

des. 1

Fisken og havet, særnummer 3-2002
ISSN 0802 0620

FISKERIDIREKTORATEI
BIBLIOTEKET

Havbruksrapport 2002

Redaktører: Johan Glette
Terje van der Meeren
Rolf Erik Olsen
Ove Skilbrei

HAVFORSKNINGSINSTITUTTET, februar 2002



Havbruksrapporten skal gi leseren en kortfattet oversikt over det som har skjedd i utvalgte aktuelle felt innen havbruksnæringen og forskning i året som gikk. Som for de foregående år inneholder rapporten korte oversikter over produksjonstallene og markedene for de viktigste oppdrettsartene i Norge. Likeledes er god helse nødvendig for en sunn og ekspansiv næring. Helsen for de viktigste arter, med fremtidige utfordringer, hører derfor også naturlig med.

Med nedgangen i både pris og salgstall som vi opplevde for laksefisk i året som gikk, øker nå interessen for oppdrett av andre arter, og da først og fremst marine fiskeslag. Dette gjør det mulig for oppdrettsnæringen å ha flere "bein" å stå på i fremtiden. Torsken er den arten som det absolutt har vært størst interesse for å bringe i kommersiell produksjon den siste tiden. Langs kysten bygges det nå opp større og mindre yngelanlegg for å tilfredsstille kravet om kunstig produsert settefisk i matfiskoppdrett. Nedgangen i kommersielle fiskerier med påfølgende prisoppgang, og det faktum at teknologien i matfiskoppdrett stort sett er den samme for torsk og laksefisk, kan være noe av forklaringen på den økte interessen.

Henvendelsene til instituttets forskere som arbeider med oppdrett av torsk, har vært tallrike, både fra oppdrettere og media. På bakgrunn av dette er en større del av *Havbruksrapport 2002* reservert torsken som oppdrettsfisk, hvor både status og produksjonsmetoder fra stamfisk til matfisk beskrives. I tillegg har mange av forfatterne også pekt på de utfordringene som ligger fremfor oss.

Dersom leseren skulle ha interesse av å kontakte noen av forfatterne vil redaksjonskomiteen bidra med hjelp. Forfatterliste med e-postadresser er også lagt ved bakerst i rapporten slik at leserne kan ta direkte kontakt etter behov.

Redaksjonskomiteen for *Havbruksrapporten 2002* har bestått av (i alfabetisk rekkefølge): Johan Glette, Terje van der Meeren, Rolf Erik Olsen og Ove Skilbrei.

Korrekturen er lest av Ingunn E. Bakketeig. John M. Ringstad har stått for grafisk design.

Redaktørene vil rette en stor takk til alle bidragsytere for godt samarbeid. Vi vet, av egen erfaring, at dette forfatterskapet legger ytterligere stein til byrden i en hektisk tid.

Denne rapporten refereres slik: This report should be cited:
Glette, J., van der Meeren, T., Olsen, R.E. og Skilbrei, O. (red.), 2002. Havbruksrapport 2002. *Fisken og havet*, særnr. 3-2002.

Innhold

Forord	3
Sammendrag	6
Summary	8
Havbruk i takt med villfisken og konsumentene? Ole J. Torrissen	11
KAPITTEL 1: LAKSEFISK	
1.1 Produksjon av laks og ørret i 2001 Øystein Klakegg, Kontali Analyse AS	16
1.2 Markedssituasjonen for laks Tore Brattgjerd	20
1.3 Fiskefôr og fôrmidler Rune Waagbø	22
1.4 Helsesituasjonen hos laksefisk i 2001 Anne Berit Olsen og Brit Hjeltnes	26
1.5 Leppefisk – liten rensefisk kan berge stor laks! Per Gunnar Kvenseth, Johan Andreassen og Øivind Bergh	30
KAPITTEL 2: MARINE ARTER	
2.1.1 Yngelproduksjon av kveite Torstein Harboe	34
2.1.2 Matfiskoppdrett av kveite Tore S. Kristiansen	37
2.2 Hyse – en ny art i oppdrett? Ingegjerd Opstad	41
2.3 Oppdrett av piggvar Sylvie Bolla	43
2.4 Nye muligheter for oppdrett av hummer Tore S. Kristiansen og Asbjørn Drenngtig	44
2.5 Helsesituasjonen 2001 – marine arter i oppdrett Hogne Bleie	46
2.6 Skjelldyrking – status og utfordringer Peter Hovgaard, Stein Mortensen og Øivind Strand	49

KAPITTEL 3: TORSK I OPPDRETT

3.1 Bestandssituasjonen for villtorsk	
Asgeir Aglen	56
3.2 Torsken kommer nå!	
Per Gunnar Kvenseth og Jørgen Borthen	58
3.3 Stamfisk torsk	
Birgitta Norberg og Olav Kjesbu	61
3.4 Gyting, innsamling, inkubering og klekking av egg	
Terje van der Meeren	64
3.5 Larver og tidlig yngel	
Terje van der Meeren	70
3.6 Tilvekst hos torsk	
Ørjan Karlsen	74
3.7 Kjønnsmodning hos torsk	
Geir Lasse Taranger	77
3.8 Slaktekvalitet på oppdrettstorsk	
Håkon Otterå og Leif Akse	80
3.9 Kvalitet av torsk	
Erik Slinde	82
3.10 Genetikk og torskeoppdrett - utfordringer og muligheter	
Knut E. Jørstad	84

KAPITTEL 4: HELSE HOS TORSK I OPPDRETT

4.1 Også oppdrettstorsken kommer til å bli syk	
Øivind Bergh	90
4.2 Antistoff-forsvaret hos torsk	
Jørgen Stenvik	93
4.3 Forebyggende helsearbeid	
Odd Magne Rødseth og Arild Tangerås	97
4.4 Parasitter hos torsk	
Frank Nilsen	101
Forfattere i Havbruksrapport 2002	103

For første gang siden 1992 ble det i 2001 slaktet et mindre kvantum laks enn foregående år. Nedgangen fra 2000 var på hele 11 000 tonn. Siden produksjonen av regnbueørret viste en betydelig økning, var nedgangen på laksefisk totalt likevel bare på om lag 8 000 tonn. Prisene falt også mye i året som gikk. Mens oppdretterne fikk nesten 30,- kr per kg for laksen i 2000, startet 2001 med en pris på under 25,- kr per kg. Etter et relativt rolig halvår falt prisen ytterligere til under 16,- kr per kg i desember. Det er flere årsaker til dette, og manglende uttak av slaktemoden fisk i påvente av høyere pris kan være en av hovedårsakene. Økt produksjon fra andre europeiske land og Chile kan også ha hatt en innvirkning. Chiles prisdempende inntreden var sannsynligvis mer av psykologisk enn reell art på grunn av lite kvanta omsatt i EU-området.

Utviklingen i retning av en permanent mangel på marint fett til produksjon av førmidler til laks kan gå rakst, og vil i løpet av tre til åtte år kunne skape store problemer for veksten av norsk lakseoppdrett dersom vi ikke er forberedt med alternative førråvarer. Oppdrett av torsk krever magrere førråvarer. Selv om vi i dag har tilgang på flere alternative råstoffer, hovedsakelig av vegetabilsk opprinnelse, ligger det betydelige utfordringer i produksjon av kostnadseffektive vekstfôr.

Helsesituasjonen for laksefisk generelt har også i 2001 vært god. Lakselus har vært et av de mest fokuserte problemene de siste årene, men situasjonen ser nå ut til å være under kontroll i de fleste anlegg. Fjoråret var imidlertid ikke helt uten problemer. De mest utbedte lidelser nå er Infeksiøs Pankreasnekrose (IPN) og vintersår. Foreliggende vaksiner mot IPN ser ut til å gi en viss grad av beskyttelse, mens vaksiner mot vintersår er under utprøving. Også her er resultatene lovende. Utbrudd av infeksjøs lakseanemi (ILA) i enkelte områder er også bekymringsfullt og krever nøye overvåkning. Det samme gjelder for Pankreas Disease (PD) som foreløpig bare er påvist på Vestlandet. Generelle produksjonslidelser som katarakt og ryggradsdeformiteter er sannsynligvis ennå utbredt selv om både omfanget og årsak er vanskelig å fastslå.

I 2001 ble det produsert om lag 450 000 yngel av kveite mot 250 000 i 2000. Dette må betegnes som lovende med hensyn til fremtidig produksjon. I motsetning til tidligere år hvor den sesongavhengige semi-intensive produksjonsmetoden har dominert, ble 2001 året hvor den intensive metoden (produksjon uavhengig av årstiden) frembrakte flest yngel. Varierende yngelkvalitet i form av feilpigmentering og manglende øyevandring er fremdeles et betydelig problem i kveiteoppdrett. Matfiskoppdrett av kveite er ennå på pionerstadiet. Tidlig kjønnsmodning, spesielt hos hanner, må reduseres. Vekstpotensialet må utnyttes bedre og produksjonstiden må ned. Det er også et betydelig behov for utvikling av bedre metoder og utstyr som er tilpasset kveitas biologi, blant annet med hensyn til å oppnå god tilvekst og trivsel i merder og kar. Igangsetting av omfattende avlsprogrammer kan trolig bedre dagens situasjon betydelig.

Når det gjelder de marine artene har det ikke vært nevneverdige forekomster av meldepliktige sykdommer. Det har ikke blitt rapportert IPN eller viral encephalopati og retinopati (VER) hos kveite i 2001. Dette er sykdommer som tidligere har gitt stort tap av yngel. Hos kveite gav solforbrenning tap av fisk i anlegg. Dette gjelder spesielt på fisk med feilpigmentering.

Oppdrett av torsk har i løpet av de senere år fått fornyet interesse. Derfor omtales dette emnet grundigere i *Havbruksrapport 2002*. Den økte interessen gjenspeiles i at torskkeyngel ble solgt for mellom 15,- og 30,- kroner stykket i året som gikk. Årsaken til dette ligger i at alle viktige kommersielle bestander har vært overbeskattet i lang tid, og for en del bestander er situasjonen i dag kritisk. Dette gir lav tilgang og høy pris. Man har trolig et "vindu" på fem til ti år på å utvikle en havbruksnæring på torsk før de ville bestandene igjen er i bedring. I tillegg er det stilt krav om tilgang til kunstig produsert torskkeyngel for å kunne få tildelt konsesjon for matfisk av torsk.

For at en skal kunne utvikle en bærekraftig oppdrettsnæring må vi være i stand til å produsere mer enn 100 millioner yngel og settefisk årlig.

For slike kvanta er det trolig kun den intensive metoden (årstidsavhengig) som i fremtiden kan dekke dette behovet. Styrkt kjønnsmodning ved hjelp av lys er uproblematisk, og det kan enkelt settes opp bestander som kan forsyne yngelanlegg med egg hver eneste dag året rundt. Selv om 2001 kan sies å være et gjennombruddsår for intensiv produksjon av torskeyngel, er høy dødelighet i tidlig yngelfase en av de viktigste begrensingene for mengde settefisk produsert. Det bør settes inn betydelig innsats for å løse dette problemet. Tap i denne fasen har tradisjonelt blitt forbundet med kannibalisme, men observasjoner fra 2001 tyder på at torsken i tidlig yngelfase også lett får problemer med svømmeblæren. Årsaken til dette er ukjent.

Fordelen med å bruke torsk til oppdrett, er at matfiskproduksjonen kan foregå med den samme teknologien som benyttes i lakseoppdrett. Atferden er noe forskjellig, noe som gjør rømningsproblematikk mer aktuelt. Fettlever i torsk har vært et problem, men dette kan nå korrigeres ved bruk av spesielt designede dietter og ulike fôringsregimer. Et av de største problemene knyttet til torskeoppdrett er

tidlig kjønnsmodning. Svært lovende forsøk har imidlertid vist at det kan være mulig å utsette eller forhindre kjønnsmodning ved bruk av kontinuerlig lys.

Kvaliteten på oppdrettstorsk er stort sett god, men kvaliteten vil lett påvirkes av variasjoner i fôring og drift. Kvaliteten avviker imidlertid noe fra villfisk, noe som må tas på alvor om torsk skal bli et betydelig eksportprodukt i fremtiden.

Det største sykdomsproblemet i torskeoppdrett er i dag Vibriose forårsaket av bakterien *Vibrio anguillarum*. Lidelsen ser ut til å opptre langs hele kysten, og rammer de fleste stadier hos torsk. Vibriose kan behandles med antibiotika, men lovende vaksiner er under utvikling. Større utfordringer er det imidlertid forbundet med å kontrollere sykdommer forårsaket av virus. Her kan det ikke benyttes antibiotika, og det er svært ressurskrevende å utvikle gode vaksiner. Også parasitter utgjør et problem. Det er eksempelvis påvist over 100 ulike parasitter hos torsk.

Summary

Until last year, the volume of salmon produced by the Norwegian aquaculture industry had been increasing throughout the 1990s. For the first time in almost ten years, the amount of salmon slaughtered during one year decreased relative to the previous year's production (by approximately 11 000 tonnes in 2001). However, since the production of rainbow trout increased, the net decrease in total salmonid production was actually approximately 8 000 tonnes. Market prices fell significantly in 2001. While the farmers were paid almost 30 NOK per kg in 2000, last year began with an average market price of less than 25 NOK per kg. Prices then fluctuated slightly for six months before falling to less than 16 NOK per kg in December. There were several reasons for the fall in market price. Within Norway, there was an accumulation of slaughter-ready fish in sea pens: farmers were holding the fish in anticipation of obtaining a better price. Increased competition for market share from other European countries, as well as Chile, might also have contributed. However, the much-debated price-reducing effect of Chilean exports to the EU was probably mostly a psychological factor since the actual tonnage of Chilean product sold was relatively low.

A permanent shortage of marine lipids for use in the production of salmon feed may develop within the next three to eight years if alternative sources are not found. The situation for cod is slightly better, since this species requires a low fat diet. There are several alternative feed sources available. Future challenges will be to manufacture growth-promoting feed with a composition requested by the consumer and at a favourable cost.

The health/disease situation for salmonid fishes remained favourable during 2001. Lice infections, which have been one of the more serious problems in the past, now seem to be under control on most farms. However, last year was not completely free of problems. The most widespread diseases at present are Infectious Pancreas Necrosis (IPN) and winter ulcers. Vaccines against IPN appear to give some protection, while vaccines against winter ulcer are promising. Outbreaks of Infectious Salmon Anaemia (ISA) in some areas are worrisome and

should be closely monitored. The same applies to Pancreas Disease (PD), which has been recorded in south western Norway. More general production defects, such as cataract and spine deformities, are probably widespread although no systematic collection of data has been performed. The cause of these latter problems has not yet been determined.

The production of halibut juveniles surpassed 450 000 individuals last year, compared with 250 000 in 2000. As opposed to previous years, during which most of the production was semi-intensive (seasonally-dependent), 2001 was the year during which intensive production dominated (independent of season). The most notable "bottleneck" in halibut farming remains the highly variable quality of the juveniles produced. Ongoing of halibut is still at the pioneering stage. The problem with early maturation, particularly in males, must be solved. Halibut's enormous growth potential must be harnessed in order to reduce the time required to bring them to marketable size. To adapt the farming situation to the biology of the halibut, there is a need for technical improvement in tank and pen design and construction. Several of the problems may be solved (or improved) by initiation of extensive breeding programmes.

There were no major outbreaks of disease in farmed marine species last year. Although IPN and Viral Encephalopathy and Retinopathy (VER) resulted in significant losses in previous years, no reports of these diseases were registered last year. Sunburn did, however, cause some loss of fish. There appears to be a connection between sunburn and skin malpigmentation.

During the last few years, there has been a renewed interest in farming Atlantic cod. As a consequence, this subject is given a special position in the present report. Increased interest in cod is related to the high price (15-30 NOK per fish) obtained for juveniles last year. In addition, most wild cod stocks are over exploited, yielding reduced harvest and increased market prices. The farming industry probably has a "window" of 5-10 years until wild stocks have recovered. In addition, reared juveniles are a

required prerequisite for obtaining a permit to farm cod.

In order to develop a sustainable cod farming industry, it is essential to consistently produce more than hundred million juveniles per year. It appears that this will only be possible through the use of intensive culture methods. It has proven possible to adjust the timing of cod sexual maturation using photoperiod manipulation, so that hatcheries can now be supplied with eggs throughout the year. Even though a breakthrough in the intensive production of cod juveniles was achieved in 2001, the main problem remains the high mortality associated with the pre-juvenile life stages. These losses are generally attributed to cannibalism, but recent results indicate that swim bladder malfunction may be another significant contributing factor. The cause of this latter problem is not known.

Ongrowing of cod is advantageous because the technology used in cod sea pens is similar to that used for salmon. However, the behaviour of cod in sea pens is slightly different than that of salmon, and some precautions are required to prevent fish from escaping. The development of an overly fatty

liver in farmed cod has been a major problem in the past. However, this can now be improved by using specially formulated diets and feeding regimes. Early sexual maturation is still a major problem. However, preliminary studies indicate that maturation can be delayed or prevented by photoperiod manipulation.

Although the quality of farmed cod is generally good, it is significantly influenced by variations in feed composition and maintenance. Further, the quality of farmed cod deviates slightly from that of wild fish. This requires serious attention if farmed cod is to be accepted by the market and exported in large quantities.

Vibriosis, caused by the bacteria *Vibrio anguillarum*, is the most widespread disease in farmed cod. Treatment with antibiotics and vaccination of larger fish reduce mortality. Larger challenges are associated with the control of viral diseases. These cannot be treated with antibiotics, and it is very expensive and time consuming to develop good vaccines. Parasites are also a significant problem in cod – over 100 species of parasites have been identified so far.

THE SUNDAY TIMES magazine

SEPTEMBER 19, 2005

Each adult salmon has only a bathful of sea water to survive in

Each adult salmon has only a bathful of sea water to survive in. The fish are packed so closely together that they can barely move. The water is so polluted that it is almost impossible to breathe. The fish are so stressed that they are almost impossible to handle. The fish are so weak that they are almost impossible to eat.

THE FISH

THE SALMON



T

It should be. It's been dyed, disinfected and bred in a polluted, parasite-infested cage... and they call it healthy food



IS THIS FISH OR IS IT FOUL?

Is it safe to eat? Salmon is packed with delicious... health... and its farming is... fish at any hidden... by Richard...
Is it safe to eat? Salmon is packed with delicious... health... and its farming is... fish at any hidden... by Richard...

TASTY?

It should be. It's been dyed, disinfected and bred in a polluted, parasite-infested cage... and they call it healthy food



HAVBRUK I TAKT MED VILLFISKEN OG KONSUMENTENE?

Forskningsdirektør Ole J. Torrissen
Havforskningsinstituttet

Vi har et enormt potensial for havbruksproduksjon i Norge. Mulighetene ligger ikke bare i å utvikle effektive produksjonssystemer, miljøeffektene må også holdes innen rammer samfunnet og våre kunder finner akseptable. Innen få år vil vi produsere over 100 000 tonn oppdrettstorsk i Norge. Et godt nasjonalt avlsprogram vil være ett av våre mulige fortrinn. Vår største utfordring ligger i å utvikle systemer slik at fiske og oppdrett kan virke side om side.

Havbruk er på mange måter blitt et negativt ladet ord, og spør du den vanlige mann eller kvinne har de ikke alltid så mye til overs for oppdrettslaks. Begrunnelsene for slike holdninger kan være at oppdrett er ressursødende og miljøfiendtlig, eller at oppdrettslaks er av dårlig kvalitet og i tillegg inneholder skadelige stoffer. Avisoppslag og fjernsynsdokumentarer i utenlandske medier presenterer oss fra tid til annen for de samme uheldige påstandene. Også internasjonalt har altså oppdrett av laks til dels et dårlig rykte. Dette har ikke bare betydning for omsetning og pris på laks på verdensmarkedet, men vil i siste instans også kunne virke negativt inn våre muligheter til å utnytte det potensialet vi har for å produsere oppdrettsfisk i Norge. I dag oppdretter vi ca. 500 000 tonn laks og ørret per år, mens anslag har vist at vi innen 2020 har naturgitte forutsetninger for å produsere et kvantum som er fem til seks ganger høyere; om lag 3 millioner tonn. Norges mest bærekraftige kjøttproduksjon

Norsk havbruksnæring produserer ca. to ganger norsk landbruks kjøttproduksjon, med betydelig mindre totalt forbruk av fôr. Det er altså langt mer ressursparende å produsere fisk enn det er å produsere kjøtt fra landdyr. Dette skyldes i hovedsak tre faktorer:

- fisk er vektløse i vann og behøver ikke å bruke energi på å bære en kropp
- fisk kan skille avfallsstoffene direkte ut

i vann og kan derfor forbrenne næringsstoffene mer fullstendig

- fisk er langt mer effektive i reproduksjonen, og innsatsen for å skaffe avkom er langt mindre enn for andre landlevende husdyr.

Sykdomssituasjonen i norsk havbruksnæring er også svært god. Forbruket av antibiotika er ca. 1/10 av det norsk landbruk bruker, og sykdomssituasjonen i norsk landbruk skal i internasjonal sammenheng være eksepsjonelt god.

Den norske modellen med landbaserte settefiskanlegg for å produsere yngel, og flytende merder i sjø for matfiskproduksjon, er svært effektiv og forbruker minimalt med areal. Vi ser alle daglig de inngrep som er blitt gjort over tusener av år for å produsere kjøtt fra våre landlevende husdyr, ofte betegnet som verneverdige kulturlandskap. Sjøanleggene setter ingen varige spor. De er fritt-flytende, og to til tre år etter at anleggene er flyttet vil også alle spor være slettet. Oppdrett av fisk i merder er igjen den dyreproduksjon som bruker minst areal og setter minst varige spor etter seg i naturen.

Miljøutfordringene

Opinionen burde derfor tatt havbruksnæringen til sitt hjerte som den fremtidsrettete og bærekraftige produksjon av sunn mat den reelt sett er. Det positive med lakseproduksjonen ser derimot ut til å forsvinne i en negativ fokusering forankret i de miljøutfordringer næringen har:

- Spredning av lakselus til ville bestander.
- Rømming av laks, med de mulige farer det representerer for de ville bestandene.
- Utslipp av organiske og uorganiske stoffer.
- Giftstoffer fra fôrråvarer som overføres til fiskekjøttet.
- Spredning av smittsomme sykdommer fra oppdrettsanlegg.

Store oppslag i pressen gir folk inntrykk av at vi har å gjøre med en næring som setter egen økonomisk vinning framfor ansvarlig drift. Vi kan nevne oppslag på spenstige svingninger i verdien på børsnoterte oppdrettselskaper, svimlende summer for overtakelse av konsesjoner, omgåelse av EUs regelverk når det gjelder minstepriser samt momsundragelser og brudd på offentlige reguleringer. En stor næring kan selvsagt ikke ta ansvar for at det finnes uansvarlige enkeltaktører.

Det er heller ikke nødvendigvis negativt at det rettes fokus på norsk oppdrettsnæring. Det kan og bør være positivt. Problemet er den negative forankringen, en forankring som ligger i de uløste miljøutfordringene.

Det er et gjeldende prinsipp i norsk forvaltning at den som foretar utslipp selv må undersøke og dokumentere effektene. Norske fiskeoppdrettere har i stedet valgt å stille kritiske spørsmål til validitet på den forskning og dokumentasjon som andre har gjennomført. Det har ført til at de forskningsmessige spørsmål som er stilt ikke alltid har vært helt relevant for de problemstillinger oppdrettsnæringen ønsket å få belyst. Det ser derfor ut som om uansvarlig ansvarsfraskrivelse når oppdrettsnæringen for eksempel angriper data som indikerer negative effekter av oppdrettsvirksomhet på de ville laksebestandene, uten å ha data som støtter opp under egne synspunkt.

Det er nødvendig for fortsatt sterk vekst i norsk havbruksnæring at vi får:

- a) dokumentert og kvantifisert betydningen av lakselus og rømt oppdrettslaks på våre ville laksebestander, på nasjonal så vel som regional basis.
- b) fastsatt regionale toleransegrenser for utslipp av lakselus og rømt oppdrettsfisk fra oppdrettsanleggene.

Næringen bør være en sentral aktør når det gjelder å gjennomføre disse undersøkelsene, og bør også bruke resultatene for å iverksette tiltak som begrenser skadevirkningene av utslipp fra oppdrettsvirksomheten. Norsk oppdrettsnæring er avhengig av en god og sterk villaksstamme. For det første er denne med på å underbygge status til laks som et prestisjeprodukt som er verd en høy pris. Men den vil også ha stor betydning for å nøytralisere de næringsinteressene knyttet til villaks som ser oppdrettsnæringen som en trussel for villaksens status. Disse ønsker selvsagt aktivt å begrense oppdrettsvirksomheten for å oppnå høyest mulig pris på egne villaksrettigheter.

100 000 tonn oppdrettstorsk om ti år?

Men hvorfor ta dette temaet opp nå? 2001 var året da det nye torskeeventyret startet – året da "alle" så torsken som den gylne muligheten for å få del i den lukrative oppdrettsvirksomheten og skulle søke om torskekonsesjon. Det er med andre ord et klart behov for å få igangsatt et avlsprogram

på torskefisk for å få utnyttet potensialet for forbedrede produksjonsegenskaper så snart som mulig. Fiskeriforskning i Tromsø har fått i oppdrag av Fiskeridepartementet å starte dette arbeidet.

Et avlsprogram er en langsiktig satsing, der forbedrete produksjonsegenskaper først vil kunne komme næringen til gode fra og med andre generasjon. Dersom vi starter i 2002, vil altså de første resultatene nå næringen tidligst i 2005. En satsing på avl vil derfor ikke ha noen betydning som fødselshjelp for en ny næring, men derimot ha svært stor betydning for næringens levekraft på sikt. Et avlsprogram må minst ha en tidshorisont på tre generasjoner, altså minimum ti år. I denne perioden må programmet i hovedsak drives av offentlige midler. Deretter bør det kunne drives på kommersiell basis. Den erfaring vi har fra laks tilsier at en satsing på avl er en lønnsom affære.

