabel, noe som verdikjeden her gir et uttrykk for.



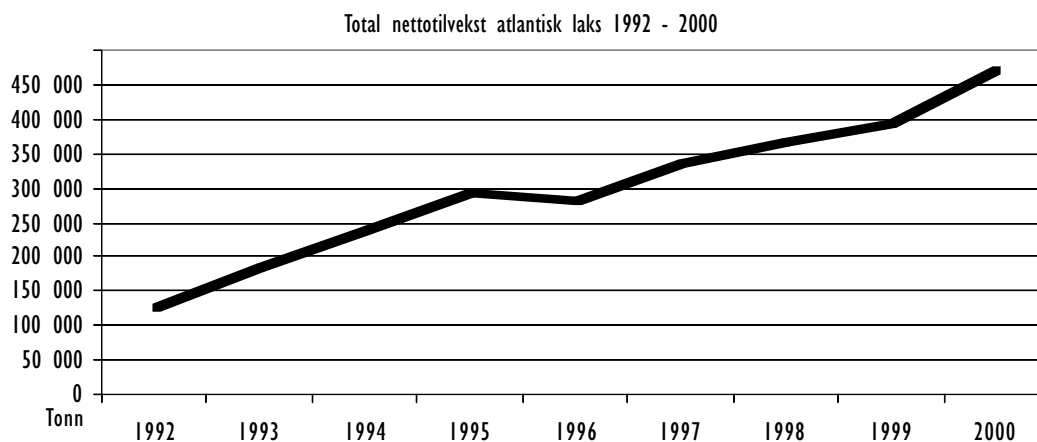
Figur 1 Totalproduksjon av norsk laks 1997-2000 fordelt på produkt.
Norwegian production of Atlantic salmon in the period 1997-2000, divided on products.



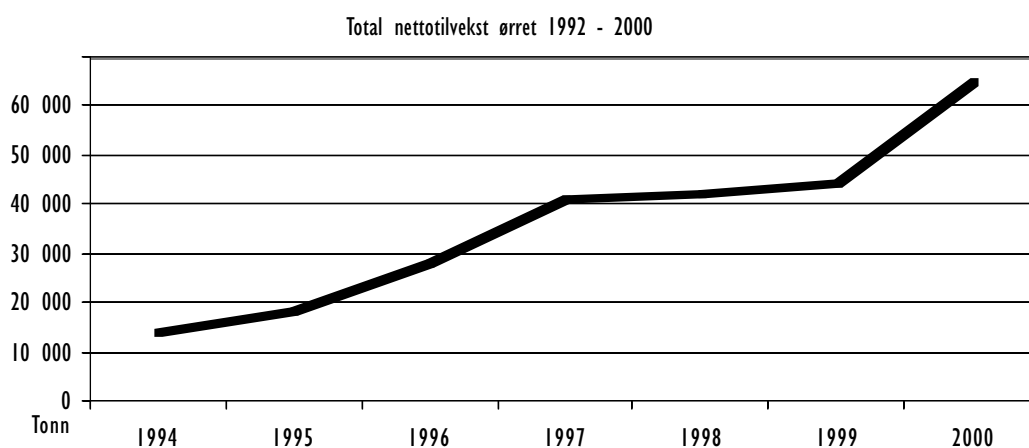
Figur 2 Totalproduksjon av norsk ørret 1997-2000 fordelt på produkt.
Norwegian production of trout in the period 1997-2000, divided on products.



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

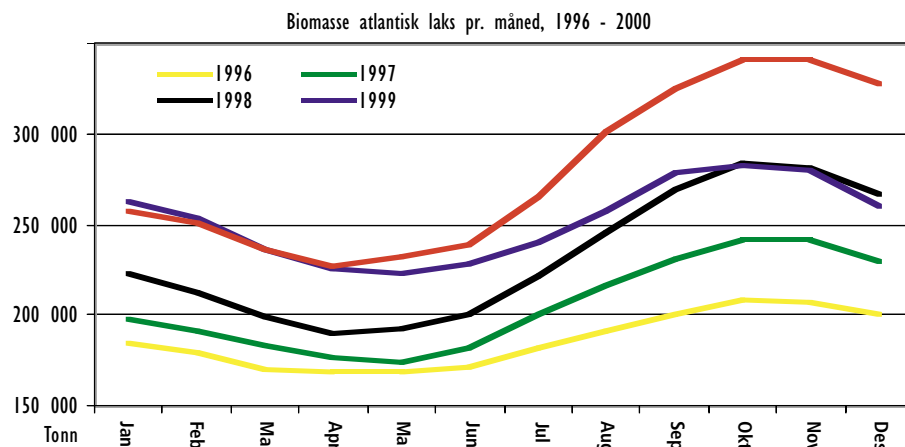
Selv om de aller fleste oppdretterne har hatt et godt år rent økonomisk, er det fortsatt stor forskjell mellom dem.

POL-prosjektet (Produktivitets Overvåking av

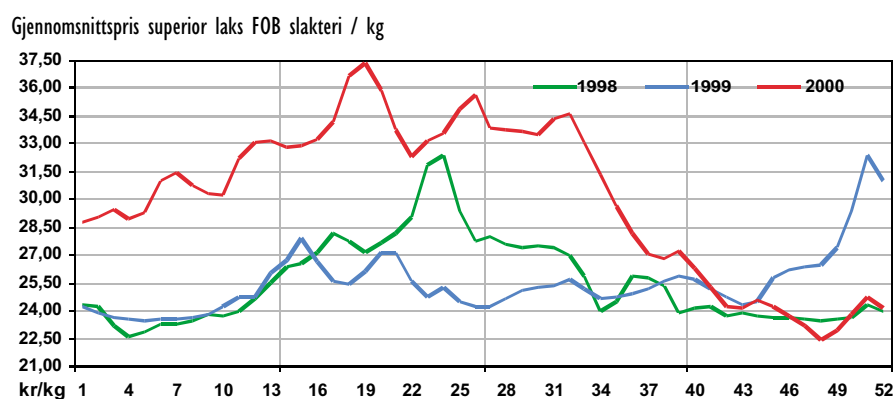
norsk Oppdrettsnæring) som ble startet i 1998 som et samarbeid med Kontali Analyse, NorAqua og SND, har som målsetting å kartlegge produktiviteten og avdekke suksessfaktorer som fører til høy produktivitet i norsk laksenæring. POL-materialet viser at det er stor spredning både mellom firma, lokaliteter 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.

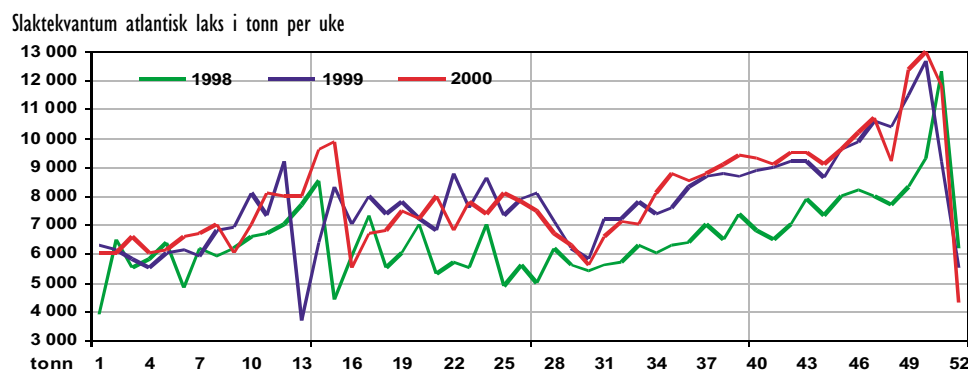
Fortsatt er oppdrett av laks og ørret en ung



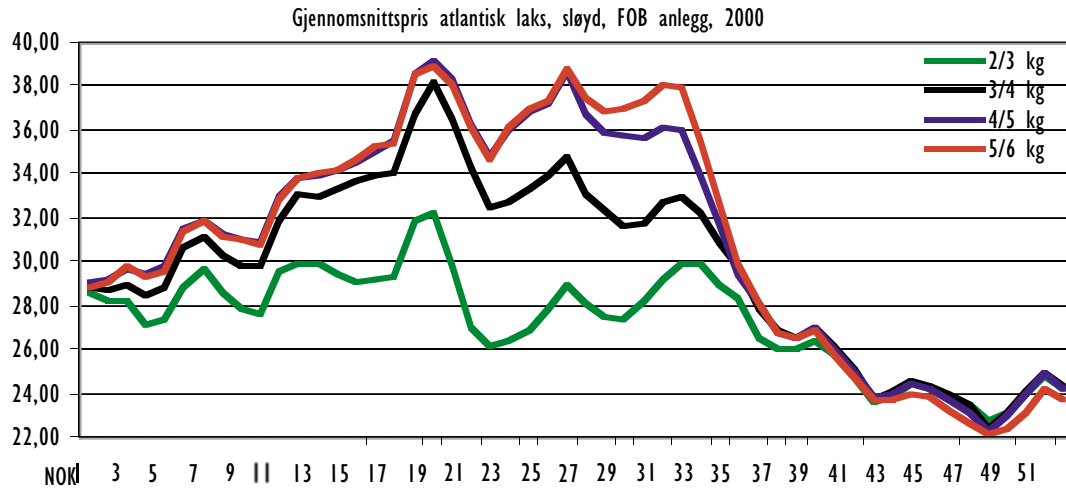
Figur 6 Biomasseutvikling for laks i norske oppdrettsanlegg i perioden 1996-2000 (tonn rund vekt).
Total standing stock of Atlantic salmon in Norwegian farms throughout the years 1996-2000 (tonnes wfe).



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).



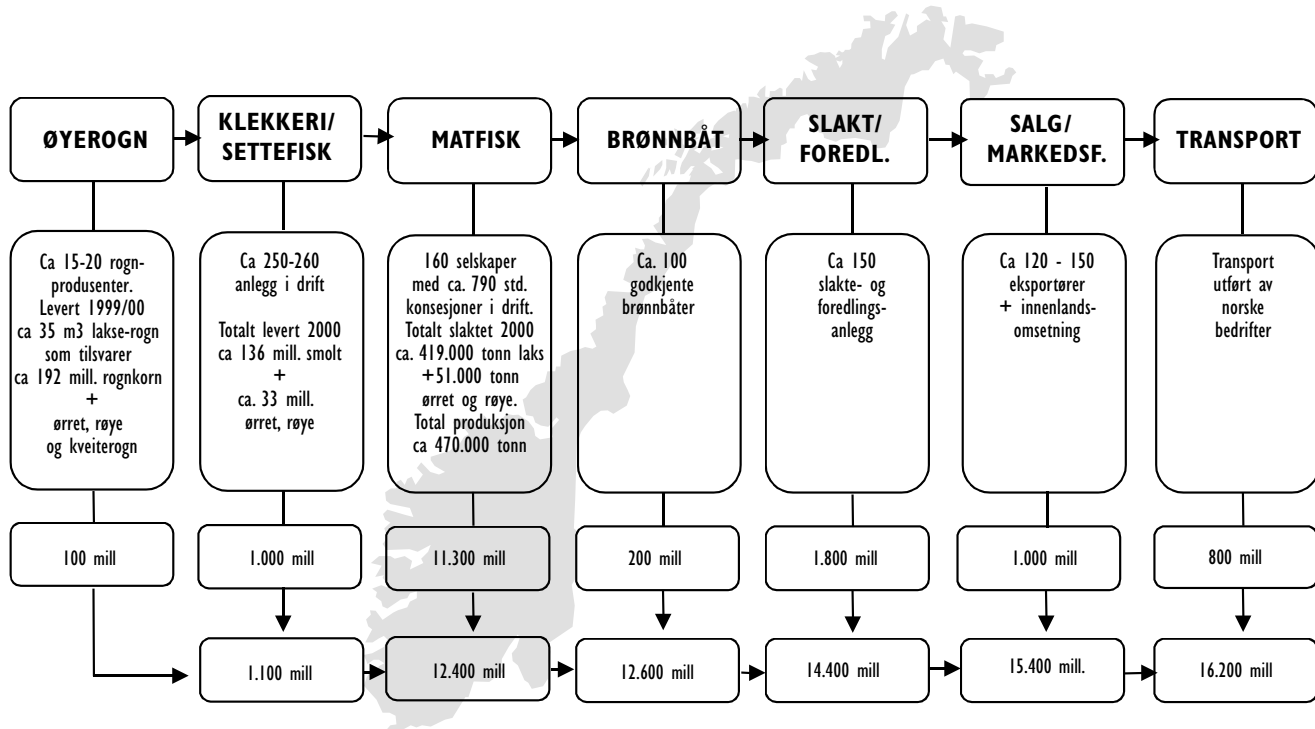
Figur 9 Utvikling ukentlig pris superior norsk atlantisk laks 2000 fordelt på vektklasser. (NOK pr. kg sløyd, superior kvalitet FOB slakteri).
 Development weekly price in year 2000 of Norwegian Atlantic salmon divided on sizes (NOK pr. kg gutted, superior quality FOB processing plant).

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.

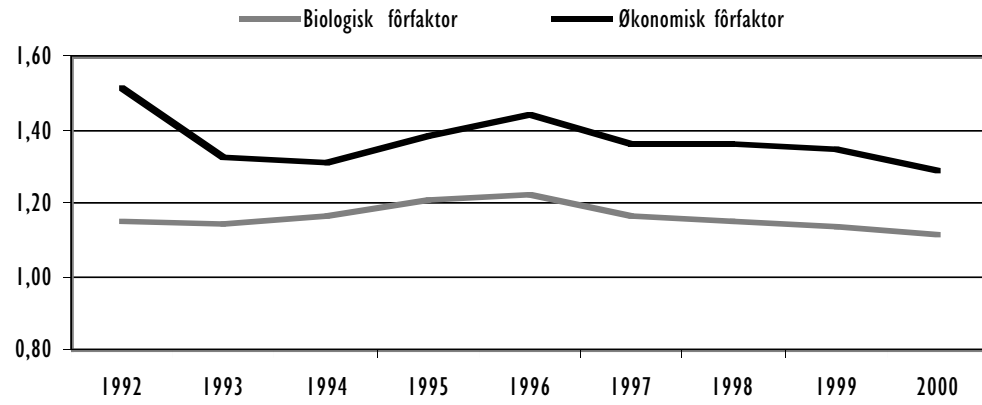
En av disse tilsynelatende relativt ubetydelige parametre er fôringshyppighet. Det nevnte POL-prosjektet fant på 98-utsettet at kontinuerlig fôring

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:

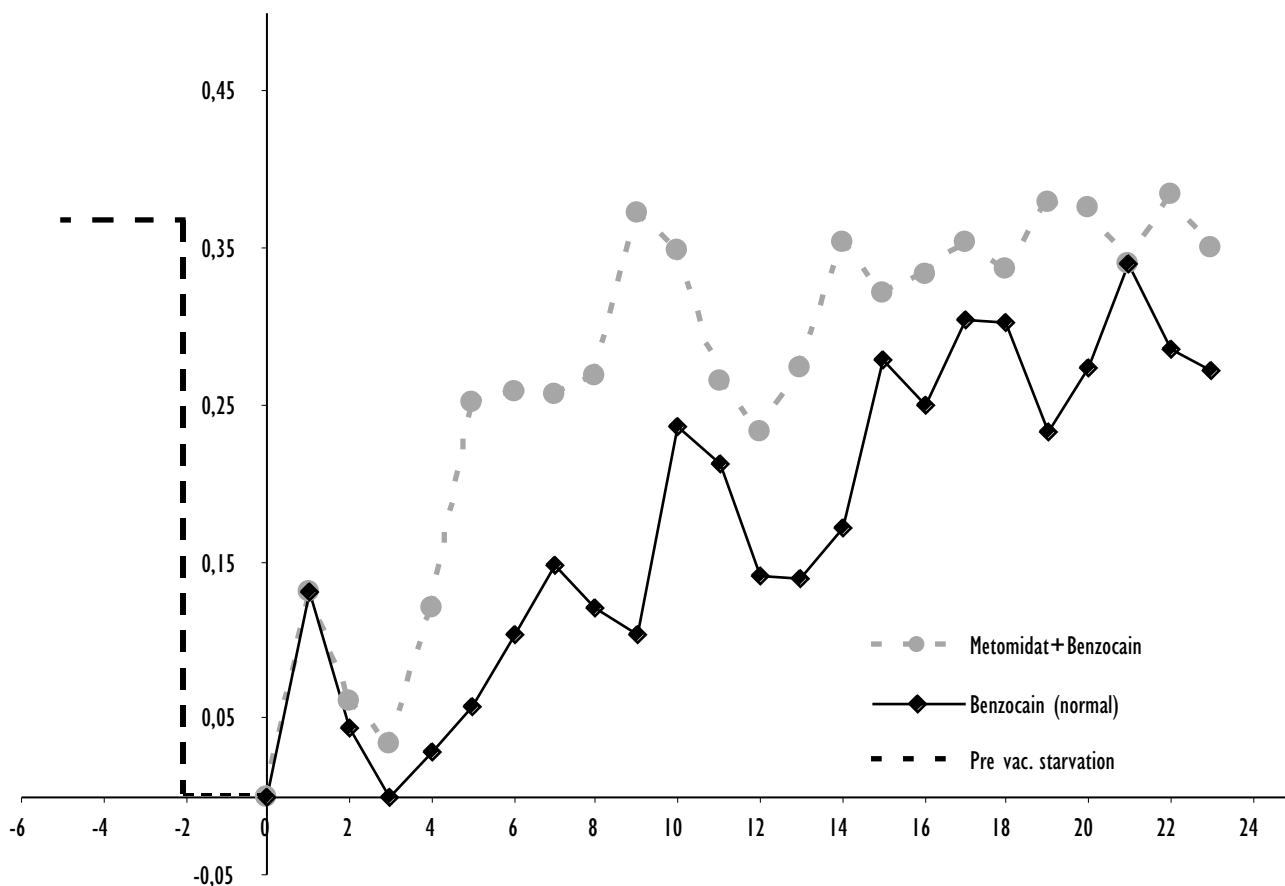
1. Hämmas tillväxten i direkt samband med vaccinering eller kommer den senare?
2. Är minskningen i tillväxt relaterad till en minskning i foderintag?
3. Vad i vaccineringen, handhavande, bedövning, injektion eller vaccin är orsaken?
4. Kan den negativa effekten av vaccinering minskas med anestesi och/eller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

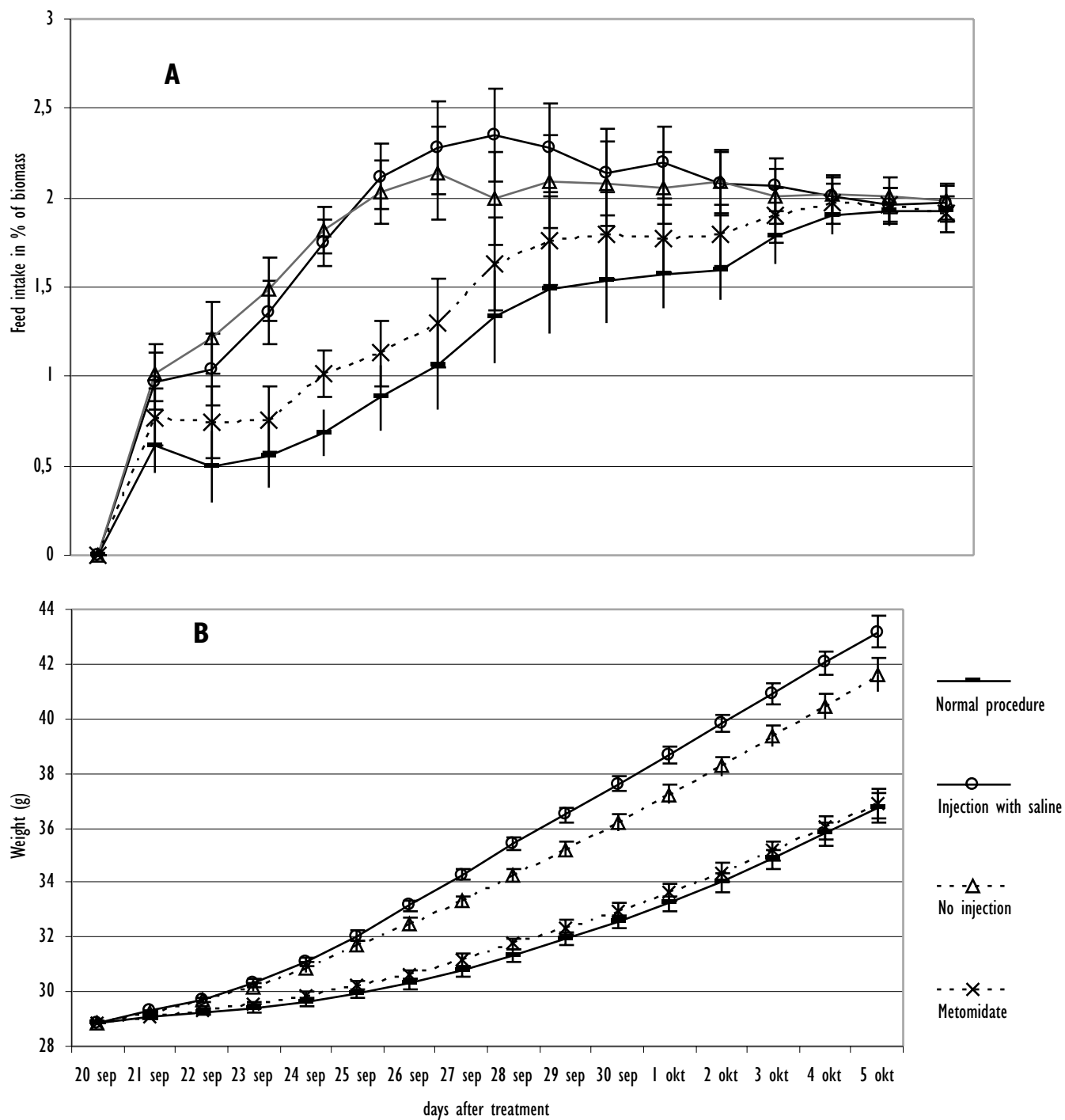


Figur 1 Effekt av vaccinering på foderintag hos laxyngel med olika anestesirutiner.

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).

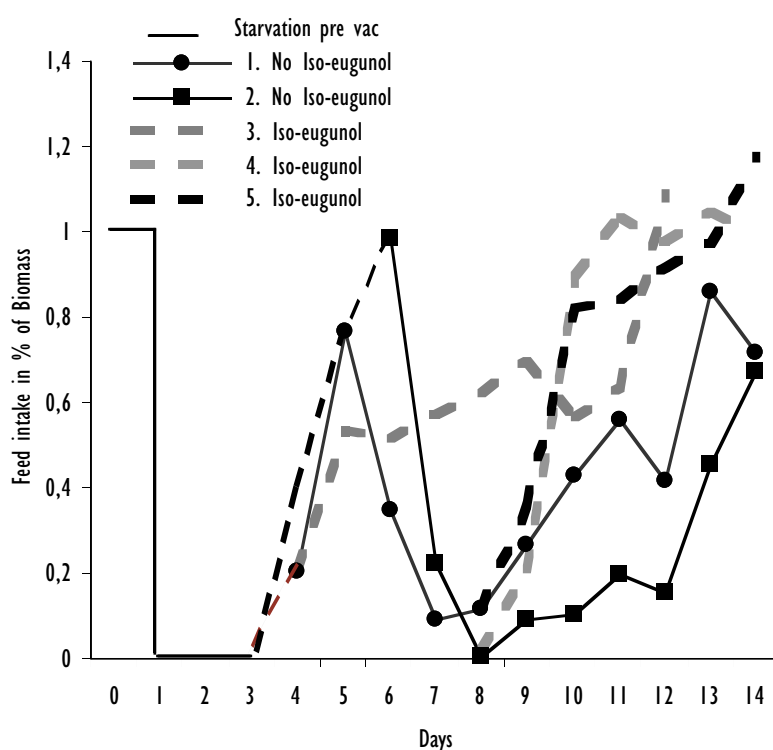
i detta försök var att den gruppen också bedövades med en högre dos av samma lugnande medel (metiomidate) istället för med benzocain. I motsats till tidigare försök (Figur 1) så får vi nu ingen positiv effekt av denna förbehandling utan denna fisk växer likadant som normalt vaccinerad fisk (Figur 2 a 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 Havsforskningsinstitutet 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 (noxious 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