Vi må imidlertid lære av de feilene som ble gjort på laks. Det har vært, og er fortsatt, en meget opphetet diskusjon om genetiske interaksjoner mellom oppdrettet og vill laks. Debatten har inntil nylig vært preget av mye sterke følelser og relativt lite kunnskap. Heldigvis har vi for laks et miljømessig skille mellom vekstfase og reproduksjonsfase, der reproduksjonen skjer i ferskvann mens påvekst i hovedsak skjer i sjø. Vi vil altså bare få genetiske interaksjoner mellom vill og oppdrettet laks der laks rømmer fra merdene og går opp i elvene.

For torsk derimot kan vi få gyting i oppdrettsmerdene dersom torsken blir kjønnsmoden før slakting, og vi vil altså kunne få en genetisk påvirkning av ville bestander uten at fisken rømmer. Dette kommer i tillegg til at torsk kan og vil rømme fra oppdrettsanlegg. Denne fisken vil konkurrere direkte med vill fisk både på oppvekstområdene og på gytefeltene. Problemene rundt genetiske interaksjoner mellom rømt og vill torsk er derfor langt mer omfattende og kompliserte enn det vi har sett for laks.

Nødvendige føre-var-tiltak

Før en i stort omfang bruker genetisk foredlet torsk i oppdrett, bør en ta følgende forholdsregler:

1. Genetisk foredlet torsk bør ha et genetisk merke som gjør oss i stand til å identifisere rømt oppdrettstorsk og som også gir oss mulighet til å måle eventuelle genetiske

interaksjoner mot ville torskbestander. Havforskningsinstituttet har utviklet et slikt merkesystem, og det vil være mulig å inkorporere dette i et avlsprogram om dette tas inn fra starten.

2. Vi må sikre at genetisk foredlet torsk ikke rømmer, eller gyter i fangenskap på en slik måte at dette kan gi avkom som påvirker ville torskbestander. Vi kan her se for oss flere alternative løsninger, men der alle løsningene har klare begrensninger.

a. Kontroll med kjønnsmodning: Tidlig kjønnsmodning hos torsk er i dag et problem. Fisk som modnes i merder før slakting vil kunne påvirke ville bestander ved at de gyter i merdene, befruktete egg reker ut av merdene og avkommet vokser opp blant de ville bestandene. En løsning på problemet kan vi få dersom vi kan hindre tidlig kjønnsmodning. Bruk av kunstig lys vil utsette kjønnsmodningen i underkant av seks måneder, men en har ennå ikke kommet frem til metoder som stopper kjønnsmodningen helt hos torsk som går utendørs i merder. Gjennom økt forskningsinnsats på dette området vil en kunne komme fram til metoder som stopper kjønnsmodningen helt, og derved også hindrer spredning av befruktete egg. Rømt torsk vil imidlertid kunne krysse seg med vill torsk.

b. Steril oppdrettstorsk: Der er teknikker for sterilisering av fisk. Dersom en steriliserer genetisk foredlet torsk vil problemet med genetiske interaksjoner selvsagt være løst. Det vil imidlertid kreve en betydelig forskningsinnsats før vi har en slik metode for torsk, i tillegg til at slike inngrep kan reise etiske så vel som produksjonsmessige begrensninger.

c. Monosex-kultur: Betenkelighetene og problemene er stort sett de samme som for punkt b. I dette tilfelle sørger en for at all oppdrettsfisken i et anlegg har samme kjønn. Vi unngår dermed at befruktete egg

kan slippe ut av merdene. Rømt torsk vil imidlertid også i dette tilfelle kunne krysse seg med vill torsk.

Det er klart at en mulig fare for en negativ genetisk påvirkning på norske torskebestander vil medføre stor bekymring i de norske fiskeriene.

Torsk har også lus og sykdommer. Vi må forvente at vi får samme type problemstillinger i forhold til villtorsk og oppdrettstorsk som vi har hatt når det gjelder villaks og oppdrettslaks. Det er ingenting som tilsier at interaksjonene mellom vill og oppdrettet torsk skal bli mindre enn mellom vill og oppdrettet laks. Tvert imot, torsk har hele sin livssyklus i sjøvann, og vi vil derfor i langt større grad kunne få negative interaksjoner mellom vill og oppdrettet fisk.

Kunnskap er nøkkelen!

Torsk har meget stor betydning for de norske

fiskerier, og har potensial for å bli en stor og meget viktig oppdrettsart. Vi har allerede sett at Norges Fiskarlag er svært opptatt av mulige negative påvirkninger fra torskeoppdrett. Flere av de tunge miljøvernorganisasjonene har også et sterkt fokus på det marine miljø. Det vil være svært uheldig for en ny oppdrettsnæring å få konflikter med Fiskarlaget og miljøorganisasjonene.

Hvordan skal vi unngå konflikter mellom næringsinteresser knyttet til vill og oppdrettet torsk? Vi tror at kunnskap er nøkkelen. Vi må ha tilstrekkelig basiskunnskap om genetikk, sykdom og parasitter hos våre ville torskestammer, slik at vi er i stand til objektivt å måle en mulig påvirkning fra oppdrettsvirksomhet. Dessuten bør det igangsettes en omfattende forskningsaktivitet for å få løst de problemene vi vet vil komme. Det vil være svært uheldig å utelukkende satse på produksjonsutvikling og vente med å løse de miljørelaterte problemene inntil konfliktene har oppstått. All erfaring har vist at det lønner seg ikke for noen.



Foto: Eksportutvalget for fisk

Kapittel 1

Laksefisk



1.1 Produksjon av laks og ørret i 2001

Øystein Klakegg, Kontali Analyse AS

For første gang siden 1992 ble det i 2001 slaktet et mindre kvantum laks enn foregående år; 411 000 tonn (rund vekt) mot 422 000 tonn i 2000. Slakting av regnbueørret viste en relativ stor økning slik at totalslaktingen ble litt høyere i 2001 enn i 2000. Våre beregninger viser at det ble slaktet 479 000 tonn (rund vekt) laks og ørret i 2001 mot 471 000 tonn i 2000.

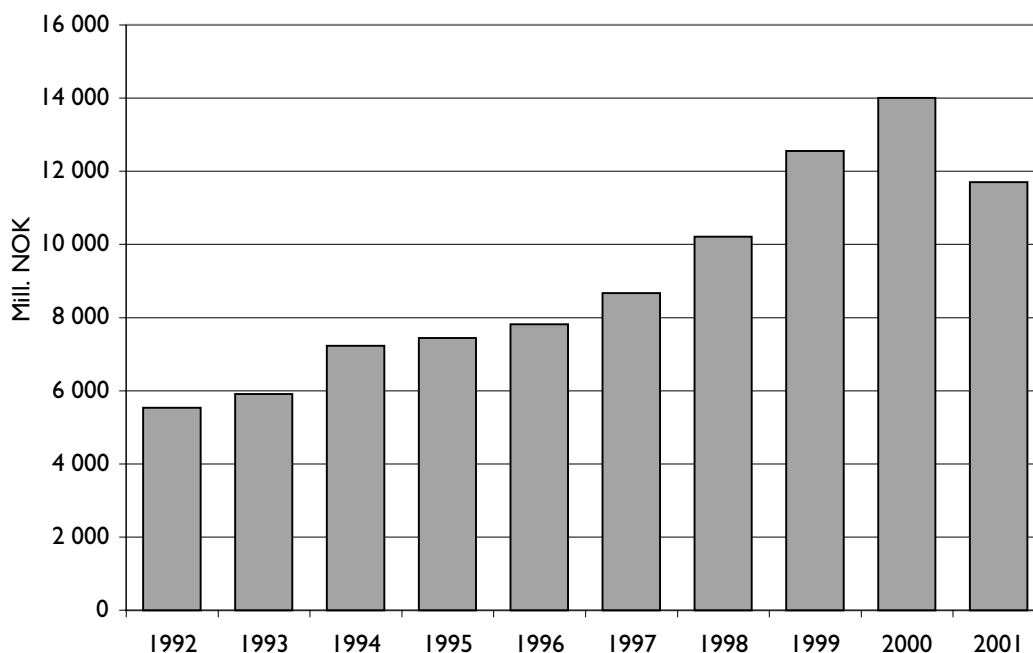
Salgskvantumet av laks og ørret ble 476 000 tonn (rund vekt) i 2001 mot 460 000 tonn 2000. Differansen mellom slaktet og solgt kvantum skyldes endringer i fryselagerbeholdningen.

I tillegg til at salgskvantumet ble lavere var også prisene lavere. Gjennomsnittsprisen for laks var i 2001 22,08 kroner for en kilo sløyd superior laks fob (free on board) slakteri. I 2000 var gjennomsnittsprisen 29,63 kroner. Ørretprisene viste en enda større prosentvis nedgang. Dette gjør at verdien av eksporten og det innenlandske salget sank fra 14,0 milliarder kroner i 2000 til 11,7 milliarder kroner i 2001. Vi må tilbake til 1998 for å finne en lavere verdi på salget.

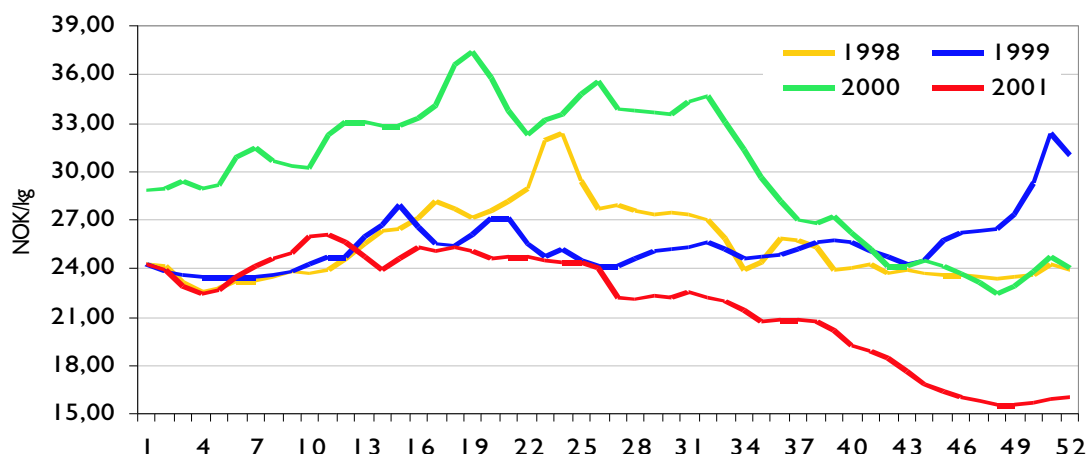
Lave priser og relativt lite kvantum

Etter at oppdretterne i 2000 hadde fått 29,63 kroner i snitt for en kilo fersk, sløyd superior laks fob slakteri, begynte de i 2001 med priser under 25 kroner. Prisen bølget rundt 25 kroner hele første halvår. Deretter gikk det jevnt og relativt bratt nedover. I desember lå prisen i snitt under 16 kroner.

En av årsakene til denne prisnedgangen var stor pågang av slaktemoden fisk fra 2000-årgangen fra Norge i løpet av siste halvdel av 2001. Dette skyldes en noe senere utslakting av 1999-generasjonen og at 2000 utsettet var relativt stort. Det oppstod en selvforsterkende effekt i og med at oppdretterne ikke slaktet så stort kvantum på grunn av at de fikk for lite betalt. Dessuten ble det etter hvert også vanskelig å få mye fisk igjennom til EU på grunn av minsteprisproblematikken. Dette medførte at slaktingen av den slaktemodne laksen av 2000-generasjonen ble ytterligere forsinket, og følgelig at det prisdempende slaktepresset ble opprettholdt.



Figur 1 Verdien av eksportert og innenlandsk salg av norsk ørret og laks 1992-2001.
The value of sales (exported and domestic) of Norwegian salmon and trout 1992-2001.



Figur 2 Utvikling ukentlig gjennomsnittspris superior norsk atlantisk laks 1998-2001 (NOK/kg sløyd superior kvalitet fob slakteri).
Development weekly average price of Norwegian Atlantic salmon (NOK per kg gutted, superior quality fob processing plant).

Andre faktorer som også spilte inn var at Færøyene og Storbritannia økte sin produksjon, og at også Chile sendte billig laks til det europeiske markedet. Chile sin prisdempende inntreden var like mye av en psykologisk faktor som en kvantumsmessig, da salget fra Chile kun stod for ca. 6 % av EUs totale konsum.

EU er hovedmarkedet for norsk laks og har økt sine laksekjøp de siste par årene. Første halvår 2001 kjøpte EU 13 % mer enn første halvår 2000. De tilsvarende tall for andre halvår var knappe 2 %. Fordi kjøpsuget var mindre andre halvår enn første ble prisnedgangen forsterket mot slutten av året.

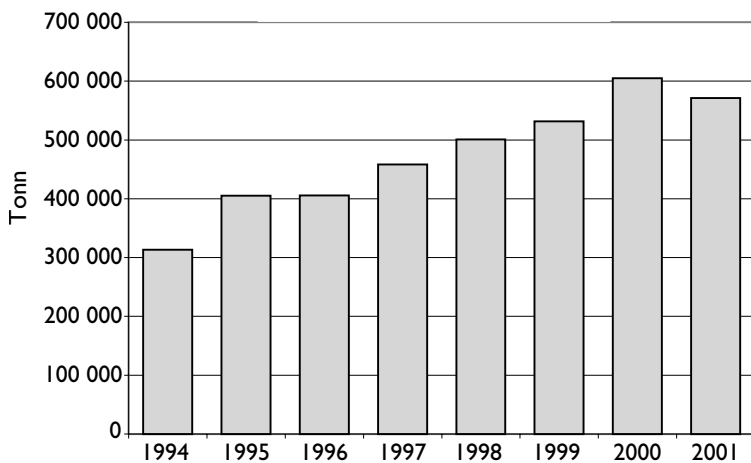
Totalkvantumet av solgt atlantisk laks på verdensbasis var i 2001 ca. 970 000 tonn (rund vekt). Dette er en økning på 120 000 tonn fra 2000 til 2001, og den største kvantumsmessige økningen vi noen gang har sett fra ett år til det neste. I og med at Norge hadde en nedgang i solgt kvantum, falt Norges andel av totalsalget, som har ligget på ca. 50 % de siste årene, til 42 %. Dette er den laveste andel vi noensinne har hatt.

Mindre biologisk produksjon

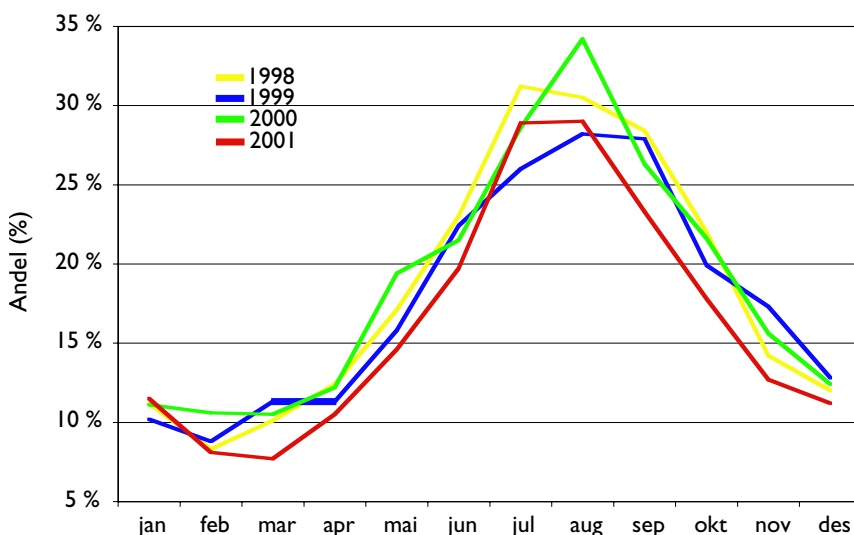
Ved inngangen til 2001 stod rekordmange fisk i norske merder. I tillegg ble det i løpet av året satt ut flere smolt enn noen gang tidligere. Likevel ble det produsert et mindre kvantum laks og ørret i 2001 enn i 2000.

ATLANTISK LAKS				
Solgt kvantum - globalt			Norges andel	
	Tonn (rund vekt)	%-økning	Tonn (rund vekt)	%
1995	449 900		249 000	55 %
1996	547 900	22 %	291 700	53 %
1997	630 400	15 %	316 200	57 %
1998	688 600	9 %	342 500	49 %
1999	795 900	16 %	410 700	51 %
2000	853 800	7 %	419 000	49 %
2001	972 400	14 %	413 700	42 %

Tabell I Solgt kvantum atlantisk laks i verden (tonn rund vekt) og Norges andel av salget, (1995-2001).
Total quantity of sales of Atlantic salmon world wide (tonnes whole fish equivalent), and the Norwegian shares of the sales.



Figur 3 Årlig fôrsalg til norsk atlantisk laks 1992-2001 (tonn).
Annual sales of feed to norwegian atlantic salmon 1992-2001 (tonnes).



Figur 4 Relativ utfôring til atlantisk laks per måned 1997-2001 (mengde utfôret/stående biomasse).
Relatively rate of feeding per month 1997-2001 (tonnes of feeding/tonnes of standing biomass).

Fôrsalget, som er den største innsatsfaktoren i den biologiske produksjonen bortsett fra selve fisken og vannet, ble 6 % lavere i 2001 sammenlignet med 2000.

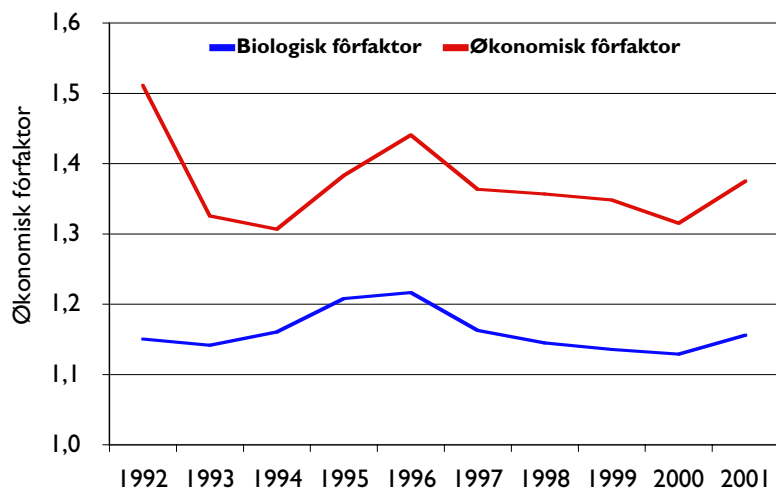
Fôrsalget viste en kvantumsøkning på hele 22 % i januar 2001 i forhold til januar 2000. Så kom det fire måneder hvor fôrkvantumet var lavere enn de tilsvarende måneder i 2000. Ser vi på den relative utfôringen (utfôring i forhold til stående biomasse) hadde vi de laveste tallene vi noensinne har registrert for de aktuelle månedene.

Årsaken til disse lave utfôringene var at det langs store deler av norskekysten var uvanlig lave sjøtemperaturer på senvinteren og utover våren. I juni, juli og august lå vi så på en relativt normal utfôring, før vi fra september og ut året igjen hadde rekordlave utfôringsprosentene.

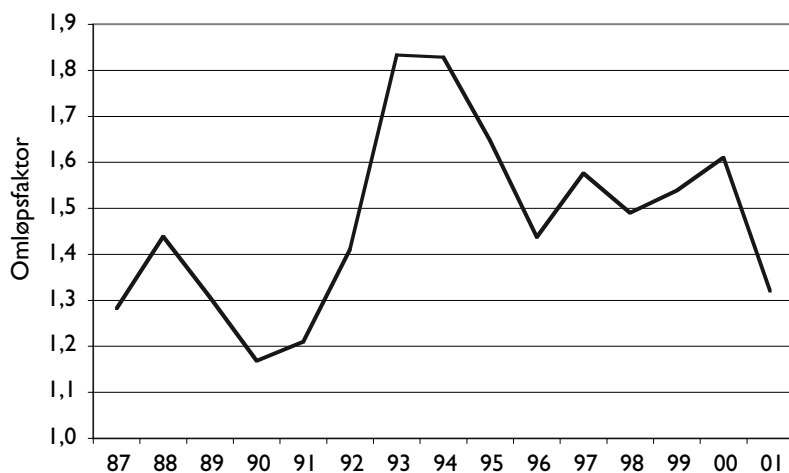
Hovedårsaken til de lave utfôringene på slutten av året var at en stor del av den største fisken, særlig 1-åringer fra 2000-generasjonen, ble restriktivt fôret og til dels bare vedlikeholdsfôret. En stor andel av denne fisken var, som før nevnt, slaktemoden, men fikk ikke innpass i markedet.

Resultatet av disse månedene med lav utfôring var at fôrsalget til laks i Norge sank med nesten 34 000 tonn, eller 6 %, i forhold til 2000. 2001 ble første året etter fôrkvoteinnføringen at oppdretterne under ett slapp å ta hensyn til kvoten på slutten av året.

I tillegg til at det ble brukt mindre fôr økte også fôrfaktoren i 2001. Våre beregninger viser at den biologiske fôrfaktoren til laks (levende vekt) i 2001 ble 1,16 mot 1,13 i 2000. Vi må tilbake til 1997 for å finne en høyere biologisk fôrfaktor. Den økonomiske fôrfaktoren er beregnet til 1,38 (rund vekt) mot 1,32 i 2000. Vi må tilbake til 1996 for å finne en høyere økonomisk fôrfaktor.



Figur 5 Årlig førfaktor økonomisk (kg fôr per kg laks, rund vekt) og biologisk (kg fôr per kg laks, levende vekt) 1992-2001.
Annual economical (kg feed per kg salmon whole fish equivalent) and biological (kg feed per kg salmon living weight) food conversion rate.



Figur 6 Årlig omløpshastighet (tonn slaktet i løpet av året/tonn biomasse per 01.01) 1987-2001.
Annual turnover (tonnes of harvest during the year/tonnes of standing biomass per 01.01.) 1987-2001.

En del av forklaringene til disse høye førfaktorene er at en stor del av den største fisken stod forholdsvis lenge i sjøen med restriktiv fôring, slik at en relativ stor andel av fôret ble brukt som vedlikeholds fôr og en tilsvarende mindre andel som tilvekstfôr. En annen årsak er at gjennomsnittsvekten på den enkelte fisk i sjøen var litt høyere i 2001 enn tidligere. Stor fisk har som kjent høyere førfaktor enn mindre fisk.

Stort biologisk potensial

Det er ikke bare førfaktoren som har forverret seg siste året. Vi ser den samme tendensen på omløpshastigheten. Omløpshastigheten er slaktekvantum gjennom året i forhold til den stående biomassen ved årets inngang. I 1993 var omløpshastigheten til atlantisk laks 1,84. I 2001 var den 1,32. En lavere omløpshastighet betyr bl.a. en dårligere produksjonsutnyttelse av de enkelte lokaliteter.

Det er selvfølgelig mange faktorer som er med å forklare denne nedgangen. Både innføringen av fôrkvotesystemet og forsinket utslakting i 2001 bidrar.

Selv om forverringen i førfaktor og omløpshastighet for en stor del kan forklares, er det et stort paradoks at vi på tross av mer kunnskap, bedre avlsmateriale, bedre fôr med mer energi og fokus på kostnader, har dårligere biologisk førfaktor og omløpshastighet i dag enn i 1992.

Det er fortsatt svært mye arbeid som gjenstår for å forstå fiskens biologi bedre slik at vi kan, på en etisk god måte, produsere mest og best mulig fisk ved hjelp av minst mulig og bærekraftige ressurser. I tillegg må vi også forstå markedene bedre slik at vi kan produsere rett kvalitet fisk i riktig mengde til rett tid.

1.2 Markedssituasjonen for laks

Tore Brattgjerd, Kontali Analyse AS

2001

På verdensbasis økte forbruket av atlantisk laks fra 2000 til 2001 med 120 000 tonn rund vekt (+14 %) til 970 000 tonn. Volummessig har økningen aldri vært større.

USA-markedet hadde den største volummessige veksten på 22 % fra 2000. Dette markedet vokste relativt jevnt over hele året. Laks fra Canada, og særlig Chile, sto for denne veksten. Andre produsentland, herunder Norge, tapte markedsandeler i USA i 2001.

EU-markedet nærmer seg et årlig konsum av atlantisk laks på 0,5 mill. tonn (rund vekt), og er dermed verdens største. Volumveksten første halvår 2001 var 14 %. Andre halvår viste tilnærmet nullvekst, slik at 2001 endte med 7 % økning fra 2000. Nullvekst 2. halvår skapte spesielt store problemer for Norge, da EU-markedet er norsk laksenærings viktigste marked. Markedsprisen i EU falt i 2. halvår til under EUR 3,25/kg, som er den minstepris norske eksportører er bundet av iht. lakseavtalen mellom Norge og EU. Dette førte til at norske aktører ikke fikk solgt så mye laks som

Område	2000	2001	Økning i tonn	Økning i %
EU				
1. halvår	205 900	233 200	27 300	13 %
2. halvår	255 800	258 500	2 700	1 %
Totalt	461 700	491 700	30 000	6 %
USA				
1. halvår	94 900	118 300	23 400	25 %
2. halvår	107 500	129 300	21 800	20 %
Totalt	202 400	247 600	45 200	22 %
Japan				
1. halvår	24 300	32 900	8 600	35 %
2. halvår	31 200	32 000	800	3 %
Totalt	55 500	64 900	9 400	17 %
Andre				
1. halvår	61 300	69 600	8 300	14 %
2. halvår	72 800	97 900	25 100	34 %
Totalt	134 100	167 500	33 400	25 %
Totalt				
1. halvår	386 400	454 000	67 600	17 %
2. halvår	467 300	517 700	50 400	11 %
Totalt	853 700	971 700	118 000	14 %

Tabell I Tilførsel atlantisk laks i tonn (rund vekt) første og andre halvår 2000 og 2001.
Supply of Atlantic salmon in tonnes wfe during during first and second half year of 2001.

slaktebehovet tilsa, og Norge var i 2001 nede i en markedsandel på 54 % i EU, som er det laveste noensinne. EUs egne produsenter samt Chile, som ikke har noen minstepris, økte volummessig og tok markedsandeler fra Norge, spesielt 2. halvår.