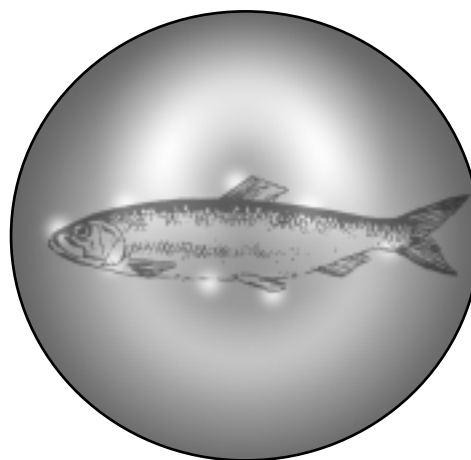
Anestesi är ett framkallat stadium av medvetlöshet hos ett djur. De tre komponenterna som anestesi består av är analgesi (smärtstillande), amnesi (minnesförlust) och immobilisering (förlust av rörligheten). Droger som används vid anestesi har varierande effekt i vart och ett av dessa områden. Vissa droger 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 nejonögonen 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 prövades 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 (lokanestetika) 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

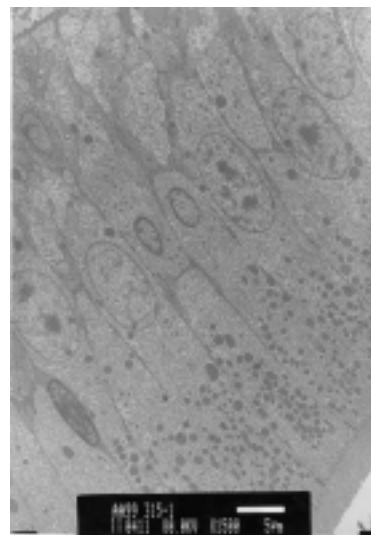
Den målbevisste satsingen på etablerte og nye oppdrettsarter har etter hvert gitt resultater i form av høy produksjon og god kjennskap til de ulike arters biologi. Men det ligger ennå en stor utfordring i at fisk i oppdrett er svært utsatt for infeksjonssykdommer. Når det gjelder mikrobielt forårsakede 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.

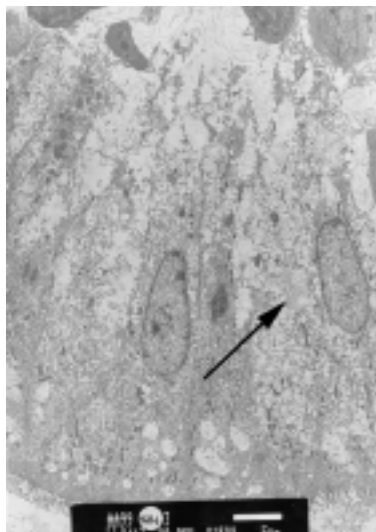
Hvordan kan en da stimulere kolonisering av de "gode" bakteriene i mage-tarmsystemet? Fra human forskning har en forsøkt å benytte det såkalte prebiotika-konseptet. Dette konseptet tar utgangspunkt i at forskjellige "gode" tarmbakterier som bifidobakterier og laktobasiller kan omsette (fermentere) forbindelser,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



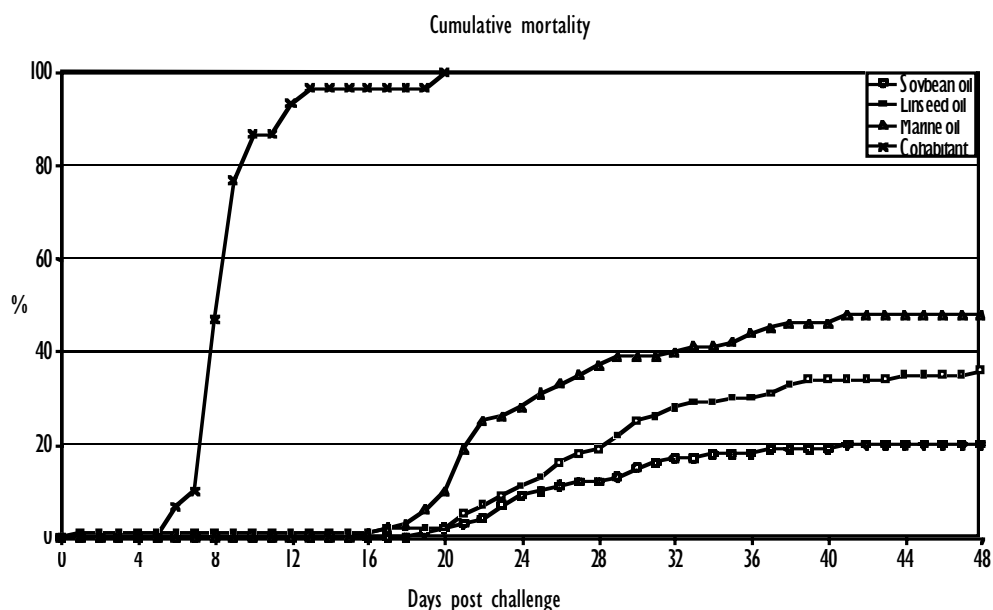
Figur 2 Tarmceller i pylorus caeca hos regnbueørret føret med diett tilsatt 15 % inulin som karbohydratkilde. Pilen viser en typisk lamell inne i cellene som sannsynligvis er forårsaket av opphopet inulin. X1500.

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*.

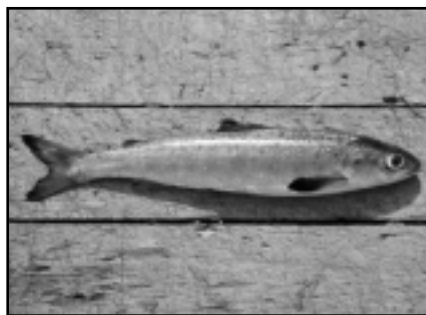
Lakselusen dreper villaksen. Kan vi spore effekter av tiltakene så langt?

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.