Japan-markedet viste omtrent samme utvikling som EU-markedet med sterk vekst 1. halvår og tilnærmet nullvekst 2. halvår. Norge tapte også her markedsandeler til Chile.

Lave laksepriser i hovedmarkedene har fått en del aktører til å fokusere på alternative markeder for laks. Disse finnes bl.a. i Øst-Europa og Asia. Disse markedene vokste volummessig med 25 % fra 2000 til 2001. Veksten var spesielt stor i 2. halvår, som faller sammen med problemene i de tradisjonelt viktigste markedene.

Prisutviklingen på grossist- og importnivå har vært negativ i alle markeder i 2001 og nivået er betydelig lavere enn i 2000. Prisutviklingen til forbruker viser ikke samme negative trend. Dette viser at veksten i laksemarkedet er reell, og at den totale lønnsomhet fra not til bord ikke er forsvunnet men forskjøvet nedover i verdikjeden.

2002

Volumveksten i laksemarkedene 2. halvår 2001 har vært betydelig lavere enn 1. halvår. Prisutviklingen til havbruksselskapene har også vært negativ. I sum gjør dette at verdens laksenæring er presset ved utgangen av 2001.

Det biologiske potensialet for økt produksjon er til stede i både Norge og Chile. Markedsutviklingen er derimot avgjørende for i hvilken grad dette potensialet blir utnyttet. 2001 var et eksempel på at verdens laksemarkeder ikke kunne ta unna produksjonsveksten dette året, med påfølgende prisfall og redusert lønnsomhet som resultat.

Basert på smoltutsett 2001 og biomasse per 31.12.01, forventes fortsatt vekst i produksjon og slakting i 2002. Slaktebehovet vil føre til at verdens laksemarkeder må konsumere mer atlantisk laks i 2002 enn i 2001, og man forventer at grensen på 1 million tonn (rund vekt) vil nås.

En rekke forhold som påvirker produksjons- og markedsutviklingen er avgjørende for om 2002 gir grunnlag for økte priser og bedre lønnsomhet for oppdretterne, både i og utenfor Norge.



Foto: Ove Skilbrev

1.3 Fiskefôr og fôrmidler

Rune Waagbø, Fiskeridirektoratets ernæringsinstitutt

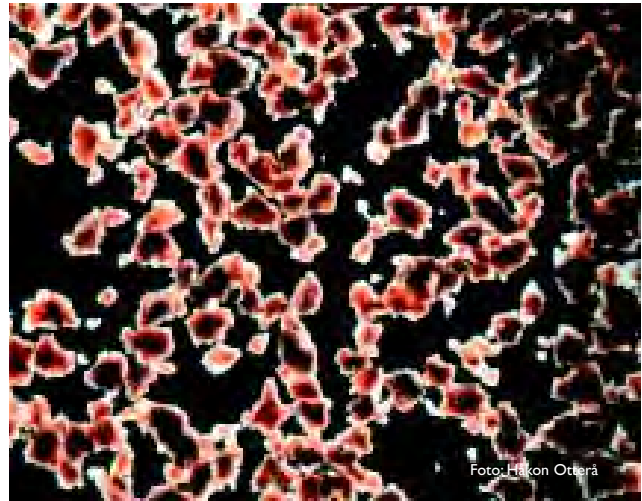
Dette bidraget til havbruksrapporten 2002 er utdrag fra utredningen Fôr og fôrmidler – den største utfordringen for vekst i norsk havbruk (R. Waagbø, O.J. Torrissen & E. Austreng) som Norges forskningsråd fikk utarbeidet og publisert i 2001 (gjengitt med tillatelse). Foruten sammendraget fra utredningen er avsnitt som spesielt omhandler oppdrettstorsk inkludert i en omarbeidet form siden torsk har potensial til å bli vår neste volum-art. Utredningen i sin helhet kan fås gjennom henvendelse til NFR – Bioproduksjon og foredling, eller lastes ned fra NFRs hjemmeside på Internett.

Mandatet for ”Fôrgruppen” var å utrede hvilke scenarier for utvikling av oppdrettsvirksomhet som kan utvikles basert på dagens fôrråstoffsituasjon og framtidige behov, aktuelle løsninger på kort og lang sikt og FoU-utfordringer i tilknytning til temaet.

Fôr og fôrmidler – den største utfordringen for vekst i norsk havbruk

I løpet av få år vil vi komme i en mangelsituasjon på fôrmidler til oppdrett av laksefisk. Mangel på marint fett vil bli den første begrensende faktor, men protein til en rimelig pris kan også komme til å bli mangelvare. Dette vil gjøre situasjonen kritisk for oppdrett av laksefisk. I 1998 fikk vi en forsmak på reduksjon i den marine råvaretilgangen som resulterte i to-tredobling av prisene. Dette kan veldig raskt gjenta seg. Med økt fokus på matvaretrygghet ser vi også at fremtidige internasjonale lovverk kan utelukke deler av dagens marine ressurser til oppdrett, ut fra innhold av uønskete stoffer. Utviklingen i retning av en permanent mangelsituasjon kan gå raskt, og vil i løpet av tre til åtte år kunne skape store problemer for veksten i norsk fiskeoppdrett om vi ikke er beredt med alternative fôrråvarer.

Vår konkurransesituasjon innen havbruk er avhengig av at Norge er ledende i utviklingen. I motsatt fall vil økt vekst skje hos våre konkurrenter. Det skyldes at vi relativt sett har høyere arbeids- og transportkostnader enn i andre land. Skal vi opprettholde hegemoniet i lakseoppdrettet, må vi



Figur 1 Granulert fôr til torskeyngel.
Granulated diet for cod juveniles.

derfor satse skikkelig og langsiktig på tiltak for å utnytte de fôrmidler vi har mer effektivt og å skaffe nye alternative fôrmidler. Dette gjelder også de utfordringer vi får med hensyn på øvre grenseverdier av uønskete stoffer i dagens marine ressurser.

Produksjonen av feite oppdrettsarter ventes å øke år for år. Med en fôrsammensetning som i dag, vil vi i år med gode fiskerier ha nok fôr til det doble av dagens produksjonsvolum. Økning i produksjon utover dette kan bare skje ved økt forskning og deretter forbedringer av fôret. Dette er viktig uansett om vi får mangelsituasjoner eller ei, forbedringer som reduserer produksjonskostnadene og dermed konkurransesituasjonen er avgjørende for Norge. Viktigheten av slike tiltak kan illustreres ved at en innsparing på ett øre per kg fôr vil gi årlige besparelser på sju millioner kroner for oppdrettsnæringa. På bakgrunn av et slikt lønnsomhetspotensial vil nesten all forskningsinnsats på fôr bli lønnsom.

I betraktninger omkring fôrressurser vil oppdrett av laksefisk være dominerende. Andre oppdrettsarter i Norge utgjør i dag bare i overkant av en prosent av totalproduksjonen. Kveite er feit omtrent som laks, og trenger langt på vei et fôr som ligner laksefôr. Oppdrett av magre fiskearter, slik som torsk, krever

i større grad proteinrike fôr. Det er en utfordring å få til et lønnsomt oppdrett av torsk gjennom kostnadseffektive fôr. Dette vil ikke med det første utgjøre noen vesentlig konkurrent om fôrressurser til oppdrett av laksefisk, men parallell fôrforskning må anses som viktig. Dessuten er det viktig å basere havbruksproduksjonen på forskjellige oppdrettsarter for eventuelt å kunne utnytte biprodukter fra en oppdrettsart til en annen. Utviklingen i husdyrproduksjonen den siste tiden har skapt avsetningsproblemer for biprodukter derfra. Skal disse i det hele tatt kunne brukes som fôr til produksjonsdyr, vil sjansen for smitteoverføringer være mye mindre ved å bruke det til fisk enn til andre varmblodige skapninger. Her er det i dag lovmessige forhold som står som hinder, men dette skyldes i første rekke markedsmessige forhold. Biologiske begrunnelser for å utelukke fôrmidler basert på biprodukter både fra fisk og landdyr bør vurderes i lys av forskning, spesielt innen smitteoverføring og innhold av uønskete stoffer.

Endret beskatningsmønster på ulike fiskearter kan kanskje gi noe mer industrifisk til fôr, men dersom det skal monne med marine fôrmidler må vi høste på et lavere trofisk nivå. Ifølge gjennomgangen av tilgjengelige råstoffer vil fangst av krill være en viktig bidragsyter til fôr fra havet, men det er problemer knyttet til både fangst, konservering og innhold av kitin og fluor. I tillegg er det også forvaltningsmessige og etiske utfordringer ved bruk av disse ressursene. Løses disse utfordringene vil vi kunne flerdoble intensivt fiskeoppdrett i verden.

Så lenge tørrfôr har hatt posisjon som fiskefôr har det vært et visst innslag av vegetabiliske fôrmidler i fôret. Disse kan tilpasses og drøye de marine protein- og fettressursene. På samme måte kan produksjon av encelleprotein bli en betydelig proteinkilde i fiskefôr. Med fornuftig forskningsinnsats kan disse enten alene eller i kombinasjon erstatte minst halvparten av proteinet i fiskefôret. På fettsiden er det ikke så oppløftende utsikter, fordi vegetabilisk fett endrer produktets sammensetning og kvalitet. Gjennom fôringsregimer som sparer mye av det marine fett til siste vekstfase av oppdrettet eller i moderate innblandinger, kan vegetabilisk fett av egnert kvalitet også bidra til en betraktelig økning (dobling) av produksjonen. Det gjenstår å få oversikt over hvordan vegetabilisk fett påvirker fiskens omsetning og helse.

Det foregår betydelig industriell bearbeiding av fôrråvarer og fôrblandinger. Den fôrteknologiske forskningen er relativt ny og mange framskritt vil sikkert komme, spesielt i forhold knyttet til bruk av vegetabiler. Vi er i starten av den moderne bioteknologiske forskningen og her vil nye metoder bli tatt i bruk. Det er i dag restriktive holdninger til genmodifiserte organismer (GMO). Som hjelpemiddel i produksjon av for eksempel n-3-fettsyrer kan det imidlertid ligge et stort potensial her ettersom det genmodifiserte materialet ikke vil finnes i produktet. Riktig bruk av bioteknologi vil kunne gi betydelige vekstmuligheter.

Forskning som er viktig for å kunne fortsette veksten innen fiskeoppdrett, kan grupperes i tre. Det som kvantitativt kan bidra mest er økt høsting fra havet, ved å beskatte krill, amfipoder, plankton, blekksprut o.a. Dette har det imidlertid vært arbeidet mye med og det er åpenbare utfordringer. Her trengs det stor innsats i minst et par tiår for å få store uttelling. Ved å bruke fôrressurser fra landjorda er det ingen kvantitative begrensninger, men store utfordringer med uønskede forbindelser og upassende fett- og proteinkvaliteter. For soyaprodukter har det for eksempel allerede vært gjort mye uten å komme til fullgode resultater. Derfor kan det være riktig å arbeide med flere typer vegetabiler. Encelleprotein synes å utgjøre en lovende framtidig ressurs.

Den fôrteknologiske utviklingen vil også være avgjørende for hvordan og i hvor stor grad vi skal kunne bruke enkelte fôrmidler. Ved allsidig satsing på vegetabiler vil satsingen sikkert lykkes for enkelte produkter innen kort tid, men det er viktig å holde denne forskningen i kontinuerlig gang fordi potensialet er stort. Og selv om det skulle lykkes å skaffe mer marine ressurser vil de vegetabiliske fôrmidlene representere et tilleggspotensial. Det tredje forskningsfeltet er knyttet til oppdrettsartene. Her vil avl fortsatt være et nyttig hjelpemiddel, men det gjør at også fiskens ernæringsbehov og avleiring av næringsstoff vil være under stadig endring. Derfor vil kjennskap til ernæringsbehovene hos fiskene og mekanismene som styrer avleiring i kroppen være særdeles viktige forskningsfelt som må holdes kontinuerlig i gang. Her er det svært mye ugjort, og forskningen vil gi framgang med hensyn til fôrforbruk og produktkvalitet. Det er også viktig å få økt kunnskap om samspill mellom fisk og fôringsregimer for å kunne redusere fôrforbruket.

I de siste årene har forskningen innen oppdrett av laksefisk fått urimelig lite forskningsmidler sett i forhold til den betydning næringen har, og de forventninger som er satt til fortsatt vekst. Den største utfordringen vil bli å skaffe nok fôr. Derfor må det satses enhetlig og sammenhengende på tiltak som gagnar hele den norske oppdrettsnæring. For de skisserte forskningsfeltene må vi kunne legge en plan og gjennomføringsstrategi som ligger rimelig fast de neste 15-20 årene. Det kan gi stabilitet innen forskningen og resultater som virkelig kan bety noe for den forventede veksten i næringen.

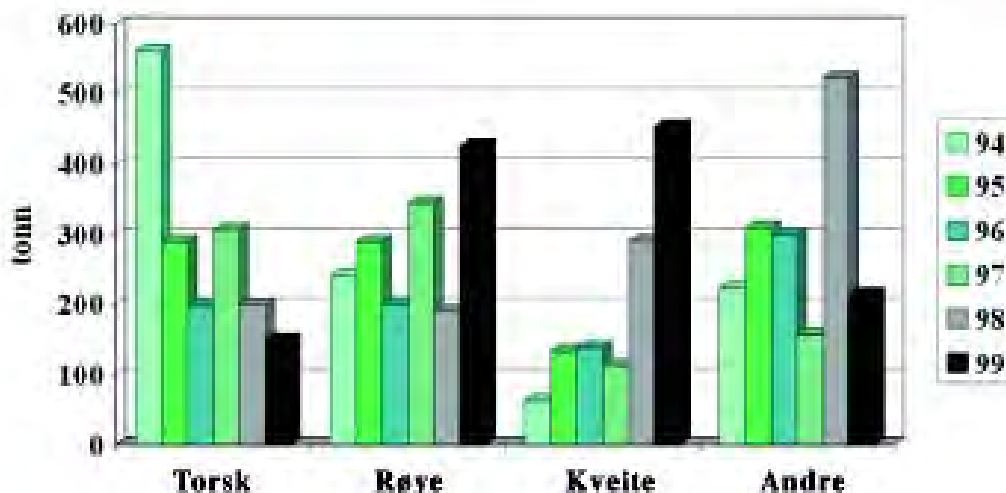
Fôr og fôrressurser til torsk – vår neste store oppdrettsart

I fjor produserte norsk fiskeoppdrettsnæring 479 000 tonn slaktet laks og ørret. Produksjonsøkningen for laksefisk vil fortsette, men oppdrett av andre arter har vært ønsket i lengre tid. De artene som er blitt mest fokusert er kveite, torsk, røye og steinbit. Produksjonen har til nå vært begrenset av dårlig lønnsomhet og at man ikke har mestret alle faser i produksjonen, herunder yngelproduksjon. I dag er nok interessen for torsk dominerende, og både forsknings- og næringsaktører ser for seg at den har potensial til å bli vår neste volum-art.

Produksjonen av torskeyngel er begrenset, og har hittil vært en begrensende faktor for oppdrett. Flere store kommersielle klekkerier er imidlertid under bygging. Tilgangen på oppdrettet torskeyngel ventes derfor å øke fra 400 000 til ca. 6 mill i løpet av et par år. Produksjonen av matfisk har variert, og

utgjorde i år 1999 om lag 150 tonn (Fig. 2). En produksjon av 6 mill. fiskeyngel i 2002 vil gi en mulig produksjon på 15-20 000 tonn innen 2005. På kort sikt er det derfor ikke begrensninger på fôrressurser til torskeoppdrett. Når produksjonen "tar av" må vi imidlertid ha klar kostnadseffektive alternativer.

Kunnskapstatus om fôr til torsk under oppfôring ble gjennomgått i *Havbruksrapport 2001*. Som laksefisk vokser torsk raskere på forholdsvis energirike enn på magre fôr. Torsk lagrer imidlertid overskuddsfett i leveren i motsetning til laksefisk. Torskelever kan inneholde fra 25-60 % fett (jf. levertran av torsk), og fôr med høyt fettinnhold har vist seg å føre til både økt leverstørrelse (7-19 % av kroppsvekten) og fettinnhold i forhold til villfanget torsk (3-7 % av kroppsvekten). Dette tilsier at torskefôr bør være magert (<25 % fett). Torsk utnytter også stivelse dårlig. Filet fra oppfôret torsk har andre tekniske egenskaper enn filet fra villfanget torsk. Blant annet forringes kvaliteten på oppfôret torsk betydelig ved frysing ved at muskelen får dårlig vannbindingsevne. Ut i fra kunnskapen så langt bør mengden stivelsesholdige råvarer i fôr til torsk holdes under kontroll. Oppdrett av torsk krever derfor et relativt proteinrikt fôr. Tradisjonelt sett har proteinrike fôr vært ensbetydende med dyre fôr, noe som naturligvis har vært medbestemmende for en lunken satsing på torsk som regningssvarende oppdrettsart, spesielt i tider med god tilgang på villfisk fra fiskeriene. En gjennomgang av alternative fôrvarer viser at det er flere alternativer som kan tenkes brukt i kostnadseffektive fôr til torsk.



Figur 2 Produksjon av andre fiskeslag enn laks og regnbueørret i Norge i 1994-1999 (Kilde: Fiskeridirektoratet).

Norwegian aquaculture production 1994-1999 of cod, char, halibut and other non-salmonid species.

Marine biprodukter er et naturlig bidrag som fôrressurs. Disse blir i dag relativt godt utnyttet på nasjonalt plan, men utgjør et stort potensial mot produksjon av mel og olje globalt, oftest alternativt til dumping. Et estimat på ubenyttede biprodukter og bifangst på om lag 30 mill. tonn tilsvarer om lag samme mengde som i dag brukes til verdens samlede fiskemelproduksjon. Det vil være politiske mekanismer som bestemmer bruken av marine biprodukter, hvor matvaretrygghet er en dominerende utfordring. Materialets natur tilsier at vedtatte øvre grenseverdier for uønskete stoffer lett kan overskrides. En inndeling av biprodukter i foreslåtte kvalitetskategorier vil også avgrense bruken av denne ressursen til å kun omfatte biprodukter fra fisk som går til humant konsum. I tråd med dette bør muligheter for også å kunne benytte raffinerte biprodukter fra f.eks. lakseoppdrett til torsk vurderes.

Økende etterspørsel og pris på de marine fôrvarene gjør det mer aktuelt enn tidligere å bruke vegetabiliske råstoffer i fôr til oppdrettsfisk. Norsk oppdrettsfisk er strikte karnivore arter, og er derfor i utgangspunktet dårlig tilpasset vegetabiliske fôrråvarer. Dette skyldes dels at sammensetningen av essensielle (livsviktige) aminosyrer i planteprotein ofte er ubalansert i forhold til vekst og proteinutnyttelse hos fisk, og dels at planter generelt inneholder lite protein og mye karbohydrater (stivelse og kostfiber). Slike råvarer benyttes ofte i kombinasjon med andre for å utjevne ernæringsmessige mangler (komplettering) og for å bedre produksjonstekniske egenskaper av fôrblandingen. De vegetabiliske fôrråvarene som er aktuelle for torsk tjener i hovedsak som proteinkilde. Proteinkvaliteten på planteprotein kan eventuelt bedres ved tilsetning av begrensende aminosyrer. Planteråstoffer inneholder ofte ulike antinæringsstoffer (fiber, fytat, proteasehemmere, lektiner o.a.) som kan redusere fôrutnyttelsen og i verste fall skade fisken. Utfordringene med hensyn til bruk av vegetabiliske fôrmidler blir derfor å opprettholde god vekst, godt fôrinntak, god fordøyelighet, og samtidig ivareta fiskens helse og produktkvalitet (næringsmiddelkjemisk og teknisk kvalitet). Som proteinkilde til torsk vil dette være utfordringer som kan møtes med rimelig forbehandling og raffinering av fôrvarene.

De samme forholdene gjelder for industrielt framstilt bioprotein. I flere tiår har det vært produsert

sopp- eller bakterieprotein for bruk i dyrefôr. Voksemediet har vært forskjellig og erfaringene med produktene har variert, men flere typer har vist seg å ha et potensial som proteinkilde. Bakterieprotein (BioProtein) kan i dag produseres ved fermentering basert på naturgass (metan). Produksjonen foregår i et anlegg på Tjeldbergodden, foreløpig i en linje med kapasitet på 10 000 tonn i året. BioProtein har en kjemisk sammensetning som ligner fiskemel, med høyt innhold av protein (70 %), fettinnhold på om lag 10 % og 10 % karbohydrater. Det har vist seg å gi vekst tilsvarende LT fiskemel ved innblanding opp til 25 % i fôret. Denne typen encelleprotein eller andre nye produkter vil derfor kunne bidra betydelig til proteinforsyningen i fiskefôr i årene framover.

Ved vurdering av alternative fôrmidler til torsk som oppdrettsart har man klare mål som skal oppfylles i forhold til anvendelighet, næringsverdi, tilgjengelighet, og ikke minst pris. Målene vi *plikter* å oppfylle er i første rekke sikker mat for forbrukerne, ingen negative effekter på fiskens helse og liten miljøpåvirkning gjennom god fôrutnyttelse (jmfør *fiskefôrforskriften*). Viktige aspekter for lønnsomhet er selvfølgelig godt produksjonsutbytte, men også avsetning for produktene på ulike markeder. Dette er punkter som hver for seg krever betydelig og langsiktig forskningsinnsats. NFR-rapporten gir en detaljert oversikt over FoU-utfordringene knyttet til fremtidige fôrressurser til havbruk.

Vi står sannsynligvis overfor tilsvarende utvikling for torsk over de neste 20 år som vi hadde for laks tidlig på syttitallet. Oppdrett av torsk krever magrere fôrvarer enn dagens laksefôr, og vil i fremtiden kun konkurrere med laksen om rimelige proteinråvarer. Selv om vi i dag har tilgang på flere alternative råstoff, ligger det betydelige utfordringer i produksjon av kostnadseffektive vekstfôr til torsk, fôr som også sikrer et trygt produkt med ønsket sensorisk og teknisk kvalitet.

Utredningen *Fôr og fôrmidler – den største utfordringen for vekst i norsk havbruk* kan lastes ned fra Norges forskningsråds hjemmeside på Internett: <http://www.forskningsradet.no/bibliotek/publikasjonsdatabase/detalj.html?id=1437>).

1.4 Helsenisitasjonen hos laksefisk i 2001

Anne Berit Olsen, Veterinærinstituttet
Brit Hjeltnes, Havforskningsinstituttet

Helsenisitasjonen for laksefisk i Norge i 2001 var stort sett god. Lakselus så ut til å være under kontroll. IPN og "vintersår" var av de mest utbrette sykdomsproblemene. ILA-sitasasjonen i enkelte områder er bekymringsfull. Mye biomasse, til dels lang oppholdstid i sjøen og omfattende transport av levende fisk, representerer økt risiko for utbrudd og smittespredning. PD, en sykdom som kan sammenlignes med ILA med hensyn til smittsomhet og tap, var også i 2001 kun påvist på Vestlandet. Her ble det imidlertid registrert spredning til nye områder. Også i 2001 har det vært problemer med produksjonslidelser som katarakt og ryggradsdeformiteter, men omfanget av dette har vært vanskelig å fastslå. Det var økt fokus på dyrevernaspektet ved oppdrett av fisk.

HELSESTUASJONEN FOR LAKSEFISK I OPPDRETT

VIRUSSYKDOMMER

Infeksiøs pankreasnekrose – IPN

IPN var også i 2001 en svært utbredt sykdom i norsk lakseoppdrett, både i settefiskanlegg og i sjøen. Selv om IPN er en rapportpliktig gruppe B-sykdom, foreligger det ingen sikre oversikter over forekomsten. IPN med begrenset dødelighet blir i noen tilfeller verken diagnostisert eller rapportert. En undersøkelse for 2000 for Midt-Norge og Nord-Vestlandet viser at IPN ble påvist på 76 % av de undersøkte matfisklokalitetene. Samme undersøkelse angir en gjennomsnittlig dødelighet på 9,9 % i smoltgrupper med klinisk IPN sammenlignet med 4,6 % i grupper uten klinisk IPN. Dødeligheten kan imidlertid variere mye fra utbrudd til utbrudd.

Selv om en høy andel av smoltgruppene som settes i sjøen nå er vaksinert mot IPN, er problemet med IPN-utbrudd i sjø fortsatt stort. Dette til tross for at vaksineforsøk under laboratorieforhold har gitt lovende resultater. Det kan se ut til at utbrudd av IPN i ferskvannsfasen i noen grad "beskytter" mot utbrudd/tap pga. IPN i sjø. I settefiskanlegg var

det i 2001 tilfeller av svært høy dødelighet hos regnbueørretyngel. Forskningsmiljøene undersøker for tiden om det er forskjeller mellom de ulike IPN-stammenes evne til å fremkalle sykdom (virulensvariasjoner). Det pågår også undersøkelser for å påvise en mulig sammenheng mellom vannmiljø i ferskvannsfasen og risiko for utbrudd av IPN i sjø.

Infeksiøs lakseanemi - ILA

Det første kjente ILA-utbruddet er fra 1984. I 1987 ble det gjort feltforsøk som indikerte det flere oppdrettere allerede hadde sterk mistanke om; at sykdommen var smittsom. Viruset ble isolert i 1993 og er gruppert som et orthomyxovirus. Ved akutt sykdom er fisken gjerne svært anemisk med bleike gjeller og tynt blod, og leveren er mørk med store skader. I noen tilfeller er det typiske bildet heller preget av en veldig blodstuvning i fordøyelseskanalen. Ved et mer langtrukket forløp har fisken et uspesifikt bilde på sirkulasjonssvikt med væskeansamlinger og blødninger. Akutte utbrudd i felt er bare sett på laks, men forskere har påvist klinisk syk fisk og virusformering også hos regnbueørret under laboratorieforhold. Virus kan formere seg i sjøørret, men sykdom er ikke påvist. ILA var inntil 1996 kun påvist i Norge. Nå er ILA diagnostisert både i Canada (øst), USA (øst), Skottland, Færøyene og i Chile.

Antallet nye utbrudd i 2001 var 21, alle i de tre vestlandsfylkene. Sitasasjonen er bekymringsfull, særlig i Sogn og Fjordane som hadde 13 av de nye påvisningene.

Faktorer av betydning for utbrudd er nærhet til ILA-utbrudd, nærhet til fiskeslakteri, svakheter i driftsrutiner som f.eks. dødfiskhåndtering og mangelfull brakklegging. På grunn av markeds-sitasasjonen i 2001 har mye biomasse stått i sjøen og fisken har stått lenger i sjøen enn vanlig. Dette har økt risikoen for utbrudd i områder med smitte i sjøen. Fisketransport ser også ut til å være en risikofaktor. Mange av ILA-tilfellene i Sogn og Fjordane de siste årene har vært registrert langs viktige transportruter for levende fisk. I tillegg

til en intensivering og strengere håndtering av tradisjonelle tiltak mot ILA, vurderes fortløpende vaksiner som et mulig framtidig hjelpemiddel for å få kontroll over sykdommen. Det er utført et betydelig arbeid på genetisk karakterisering av ILA-virus, og det ser ut til at man nå etter hvert kan få et redskap for epidemiologisk kartlegging av sykdommen.

Pancreas disease (PD) - pankreassykdom

Pancreas disease er en alvorlig virusinfeksjons-sykdom knyttet til sjøvann. Sykdommen har særlig vært et problem for lakseoppdrett i Skottland og Irland. Den er påvist i Norge siden 1980-tallet. Omfang og betydning den gangen er usikkert, men det er eksempler på til dels store tap. Situasjonen for PD endret seg i 1995. Siden da er det hvert år diagnostisert alvorlige og langvarige utbrudd med store tap. Det er eksempler på ca. 80 % tap i enkeltgrupper og totaltap på 35 % på lokaliteter med svært høy biomasse. Alle påvisninger siden 1995 har vært i Hordaland og Sogn og Fjordane, med unntak av et eksportert tilfelle til Rogaland. Noen fjordsystem og lokaliteter har vært særlig plaget av PD over flere år. Det har etter hvert vært en spredning til nye lokaliteter og fjordsystemer. Sikker oversikt over utbrudd foreligger ikke. Dette skyldes til dels krevende diagnostikk, samtidig med opptreden av andre spesifikke sykdommer og mangelfull rapportering. Antall kjente utbrudd i 2001 var 13. Spesielt for Norge er utbrudd av PD på regnbueørret. Utbruddene kan være like alvorlige som på laks. PD i felt virker svært smittsom, men det har vært problematisk å fremkalle dødelig sykdom i laboratorieforsøk. Grunnen til dette er ukjent. Et utbrudd på en lokalitet kan like gjerne komme på

fisk som har stått en vinter i sjøen, som på smolten. Smolt som blir satt ut på smittet lokalitet kan bli syk etter få uker. PD er forårsaket av et alfavirus. Virus isolert fra norsk laksefisk er nært beslektet, men ikke identisk med SPDV (salmon pancreas disease-virus) fra Irland eller med SDV ("sleeping disease"-virus), et virus som gir sykdom hos regnbueørret i ferskvann i Frankrike.

Sykdommen ser ut til å la seg kontrollere ved hjelp av tradisjonelle smittehygieniske tiltak som generasjonsskille, brakklegging, gode slakterutiner mv., men krever regionvise og samordnete tiltak. Vaksiner er under utprøving. Høsten 2001 startet et fireårig EU-prosjekt hvor flere norske fagmiljøer er involvert. Målet er å utvikle og teste ut raske, sikre og følsomme verktøy for diagnostikk og epidemiologisk kartlegging.

PD er en gruppe C-sykdom, men rapportering og muligheter for håndtering i aktuelle områder er som for sykdommer i gruppe B.

BAKTERIESYKDOMMER

Epiteliocystis

Epiteliocystis er betegnelsen på infeksjon med bakteriellignende organismer som påvises som hopper (cyster) i gjelleepitelceller hos fisk. Det er trolig mange arter av epiteliocystis-organismer. Hos oppdrettslaks i sjø i Norge ser en epiteliocystis sammen med til dels svært omfattende og karakteristisk skade på gjellene. Det er isolert virus identifisert som paramyxovirus fra slike gjeller. Smitteforsøk med viruset har til nå vært negativt. Infeksjonen er utbredt langs norskekysten og opptrer særlig fra august og utover høsten.

	1997	1998	1999	2000	2001
Furunkulose	4 (16)	1 (9)	2 (2)	6 (4)	3 (2)
BKD	15 (16)	(12)	3 (3)	3 (4)	3 (5)
IPN	224 (49)	(48)	42	40	46
ILA	6 (32)	13 (24)	14 (13)	23 (27)	21 (33)

Tabell 1 Oversikt over registrerte nye tilfeller av furunkulose, bakteriell nyresyke (BKD) infeksjøs pankreasnekrose (IPN) og infeksjøs lakseanemi (ILA) i perioden 1997-2001. Antall båndlagte anlegg i parentes.

Overview of diagnosed new cases (farms) with furunculosis, bacterial kidney disease (BKD), infectious pancreatic necrosis (IPN) and infectious salmon anaemia (ISA) in the period 1997-2001. Number of farms with restrictions in brackets.

Piscirickettsiose

Piscirickettsiose forårsakes av bakterien *Piscirickettsia salmonis* og er knyttet til sjømiljø. Sykdommen er særlig kjent fra chilensk laksefiskoppdrett hvor den kan gi svært stor dødelighet. De fleste tilfellene av piscirickettsiose i Norge ble registrert i 1988, og tapene var da stort sett små. Siden har det bare vært noen få sykdomsutbrudd med moderat dødelighet. Det ble diagnostisert ett tilfelle av denne sykdommen i 2001.

Andre bakteriesykdommer

Andre bakterieinfeksjoner har gitt få problemer i 2001. Bakteriell nyresyke (BKD) på regnbueørret er beskrevet i litteraturen, men er svært sjeldent registrert under naturlige forhold i Norge. To tilfeller av sykdommen ble i fjor registrert på regnbueørret på Vestlandet. Hos laks var det en påvisning av BKD i Troms. Tre tilfeller av klinisk furunkulose ble rapportert på Vestlandet. To av disse var i sjø og ett var i et settefiskanlegg. Vibriose er diagnostisert på vaksinert regnbueørret. I flere tilfeller har fisken vært svekket av andre infeksjoner.

ANDRE HELSEPROBLEM**Vintersår**

Såkalte vintersår er et vanlig sykdomsproblem hos norsk laks i oppdrett i sjøen. Det foreligger ingen oversikt over forekomsten, men vintersår er utbredt langs hele norskekysten og kan medføre store tap, både pga. dødelighet og redusert slaktekvalitet.

Allerede på slutten av 1980-tallet ble det isolert vibriobakterier fra fisk i sjø med sår. De typiske tilfellene den gang var høstsmolt som hadde problemer med smoltifisering. Den mest karakteristiske vibriobakterien var trådtrekkende (viskøs) og har seinere fått navnet *Vibrio viscosus*. Et annet foreslått navn er *Moritella viscosa*. Vintersår er ikke lenger bare knyttet til høstsmolt og *V. viscosus*, men er en uspesifikk benevnelse på sår hos laks i sjø i vinterhalvåret. *V. viscosus* er i smittforsøk vist å være patogen, men er ikke alltid så framtrædende ved sårutbrudd i felt. Problematikken kan se ut til å være mer kompleks.

Vintersår er en av de få bakteriesykdommene som i noen tilfeller behandles med medisiner. Det er utviklet vaksine mot *V. viscosus*. Den kan se ut til å ha effekt i noen tilfeller, men det er også rapportert

utbrudd på vaksinert fisk. Vaksinen er under kontinuerlig evaluering. Vintersårproblematikken er også kjent på Island, i Skottland og på Færøyene.

Lakselus - *Lepeoptheirus salmonis*

Lakselus påvises over hele landet, men har særlig vært et problem på Vestlandet. De fleste oppdrettere har nå lakselus under kontroll på egne anlegg. Økt bruk av fôr tilsatt medikamenter mot lus har sannsynligvis gjort at biologisk avlusning ved hjelp av leppefisk har gått tilbake. Det er grunn til å følge nøye med i forhold til utvikling av resistens overfor aktuelle stoffer.

Hemoragisk diatose

Hemoragisk diatose syndrom (hemoragic smolt syndrom) er en sykdom hos laks karakterisert ved ekstrem anemi og utbredt blødningstendens. Den har i mange år opptrådt som en ettervintersykdom i settefiskanlegg, også i 2001 ble det påvist en del tilfeller av denne sykdommen. Det er som regel moderat dødelighet, men sykdommen kan i noen tilfeller gi et visst tap. Årsak er ikke avklart. Lidelsen er også beskrevet fra Skottland.

Andre lidelser

Også i 2001 er det registrert produksjonslidelser som katarakt og ryggradsdeformiteter. Det har vært vanskelig å anslå omfanget av dette. Det forekommer etter hvert flere ulike hjertelidelser hos laksefisk. Utbredelse, betydning og årsak til disse er sannsynligvis kompleks og har vært vanskelig å fastslå.

Vaksineskader

Betennelse i bukhulen pga. injeksjon av oljeholdig vaksine er et betydelig problem. I forbindelse med vaksineutvikling har produsentene i første rekke vært opptatt av å komme frem til vaksiner som gir høy og langvarig beskyttelse. I de senere år har det blitt et sterkere fokus på bivirkninger knyttet til vaksiner, og produktkvalitet og fiskevelferd har kommet sterkere i fokus. De vanligste bivirkningene er sammenvoksninger og pigmentavleiringer (melanin) i bukhulen. Bivirkningene er knyttet til vaksinekomponentene; både antigen og adjuvans (hjelpstoff). Faktorer som ser ut til å ha betydning er vaksinetidspunkt, temperatur, fiskestørrelse og fiskeart. I de senere årene har vaksineprodusentene lagt ned et betydelig arbeid for å redusere omfanget og graden av bivirkninger.

Dyrevern

Laks er i dag det dominerende "husdyret" i Norge. Antallet individer er formidabelt. Fisk er også det mest brukte forsøksdyret. Dette har medført økt fokus på dyrevernaspektet ved hold av fisk. Det arbeides med å definere velferdsparametere.

Forbruket av antibiotika og antiparasittmidler

Også i år ble det brukt svært lite antibiotika i norsk fiskeoppdrett.

**HELSESITUASJONEN
FOR VILL LAKSEFISK****Lakselus**

To gode år for villaksen, 2000 og 2001, kan ha sammenheng med tiltak som ble satt i verk mot lakselus i oppdrett fra og med 1998. Det er likevel variasjon mellom områder.

Gyrodactylus salaris

Det var en ny påvisning av *Gyrodactylus salaris* i 2001 (Lundselva ved Steinkjer). En elv ble friskmeldt etter rotenonbehandling (Beiarelva i Nordland), og en elv ble behandlet på nytt to ganger (Steinkjerelva). Rotenonbehandling av smittet vassdrag er fortsatt det mest realistiske tiltak. For å begrense behandlingsområdet for rotenon blir det satt opp fiskesperrer. Alternative bekjempingsmidler er til vurdering, men er foreløpig på utprøvningsstadiet.

Bakteriesykdommer

Furunkulose ble påvist på laks i elver i Trøndelag der bakterieinfeksjonen er kjent fra før, og det ble påvist BKD hos stamlaks i en elv i Hordaland.

1.5 Leppefisk - liten rensefisk kan berge stor laks!

Per Gunnar Kvenseth, Norsk Sjømatcenter
 Johan Andreassen, Villa Miljølaks AS
 Øivind Bergh, Havforskningsinstituttet

Rensefisk

Det fantastiske ved å benytte leppefisk til kontroll med lakselus er at leppefisken, i motsetning til kjemisk behandling av problemet, utøver lusekontroll kontinuerlig, så lenge miljøforholdene ligger til rette for det. En annen utmerket egenskap er at etter hvert som lakselusen vokser, øker appetitten til leppefisken for denne godbiten (Fig. 1). I forsøk ved kommersielle oppdrettsanlegg har vi funnet opptil 150 voksne lus i magen på en eneste berggyllt. Flere oppdrettere rapporterer nå at de ikke har benyttet annet middel til kontroll med lakselus enn leppefisk, helt fra utsett av smolt til slakting av stor laks. Potensialet til leppefisk kan altså være stort, men kvalitetssikrede protokoller for bruk av leppefisk har hittil manglet.

Villa Miljølaks

Etter innvilget FoU-konsepjon og tilskudd fra FUNN-ordningen startet Villa Miljølaks AS på Vestnes utenfor Molde i 2001 et meget interessant fullskala forsøk med å videreutvikle metodene for kontroll med lakselus ved hjelp av leppefisk. Formålet med forsøkene er å etablere kvalitetssikrede metoder og protokoller som kan gjøre bruken av leppefisk til et fullgodt alternativ, for å holde lakselus under kontroll i hele laksens livssyklus i sjøen hos et større antall oppdrettere. Forsøkene kjøres i et fullskala oppdrettsanlegg, slik at vi kan se om prosedyrer som tidligere er prøvd i laboratorie-skala, virkelig fungerer. Mange laboratorie- og småskalaforsøk har vist at effekten av leppefisk sannsynligvis kan økes. Rutinene for drift i fullskala



Foto: Per Gunnar Kvenseth

Figur 1 Bergnebb spiser lus fra laks i akvarieforsøk.
Goldsinny eating salmonlice in aquarium experiments.

blir utviklet i det igangværende prosjektet. Laksen i forsøksanlegget har allerede vært utsatt for påslag av lakselus flere ganger. Hver gang har leppefisker klart å beite ned bestanden av lus før lakselusen har nådd det kjønnsmodne stadiet. Det er derfor demonstrert at leppefisk kan holde moderate og gjentatte luseangrep hos små laks under kontroll i kommersielle anlegg. Etter en innledende lærefase har leppefisker holdt nivået av lus lavere enn en lus per laks – alle stadier tatt i betraktning (Fig. 2). Hunnlus med eggstrenger er ikke observert i nøter tilsatt leppefisk.

Utgiftene for å holde lakselus under kontroll ved forsøkslokaliteten ved bruk av leppefisk, er beregnet til å være i samme størrelsesorden som ved bruk av legemidler distribuert gjennom fôret. Villa Miljølaks samarbeider med Havforskningsinstituttet og Norsk Sjømatcenter i Bergen om dette prosjektet.

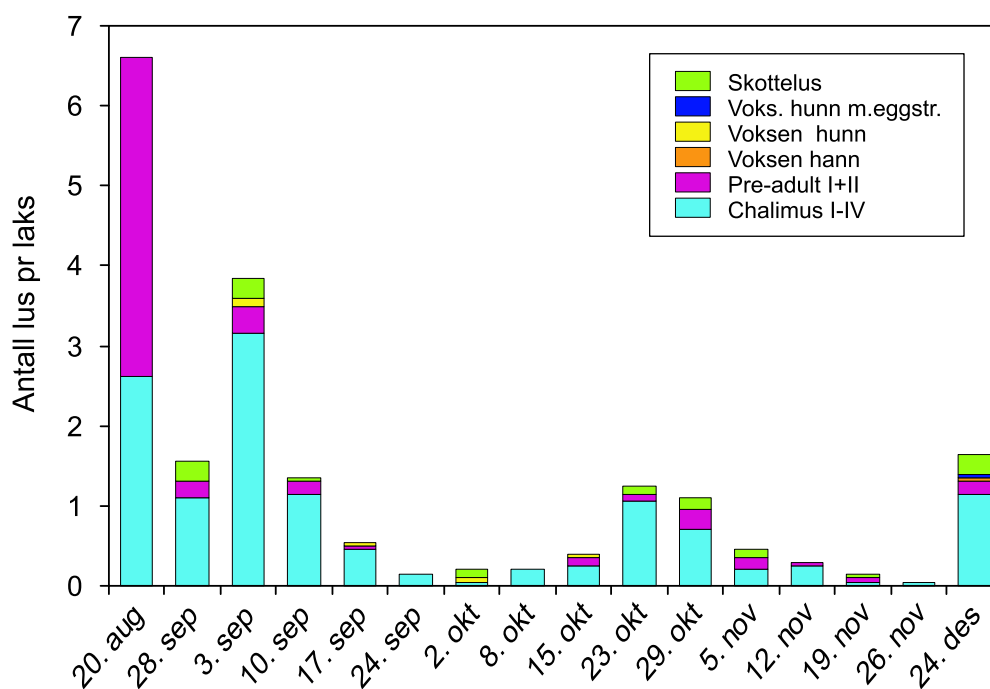
Økning i mengde laks behandlet med kjemiske middel

Ifølge tall fra Fiskeridirektoratet i Bergen gikk den registrerte bruken av leppefisk i Norge ned fra 2,6 mill. i 1999 til 1,8 mill. i 2000. Dette stemmer overens med det inntrykket vi har av at oppdretterne erstatter leppefisk med fôrbaserte avlusingsmidler.

Isolert sett er det på vektbasis en nedgang i bruken av legemidler gjennom fôr og bad til behandling av laks mot lakselus. Stoffene som benyttes i dag er imidlertid mer potente enn tidligere, og mengde laks som behandles årlig har økt. Flere viktige oppdrettsdistrikter i Norge har i 2001 erfart økende problemer med lakselus på tross av tiltakene i handlingsplan mot lus på laksefisk. Det er sannsynlig at bruken av kjemiske midler mot lakselus etter hvert vil forårsake økt resistens hos lakselusa. Miljøvirkningene av bruken av de forskjellige lakselusmidlene er sterkt omdiskutert i fagmiljøene. Kjemisk avlusing er uansett en belastning oppdrettsnæringens rykte.

Informasjon

I FoU-prosjektet ved Villa Miljølaks vil vitenskapelig publisering bli vektlagt for å sikre kvaliteten i FoU-arbeidet, samt for å gjøre resultatene tilgjengelig for forskning og forvaltning internasjonalt. I tillegg vil norske fagtidsskrifter, aviser samt prosjektets hjemmeside www.leppefisk.no bli brukt aktivt. Resultater, forsøksplaner og kommentarer legges fortløpende ut på hjemmesiden, som besøkes daglig av ca. 200 personer. Prosjektet sender også ukentlig ut nyhetsbrev til 120 firma, personer og organisasjoner.



Figur 2 Utvikling i lakselus i en merd ved Villa Miljølaks sitt forsøksanlegg på Vestnes i Møre og Romsdal. Antall leppefisk tilsvarer 4 % av antall laks i merden.
Development of sealice per salmon at Villa Miljølaks. Amount of wrasses correspond to 4 % of salmon numbers in the net pen.

Tilgang på leppefisk – villfangst eller oppdrett?

Dersom samtlige oppdrettere i Norge ville benytte leppefisk til kontroll av lakselus fra utsett av smolt og frem til en størrelse på 1,5-2 kg, ville dette gi et årlig forbruk på ca. 6 mill. bergnebb. På bakgrunn av de erfaringene som er gjort med tanke på fangst, bestand og beskatning av denne arten, ser det ikke ut til å være store problemer med å skaffe nok fisk. Alle fylkene fra Møre og Romsdal og sørover har så store bestander av bergnebb at dette kan dekke lokal etterspørsel. Når det gjelder fylkene fra Trøndelag og nordover, er disse avhengig av å supplere lokalfangst av leppefisk med overføring fra fylkene lengre sør.

Når det gjelder lusekontroll hos større laks, har den litt større leppefiskarten berggyllt gitt best resultater. Fangstene av berggyllt i riktig størrelse er betydelig lavere enn fangstene av bergnebb. Dersom flere oppdrettere også ønsket å benytte berggyllt til lusekontroll hos stor laks, ville det raskt oppstå problemer med å skaffe tilstrekkelig fisk i ønsket størrelse og antall. For å oppnå kontinuerlig kontroll med lakselus fra utsett av smolt frem til slakting av stor laks, uten å benytte kjemikalier gjennom fôr- eller badebehandlinger, kan dette åpne for produksjon av rensefiskene berggyllt.

Kapittel 2

Marine arter



2.1.1 Yngelproduksjon av kveite

Torstein Harboe, Havforskningsinstituttet

Kveita er porsjonsgyter, det vil si at den gyter i flere omganger med om lag 70 timers mellomrom. Selv om det ble samlet inn en god del befruktete egg fra naturlig gyting ved LMC sitt store tankanlegg i Øygarden på slutten av 80-tallet, så har det ikke vært forsøkt å få til naturlig gyting i stor skala. I dag stryker oppdretterne stamfisken med påfølgende befruktning av eggene. Disse operasjonene er arbeidskrevende, siden strykingen må utføres med få timers margin hele døgnet, og det må være minst to personer til å håndtere fisken. Hos torsk er denne fasen enklere fordi torsk har naturlig gyting og befruktning selv i relativt små kar.

Eggfasen varer i om lag 12 dager ved 6 °C. I denne perioden blir inkubatorene røktet daglig. Denne fasen har stor grad av forutsigbarhet og det er utarbeidet gode arbeidsrutiner. Eggene må i denne perioden ikke eksponeres for lys, noe som kompliserer arbeidet en del sammenlignet med

torskeegg. Ellers er denne fasen i stor grad lik for torsk og kveite.

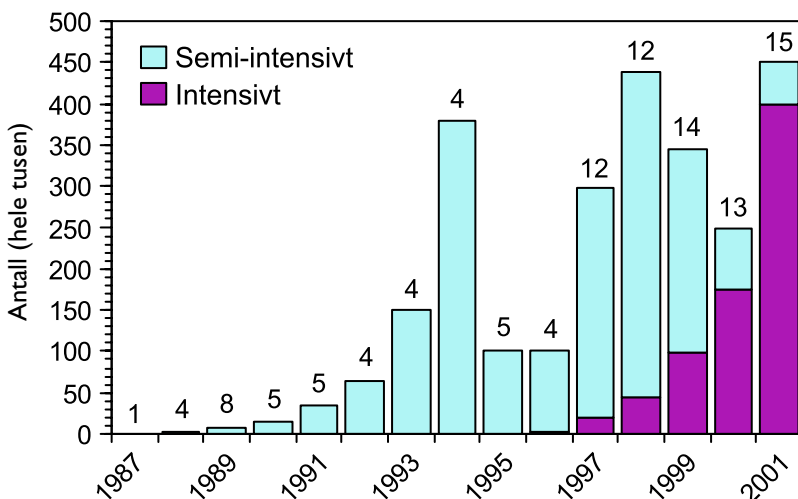
Plommesekkfasen hos kveite er vesentlig forskjellig fra annen marin fisk. En nyklekket kveitelarve er svært lite utviklet og har en stor plommesekk. Den bruker over 40 dager på å utvikle organer som gjør den klar til fôropptak. I denne perioden stilles det store krav til miljøet den er i, særlig med hensyn til stabilitet i temperatur og saltholdighet. Tilsvarende fase hos torsk har en varighet på om lag 3-5 dager, avhengig av temperaturen.

Neste fase er startfôring. Varigheten er avhengig av temperatur og vekst, og varer fra om lag 60 til 80 dager. I denne perioden spiser larvene et levende fôr, i hovedsak *Artemia*. Metamorfose (forvandlingen fra larve til yngel) inngår i dette stadiet, og larvene skifter levesett, fra å svømme fritt i vannmassene til å søke mot bunnen.

Siste fase i yngelproduksjonen er tilvenning til tørrfôr (også kalt "weaning"). I denne fasen er det ulik praksis fra mellom de forskjellige oppdrettsanleggene, både hva angår type fôr, oppdrettssystem og ved hvilken størrelse yngelen skal tilvennes.

Produksjonsstatus

Den kommersielle yngelproduksjonen foregår etter to metoder: intensiv og semi-intensiv (også kalt ekstensiv) produksjon. I korthet kan man si at den intensive produksjonen er helt uavhengig av årstider, mens den semi-intensive produksjonen er sesongavhengig. Den intensive metoden foregår i hovedsak i mindre enheter og med større grad av kontrollerbarhet enn den semi-intensive metoden (for nærmere informasjon se *Havbruksrapport 2000*). I 2000 ble det totalt produsert 250 000 kveiteyngel i Norge, av dette var om lag 70 % produsert etter intensiv metode. Produksjonsestimatet



Figur 1 Produksjon av kveiteyngel i Norge fra 1987 til og med 2001. Tallet over søylene angir antall oppdrettsanlegg. (Kilde: Oppdrettere og forskningsstasjoner fram til 2000, deretter G.Adoff ved Bergen Aqua). Total production of halibut fry in Norway 1987-2001. The numbers over the bars represents number of producers (Source: producers, research institutes and G.Adoff at Bergen Aqua).

for inneværende år er 450 000 yngel. Over 90 % er produsert etter intensiv metode (tallene er utarbeidet av G. Adoff, Bergen Aqua). Antallet produsenter har ikke endret seg mye, og kveiteyngelproduksjonen i 2001 ligger an til å bli den høyeste i Norge noensinne (Fig. 1).

”Metodestatus” for yngelnæringen

Som det fremgår av figur 1 har det skjedd en betydelig omlegging av produksjonsmetoden for kveiteyngel. Frem til og med 1997 ble så å si all yngel produsert etter semi-intensiv metode, mens over 90 % av yngelproduksjonen i år skjer ved den intensive produksjonsmetoden. Som tidligere nevnt er denne produksjonsmetoden sesonguavhengig og foregår i mindre oppdrettsenheter. Det siste fører til at fisketettheten blir betydelig høyere, noe som igjen stiller større krav til oppdrettsmiljøet og vannkvalitet. Det at metoden er sesonguavhengig gjør at flere produksjonssykluser kan utføres samme år. Foruten å utnytte produksjonspotensialet til bedriften bedre, fører dette til betydelig mer erfaring og større grad av spesialisering av arbeidsoppgavene i de ulike deler av produksjonen.