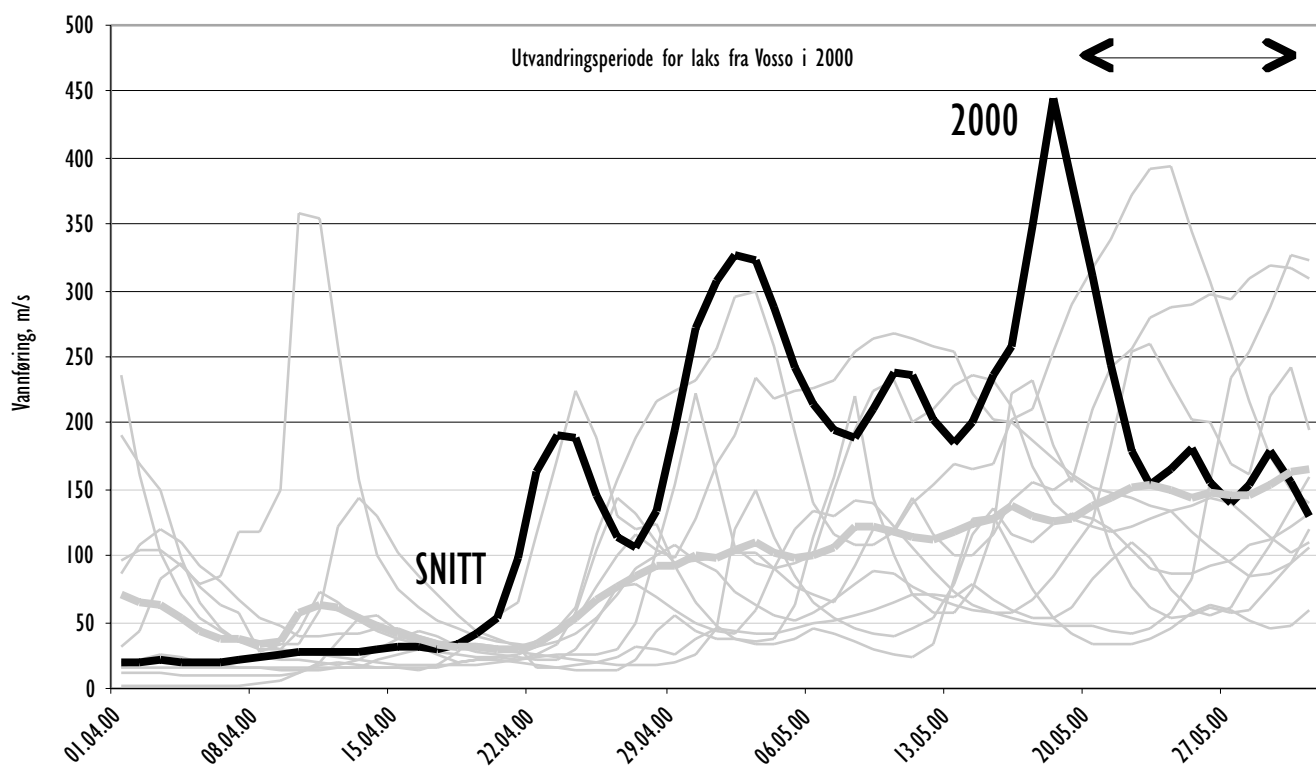
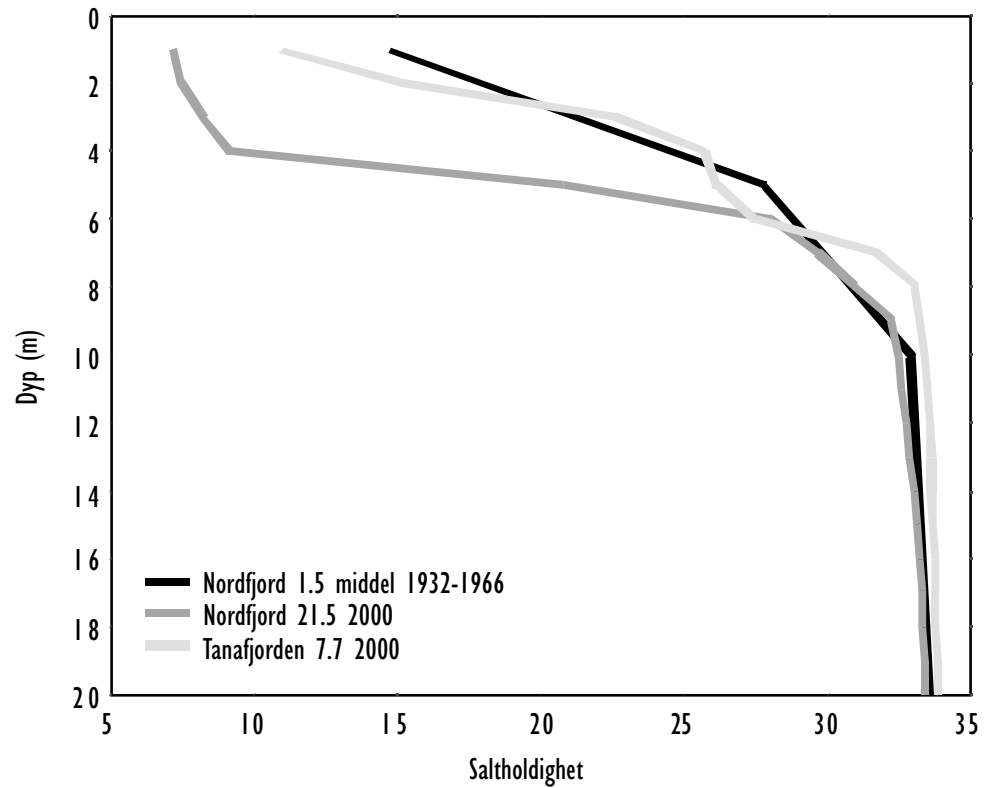
Parallelt med avlusingskampanjen vinteren 2000 forberedte Havforskningsinstituttet en større feltinnsats for å dokumentere lusenivået på den utvandrende postsmolten våren 2000. Undersøkelsene ble finansiert ved bevilgninger fra Norges forskningsråd, Direktoratet for Naturforvaltning, Fiskeridirektoratet 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, preadult 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

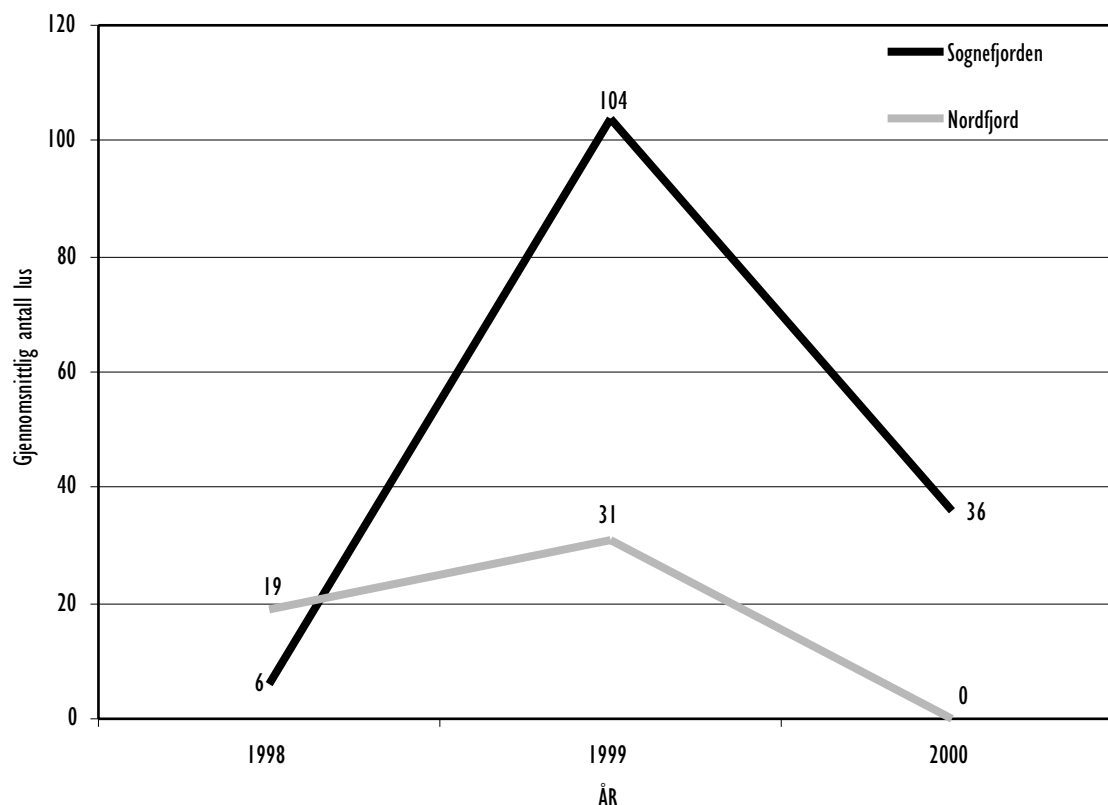
Osterfjorden

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.

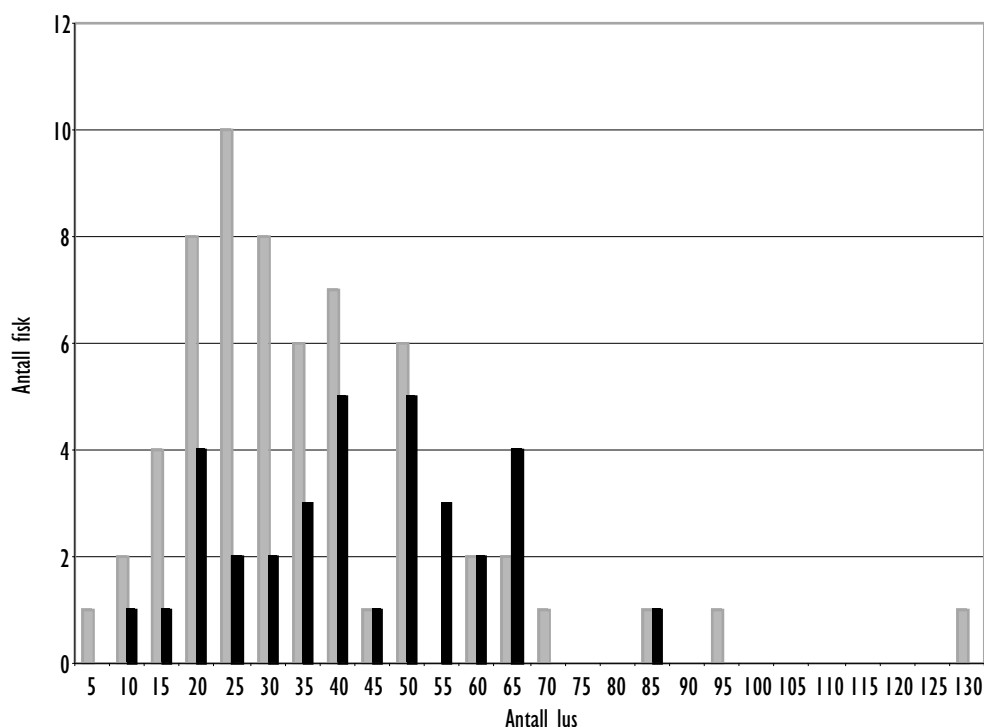
Norskehavet juni 2000

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.

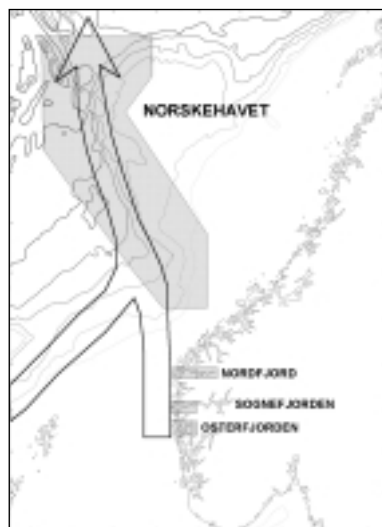
Fisk uten eller med få voksne lus hadde typisk hematokritverdier fra ca 28 til 35. Tatt i betraktning lusens utviklingstid, utvandringstidspunkt for postsmolt fra Norge og sørligere områder, veksthastighet og tiden som var gått fra utvandring i Sør-Norge i forhold til fra De britiske øyer, kan det med 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 absolute 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

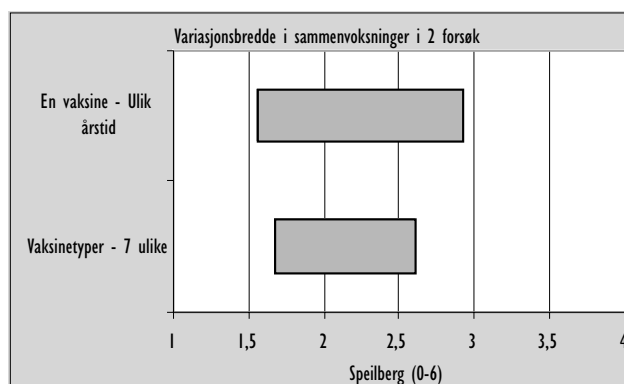
Med innføring av mer effektive oljebaserte vaksiner på begynnelsen av 90-tallet, fikk man de fleste bakteriesykdommene i lakseoppdrett under kontroll. De effektive vaksinene ga imidlertid bivirkninger som bl.a. sammenvoksninger i bukhalen og mørk misfarging i fileten. Ut fra hensynet til fiskens velferd 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.

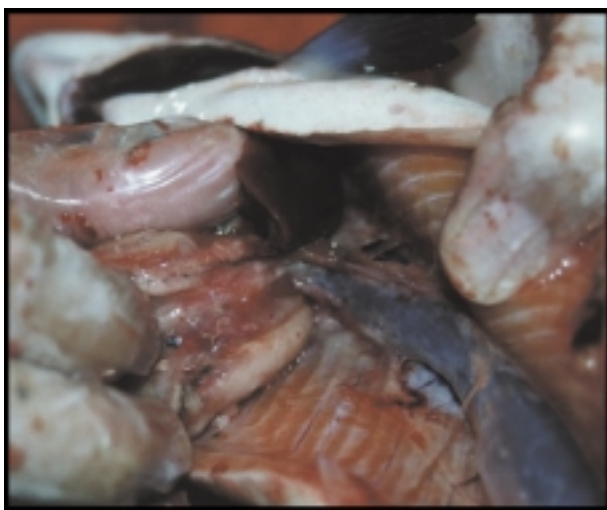
I 1997 ble et industriprosjekt startet i et samarbeid mellom Intervet Norbio AS og Havforskningsinstituttet, Matre havbruksstasjon. For å redusere de uønskede bivirkningene av vaksiner, er miljøforholdenes innvirkning på effekt og bieffekt undersøkt. Målet har vært å utvikle en vaksinasjonsstrategi som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



Figur 2 Effekter på bivirkninger (Speilberg) gitt ulike vaksintyper, 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.



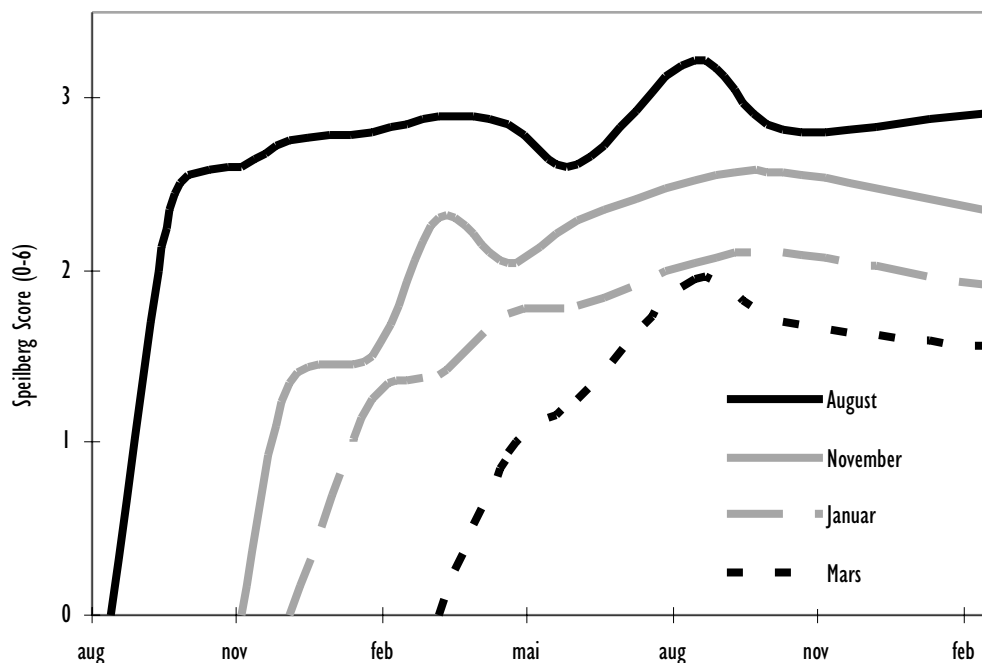
Figur 1 Vaksinert laks med sammenvoksninger mellom bukvegg og organer, samt mørk misfarging (melanin). Bivirkningene klassifiseres visuelt etter Speilbergs skala fra 0 (ingen) til 6.