Nå som flesteparten av yngelprodusentene driver etter en intensiv oppdrettsmetode, har det klart vist seg at tilgang på egg er en vesentlig begrensning for produksjonen. Flere oppdrettere er i gang med å etablere stamfiskbestander hvor gytetidspunktet er forskjøvet. Som for torsken er man også her avhengig av å kontrollere både daglengde og temperatur. Kveita trenger lengre tid enn torsken til å forskyve rytmen og å få god eggkvalitet, så det vil derfor trolig gå enda noen år før en har helårig tilgang på kveiteegg.

Ved produksjon av kveiteyngel har man i tillegg til kveitelarvene også levende kulturer av byttedyr og alger. Oppdretterne må beherske alle disse kulturene for å få et godt resultat. I den seinere tid har produksjonen blitt forenklet, bl.a. ved at algekulturene ved de fleste anlegg er byttet ut med algepasta.

Sykdom har rammet flere av yngelprodusentene de siste årene. Blant annet har virussykdommene VER og IPN blitt påvist. Disse sykdommene er trolig miljørelaterte, og flere oppdrettere har gjort en betydelig innsats på å forbedre vannkvalitet og oppdrettsmiljø generelt. Flere har gått til anskaffelse av ozoneringsanlegg og har gjort forbedringer som ser til å gi uttelling i form av større og mer

forutsigbar produksjon. Mye av dette arbeidet kan karakteriseres som pionerarbeid der den innledende prøving og feiling til dels har vært dyrekjøpt. For høy tilførsel av ozon er dødelig for larvene, og marginene mellom mengden som dreper virus men ikke larvene, er små.

Den totale produksjonen av kveiteyngel er nå voksende. I den forbindelse er det også viktig å fokusere på yngelkvalitet. Med yngelkvalitet menes her i hovedsak pigmentering og øyevandring. Yngel som er produsert etter den semi-intensive metoden med zooplankton som en vesentlig del av dietten, har tradisjonelt vært av meget god kvalitet, mens yngel produsert etter intensiv metode med anriket *Artemia* som levendefôr har hatt betydelig høyere innslag av feilpigmentering og manglende øyevandring (Fig. 2). Dette året har flere oppdrettere hatt betydelig bedre kvalitet på yngelen. En av årsakene til dette kan være at det i år er benyttet påvekst-*Artemia* i større grad enn tidligere, og at de kommersielle anrikingsmediene er blitt bedre. Påvekst-*Artemia* er dyrket to til tre dager lenger enn *Artemia* anriket etter vanlige prosedyrer (23 timers anriking). Den er større og inneholder mer energi, samt at den trolig er lettere fordøyelig enn korttidsanriket *Artemia*.

Kveitemanual på Internett

I 2001 ble det i samarbeid med Kunnskapssenteret i Gildeskål og Akvaplan NIVA utarbeidet en internettbasert brukerveiledning i kveiteoppdrett (<http://www5.imr.no/kveite/>). I denne manualen blir alle sider ved kultivering av kveite omhandlet, fra stamfisk og eggproduksjon til kvalitet på matfisk. Målet med manualen er i første rekke kunnskapsformidling fra forskning til brukergrupper som oppdrettere og veiledere. Det har imidlertid vist seg at flere læresteder har inkludert manualen i sitt akvakulturpensum. Manualen vil bli søkt oppgradert med ny kunnskap fortløpende.

Flaskehals i næringen

I forbindelse med NUMARIOs kveiteyngelprosjekter har det i 2000 og 2001 blitt avholdt til sammen syv møter for yngeloppdretterne. Disse samlingene har bidratt positivt til utveksling av erfaringer og nyvinninger mellom oppdretterne. Foruten tilgang på egg av god kvalitet uavhengig av årstid, har det vist seg at plommesekkfasen fremdeles er en flaskehals for flere av oppdretterne. Problemet er i hovedsak knyttet til for høy andel av kjevedeformerte larver (såkalte ”gapere”). Det er også av stor betydning for næringen å få kuttet ned



Figur 2 Feilpigmentering og manglende øyevandring hos kveiteyngel.
Malpigmentation and incomplete eye migration in halibut juveniles.

perioden med levendefôr. Produksjon av levendefôr er krevende, tar mye tid og er dermed dyrt. Tidligere introduksjon av formulert fôr vil derfor være viktig for en videre utvikling av yngelproduksjonen.

Et annet problemområde i yngelproduksjon av kveite er som tidligere nevnt yngelkvalitet i form av pigmentering og øyevandring (Fig. 2). Den største satsingen til Norges forskningsråd i 2001 på dette området har vært gjennom prosjektet ”Intensiv yngeloppdrett av kveite – ernæring og yngelkvalitet” (NFR nr. 141758/120). Dette

er et samarbeidsprosjekt mellom Havforskningsinstituttet, Fiskeridirektoratets ernæringsinstitutt og SINTEF. Disse partnerne har hatt et lignende prosjekt i en årrekke. Et sentralt område har vært å utvikle emulsjoner til anriking av levende byttedyr, og i år har dette prosjektet vist signifikante forskjeller i yngelkvalitet ved bruk av ulike oljer i emulsjonene. Resultatene er viktige av flere grunner; Vi kan si noe om årsakene til ulik yngelkvalitet samt påvirke denne, og ikke minst kan vi gjøre oss uavhengige av kommersielle emulsjoner til anriking av fôrorganismene (*Artemia* og rotatorier).

2.1.2 Matfiskoppdrett av kveite

Tore S. Kristiansen, Havforskningsinstituttet

Produksjonsmetoder

Etter at yngelen har metamorfosert til en "mini-kveite", tilvennes de tørrfôr i små grunne kar eller lengdestrømsrenner. Disse systemene har høy vannskiftningsgrad og vannhastighet, noe som sammen med fiskens aktivitet vil gjøre dem relativt selvrensende og ha god vannkvalitet. Ulempen er at fôret får kortere oppholdstid. Ved denne størrelsen (ca. 0,1-0,5 g) spiser og vokser fisken best ved ca. 14 °C, og det er viktig å ha riktig og stabil temperatur for å utnytte det høye vekstpotensialet til kveiteyngelen. Etter hvert ser det ut til at kveitene krever et større totalareal å boltre seg på. I små 1-2 m kar vil det etter hvert oppstå mistrivsel, og en får uro i karet, bittskader og redusert vekst. I enkelte tilfeller kan særlig de minste kveitene i karet få bittskader på øynene, noe som i verste fall fører til blindhet. Skadene som vanligvis opptrer på ett øye, fører til varig redusert vekst. Kveitene er mest aggressive i forbindelse med fôring. Problemene blir kraftig redusert så snart kveitene blir flyttet over i større og dypere kar eller merder.

Både kar og merder i sjøen blir brukt i den videre produksjonen. Fisken kan for eksempel fôres først i kar, og så settes ut i merder på våren når den er > 0,5 kg. Fordelen med kar er at man har bedre kontroll med fisken og at faktorer som temperatur, oksygen, lysforhold og døgnrytme i større grad kan kontrolleres. Ulempen er de høye investeringskostnadene og stort arealbehov. Med en helårig yngelproduksjon vil behovet for egne settefiskanlegg med miljøkontroll øke, siden kveita vokser svært langsomt ved vintertemperaturer (< 6 °C). Flere resirkuleringsanlegg med biofiltre og mekaniske filtre er bygd eller under bygging. Siden kveitene ligger på bunnen mesteparten av tida, er tilgjengelig bunnareal mer viktig enn volum. Flere oppdrettere har eksperimentert med bruk av hyller for å øke bunnarealet, både i kar og merder, med lovende resultater. Kveitene fordeler seg på hyllene, og man kan trolig ha tilsvarende tetthet per volumenhet som for laks. Fordelene med merdanlegg er at de er relativt billige; ulempene er at man har liten kontroll med miljøet og fiskene. Kveitemerder tåler også langt mindre bevegelse

enn laksemerder, siden de består av stive rammer og hyller, og det kreves derfor lokaliteter med lav bølgehøyde. Kveitene vil også bli urolige og stresset når bunnen beveger seg.

Vekst og fôring

Styret for NFR-programmet *Marine arter i oppdrett* satte 5 kg gjennomsnittsvekt som mål ved 30 måneder fra klekking. Dette var et mål satt på grunnlag av oppnådd vekst i kortere forsøk. Dette målet er ikke nådd for større grupper i produksjon, selv om veksten hos enkeltindivider viser at målet er realistisk. Årsakene til relativt dårlig vekst er en kombinasjon mellom dårlig yngelkvalitet, suboptimale temperatur- og miljøforhold, og tidlig kjønnsmodning hos hannene. Tidlig kjønnsmodning fører til dårlig appetitt og lavt fôrintak. Forsøk hvor fôrintaket til enkeltindivider er målt, har vist at det er en lineær sammenheng mellom vekst og forinntak, og at fôrutnyttelsen øker med økende vekstrate. Lav vekst og høy fôrfaktor skyldes derfor at kveitene spiser for lite. Det siste året har to typer tørrfôr fra kun en produsent vært det eneste tilgjengelige kommersielle tørrfôret, og dette har blitt brukt av de aller fleste oppdretterne.

Produksjon

På grunn av lav og varierende yngelproduksjon har veksten i matfiskproduksjonen vært langsom (Tab. 1). I 2000 ble det solgt vel 400 tonn kveite, som var en liten nedgang fra 1999. Mesteparten av produksjonen har til nå kommet fra Stolt Seafarm AS sitt landbaserte anlegg på Sunnmøre, som har hatt tilgang på yngel fra egen produksjon. Prisen på oppdrettskveite har vært god (ca. 60-90 kr per kg), men periodevis følsom for store leveranser. Mesteparten av eksporten har gått til Storbritannia. Flere små og større produsenter, lokalisert fra Tysfjord i Nordland til Rogaland i sør, har de siste to årene til sammen satt inn flere hundre tusen settefisk. Dette er delvis basert på importert yngel fra Island. Vi forventer derfor en betydelig økning i produksjonen i 2002, og at salg av oppdrettet kveite passerer mengde norsk villfanget kveite (ca. 700 tonn).

Fylke	Tonn	I 000 kr
Finnmark	0	0
Troms	0	51
Nordland	23	1 602
Nord-Trøndelag	7	349
Sør-Trøndelag	0	0
Møre og Romsdal	292	21 426
Sogn og Fjordane	0	
Hordaland	28	1 924
Rogaland	0	0
Agder/Østlandet	76	5 250
I alt 2000	426	30 566
I alt 1999	451	28 904
I alt 1998	290	19 095
I alt 1997	113	8 680
I alt 1996	138	8 798
I alt 1995	134	8 168
I alt 1994	63	3 360

Tabell 1 Produksjon av oppdrettskveite fra ulike fylker i 2000 og i Norge i 1994-2000. (Kilde: Fiskeridirektoratet, www.fiskeridir.no).
Production of farmed halibut in the Norwegian counties 1994-2000.

Utfordringer og begrensninger

Tilgang på kvalitetsyngel

Den største begrensningen for videre utvikling av matfiskoppdrett av kveite er lav og ustabil yngelproduksjon. Kvaliteten på yngelen er også for dårlig, og særlig har den intensivt produserte yngelen en stor del feilpigmentering og ufullstendig øyevandring. Yngelen stammer stort sett fra vill stamfisk eller førstegenerasjons oppdrettsfisk. Avkommet har varierende og til dels dårlige vekstegenskaper i oppdrett. På grunn av stor konkurranse om yngelen og krav om tilgang på yngel for å få konsesjon, har yngelprisene blitt svært høye og ikke i samsvar med kvaliteten på produktet. Prisen på en 100 g kveite kan komme opp i 100 kr per stk. Det sier seg selv at det vil være vanskelig å få økonomi i dette.

Tidlig kjønnsmodning

En betydelig begrensning er problemet med tidlig kjønnsmodning hos hannfisken. Dette fører til vekststagnasjon på opptil et halvt år, lang produksjonstid og dårlig fôrutnyttelse. Ved å endre døgnrytmen med tilleggsbelysning, har man i kar innendørs kunnet øke vekst og redusere andelen kjønnsmodne fisk. Den behandlingen som har gitt best resultat er å holde kveitene på kontinuerlig lys

til sommeren når de er vel to år gamle, for deretter gå over til simulert naturlig lysrytme. Med denne behandlingen modnet 25 % av hannene kommende gytesesong og det var ingen modne fisk neste sommer. Neste gytesesong modnet mesteparten av hannfisken, men var da kommet opp i slaktbar størrelse (> 3 kg). Man har mindre erfaring med bruk av lys utendørs, men erfaringene fra torsk tyder på at det oppnås mindre effekt av tilleggslyset fordi det er vanskelig å overstyre den naturlige døgnrytmen. Ved Havforskningsinstituttet gjøres det fortsatt mye forskning for å forstå de grunnleggende mekanismene bak tidlig kjønnsmodning.

Fôr og fôrtilgjengelighet

For å få bedre vekst og fôrutnyttelse må en større andel av kveitene spise mer. Det er gjennomført lite systematisk forskning på faktorer som smaklighet av fôret (hvilke stoffer utløser fôringsrespons), sammenheng mellom utfôringstrategi og fôrinntak, hvordan sosiale interaksjoner påvirker fôrinntak, osv. Forsøk med bruk av synkefôr og flytefôr i kar og merder har gitt nokså like resultat, og det ser ut som om kveita kan læres til å beherske ulike måter å fange fôret på. I et brukerstyrt NFR-prosjekt har man med godt resultat prøvd ut utfôringsystemer som fanger opp spillfôret og resirkulerer det. (Storvik AS og Aqualine AS). Slike systemer kan også styre fôringen etter appetitt, og man har god kontroll på fôrinntaket. Et alternativt system er bruk av ekkolodd til å overvåke fiskens fôringsrespons, dvs. fisk som letter fra bunnen. Fisken må da læres til å spise i vannsøylen. I kar brukes også spillfôrsamlere



Figur 1 Hyllesystem for utplassering i store kar bestående av nett utspent mellom rørringer av PEH (Kilde: Aqualine A/S, <http://www.aqualine.no/>).
Shelf system for use in large halibut tanks, made of nets and PEH-pipes.

(todelte avløp), hvor en kan sjekke om fôret blir spist.

Lokalisering og teknologi

Både for landanlegg og merdanlegg bør anlegget lokaliseres i områder med høy vintertemperatur og relativt lav sommertemperatur (< 15 °C). Slike områder finnes gjerne i fjorder med dype terskler og i eksponerte områder fra Vestlandet til Lofoten. Kravet til vanntemperatur står til dels i konflikt med kravet til smult farvann for lokalisering av kveitemerder. Det arbeides nå med utvikling av kveitemerder som tåler mer bølger uten at dette forplanter seg til hyllene kveita ligger på. Urolig bunn vil stresser kveita.

Et problem både i store kar og merder er kontrollen med svinn og oppsamling og telling av død fisk. Her finnes det fortsatt ikke tilfredsstillende metoder. Også merdskifte og kontroll med begroing byr på noe større problemer enn for laksemerder. Den optimale kveitemerden eller kveitekaret er ennå ikke konstruert.

Konsesjonsbetingelser og forskrifter

Siden kveita har mer behov for areal enn volum, er dagens regler for tildeling av konsesjonsvolum lite egnet for kveiteoppdrett. Også kveitemerdenes krav til mindre bølgehøyde krever lokalisering i relativt rolig farvann. Siden biomassen per bunnareal i anleggene er mindre enn for lakseanlegg, kan man kanskje forsvare å plassere anleggene i områder som har lavere bæreevne for forurensing, særlig gjelder dette hvis det brukes oppsamlere for spillfôr i anlegget. Et problem for enkelte oppdrettere har vært kravet om bruk av godkjent slakteri (for anlegg som produserer mer enn 50 tonn). Dette gjør det svært dyrt å transportere og slakte små grupper av fisk, noe som er i konflikt med behovet for kontinuerlige leveranser av små mengder til godt betalende kunder, for eksempel restaurantmarkedet. Det arbeides nå med å få endret forskriftene for kveiteoppdrett.

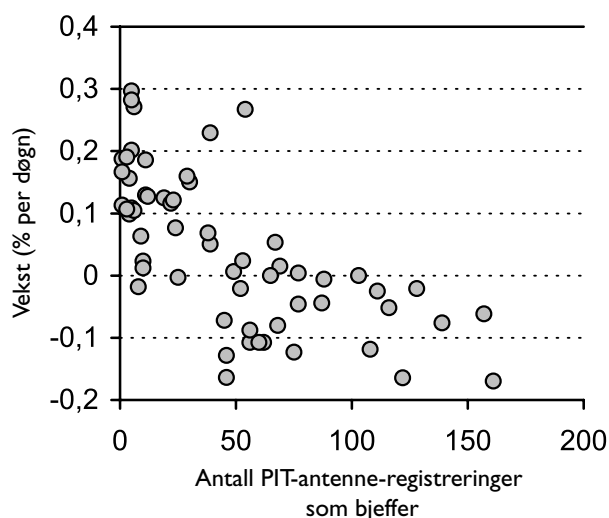
Nytt fra forskningsfronten

Trivselsatferd hos kveite

Hvordan oppfører kveita seg når den vokser, trives og har det bra? Kan kveitas atferd og pigmentering gi oss tidlig beskjed om at forholdene i anlegget gir mistrivsel og dårlig vekst? Dette prøver vi å finne svar på i NFR-prosjektet *Trivselsatferd hos kveite* (NFR nr. 134029/120), som pågår ved Havforskningsinstituttet i 2000-2002. Her vil

vi kartlegge kveitas atferdsrepertoar under ulike betingelser. Hvilke former for atferd har kveita, og i hvilke sammenhenger forekommer de? Ved å sette opp forsøk med ulike betingelser, som for eksempel tetthet og fôrtyper, der kveitene filmes med videokamera, kan vi si noe om hvordan atferden påvirkes av miljøet. Kveitene er også individuelt merket med PIT-merker, dvs. merker som kan leses av med en antenne, slik at atferd kan knyttes til individ og individvekst. Resultatene så langt har vist at aktiviteten til enkeltindivider øker med økende tetthet i karet, noe som fører til at totalaktiviteten øker kraftig i karet (3 m kar, 8 °C, gjennomsnittsvikt 4 kg). Sammenlignet med 25 % bunndekning fikk vi i forsøket redusert gjennomsnittsvikt allerede ved 75 % bunndekning. Vekstreduksjonen økte ytterligere ved 170 % bunndekning, der en betydelig andel hadde negativ vekst.

Hos kveite i oppdrett ser man ofte såkalte "bjeffere" eller "duppere", dvs. kveite som svømmer nesten vertikalt, med hodet delvis over vann. Ved å henge en PIT-antenne i overflata kunne vi registrere hvilke fisk som svømte mest i overflata og sammenlikne



Figur 2 Sammenheng mellom vekst og antall ganger kveita er registrert av PIT-antenna. Bare fisk som svømmer kloss inntil antenna blir registrert, slik at registreringene bare er en indeks for "bjeffeaktivitet". Resultater fra kar med høy tetthet.
Correlation between growth and index of surface swimming in halibut tanks with high density. Index: frequency of registration by PIT-antenna placed just below the surface.



Figur 3 Kveite med pigmentering som er typisk for fisk som ligger rolig på bunnen. Når kveita letter fra bunnen endrer den skinnfarge i løpet av et minutt til en mer jevn brunspraglet pigmentering uten hvite flekker.
Halibut with typical bottom pigmentation. The white spots disappear within a minute after the halibut takes off from the bottom.

denne atferden med veksten til fisken. Resultatene viste at fisk som var ofte registrert som "bjeffer", vokste svært dårlig (Fig. 2). Denne atferden ble tolket som et tydelig tegn på mistrivsel. Likevel var alle fisk i karet, også de som vokste godt, registrert som "bjeffer" minst en gang i løpet av et par uker. Atferden er derfor ikke entydig negativ.

Resultater, bilder og film fra dette prosjektet vil etter hvert bli tilgjengelig på Internett. (For mer informasjon om oppdrett av kveite generelt, se forøvrig Kveitemanualen på Internett: <http://www5.imr.no/kveite>).

Framtidig forskningsbehov

Matfiskoppdrett av kveite er ennå på pionerstadiet, og forskningsbehovet er stort på alle områder. Som nevnt må kvaliteten på settefisken bli bedre, og man må komme fram til metoder for å redusere tidlig kjønnsmodning hos hanner. Videre må vi vite hva som er riktig miljø og fôr til kveite av ulik størrelse. På denne måten kan kveitas vekstpotensial

bli utnyttet og produksjonstida gå ned. Vi må lære oss å tolke kveitas atferd for å kunne vite om fisken vokser og trives. Overfor markedet vil det i framtida trolig også bli viktig å dokumentere at fiskens velferd er god. Kar og merder må utvikles til å bedre dekke kveitas behov for bunnareal, samtidig som fôrtilgjengelighet for fisken og kontroll med fôrinntak blir bedret. Det er også viktig å komme i gang med et avlsprogram og utvelgelse av stamfisk som gir avkom med god trivsel i oppdrett. Her må moderne genetiske og bioteknologiske metoder tas i bruk. Videre må forsøksstasjonene få bedre fasiliteter for produksjon og hold av forsøksfisk og gjennomføring av forsøk under kontrollerte betingelser. Det er nå bevilget penger til første trinn av en utbygging av en avlsstasjon for kveite i Bodø, som vi får håpe kan bli et nasjonalt prosjekt med tilstrekkelig omfang. Ved Havforskningsinstituttet, Austevoll havbruksstasjon, planlegges det også betydelig utvidelse og forbedring av forskningsfasilitetene.

2.2 Hyse - en ny art i oppdrett?

Ingegerd Opstad, Havforskningsinstituttet

Hyse (*Melanogrammus aeglefinus*) hører til torskfamilien og er en viktig fiskeart i Norge. Hyse har et delikat, hvitt og fast fiskekjøtt og egner seg derfor ypperlig til mat. Den årlige gjennomsnittsfangsten av hyse rundt 45 000 tonn i 2000. Gytebestanden er lav og Det internasjonale havforskningsrådet (ICES) mener at bestanden blir beskattet utover sikre biologiske grenser. I denne sammenheng er det aktuelt å forsøke oppdrett av hyse som en mulig ny marin art i akvakultur i Norge. Eksperimenter med hyseoppdrett har vært gjennomført i Nord-Amerika i de siste årene og resultatene av eksperimentene er lovende. De første forsøkene i Norge har nylig vært gjennomført ved Havforskningsinstituttet, Austevoll Havbruksstasjon. Hovedmålet med eksperimentet var å få frem levedyktige larver, undersøke videre vekst og identifisere flaskehals.



Foto: HI/Austevoll Havbruksstasjon

Figur 1 Hyse (*Melanogrammus aeglefinus*).
Haddock (*Melanogrammus aeglefinus*).

Stamfisk

I februar 2000 ble det samlet inn 20 hysere til stamfisk utenfor sjøanlegget ved Austevoll havbruksstasjon. Fiskene ble overført til 7 m³ kar. To dager etter innfangning kom den første porsjonen av befruktede egg (200 ml) i karet. Temperaturen på vannet var rundt 7 °C. Den siste dagen med gyting var den

4. mai (10 ml egg). Gytingen hadde da pågått i 44 dager, og vi hadde samlet inn 3,7 liter med befruktede egg.

Inkubering av egg

Inkubatorer for egg er 70 liters svarte kar med kon bunn, lufting og vanngjennomstrømming. De var av samme type som brukes for inkubering av torskkeegg (se kapitlet om gyting og inkubering av torskkeegg i denne rapporten). Vanntemperaturen i inkubatorene var 6 °C, og mellom 50 og 70 % av eggene var befruktet. Klekkeprosenten varierte mellom 30 og 80 %. Eggene var inkubert i 15-16 dager ved denne temperaturen før de klekkes.



Figur 2 Hyseegg i forskjellige utviklingsstadier.
Different development stages of haddock eggs.

Yngelproduksjon

Startfôringsforsøk ble prøvd i kar med forskjellig volum: 50, 500 og 1 500 liter. Alder ved overføring av larver til startfôring var tre dager etter klekking. Temperaturen ble økt med en grad per dag opp til 12 °C. Vi startfôret hyselarver med hjuldyr (rotatorier) og uten bruk av mikroalger. Naturlig zooplankton ble fôret i tillegg fra dag åtte etter klekking det første året (2000). I 2001 ble det kun brukt rotatorier og *Artemia*. *Artemia* ble fôret fra dag 16 etter klekking. Dag 45 ble hysene sortert på størrelsesgrupper og overført til 500 liters kar med rensearm. Her ble yngelen tilvent tørrfôr med kombinasjon av levendefôr. Fra 70 dager etter klekking ble yngelen kun gitt tørrfôr. Vi observerte lite aggresjon og kannibalisme hos yngelen, bare enkelte tilfeller av dette ble observert da larvene var 30-40 dager gamle.

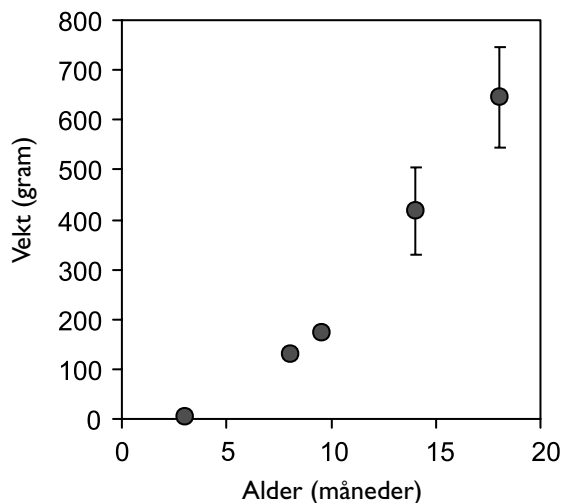
Vekst

Lengde hos tre måneder gammel fisk varierte fra 4,4 til 9,5 cm og vekt fra 1,4 til 13,0 g. Gjennomsnittslengden var 6,7 cm og middelvekten 4,8 g. Etter 18

måneder oppnådde vi en vekt på de største hysene som var nær ett kilo. Hyse ser ut til å ha et godt vekstpotensial og vi oppnådde dobbelt så høy vekt i løpet av samme periode i yngelfasen som torsk som ble drettet opp under like betingelser. Veksten gjennom sommerhalvåret har imidlertid vært lavere enn hos torsk. Hysene ble holdt i kar på land uten dekknot. I en periode med sterk sol ble de solbrent og sluttet å spise. Etter at vi fikk montert tak, kom appetitten tilbake. Bortsett fra under utbrudd av vibriose på tidlige yngelstadier, har dødeligheten vært liten.

Utfordringer og status hyse 2001

Hysene ble tidlig kjønnsmodne, utviklet høy leverindeks og var utsatt for vibriose på yngelstadiet. Det ble isolert bakterier av type *Vibrio* fra hyse, og Intervet Norbio arbeider nå med å utvikle en



Figur 3 Vekst av hyse det første året fra klekking ved Austevoll havbruksstasjon. *Growth (mean weight) of haddock from hatching during the first year.*

vaksine. Yngelen vi produserte i 2001 ble føret med et fôr som inneholdt lavere mengder fett, og hysene ble føret etter energitabell som er utarbeidet for torsk av Jobling (NFH, Universitet i Tromsø).

Dette blir gjort for å undersøke om disse tiltakene gir lavere levervekt. Vi har lysmanipulert stamfisk som gav egg i oktober med 85-90 % befruktning. 2000-generasjonen er satt på kontinuerlig lysregime for om mulig hindre tidlig kjønnsmodning.

Markedspotensialet og priser

De viktigste landene som Norge eksporterer hyse til er Storbritannia (48 %), Danmark (20 %), USA (14 %), Canada (5 %) og Kina (2 %). Den gjennomsnittlige prisen i 2001 har vært rundt 20 kr for rund fisk mens filet er betalt med det dobbelte. Norge eksporterte ca 34.000 tonn hyse i 2001.

Markedsmulighetene for hyse er gode. Disse vurderingene kommer fra en av de største eksportørene av hyse. Det er flere supermarkedkjeder som er interessert i å inngå kontrakter på oppdrettet hyse, dersom prisene er konkurransedyktige. Det vil si at prisen ikke må overstige kr 20 per kg. Prisene varierer med tilgangen på markedet. I perioder blir det fisket store kvanta og i disse periodene er prisene lavere (16 kr per kg).

Resultatene fra de første forsøk med oppdrett av hyse har vist at det er mulig å oppdrette denne arten på samme måte som torsk. Hyse har et potensial som ny marin art i havbruk i Norge. Det er imidlertid nødvendig å videreutvikle metodene for hyseoppdrett. Problemstillingene vil på mange måter være de samme som for torsk.

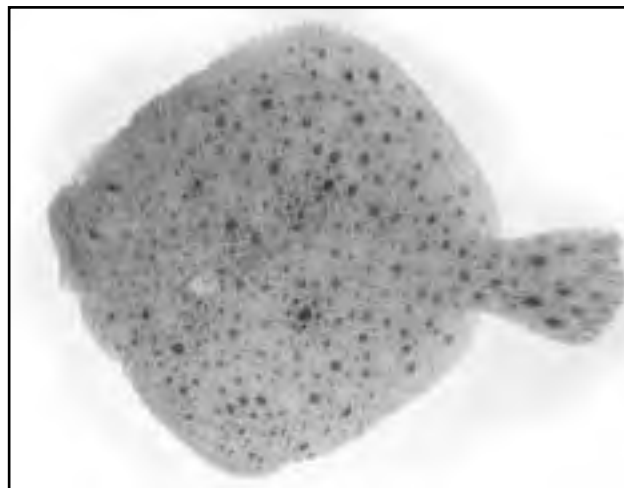
2.3 Oppdrett av piggvar

Sylvie Bolla, Norway Marine Culture AS

Piggvar er en relativt varmekjær art, og oppdrett i Norge er av den grunn landbasert og knyttet til industri som produserer spillvarme i betydelige mengder. Oppdrett av flatfisk på land er arealkrevende og investeringene svært høye. Det er bare ett anlegg i Norge som har både yngel- og matfiskproduksjon av betydning (Stolt Seafarm AS, Øye Smelteverk i Kvinesdal). Her ble det i 2001 produsert totalt 320 000 yngel og 300 tonn matfisk. Et annet matfiskanlegg som var basert på kjøp av yngel (Brema Flatfisk AS ved Bremanger Smelteverk) ble nedlagt i 2001. Ellers er det ved Tjeldbergodden igangsatt bygging av et nytt piggvaranlegg (Norway Marin Culture AS). Interessen for piggvaroppdrett er økende, selv om torskoppdrett er det største satsingsområdet for tiden.

Yngelproduksjon er basert på intensive metoder, med lysmanipulert stamfisk som produserer rogn året rundt. På grunn av larvestørrelsen må anrikede hjuldyr (rotatorier) anvendes som fôr den første uken etter startfôring sammen med mikroalger (grønt vann teknikk). Videre utover vil anrikede *Artemia nauplier* introduseres gradvis. Med utvikling i fôrteknologi og ernæring er det nå mulig å anvende tørrfôr på et tidligere stadium sammen med *Artemia*. Dette har ført til at behovet for *Artemia* er gått ned fra 1 tonn per million yngel for tre-fire år siden til ca. 400 kg per tonn i dag (ca. tre ganger så mye som for "sea-bream" og havabbor). Yngelproduksjonen er nå relativt stabil, med akseptabelt innslag av deformiteter og feilpigmentering.

Oppdrett i grunne lengdestrømsrenner har tidligere vært omtalt som en måte for å oppnå en stor matfiskproduksjon på et begrenset areal, men det har foreløpig ikke innfridd forventningene. Den største delen av produksjonen foregår i konvensjonelle runde tanker eller kar. Markedet for piggvar har tidligere vært Europa, med omsetting av hel fisk fra ett til tre kg. De siste årene har etterspørselen av levende



Figur 1 Piggvar (*Scophthalmus maximus*)
Turbot (*Scophthalmus maximus*)

piggvar vært økende i flere land i Sørøst-Asia. Levende piggvar på 500 g som slaktes foran kunden oppnår høye priser, mens ferdig slaktet fisk betales dårligere. Foreløpig er det meste av både yngel og matfisk produsert i Europa og sendt med fly nedkjølt i fuktig atmosfære. Enkelte utenlandske piggvaroppdrettere med norske interesser på eiersiden bygger nå yngel- og matfiskanlegg i Asia som om noen år vil overta disse markedene.

Som for alle andre marine arter er kunnskapsnivået relativt lavt og mye utviklingsarbeid gjenstår for å optimalisere produksjonen. Yngelproduksjon er fremdeles et viktig satsingsområde, med startfôring og produksjon av levendefôr som sentrale tema for å sikre en mer stabil og høyere overlevelse samt en mindre andel deformitet. I den sammenheng kan bedre kunnskap i stamfiskernæring bidra til en høyere larvekvalitet. Etter hvert som produksjonen av marine arter øker, må fôret bedre tilpasses de enkelte arter. Dette sammen med avlsarbeid vil igjen kunne bidra til bedre vekst og forkorte perioden frem til ferdig matfisk.

2.4 Nye muligheter for oppdrett av hummer

**Tore S. Kristiansen, Havforskningsinstituttet
Asbjørn Drengstig, Norwegian Lobsterfarm AS**

Hummeren er robust og relativt lett å oppdrette, og skulle derfor være en art som er svært godt egnet til oppdrett. De største hindringene for en lønnsom oppdrettsnæring har vært hummerens krav til varmt vann for å oppnå tilfredsstillende vekst (18-22 °C), og at den er utsatt for å bli spist av sine artsfrender under skallskifte og derfor må holdes enkeltvis. Oppdrett av bunnslått hummeryngel til utsetting i sjø for å styrke naturlige bestander har foregått helt siden slutten av 1800-tallet både i Europa og Nord-Amerika. På 1970- og 80-tallet ble det i Nord-Amerika og Europa gjennomført mye FoU på oppdrett av hummer, hvor målet var både produksjon av småhummer for utsetting i sjøen og oppdrett av mathummer. I denne sammenheng må det sies at selv om de er nær beslektet, er den amerikanske hummeren (*Homarus americanus*) en annen art enn den europeiske hummeren (*Homarus gammarus*). I Norge bygde Tiedemanns Tobakksfabrikk et stort anlegg for oppdrett av småhummer (3-6 cm) til utsetting på havbeite, med kapasitet til produksjon av mer enn 100 000 settehummer per år. På grunn av manglende lovgiving for eksklusiv gjenfangst av utsatt hummer ble anlegget senere gitt til Havforskningsinstituttet, som startet et havbeiteprogram med hummer. Vel 128 000 yngel ble satt ut på Kvitsøy i Rogaland i 1990-94, og per 2001 var vel 5 % gjenganget. Den utsatte hummeren utgjør fortsatt en stor andel i fangstene på Kvitsøy. Fra 2001 ble havbeiteloven innført for skjell, pigghuder og krepsdyr, og det ble mulighet for å søke konsesjon for utsetting i avgrensede områder hvor utsetteren har eksklusiv rett til gjenfangst.

Arbeidet i Nord-Amerika stanset opp på grunn av manglende bevilgninger, samt at arbeidet ble for tidlig overlatt til private aktører. Også reduserte priser grunnet stor økning i fangstene av villhummer reduserte mulighetene for lønnsomt oppdrett. Rammevilkårene for oppdrett av hummer har i dag endret seg til det bedre. Først og fremst har prisen på hummer i Norge vært sterkt økende, og det har skjedd en stor forbedring i generell kunnskap om biologi, ernæring og vannbehandlingsteknologi. Ny teknologi for resirkulering og biologisk rensing av sjøvann gjør det mulig å gjenvinne energien i oppvarmet vann, noe som gjør at oppdrett av

varmekjære arter kan gjøres i Norge uavhengig av industrispillvarme.

I 2001 ble det satt i gang et brukerstyrt prosjekt ledet av Stavangerfirmaet Norwegian Lobster Farm AS (NLF), delfinansiert av SND og FUNN-ordningen i NFR, hvor målet var å teste ut potensialet for oppdrett av porsjonshummer (250 g) i resirkulert sjøvann. Prosjektet inkluderer FoU-aktivitet på biologi, teknologi, fôr, marked, vannkvalitet og helsestatus. I prosjektet deltar Havforskningsinstituttet, Høgskulen i Rogaland og Procean AS (som bidrar med resirkuleringsteknologi (Biofish)¹). Forsøket foregår i Fiskernes Hus på Kvitsøy. Det er bygget opp et forsøksanlegg som totalt rommer ca. 1 700 små hummer. Resultatene fra forsøkene ser lovende ut, og veksten har vært på linje med det beste som er rapportert tidligere. Det ser ut til at målet om å oppdrette 250 g hummer kan la seg gjøre innen to år.

Oppdrett av hummer er generelt ansett som svært arbeidskrevende fordi mye av produksjonen må utføres manuelt. NLF arbeider nå med å utvikle et helautomatisk konsept for oppdrett av både hummeryngel og mathummer, og dette vil redusere behovet for manuell arbeidskraft. Prototypen vil håndtere fôring og røkting, og vil holde kontroll med skallskifte og vekst ved hjelp av videoovervåking av enkeltindivider. Utover dette dokumenterer markedsundersøkelsene som gjennomføres på vegne av NLF stor etterspørsel og høy pris ved kontinuerlige leveranser av hummer til restaurantmarkedet. Dette gjelder både "high-end-markedet" i Norge, Europa og Asia. Disse faktorene danner grunnlaget for at Norwegian Lobster Farm AS vurderer muligheten for oppdrett av hummer som meget gode. Fortsatt er det behov for betydelig offentlig støtte til FoU-aktivitet på fôr, oppdrettsmiljø og teknologi. Svekkelsen av de offentlige støtteordningene til brukerstyrte FoU-prosjekter som skjedde i 2001, førte til at prosjektet mistet 1,2 mill. i forskningsmidler fra FUNN-ordningen (som ble avvirket). Dette vil vanskeliggjøre det videre utviklingsarbeidet.

¹BIOFISH er utviklet av SINTEF Fiskeri- og havbruk og blir levert av Procean AS i Bergen.

For nærmere informasjon, se www.procean.no



Foto: Eva Farestveit

Figur 1 Tre måneder gammel hummeryngel fra forsøkene i hummerklekkeriet på Kvitsøy 2001 (Norwegian Lobster Farm AS i samarbeid med Havforskningsinstituttet). *Three months old lobster juveniles from the research project at Kvitsøy lobster hatchery carried out by Norwegian Lobster Farm AS and Institute of Marine Research in 2001.*



Figur 2 Oppdrettet hummer (17 cm total lengde) spiser tørrfôr med stor appetitt. *Farmed lobster (17 cm total length) easily eats formulated fish feed.*

2.5 Helsesituasjonen 2001 – marine arter i oppdrett

Hogne Bleie, Veterinærinstituttet

Det har de siste årene blitt satset mye på nye arter innen akvakultur, slik at vår største kystnæring vil kunne være solid også i fremtiden. Dette er trolig fornuftig både rent markedsmessig og med tanke på å spre risiko, selv om nye arter i oppdrett byr på store utfordringer. Dette gjelder ikke minst på de helsemessige sidene av akvakultur, både med tanke på miljøbetingede og smittsomme sykdommer. En del sykdommer er kjente fra tidligere og noen har blitt beskrevet relativt nylig. Vi kan også forvente at hittil ukjente lidelser vil gjøre seg gjeldende ettersom det marine oppdrettet blir mer omfattende. Erfaring og forskning viser også at noen alvorlige smittsomme sykdommer kan angripe flere ulike arter. Vi som jobber med næringen må derfor strebe etter å forebygge smitteoverføring mellom fiskeslagene. Denne artikkelen gir en kort innledning om ansvaret for sykdomskontroll og et kort overblikk over sykdommer i marint fiskeoppdrett i Norge den siste tiden.

DIAGNOSER OG TILTAK

Spørsmålet om ”hvem som gjør hva” kommer ofte opp i sammenheng med marine oppdrettstarter. Oppdrettsanlegg for marine fiskearter skal ha privat helsetilsyn både i settefisk- og matfiskfasen. Helsetjenesten vil som regel foreta rutineinspeksjoner, gi råd om forebyggende tiltak og følge opp sykdomsutbrudd. I henhold til EU sitt regelverk skal også veterinærattest medfølge settefisk ved transport til matfiskanleggene. Flere private og offentlige laboratorier er videre behjelpelig med å analysere prøver fra primærhelsetjenestene.

Berettiget mistanke om meldepliktige sykdommer skal snarest meldes inn til veterinærmyndighetene, som da vil foreta offentlig inspeksjon av det aktuelle anlegget. Meldepliktige sykdommer som faller inn i gruppe A og gruppe B i sykdomsfortegnelsen i gjeldende forskrifter skal bekreftes av et offentlig laboratorium, som i praksis er Veterinærinstituttet. Tiltak mot alvorlig smittsom sykdom iverksettes av Dyrehelsetilsynet, vanligvis ved Distrikts-

veterinæren og Fylkesveterinæren. I tillegg utfører veterinærmyndighetene enkelte tvungne overvåkningsprogrammer. For marin oppdrettsfisk er de aktuelle overvåkningsprogrammene rettet mot to sykdommer; viral encefalopati og retinopati (VER) hos kveite, torsk og piggvar, samt herpesviruset *scophthalmi* hos piggvar.

”Fiskesykdomsloven” (Lov om tiltak mot sykdom hos fisk og andre akvatiske dyr av 13. juni 1997) gjelder for marine arter som for laksefisk.

SPESIFIKKE SYKDOMSPROBLEMER

TORSK

Vibriose

Vibriosebakterien, *Vibrio anguillarum*, er en vanlig årsak til dødelighet hos torsk. Larver og yngel synes særlig utsatt for vibriose rundt startfôring og ved tilvenning til tørrfôr, samt i perioder med stigende eller høy sjøvannstemperatur for større torsk. Det er særlig *V. anguillarum* serovar 02 som isoleres fra torsk under sykdomsutbrudd. I 2001 ble det diagnostisert vibriose i torskeoppdrettsanlegg langs hele kysten. Den samlede dødeligheten i hvert anlegg varierte sterkt, men hurtig behandling med antibiotika synes å ha avverget større tap i flere anlegg. Det har også vært rapportert at behandling med florfenikol har hatt dårlig virkning ved behandling av vibriose hos torsk, på tross av at bakteriene har blitt isolert og funnet sensitive for dette antibiotikumet ved dyrking og sensitivitetstesting ved diagnostiske laboratorier. Det er vist at vaksinerings av torsk kan gi beskyttelse mot infeksjonen. Dette temaet er grundigere behandlet senere i rapporten. Se også omtale av vibriose i *Havbruksrapport 2001*.

Svømmeblæreproblemer

Det ble i sesongen 2001 observert noen tilfeller av torskeyngel med likevektsproblemer og dilatert svømmeblære. Affiserte yngel var rundt 1,5 til 2,0 cm lang, og svømte på siden uten evne til å ta til seg fôr. Lidelsen har gitt til dels store tap av torskeyngel. Årsaken til problemet er foreløpig ukjent.

Cod ulcus syndrom (CUS)

Denne lidelsen har ikke blitt påvist på oppdrettstorsk i løpet av 2001, selv om sykdommen er relativt utbredt hos villtorsk. Årsaken til sykdommen, som også blir kalt "Ulcer Disease of Atlantic cod", er ikke helt klarlagt, men en regner med at et iridovirus er en medvirkende faktor. Lidelsen er karakterisert med små blæredannelser i huden (se *Havbruksrapport 2001*.)

Viral encefalopati og retinopati (VER)

Sykdommen, som også blir kalt *viral nervevevs nekrose* (VNN), er forårsaket av nodavirus. Nodavirus har evnen til å forårsake sykdom hos en rekke marine fiskeslag. I Norge var VER et stort problem for flere kveiteyngelprodusenter i siste halvdel av 1990-tallet. Klinikken til VER omfatter blant annet nervøse tegn med overreaksjon på ytre stimuli, gul misfarging av hud samt spiral-svømming.

Vi har til nå aldri påvist nodavirusrelatert sykdom på torsk i Norge, men sykdommen ble i 2000 for første gang diagnostisert hos oppdrettstorsk i Skottland. Fylogenetiske studier (slektskapsstudier) viste at dette virusisolatet var svært likt det som har plaget kveiteoppdrettsnæringen i Norge, noe som gir grunn til å frykte for mulig smitte mellom kveite og torsk. Yngel fra tre ulike torskereklekkerier ble i 2001 undersøkt i det nasjonale overvåkningsprogrammet, alle med negativt resultat.

KVEITE

VER: Det har ikke vært noen rapporter om utbrudd av sykdommen VER i 2001, selv om det har vært en påvisning av nodavirus uten kjente sykdomstegn i et kveiteyngel-anlegg. Denne påvisningen ble gjort ved hjelp av immunohistokjemi i forbindelse med det nasjonale overvåkningsprogrammet. Påvisningen ble senere bekreftet med nye prøver og bruk av polymerase kjedereaksjon (PCR) mot arvestoffet til nodavirus. Dette funnet understøtter teorien om at friske smittebærere kan forekomme. VER/VNN er på listen over gruppe B-sykdommer etter "fiskesykdomsloven".

Infeksiøs pankreasnekrose (IPN) har tidligere blitt påvist i forbindelse med dødelighet både hos kveite og piggvar i Norge. Sykdommen, som forårsakes av et birnavirus, ble ikke innrapportert

i 2001. Året før ble det registrert et utbrudd av IPN med stor akkumulativ dødelighet hos en kveiteyngelprodusent. Grunnen til forbedringen kan skyldes at det satses mer på intensivt oppdrett av kveiteyngel, der en unngår bruk av innsamlet zooplankton, som er en potensiell smittekilde for IPN. Se også *Havbruksrapport 2001*. IPN er på listen over gruppe B-sykdommer etter "fiskesykdomsloven".

Atypisk furunkulose: Bakterien, som fremkaller "atypisk furunkulose", såkalt atypisk *Aeromonas salmonicida*, blir fra tid til annen isolert fra kveite. Det var ingen spesielle rapporter om sykdom relatert til denne bakterien i året som gikk.

Solbrenthet: Et av de mest tapsbringende problemene i kveiteoppdrett i løpet av de to siste årene har vært solforbrenning. I matfiskanlegg, der merdene ikke blir dekket til med duker ved sterk sol, blir fisken svært utsatt for hudproblemer. Dette gjelder i særlig grad fisk med mangelfull pigmentering på oversiden. En kan tydelig se at upigmenterte områder av fisken raskere får skader enn de pigmenterte. Fisken utvikler sår som blir innfallsport for bakterier. Ved dyrking fra sårkanten isolerer en gjerne uspesifikke sårbakterier, men på histologi fra samme sted kan en ofte se flexibacter-lignende bakterier. Sårene gror dårlig og fisken dør som regel, trolig av sekundærinfeksjonene og mangelfull osmoregulering. Kveitene på figur 1. kommer fra et anlegg der den affiserte fisken varierte fra 180-300 g i størrelse.



Foto: Kari Nørheim, Veterinærinstituttet

Figur 1 Kveiter med ulik grad av solforbrenning og infiserte sår.
Halibut with varying degree of sunburn and ulcers with secondary infections.

PIGGVAR

Det ble ikke rapportert om meldepliktige eller andre alvorlige sykdommer hos piggvar klekket i Norge i løpet av 2001.

Herpesviruset *scophthalmi* ble både i 2000 og 2001 påvist hos importert piggvar i forbindelse med det nasjonale overvåkningsprogrammet. Virussykdommen gir små hud- og gjelleskader som diagnostiseres ved hjelp av lysmikroskopi. Betydningen av sykdommen er trolig minimal. Lidelsen er likevel på listen over gruppe B-sykdommer etter "fiskesykdomsloven".

STEINBIT

Atypisk furunkulose: Det har blitt påvist noen tilfeller av "atypisk furunkulose" hos flekksteinbit i oppdrett, der atypiske *Aeromonas salmonicida* bakterier ble isolert. Ved histologisk undersøkelse ble det avdekket mikroabscesser (små byller) i lever, milt, nyre og hjerte. Dødeligheten var lav, men en vil tro at tilstanden vil svekke fiskens generelle allmenntilstand og gjøre den mer mottakelig for andre infeksjoner.

Pleistophora: I Nord-Norge har det vært påvist flere forekomster av parasitten *Pleistophora* i muskulatur av flekksteinbit. Det er mest sannsynlig snakk om *Pleistophora ehrenbaumi*, som er den vanligste å finne hos både grå og flekksteinbit. Parasitten ble funnet i fileten hos en del voksne individer, noe som vil være skadelig for slaktekvaliteten til fisken.

CMS: De ble ved noen histologiske undersøkelser observert endringer i hjertet som kan minne om cardiomyopati syndrom (CMS), hos stor flekksteinbit i oppdrett. Dette er en relativt vanlig lidelse hos laks, som kan føre til hjertesvikt, hjertesprekk og brå død. Betydningen av disse funnene fra flekksteinbit er ikke kjent.

GENERELLE RISIKOER

Miljømessig og vannkjemisk påvirkning er som før et problemområde, spesielt i de landbaserte anleggene som er avhengige av å få pumpet inn vann utenfra.

Nitrogenovermetning og påfølgende akutt og massiv dødelighet etter at rør og pumper suger "falsk luft" er et kjent fenomen. Slik overmetning

med nitrogen blir lett oppdaget, da massedødelighet raskt oppstår i de berørte enhetene. Slike uhell hører en om i et eller flere landbaserte anlegg hver sesong. Kronisk lavgradig nitrogenovermetning har derimot vært et undervurdert problem. Flere landbaserte anlegg har i de siste sesongene foretatt målinger som viser at vannet kan ha en slik nitrogenovermetning. Dette er i seg selv en stressfaktor som vil kunne føre til mottakelighet for andre lidelser, for eksempel virussykdommer, selv om en slik sammenheng er vanskelig å bevise.

Vannbehandlingsrelaterte problemer: Det har i de siste sesongene blitt populært å behandle sjøvann med mellom annet ozontilsetning for å uskadeliggjøre eventuelle patogene bakterier og virus. Ozontilsetning i seg selv fører til at giftige bromforbindelser blir dannet av brom som alltid er til stede i sjøvann. Disse forbindelsene samt overskuddozon må nøytraliseres. De vanlige metodene for slik avgiftning er å lede vannet over aktivt kull eller ved å tilsette thiosulfat til det desinfiserte vannet. Både mangelfull avgiftning og overdreven tilsetning av thiosulfat vil ha negativ effekt på oppdrettsmiljøet. Det er grunn til å tro at noen episoder med dødelighet av kveiteyngel og stamkveiter kan tilskrives slik praksis.

Forgiftning: Det har videre vært dødelighetsepisoder der en har målt høye verdier av tungmetaller og andre giftige forbindelser i det innkommende sjøvannet. Om det er utfellinger fra rørsystemer, eller om forurensningen skriver seg fra andre kilder, er hittil ukjent.

KONKLUSJONER

I løpet av 2001 var det ikke nevneverdige forekomster av meldepliktige sykdommer i oppdrett av marin fisk. Av infeksjonssykdommene var vibriose hos oppdrettstorsk det mest omfattende problemet. Den store satsingen på akkurat denne arten vil forhåpentligvis føre til satsing på effektive vaksiner mot torskevibriose. Flere andre helseproblemer vil en trolig kunne forebygge med generell kompetanse på sykdomsforebygging samt innsikt i sjøvannsmiljøet. I tiden fremover bør vi ha et spesielt fokus på nye sykdomsproblemer som *kan* oppstå og trekke lærdom fra laksenæringen og fra eksisterende marint fiskeoppdrett, blant annet i Asia og ved Middelhavet.