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

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 1+ 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

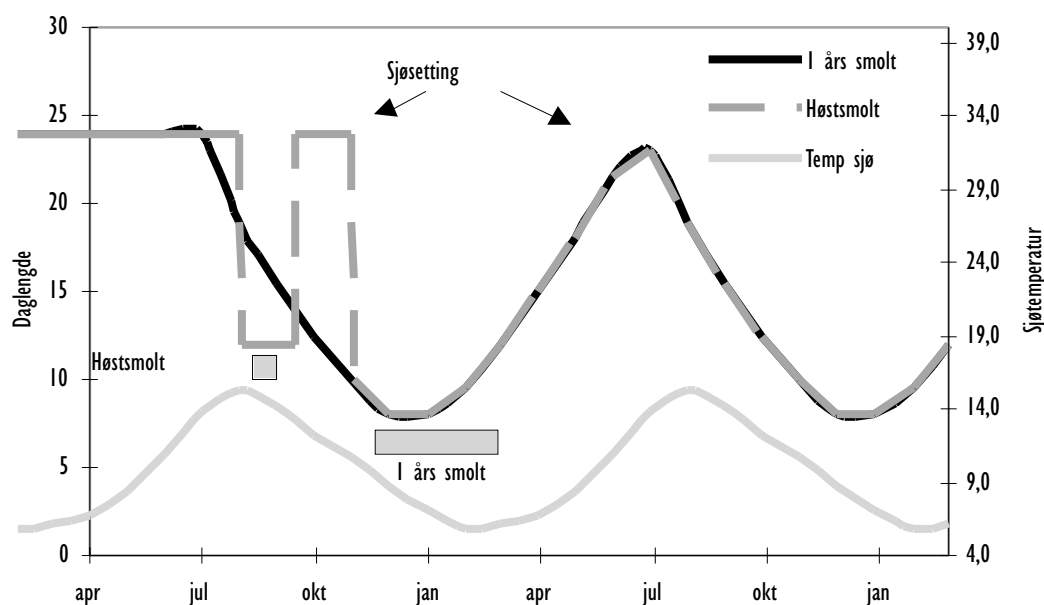
Fiskestørrelsen øker utover høsten. Dette kan være medvirkende årsak til at vintervaksinert fisk får mindre bivirkninger enn høstvaksinert. Hypotesen støttes av forsøk med individmerket fisk, hvor fiskene som var minst ved vaksinerings i stor grad også var minst ved slakting, samtidig som de fiskene 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 sårddannelse 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 nøkkel-faktorene 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.

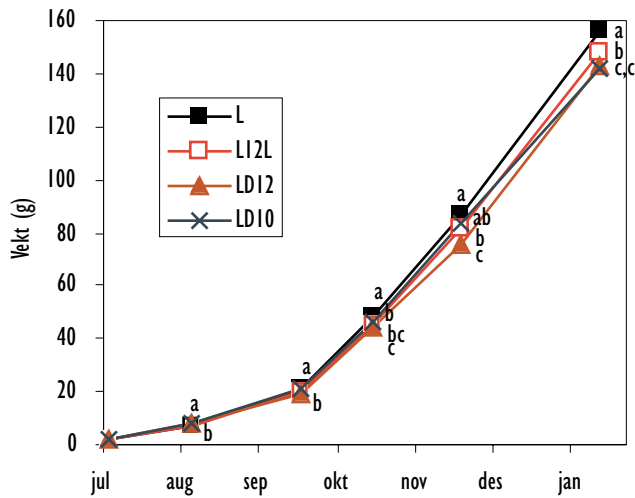
I NFR-prosjektet "Optimal settefiskproduksjon av regnbueørret" har vi undersøkt effekt av fiskestørrelse på sjøvannstoleranse hos regnbueørret, og hvordan ulike lysperioder påvirker tilvekst og utvikling av sjøvannstoleranse.

Konstant 24 timers belysning øker tilveksten

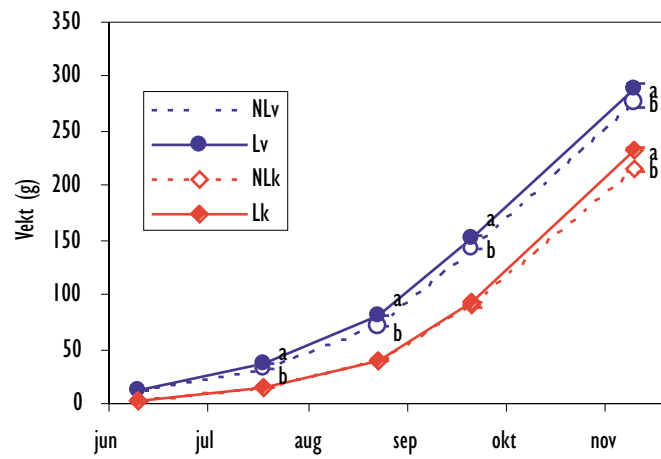
Gjennom en rekke forsøk oppstartet midtsommers 1997-1999, med yngel varierende med en gjennomsnittsvikt fra 2 til 20 gram, ble fisken eksponert for ulike lysregimer i 5 til 8 måneder. Lysregimene inkluderte naturlig fotoperiode (NL), 8, 10, 12, 16 og 20 timers daglengde. I samtlige eksperimenter ble 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.

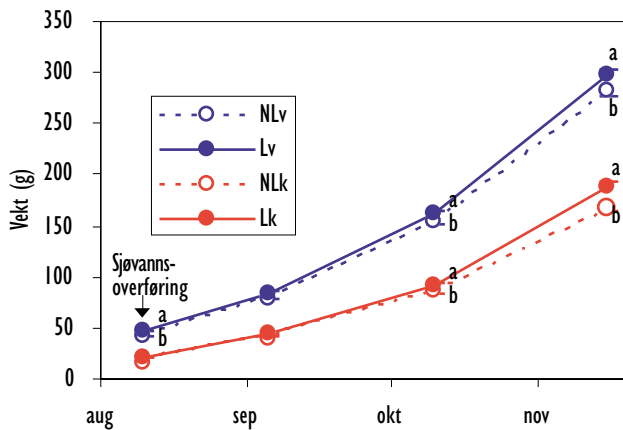




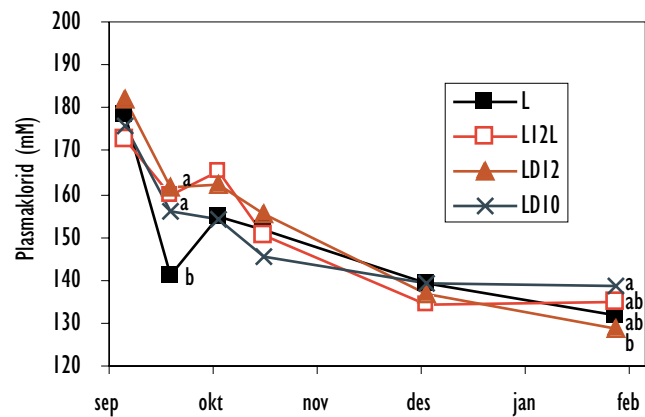
Figur 1 Vektutvikling hos regnbueørret under ulike lysregimer. L = kontinuerlig belysning. L12L = kontinuerlig belysning med 6 uker (august-september) 12 timers belysning. LD12 og LD10 = 12 og 10 timers belysning hhv. Ulike bokstaver viser signifikante forskjeller.



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.