2.6 Skjell dyrking – status og utfordringer

Peter Hovgaard, Høgskulen i Sogn og Fjordane
Stein Mortensen og Øivind Strand, Havforskningsinstituttet

Fjoråret var et spennende og kontrastfylt år for skjellnæringen. På den ene siden skapte giftige blåskjell i en rekke fjordstrøk problemer for innhøstingen. På den andre siden er næringen som aldri før full av folk med pågangsmot og innsatsvilje. Det er nå rundt 450 skjellkonsesjoner i drift, og det ligger stabler med konsesjonssøknader på Fiskeridirektoratets kontorer. Året var også preget av dynamikk og omstrukturering i skjellnæringen – nye allianser inngås, nye finansieringsmodeller testes ut, det prøves og feiles – og noe lykkes. På tross av en hel del problemer og negative forhold – og det naturlige fokuset på disse – er det gjort en rekke fremskritt. I dette kapittelet vil vi komme inn på noen saker og forhold som var sentrale i året som gikk, og gi en kort status for blåskjell, østers og kamskjell.

Ikke bare næringen selv, men også forvaltningen av skjellnæringen blir gradvis tilpasset dagens virkelighet. Fagmiljøene har vunnet mye kunnskap de siste årene, og bygget opp et tett samarbeid med forvaltningsinstitusjonene, både direkte og gjennom Skjellprosjektet. Det ble i 2001 arbeidet med havbeiteproblematikken, og med fangsting av ville skjell, driftsforhold, kontroll, høsting, regionalisering, sykdomsforvaltning og oppdrettsmiljø. To viktige saker har vært evaluering av utviklingsarbeidet på henholdsvis kamskjell og østers, og utarbeidelse av handlingsplaner for disse artene. Vi skal også komme inn på noen av disse områdene.



BLÅSKJELL

Nye prognoser – med "beina på jorden"

Med forbehold om manglende statistikk antar vi at produksjonen av blåskjell i Norge i 2001 var om lag 1 200 tonn. Dette er en tilnærmet fordobling i forhold til året før, og representerer derfor et fremskritt i forhold til mange år med en statisk produksjon på rundt

500-700 tonn. 2001 var derfor det første året hvor satsingen på blåskjell begynte å gi resultater. Av flere grunner er det ikke urimelig å forvente en tilsvarende økning, kanskje en fordobling per år, i noen år fremover. Sammenligner vi en slik prognose med den prognosen som i sin tid ble presentert av Statens Nærings- og Distriktsutviklingsfond (SND – notat nr. 8-1998), er produksjonen i 2001 bare knapt 10 % av den som var "forventet" i henhold til SND-utredningen. For oss er denne differansen imidlertid ikke uventet. Forutsetningene for prognosen i 1998 var mangelfulle, og tallmaterialet mer basert på skjelldyrkernes ønsketenkning enn reelle produksjonskapasitet (se *Havbruksrapport 1999*).

Grunnlag for en bærekraftig utvikling

Den moderate økningen vi ser i dag skjer på et mer bærekraftig grunnlag ut fra flere grunner:

En av de viktigste grunnene er naturligvis at kontrollen med alggifter er blitt bedre. For en betydelig del av det skjellmaterialet som må testes er det gjort en gradvis overgang fra musetest til kjemisk testing. I fjor ble det også etablert en høyere grenseverdi for Yessotoksin, på 100 µg/100 g skjellmat. Finansieringen av kompetansemiljøet for alggifter er også blitt bedre, blant annet ved at Norges forskningsråd har finansiert et Strategisk instituttprogram som styrker og knytter sammen faglige ressurser på Norges Veterinærhøgskole, Havforskningsinstituttet og Veterinærinstituttet.

Et annet fremskritt er erfaringer fra mange av de skjellanleggene som er blitt etablert – og som tydelig viser at det er mye å hente ved å finne fram til, og ta i bruk, områder med små alggiftproblemer. Med forbedret kapasitet på kjemiske analyser er det enklere å finne fram til slike lavrisiko-områder. Flere undersøkelser har vist at mange slike områder finnes, også i Sør-Norge. Et problem i noen av disse områdene er at de kan ha dårlig yngelproduksjon og vil være avhengig av import av yngel fra andre områder. Her kommer et forvaltningsmessig spørsmål inn med full tyngde, etter som det ikke er fritt frem for å transportere levende materiale rundt omkring kysten. Hvilken modell som velges for å

regionalisere næringen, vil bli et sentralt spørsmål i 2002.

Sør for Stad ser det ut til å være en sammenheng mellom gode yngellokaliteter og høy risiko for algegifter. I praksis vil det si indre fjordstrøk med mye brakkvann. I Nord-Norge er det færre gode yngellokaliteter. I begge situasjoner er det aktuelt å flytte yngel til nye lokaliteter. Det er her behov for både teknologi og logistikk som fungerer. I 2001 har det vært arbeidet mye med dette. Selv om det gjenstår en del, er det gjort betydelige fremskritt, og vi står mye bedre rustet nå enn for ett år siden.

Et sentralt forhold er at teknologi og kunnskap om tynning er på vei inn i næringen. Også på dette området ble det gjort mange erfaringer i 2001. Erfaringer både i Norge og fra andre land viser at ved tidlig tynning - med sortering - får vi en betydelig bedre styring og utbytte av produksjonen og muligheter for å oppnå jevn og forutsigbar kvalitet på skjellpartiene. Denne "aktive røktingen" krever naturligvis både hensiktsmessig utstyr og praktiske erfaringer. Vi vil komme til å se ytterlige forbedringer av produksjonssystemene i år, særlig ettersom kravene til en definert kvalitet på skjellene blir satt i system.

Det er økende interesse for norske blåskjell på markedene både i Norge og på kontinentet. Ved valg av riktig strategi ser det definitivt ut til at næringen vil kunne få avsetning på betydelige volumer. Tilbakemeldinger på eksporterte partier viser at det er sentralt å fokusere på kvalitet. Leveranser av "rett" kvalitet vil gi bedre pris, og ikke minst tillitt til norske blåskjell i markedene.

Fortsatt utfordringer og behov

I den videre utviklingen av blåskjellnæringen er det viktig å fokusere på de viktigste utfordringene og behovene. Ut fra de punktene som er beskrevet over, ser vi et par klare utfordringer for tiden fremover:

For å få til en optimal, storskala blåskjelldyrking er det avgjørende å få etablert en modell for flytting av skjell mellom lokaliteter. Dette er også i tråd med erfaringer fra andre land. Praksis for å godkjenne flyttinger av skjell har imidlertid variert mellom ulike regioner, avhengig av hvor strengt føre-var-prinsippet har vært håndhevet. Vi må nå få på plass et felles regelverk, slik at næringen vet hva den kan forholde seg til, og legge opp sine strategier. Modellen må ta hensyn til risikoen for spredning av

mulige skjell- og fiske sykdommer, og i hvilken grad vi ønsker å spre biologisk materiale mellom ulike geografiske områder. Vi har ved flere anledninger tilrådet en modell som åpner for flytting mellom "nærområder" men hvor flytting mellom definerte, større kystsoner ikke skal forekomme, verken for konsumskjell, som skal levendelagres, eller dyrkingsskjell.

Det er planlagt – og delvis igangsatt - flere prosjekter som har som mål å etablere metoder for avgiftning av blåskjell. Dette er interessant forskning, men det er viktig å erkjenne at vi ut fra tilgjengelig kunnskap ikke må ha for store forventninger til at dette skal løse giftproblematikken på kort sikt. Det er mer å hente ved å ta i bruk områder med lav risiko

Det er fortsatt behov for utvikling av utstyr og kompetanseheving blant dyrkerne, ikke minst i forhold til den enkeltes lokalitet. Det må være tillatt å "prøve og feile" i liten skala for å skaffe seg den nødvendige kunnskapen, uten å risikere å miste konsesjonen.

Arbeidet med skjellkvalitet er sentralt i den faser næringen nå er inne i. Det er gjort interessante observasjoner av mønsteret i gytetidspunkt hos blåskjell. I et prosjekt i regi av Hallvard Lerøy AS er det vist at blåskjellene generelt gyter senere jo lengre nordover vi kommer. Kunnskap om gytetidspunkt og oppbygging av fylningsgrad er viktig for at næringsaktørene skal kunne høste anleggene på et optimalt tidspunkt og kunne levere jevnt høy kvalitet.

KAMSKJELL



En vurdering av "satsingen" på kamskjell

Til nå har en rekke bedrifter på Vestlandet og i Trøndelagsfylkene bidratt i utviklingen av kamskjelldyrkingen i nært samarbeid med forskningsinstitusjonene. I enkelte tilfeller har vi oppnådd en vekst og overlevelse som kan gi grunnlag for kommersiell produksjon, men generelt er det fremdeles ikke oppnådd en tilstrekkelig stabilitet i produksjonen. Vi ser at oppskaleringen av forsknings- og utviklingsarbeidet til kommersiell virksomhet er så krevende at en videre utvikling fordrer styrket satsing og offentlig medvirkning.

Kamskjellnæringen har utviklet seg saktere enn mange skulle ønske seg. Dette er imidlertid naturlig når en ny næring skal bygges opp, og det er viktig å fokusere på at det er oppnådd mange positive resultater siden satsingen startet. Når vi nå skal vurdere mulighetene for en videre satsing på kamskjell, er det hensiktsmessig å se seg tilbake og gjøre opp status i forhold til den målsettingen og de behovene vi så for oss ved starten. I forbindelse med oppfølgingen av Stortingsmelding nr. 48 (1994-1995) *Havbruk - en drivkraft i norsk kystnæring* utredet Havforskningsinstituttet i 1995 at kostnadsbehovet for å utvikle en kamskjellnæring var en innsats på 17-20 millioner kroner *per år* i en femårsperiode. Bevilgninger til kamskjellprosjekter fra Norges forskningsråd i femårsperioden 1997-2001, og fra NUMARIO i 1999-2000 har i gjennomsnitt vært på *kun* om lag 5 millioner kroner per år. Næringsutviklingen som ble organisert gjennom Kamskjellprosjektet i perioden 1995-1998 hadde en organisering og strategi for forskning som forutsatte en vesentlig større ressurstilgang og langsiktighet enn det som har vært tilgjengelig. I lys av disse forholdene mener vi å ha oppnådd mange gode resultater og generert viktig kunnskap som danner et godt grunnlag for en ny og styrket fase i utviklingen av en havbeitenæring med kamskjell i Norge.

Tilgangen på yngel

I forhold til oppskalering og kommersialisering av kamskjelldyrkingen er produksjon av to millimeters yngel kommet lengst. Det er etablert metoder for storskala produksjon, og det er siden 1997 årlig produsert om lag to millioner salgsklare yngel. Klekkeriet har imidlertid strevet med problemer med å stabilisere produksjonen, og også i 2001 var erfaringene at problemene knyttet til de miljø- og driftsmessige forholdene i produksjonssystemene ikke er løst. Det arbeides derfor både med mikrobiologi og oppdrettsmiljø i larvesystemer hos Scalpro AS og ved Havforskningsinstituttet. Det vurderes å etablere et klekkeri nummer to for å kunne lykkes med den videre oppskaleringen.

Havbeite med kamskjell

Lov om havbeite, som ble vedtatt i desember 2000, har gitt dyrking av kamskjell nye og bedre forvaltningsmessige og næringsvennlige rammebetingelser. Havforskningsinstituttet, Norske Fiskeoppdretteres Forening og Skjellprosjektet utredet i 2001 mulighetene for den videre satsingen på kamskjelldyrking i Norge. På bakgrunn av mange

lovende resultater så langt, er det konkludert med at det kan være mulig å komme frem til biologiske, teknologiske og bedriftsmessige løsninger som kan gi grunnlag for en kamskjellnæring. Dette forutsetter imidlertid en styrket, langsiktig og mer koordinert og målrettet satsing enn i dag.

For havbeite - bunnkultur til det ferdige produkt - er avstanden fram mot en stabil produksjon og kommersialisering lenger enn for yngelproduksjonen. Det ble i fjor oppnådd meget gode resultater i bunnkulturer som er inngjerdet for å hindre taskekrabbens tilkomst til skjellene. Så høye overlevelser som 90 % etter 15 måneder for mellomstore utsett av kamskjell i bunnkultur er oppnådd hos Helland Kamskjell ANS. Skjell i slike innhegninger har i 2001 oppnådd markedsstørrelse (10 cm). Dette er et viktig skritt i riktig retning for en fremtidig kamskjellnæring. Generelt er det imidlertid viktig å erkjenne at det så langt ikke er dokumentert en stabilitet i produksjonen av kamskjell som er nødvendig for etablering av en miljøvennlig og lønnsom næring.

På tross av at de dyrkede skjellene lar vente på seg, er markedet for kamskjell langsamt økende. Kamskjell er utvilsomt på plass i den norske matkulturen – i tillegg til at det har en etablert posisjon i Europa. Det ble i 2001 rapportert mer enn 600 tonn høstede ville kamskjell i Norge.



ØSTERS

På samme måte som vi nå revurderer situasjonen for kamskjell, ble også utviklingen av østersnæringen gjennomgått i 2001. På et møte på Vågstranda sist høst, ble det satt fokus på flaskehals og utfordringer for næringen. Den viktigste konklusjonen herfra er at det er svært viktig at innsatsen blir fokusert, og at utviklingsarbeidet gjøres av relativt få og samarbeidende aktører. Flere skjellbedrifter har de siste par årene generert nyttig kunnskap som kan vise seg å bli verdifull. Ved å bygge videre på deres erfaringer, kan vi klare å få satt i gang en spennende prosess.

Yngelproduksjonen

Også i 2001 ble det produsert noe østersyngel i klekkeri. Scalpro produserte 700 000 flatøstersyngel,

noe som er betydelig lavere enn de foregående år. Denne yngelen ble satt til videre vekst i vekstanlegg hos henholdsvis Tarovekst AS og Bømlo Skjell AS. Det ble ikke produsert yngel av stillehavsosters i Norge i 2001.

I tillegg til klekkeriproduksjonen produseres det flatøsters også i poller, og det er rapportert om fremskritt i produksjon hos Bømlo Skjell AS sitt halvintensive anlegg i Agapollen (se *Havbruksrapport 2001*). Et av de mest spennende tiltakene i fjor var gjenoppstartingen av østersanlegget i Vågstrandapollen, hvor det sommeren og høsten 2000 ble tatt inn 1 300 stedeagne østers som ble satt ut i pollen. Det ble satt ut 1 260 samlere på nyetablerte strekk våren 2001. Vi vet ikke hvor mye yngel som står på disse. Om lag 250 samlere er

høstet og resultatet er meget positivt. Det har vært et bra yngelpåslag, og våre observasjoner av yngelen bekrefter tidligere data om at østers på denne lokaliteten har en svært god vekst. Vågstranda har sannsynligvis et unikt potensial, både som yngelprodusent og påvekstlokalitet, og det er knyttet både spenning og forventninger til utviklingen videre.

Summerer vi den informasjonen vi har om østersyngel, ser vi at det finnes nok yngel i Norge til både å sikre en liten økning i dagens produksjonsvolum, og til å etablere en begrenset eksport av setteskjell. Når det gjelder stillehavsostersen, vil produksjonen på ett eller annet tidspunkt stanse opp hvis det ikke etableres ny yngelproduksjon. Import av østersyngel er ikke tillatt, på grunn av faren for innførsel av sykdommer.



Foto: Stein Mortensen

Figur 1 I naturskjønne omgivelser i Romsdalen ligger Vågstrandapollen, Norges største ynglepoll for østers. Det knytter seg forventninger til reetableringen av dette anlegget, som tidligere har vist seg som en unik østerslokalitet.
Beautifully situated in a dramatic and picturesque Romsdalen-landscape lies the Vågstranda-poll, connected to the outside fjord by a shallow tidal stream. This is Norway's largest breeding poll for flat oysters. There are expectations linked to the reestablishment of this oyster farm, which has previously proved its unique potential.

Dyrking – valg av rette lokaliteter

Østersens vekstpotensial er sterkt knyttet til dyrkingsmiljøet. Skjellene har en god evne til å utnytte optimale forhold, og sammenlikninger av skjell som er høstet inn fra ulike dyrkingslokaliteter langs kysten har vist at det kan ta alt fra tre til seks år å få frem en flatøsters til konsumstørrelse. Det å finne de best egnede lokalitetene er åpenbart noe av det mest matnyttige som kan gjøres i norsk østersnæring – og så dyrke østersen der. I Sunnhordland driver skjelldyrkernettverket et prøvedyrkingsprosjekt som har som mål å beskrive forskjellene på ulike lokaliteter. Det dyrkes østers på 20 lokaliteter av ulik karakter, og foreløpige resultater viser klare forskjeller mellom disse lokalitetene. Som forventet er veksten best i poller, men det er også oppnådd gode resultater i enkelte fjordlokaliteter. Når resultater fra slike systematiske dyrkingsforsøk settes sammen med historiske data og den kunnskapen østersdyrkerne allerede har, vil vi ha et godt grunnlag for å lokalisere østersanleggene optimalt.

Setteøsters – en eksportartikkel?

Det er også fokusert på utvikling av spesifikke markeder for østers. Ett av disse er salg av setteøsters. To forhold gjør dette konseptet interessant; for det første vil det gi raskere ”turnover” i skjellanleggene hvis østersen kan selges etter ett til to år. Modellen avhenger naturligvis av prisen dyrkeren oppnår, men salg av setteøsters kan bli interessant for flere norske yngelprodusenter. For det andre er produksjonen av flatøsters i det meste av Europa kraftig redusert på grunn av parasittsykdommene bonamiose og marteiliose, og det kan derfor ligge et marked for sykdomsfri yngel, blant annet fra Norge. Det ble i 2001 gjennomført et prosjekt som testet ut det franske markedet for setteøsters. Det ble sendt partier av norsk flatøstersyngel til Thau-lagunen i Syd-Frankrike. Disse partiene er fulgt opp både av mottakerbedriftene og av franske havforskere.

Setteøstershandelen ble også diskutert på et møte mellom prosjektpartnerne og det franske havforskningsinstituttet, IFREMER. Et sentralt punkt var hvordan den norske yngelen ville klare seg i Thau-lagunen, som er smittet med både bonamiose og marteiliose. Resultatene fra den første sesongen er ikke gode. Thau-lagunen er et problematisk område som generelt har store problemer med skjellsykdommer. Skjellene

responderer på parasittsykdommene på samme måte som yngel som er tatt inn fra andre sykdomsfrie områder, og blir raskt smittet. Det forventes en høy dødelighet før de har nådd høstbar størrelse, og vi frykter at smitteintensiteten kan bli så betydelig at det samlede smittepresset i området øker. Signaleffekten av disse utsettingene tilsier nok at vi må legge om strategien, vurdere forsøk med utsettinger av større yngel enn den som ble satt ut i Thau-lagunen, og enten rette oss mot dyrkere i områder hvor det produseres flatøsters med lave dødeligheter, eller fokusere på salg til områder som *ikke* har sykdomsproblemene. Eksempler på det siste er Sverige, Danmark og den nordligste delen av De britiske øyer.

Markedet for konsumøsters

Vårt lokale marked for østers er fremdeles beskjedent. Situasjonen nå er også noe spesiell, siden det utelukkende produseres yngel av flatøsters, mens markedet er dominert av stillehavsøsters fra Sealifes yngelproduksjon for henholdsvis fire og syv år siden. Ved siden av dette importeres det en del irske konsumøsters. I den perioden denne stillehavsøstersen har vært salgbar, har flatøstersproduksjonen vært lav. Vi kan nå komme til å se et skift fra stillehavsøsters til flatøsters i markedet. Det kan bli viktig å forberede markedet på dette - hvis dyrkerne akter å sette store mengder østers på markedet. På samme måte som for blåskjell kan det også bli viktig å arbeide med kvaliteten på østersen, slik at markedet får det markedet vil ha! I dag er norsk østers ikke gradert, og ikke kvalitetsmessig jevn nok til å forsvare den relativt høye stykkprisen.

VEIEN VIDERE – UTFORDRINGER PÅ MANGE PLAN

Både for skjellnæringen og fagmiljøene blir nok veien videre like spennende som den delen vi har tilbakelagt. Det er både faglige og næringsmessige spørsmål som står uløste. I tillegg har vi fremdeles en rekke forvaltningsspørsmål å arbeide med. Nettverket mellom næringen, forskningsmiljø og forvaltningsinstitusjoner har vi, både på personlige og formelle plan. Skjellprosjektet videreføres i en ny form. Fra årsskiftet ble det formelt flyttet fra Fiskeridirektoratet og tilknyttet Fiskeri og Havbruksnæringens Landsforening, FHL.

Det ble i 2001 gjennomført flere skjelldyrkerkurs og ulike skjellkurs for ulike brukergrupper. Det er blitt

gjort et betydelig arbeid for å samkjøre, tilpasse og skreddersy disse tilbudene – og ikke minst få dem tilpasset formelle kompetansekrav. Denne prosessen drives videre, med Skjellprosjektet – eller ”Nordisk skalldyrforum” som det sannsynligvis vil bli hetende, som det sentrale, koordinerende forum. Disse fora vil få en utfordrende oppgave med kompetanseheving, samordning av kompetansekrav, drift av informasjonsnettverket, møteaktivitet, prosjekter og samlinger.

Vi har nå om lag 450 aktive skjellkonesesjoner i Norge, og en rekke sterke regionale nettverk og konstellasjoner. Det er definitivt behov for en koordinering, behov for å finne den rette balansen mellom generisk forsknings- og utviklingsarbeid og regionale prosjekter. Utviklingen bør styres, slik at de sårt tiltrengte FoU- og støttemidlene som finnes går til de rette prosjektene og ikke ”spres for alle bølger”. Vi håper at de handlingsplanene som er laget vil bli brukt slik de er tiltenkt.

Kapittel 3

Torsk i oppdrett



3.1 Bestandssituasjonen for villtorsk

Asgeir Aglen, Havforskningsinstituttet

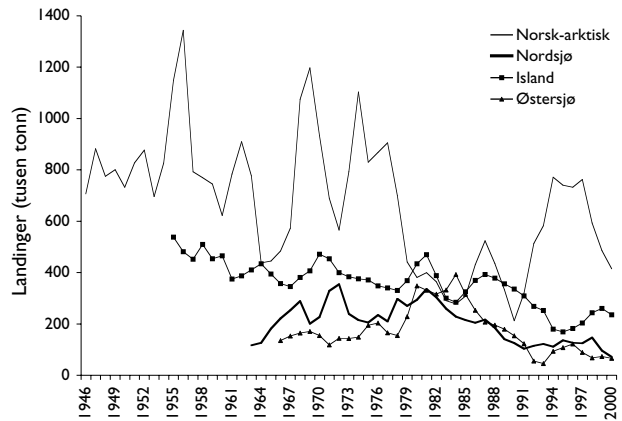
Torsk har vært svært ettertraktet mat gjennom mange hundre år. Det har ført til gode priser og dermed stor interesse for å fiske torsk. Med økende flåtekapasitet har derfor overbeskatning blitt et fellestrekk for alle torskebestander. Dette er en utvikling som har pågått over flere tiår. Innføring av en rekke reguleringer og begrensninger i fiskeriene har i de siste 20 årene bremsset på denne utviklingen, men har ikke vært tilstrekkelig til å snu den. De kanadiske torskefiskeriene ble stengt i 1994, og bestandene er fremdeles i dårlig forfatning. På vår side av Atlanteren har torskebestandene holdt ut noe lenger, men flere av dem er i dårlig forfatning.

Bestand	Periode	Landinger (tusen tonn)		
		Gj.snitt	2000	Kvotead 2002
Norsk-arktisk torsk	1946-2000	671	414	181
Norsk kysttorsk	1984-2000	52	37	16
Island	1955-2000	360	235	164
Grønland	1955-2000	150	0,2	0
Færøyene	1961-2000	24	23	22
Vest av Skottland	1966-2000	14	3	0
Irskesjøen	1968-2000	9	2	0
Nordsjøen og Skagerrak	1963-2000	200	71	0
Kattegat	1971-2000	11	5	0
Østersjøen (Beltene)	1970-2000	39	38	36
Østersjøen (Hovedbasseng)	1966-2000	175	66	0
Sum		1705	894	419

Tabell 1 Årlige landinger fra torskebestander i Nordøst-Atlanteren
Annual landings of cod stocks in the Northeast Atlantic

Tabell 1 gir en oversikt over fangstene fra torskebestandene i Nordøst-Atlanteren. For alle disse er fangsten i 2000 lavere enn det historiske gjennomsnittet, og Det internasjonale råd for havforskning (ICES) sitt råd for 2002 er enda lavere. For seks av de elleve bestandene var rådet for 2002 null eller "lavest mulig" fangst. Samlet var fangsten i 2000 på omtrent halvparten av historisk gjennomsnitt, mens summen av kvoterådene for 2002 var på knapt fjerdeparten av historisk gjennomsnittlig fangst. Figur 1 viser fangstutviklingen for de bestander som har betydning mest i Nordøst-Atlanteren. For norsk-arktisk torsk og islandstorsk ser vi en fallende hovedtendens over hele den perioden som er inkludert. For nordsjøtorsken ser vi en god periode i 70-årene og i Østersjøen en slik periode i 80-årene, men begge disse er nå kommet dramatisk lavt.

En skiller gjerne mellom vekst-overfiske og rekrutterings-overfiske. Vekst-overfiske betyr at mye



Figur 1 Landinger av norsk-arktisk torsk, nordsjøtorsk, Islandstorsk og østersjøtorsk (unntatt sørvestre Østersjøen) for de perioder som er brukt i ICES sine bestandsvurderinger.
Landings of Northeast Arctic cod, North Sea cod, Icelandic cod, and cod in the Baltic Proper for the periods used by ICES in the stock assessments.

fisk fanges mens den enda er så ung at den fremdeles har en tilvekst som langt overgår naturlig svinn fra årsklassen (naturlig dødelighet). Utbyttet for fiskeriet blir altså redusert ved at fisken fanges før den er "utvokst". Rekrutterings-overfiske betyr at gytebestanden er så mye nedfisket at den ikke klarer å produsere normale årsklasser.