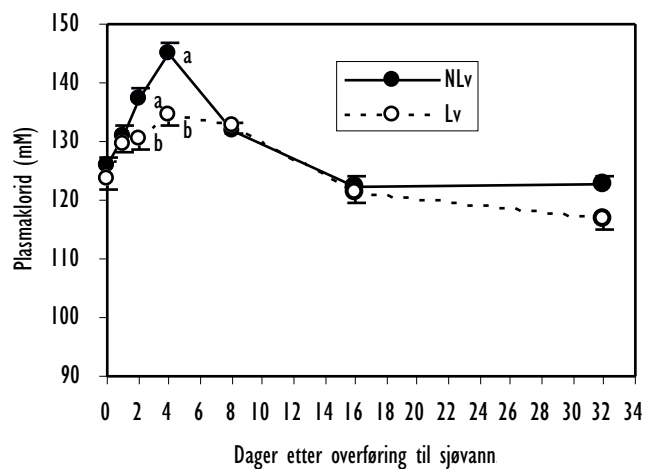


Figur 4 Utvikling av plasmaklorid etter 24 timer 35 % sjøvannstest hos regnbueørret under ulike lysregimer (se beskrivelse av gruppekoder under figur 1). Ulike bokstaver viser signifikante forskjeller.

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

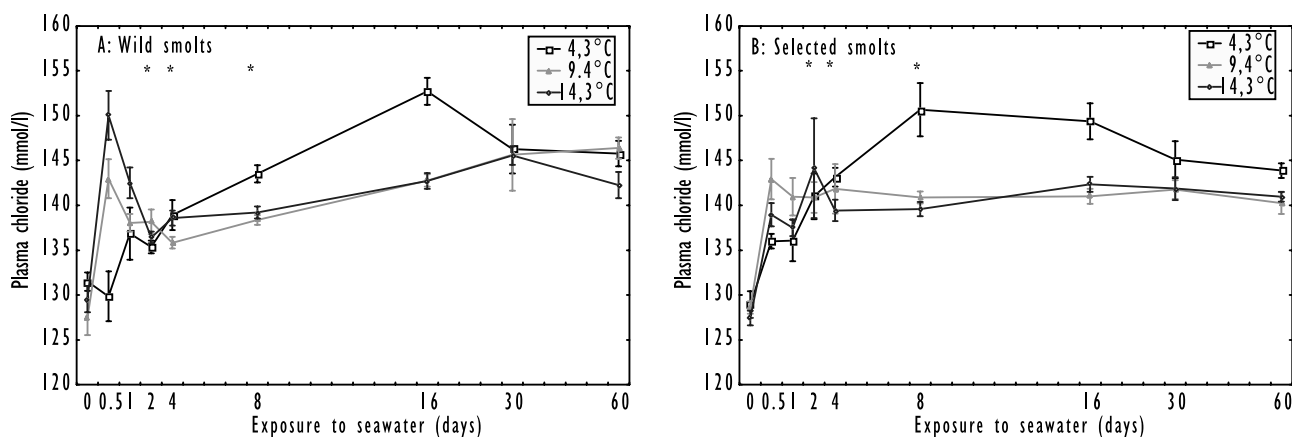
Sigurd O. Handeland, Kristian Pettersen og Sigurd O. Stefansson, Universitetet i Bergen

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, $n=12$, \pm 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, $n=12$, \pm 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

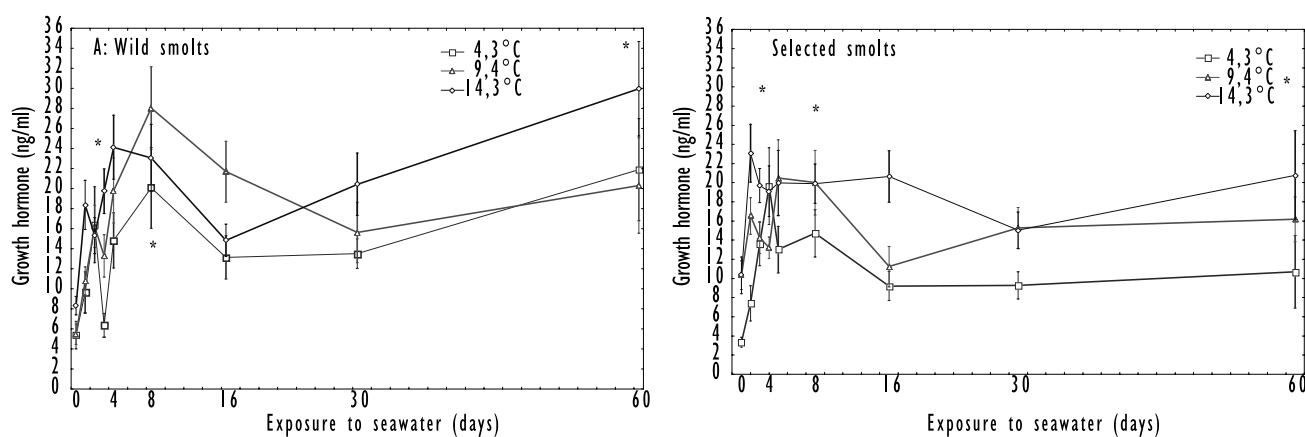
Plasmaklorid-nivå etter overgang til sjøvann

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.

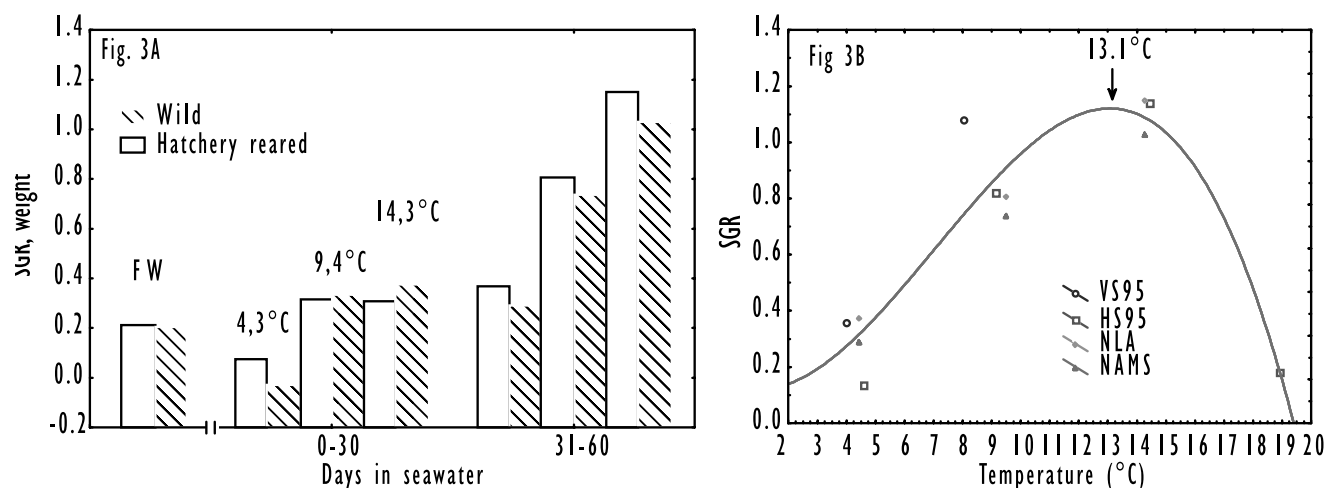
Parameter	Namsen		AkvaGen	
	20 mars	13 mai	20 mars	13 mai
Lengde	15.1 (0.6)	16.2 (0.6)	16.4 (0.5)	17.7 (0.5)
Vekt	40.8 (5.8)	45.6 (6.7)	50.4 (4.9)	56.7 (7.2)
Kondisjon	1.17 (0.06)	1.05 (0.07)	1.12 (0.06)	1.04 (0.06)
SGR		0.20 (0.02)		0.21 (0.02)
Gjelle Na^+, K^+ -ATPase	4.4 (2.3)	15.7 (1.2)	4.5 (2.0)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