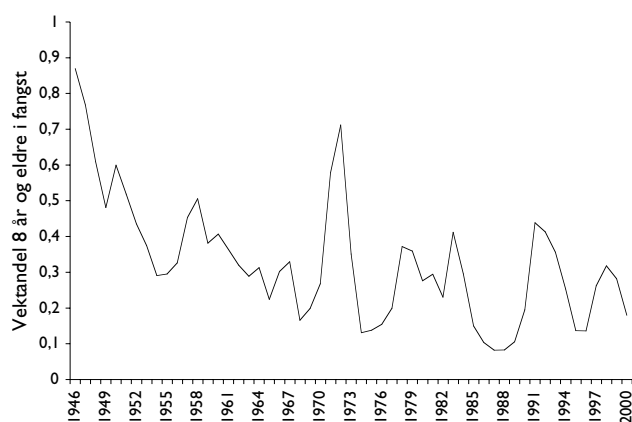
For noen av torskebestandene ble vekst-overfiske merkbart allerede i etterkrigsårene. Før den tid var flere av de viktigste torskefiskerier rettet mot kjønnsmoden fisk på gytevandring i kystnære farvann. Ved utbygging av havgående fartøy ble det totale fisketrykket økt, og en større del av fisket ble rettet mot umoden fisk i hele bestandens utbredelsesområde. Utviklingen av havgående fartøy startet før krigen, men på grunn av lav fangstinnsetning i krigsårene, ble ikke effekten særlig merkbart før noen år senere. For norsk-arktisk torsk kan vekst-overfisket illustreres ved andelen av åtte år og eldre torsk i totalfangsten (Fig. 2). Vi ser hvordan den avtok i perioden 1946-til 1970, mens den siden har variert noe, men har aldri kommet tilbake til et stabilt høyt nivå. Det var riktignok en kortvarig økning i andelen gammel fisk i 70-årene som resultat av noen uvanlig sterke årsklasser, og tidlig på 90-tallet

som en kombinert effekt av kraftige reguleringer, en god årsklasse og bedret mattilgang for torsken (økt loddebestand).

Rekrutteringen avhenger av en rekke faktorer i tillegg til gytebestandens størrelse. Det kreves derfor mange års observasjoner ved lav gytebestand, før en med særlig sikkerhet kan påstå at bestanden er ”rekrutterings-overfisket”. For nordsjøtorsk er alle unntatt en av årsklassene født etter 1987 under langtidsgjennomsnittet. Det er gode grunner for å hevde at en nedfisket gytebestand er en viktig årsak til dette, selv om det samtidig er grunner for å tro at miljøforholdene for torsk i Nordsjøen har vært dårligere i denne perioden, sammenliknet med 70-årene og slutten av 60-årene. For norsk-arktisk torsk har gytebestanden minket betydelig de åtte-ni siste årene, og alle de fire siste årsklasser er målt til å være under gjennomsnittet. En finner også at ved lave gytebestander er gjennomsnittlig rekruttering lavere enn den er ved høyere gytebestander, selv om det fins eksempler på gode årsklasser født av ganske små gytebestander. Ut fra føre-var-argumentasjon er i dag hensynet til gytebestand et viktig kriterium i ICES sin kvoterådgiving. Slik føre-var-grensen for gytebestand er definert skal rådgivingen sikre at fisket ikke fører til bestandssammenbrudd. Rådgivingen begrenser dermed graden av rekrutterings-overfiske, men gir ikke nødvendigvis sikkerhet mot at rekrutterings-overfiske forekommer. Vekst-overfiske har mindre fokus i ICES-rådgivingen, men er et stykke på vei ivaretatt gjennom en føre-var-grense for fisketrykket.

Miljøvariasjoner og overfiske

Alltid når en bestand er ved randen av sammenbrudd, oppstår det en debatt om hvorvidt hovedårsaken



Figur 2 Vektandel av 8 år og eldre fisk i fangstene av norsk-arktisk torsk i perioden 1946-2000. Proportion by weight of 8 year and older fish in the catches of North-East Arctic cod in the period 1946-2000.

er overbeskatning eller forverring av miljøet. Disse faktorer kan ikke enkelt analyseres uavhengig av hverandre, og debatten dreier seg oftest om hva som er årsak og hva som er virkning. Det er tydelig at miljøvariasjoner har stor betydning for torskbestandene. I Østersjøen bedres rekrutteringsforholdene dramatisk hver gang det skjer betydelig innstrømming fra Skagerrak. I Barentshavet har innstrømming av atlantisk vann en positiv effekt for torsken. På Canadakysten og vestkysten av Grønland var det levelige forhold for torsken mye lenger nord i de produktive torskeperiodene enn hva tilfelle har vært de siste ti årene. Slike påviste miljøeffekter rokker likevel ikke ved det faktum at alle disse bestandene ville vært bedre utnyttet ved å holde en betydelig lavere beskatningsgrad, i alle fall i de siste 30 årene.

Framtidsutsikter

Mye tyder på at alle viktige torskbestander har vært overbeskattet over lang tid, og situasjonen for en del bestander er i dag ganske kritisk. Dette krever en betydelig ”investeringsperiode” hvor en må holde lave fangster over flere år for å bygge bestandene opp på et produktivt nivå. Det betyr at for de fleste bestander vil det i beste fall gå fem-ti år før en kan ha håp om et forsvarlig fangstuttak i nærheten av de historiske gjennomsnitt vist Tabell 1. Rådene for 2002 (Tabell 1) gir en rimelig indikasjon på hva som samlet kan være et fornuftig årlig fangstuttak de nærmeste fem årene, selv om utviklingen kan bli noe ulik for de ulike bestander.

Historien har vist at det er vanskelig å få til rask gjenoppbygging av torskbestandene. I en del tilfelle har rådgivingen vært for dårlig, og reguleringene har verken vært tilstrekkelig strenge eller tilstrekkelig effektive (Nordsjøen og Barentshavet). I Canada og i Østersjøen har i tillegg miljøforholdene de siste årene vært ugunstige. Ut fra slike erfaringer kan vi frykte for flere tiår med lave fangster fra enkelte bestander.

For norsk-arktisk torsk vil de avtalte kvoter for 2002 og 2003 ikke gi rom for en rask gjenoppbygging av bestanden, og den reduserte rekrutteringen observert de fire siste årene gir ikke håp om vesentlig bedring i fangstgrunnlaget innenfor de nærmeste fem årene. Siden 1999 har loddebestanden i Barentshavet vært betydelig større enn i de seks foregående årene. Det har ført til bedre mattilgang for torsken og dermed betydelig redusert kannibalisme og litt bedret individvekst. Hvis denne situasjonen holder seg, vil en eventuelt sterk 2002-årsklasse av torsk kunne bidra til bedret fangstgrunnlag etter 2006.

3.2 Torsken kommer nå!

Per Gunnar Kvenseth og Jørgen Borthen, Norsk Sjømatsenter

I 2001 ble det produsert ca. 1 mill. torskeyngel i totalt åtte anlegg i Norge. 40 % av yngelen, eller omkring 400 000, ble produsert i fire intensive anlegg. Senhøstes 2001 ble det første gang produsert torskeyngel fra høstgytende, lysmanipulert stamfisk fra kommersielle anlegg, etter at Havforskningsinstituttet gjorde det samme i stor skala høsten før. I løpet av fem år forventes produksjonen å øke til 50-60 mill. yngel fra 15-17 anlegg. Dominerende produksjonsmetode vil være sesonguavhengig og intensiv. De store intensive anleggene vil arbeide mot en helårig og kontinuerlig produksjon for å utnytte anleggenes kapasitet best mulig. Mindre intensive anlegg kan fortsatt produsere torskeyngel med innsamlet naturlig plankton som startfôr, enten for egen fremføring til matfisk eller for salg til et eller flere lokale påvekst-anlegg.

Kvot- og prisutsikter for 2002

ICES har anbefalt høyere kvoter for hvitfisk i Europa for 2002, dette gjelder TAC (total allowable catch) for hyse og hvitting i Nordsjøen, med nesten en dobling for hyse og 50 % økning for hvitting. Den globale tilførselen av hvitfisk forventes imidlertid å gå noe ned. Tilførselen av torsk er beregnet til å bli om lag 1,2 mill. tonn, hvilket er en reduksjon på 90 000 tonn sammenlignet med 2001. Den største reduksjonen finner sted i islandsk sone, i Østersjøen og i EU-farvann. Den totale tilførselen av hvitfisk i 2002 forventes å bli ca. 4,4 mill. tonn, eller 500 000 tonn mindre enn i 2001. Kvotereduksjoner og reduserte fangster har ført til økende priser. Dette ser ut til å fortsette, og det er spådd en ytterligere økning i prisen på hvitfisk i 2002 i størrelsesorden 6-10 %.

Økende interesse for torskeoppdrett

Interessen for torskeoppdrett har økt kraftig de siste par årene. I perioden 1996-1998 var det kun ett anlegg i Norge som produserte torskeyngel (Parisvatnet, Havforskningsinstituttet). Årlig ble det produsert 40 000 - 230 000 yngel. Det var liten interesse for torskeoppdrett, og høsten 1998 måtte oppdrettere i Vestlandsregionen overtale til å kjøpe yngel til kr 7,- per stk. På denne bakgrunn var det



usikkert om det ville bli noen yngelproduksjon i det hele tatt i 1999.

I dag er situasjonen totalt snudd om. I 2001 blir det produsert i størrelsesorden en million yngel i Norge ved i alt åtte anlegg. Produksjonen foregår i økende grad intensivt etter tilsvarende metoder som det årlig produseres 500 mill. yngel av seabass og sea-bream i Middelhavsområdet. Sea-bream og seabass-yngel selges i størrelse rundt to gram, og til en pris rundt to kroner stykket. Torskeyngel selges fra poller rundt 50-120 gram, mens de intensive anlegg selger ut yngelen ved mindre størrelse, gjerne ned mot ti gram. Det er stor interesse for torskeyngelen som nå omsettes til priser mellom 15,- og 30,- kr, men størrelsen varierer svært mye.

Hva er det som har skjedd - hva er det som har revitalisert interessen for torskeoppdrett? Det er vanskelig å peke på en enkelt faktor som kan ha utløst denne enorme interessen. En av faktorene er nok ressursituasjonen på verdensmarkedet når det gjelder tilførsel av hvitfisk, der kvotereduksjoner har gitt økende priser. En annen faktor er den framgang en har hatt ellers i Europa på oppdrett av marin yngel, en teknologioverføring som helt konkret er koblet opp i flere av de nye yngelanleggene for torsk i Norge. Det meget gode året som lakseoppdrett fikk i 2000 kan også ha virket inn på torskeinteressen. Samtidig koblet norske politikere aktiviteter angående utvikling av nye arter mot muligheten til å få fortrinn i kampen om nye oppdrettskonsesjoner for laks. Den enkleste aktiviteten var å skaffe seg konsesjon for matfiskoppdrett av torsk. Flere oppdrettsfirmaer hadde også finansielle ressurser til å starte aktiviteter på torsk,

både yngel- og matfiskproduksjon. Interessen for matfiskkonsesjoner til torsk stod etter hvert ikke i forhold til tilgjengelig yngel. Fiskeridirektoratet innførte derfor en begrensning i tildeling av matfiskkonsesjoner for torsk, koblet opp mot tilgang til yngel gjennom kontrakter mellom matfisk- og yngelprodusent. Dette har nok vært prisdrivende når det gjelder torskkeyngel i 2001.

Produksjonsmetoder for yngel

Med utgangspunkt i forsøkene fra Forskningsstasjonen Flødevigen i Arendal i 1880-årene, ble metoder for storskala produksjon av torskkeyngel utviklet av norske forskere på slutten av 1970-tallet og i begynnelsen av 1980-tallet. Nyklekte torskelarver ble sluppet ut i avstengte sjøvannsbasseng og poller for der å finne naturlig plankton som startfôr. På grunnlag av oppløftende forskningsresultater på begynnelsen av 80-tallet ble det bygd ut flere anlegg spesielt i Hordaland og Sogn og Fjordane i regi av kommersielle selskaper. I tillegg ble det bygd ut poseanlegg, der torskelarvene ble satt ut i tette presenningsposer i sjøen og plankton pumpet inn fra omliggende vannmasser. I 1987-88 var i alt fem poller og to basseng- og poseanlegg i drift, derav flere med kommersiell satsing (LMC, Blom Fiskeoppdrett, Seafarm, Lofilab, o.a.). Totalproduksjonen av yngel økte til ca 600 000 i 1989, men produksjonen var sesongbetont og heller ustabil.

På 90-tallet kom igjen økende kvoter og fangster av torsk, prisene sank og interessen omkring torskeoppdrett dalte. Antall produsert yngel per år varierte mellom 360 000 i 1991 til 53 000 i 1996, med en til tre produsenter. Ved all produksjon før 2000 har naturlig plankton hatt en dominerende rolle ved startfôring. Intensiv produksjon har kun foregått i FoU-regi. På 90-tallet gikk mye av torskkeyngelen inn i havbeiteprogrammet PUSH. I 1999 ble det produsert ca 100 000 yngel, hovedsakelig ved semi-intensiv (poser) og i noen grad ekstensiv metode (polloppdrett). I 2000 økte produksjonen til nærmere 600 000 yngel (6 anlegg).

Mye av kompetansen og erfaringen fra 1980-tallet når det gjelder torsk og torskeoppdrett ble tatt vare på og videreutviklet i havbeiteprogrammet PUSH (1990-1998). I regi av PUSH ble det også startet forsøk med intensiv produksjon av torskkeyngel. Med intensiv produksjon menes en produksjon der en totalt har frigjort seg fra sesong og naturlig

plankton. Alt levendefôret dyrkes under kontrollerte betingelser i produksjonshaller.

Matfiskproduksjon fra yngel

Matfiskoppdrett av torsk foregår i dag etter metoder utviklet for oppdrett av laks og regnbueørret i nøter. Torsken føres med et tørrfôr tilpasset fiskens egenart. Samtlige fôrfirma produserer eller planlegger nå produksjon også for fôr til torsk. Større matfiskanlegg benytter automatiske fôringsanlegg, mens mindre anlegg fortsatt benytter manuell fôring.

Matfiskproduksjonen av torsk var ca. 300 tonn i 2001. Dette er basert på yngel produsert i 1999. I tillegg ble det slaktet ca. 300 tonn torsk basert på levendefanget villfisk som føres opp i en begrenset periode. Basert på yngel produsert i 2000, ca. 600 000, antar vi at det vil bli slaktet ca. 1 500 tonn oppdrettstorsk i 2002.

Hittil har det meste av torskkeyngelen blitt produsert på grunnlag av rogn fra stamfisk med naturlig gyting. Det vil si startfôring i løpet av perioden mars-april og salg av 50-100 grams yngel senhøstes. Når det gjelder torsk har det ikke vært noe veldefinert settefiskproduksjon. Etter hvert som yngelproduksjonen økes i omfang og gjøres sesong-uavhengig, samtidig som spillvarmeressurser og resirkulering benyttes til å oppnå en raskere vekst hos yngelen, kan det bli etablert egne landbaserte settefiskanlegg som produserer yngel best mulig tilpasset videre påvekstfase i sjøen. De intensive yngelanleggene er kostbare å bygge ut og drive, og bør produsere et høyt antall yngel for å oppnå lønnsomhet. Når yngelen er tilvent tørrfôr, bør den overføres til egne settefiskanlegg.

Matfisk fra villfanget torsk

I 2001 var det et visst gjennombrudd for produksjon av oppdrettstorsk fra villfisk. En kan tenke seg ulike scenarier:

- Fange kvoten i form av 0-gruppe yngel.
- Fange småfallen torsk under eller kanskje like over minstemålet.
- Beholde dagens beskatningsmønster, og ved hjelp av best mulig teknikk bringe den fisken som fanges, levende til lands.

Det er det siste alternativ som har økt i interesse i 2001, og det har vist seg å gi god vekst (fordobling

av vekt) i løpet av noen korte sommermåned. En kan flerdoble verdien per fisk ved en slik strategi. Flere redskaper kan være aktuelle, og salgslagene har pekt på den enorme verdiskapning en kan få ved oppfôring.

Fra et biologisk synspunkt vil et fiske av 0-gruppe ha minst innvirkning på bestanden. 0-gruppen har en svært stor dødelighet, og ”et stalltips er at kanskje mer enn 90 % av denne yngelen vil enten sulte i hjel eller bli spist opp av sine brødre og søstre den første vinteren”. Det antas at det er politiske føringer her som gjør at de to første alternativene ovenfor er lite aktuelle, særlig i dagens bestandssituasjon. Diverse avtaler må endres, og det er neppe aktuelt før det kan vises eller sannsynliggjøres at arbeidet kommer bestanden til gode.

Viktige utfordringer i yngel- og settefiskfasen

- Utvikle kostnadseffektiv storskala yngelproduksjon, herunder redusert avhengighet av *Artemia* og etablere tidlig tørrfôrtilvenning.
- Utvikle metoder for rasjonell og kostnadseffektiv settefiskproduksjon.
- Etablere årstidsuavhengig produksjon av egg og larver med god kvalitet.
- Etablere og drive et avlsprogram for oppdrettstorsk.

Viktige utfordringer innen sykdom og helse

- Etablere hygienerutiner og vaksineringsstrategier i yngel- og settefiskproduksjonen.
- Kartlegge muligheter for smitteoverføring fra/til andre oppdrettsarter.
- Overvåking og kontroll av parasitter i matfiskoppdrett.
- Innføring av generasjonsskille i matfiskoppdrett.

Viktige utfordringer innen matfiskproduksjon

- Styre kjønnsmodningen hos torsk i oppdrett.
- Optimal kvalitet og størrelse på settefisk i

forhold til lokalt oppdrettsmiljø.

- Utarbeiding av kostnadseffektivt fôr og fôringsrutiner.
- Styrt kvalitet relatert til produksjonsparametre og avl samt optimaliserte driftsrutiner.

Generelle utfordringer

- Ren driftsmessig kvalitetsheving (hindre oter, hull i not, dødelighet grunnet vibriose, oppskalering).
- Redusere kostnader per kg produsert, målt som rund vekt, fra dagens 20-25 kr til 15-17 kr i stor skala.
- Økt anvendelse av biprodukter som hode, lever, rogn etc. til økonomisk interessante priser.
- Utvikle optimale driftsmodeller basert på en balanse mellom kostnader (særlig energi og kapasitetsutnyttelse, vekst og ønsket slaktetidspunkt).
- Utnytte våre kunnskaper om videreføring av torsk.

Flaskehals

Manglende storskala yngelproduksjon er fortsatt den største flaskehalsen på kort sikt for utviklingen av torskeoppdrett i Norge. Etter hvert som yngelproduksjonen øker, vil antakelig andre utfordringer ha økt relativ betydning. Da tenker vi særlig på kontrollert kjønnsmodning, bedre kontroll med parasitter, sykdommer og avl for forbedring av produksjonsegenskaper. I tillegg vil markeds kunnskap og produktutvikling være viktig. Eksportutvalget for fisk har alt startet et interessant markedsarbeid med fokus på oppdrettstorsk. Innenfor første fase, opptil noen tusen tonn, vil mye av fisken bli omsatt til beste betalende levendefiskmarked, antakelig til Sverige, Danmark og de nærmeste EU-land. Fra 2005 vil produksjonen antakelig nå 10 000 tonn, og da kan veksten komme fort i kvantum. Det kreves da at en utvider fokus på produktspekter. Torskeoppdrett vil bli en stor næring!

3.3 Stamfisk torsk

Birgitta Norberg og Olav Kjesbu, Havforskningsinstituttet



Torskens reproduksjonsbiologi

Når vi tenker på torsk, tenker vi i vår del av verden først på fremst på atlantisk torsk, men det finnes også en egen torskeart i Stillehavet, stillehavstorsk. Utseendemessig er disse veldig like, men stillehavstorsk legger eggene på bunnen, mens atlantisk torsk gyter pelagiske egg, altså egg som driver med vannstrømmen. Østersjøtorsk er spesiell i forhold til de andre stammene av atlantisk torsk ettersom den er tilpasset gyting i brakkvann (vann med lavt saltinnhold); denne stammen produserer svært store og lette egg.

Hunner av norsk kysttorsk og barentshavtorsk (dvs. norsk-arktisk torsk eller skrei) produserer, som hos de andre stammene, store mengder med egg hvert år. Dette kan utgjøre 0,5-15 millioner egg per hunn avhengig av lengde, men kysttorsk produserer

Figur 1 Gytemoden stamfisk av torsk.
Broodstock cod ready for spawning.

generelt mer enn skrei, og oppdrettet torsk mer enn villfisk. Torsk i Trondheimsfjorden er sannsynligvis den mest produktive i så henseende i våre farvann. Skreien vandrer fra Barentshavet og sørover til Vesterålen og Lofoten for å gyte. Denne lange vandring har skapt en fisk som også er mer avlang i formen enn kysttorken, men som også er veldig avhengig av mattilbudet i Barentshavet, som først og fremst er lodde, til videre vekst og modning. Endringer i eggantallet (fekunditeten) hos skrei mellom ulike år er dermed nært knyttet til loddemengde i Barentshavet som kan variere svært mye. Så fremt fôringen er fornuftig avpasset, anses ikke eggmengden i en oppdrettssituasjon å være en begrensende faktor. Man forventer om lag en

liter egg (ca. 600 000 egg) pr kg fisk. I naturen vil kysttorsk modnes (4-5 år) tidligere enn skrei (6-8 år), mens det i oppdrett er små forskjeller; begge modnes ved alder to år, enkelte hanner allerede ved alder ett år. Tidligere alder ved modning er også vanlig for hanner i felten.

Torsk er en porsjonsgyter, dvs. flere porsjoner med egg blir gytt fra hver hunn under gytesesongen (se nedenfor). Hannene

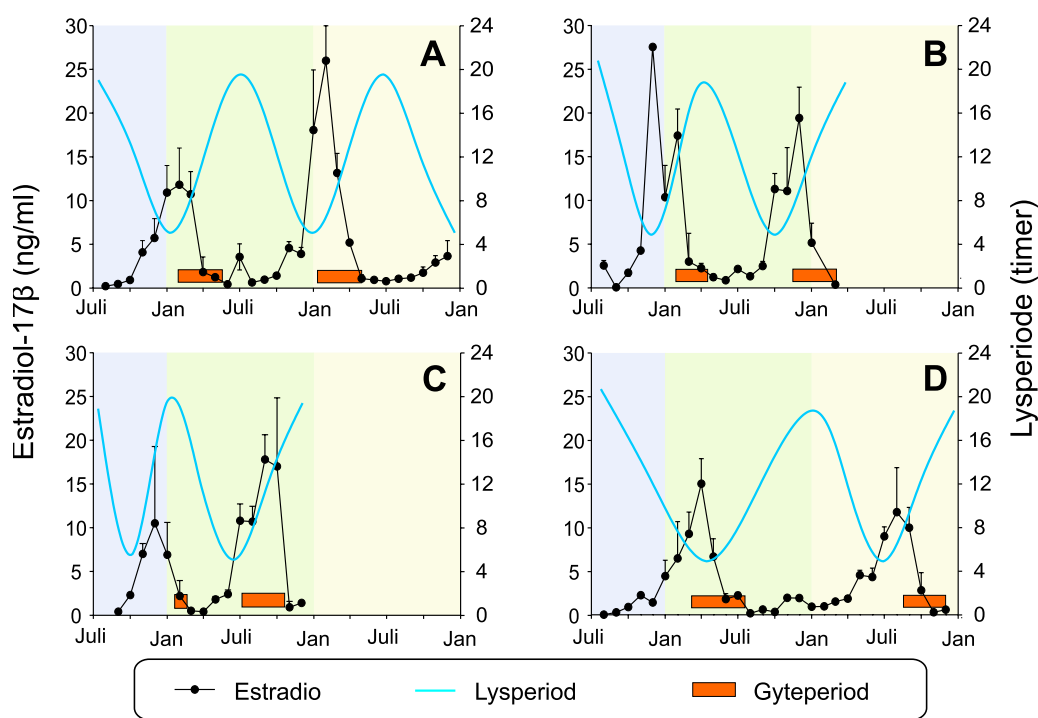
er klare til å gyte før hunnene starter, og har også rennende melke en stund etter at hunnene er helt ferdige med gyttingen; hannene følger altså mottoet "alltid rede". Eggporsjonene, opptil 20 i tallet, er minst i begynnelsen, øker så til midten av gyteperioden for hver hunn, for deretter å avta igjen. Eggstørrelsen (om lag 1,2-1,5 mm) avtar vanligvis gradvis mens hunnen gyter sine porsjoner, men

fisk som gyter for første gang i sitt liv har vanligvis en mindre reduksjon. Eggstørrelsen øker generelt med fiskens størrelse og med dens alder. Det finnes ligninger for disse sammenhenger i litteraturen, men vår anbefaling i en oppdrettssituasjon vil være å satse på litt eldre stamfisk (for eksempel annengangsgytere), som både gyter svært mange egg og hvor eggstørrelse er i det øvre sjiktet (som gir larver av god størrelse).

Lysstyring av kjønnsmodning og gytting

Kjønnsmodning hos fisk er styrt av en indre rytme, som i sin tur blir påvirket av signaler fra det omgivende miljøet, særlig daglengde (fotoperiode). Dette sikrer at gyttingen skjer til samme årstid hvert år. Hver hunn har en gyteperiode på tre til seks uker, og individuelle variasjoner i gyttestart medfører at en stamfiskbestand har en reproduksjonsperiode som kan vare i omtrent tre måneder. Hormonelt blir kjønnsmodningen kontrollert via den såkalte hjernehypofyse-gonadeaksen. Systemet er best utforsket i laksefisk, hvor gonadotropin-frigjørende hormon

(GnRH) fra hjernen signaliserer til hypofysen at produksjon og frisettelse av gonadotropiner som follikkelstimulerende hormon (FSH) og luteiniserende hormon (LH) skal starte. FSH og LH stimulerer gonadevekst og modning, gjennom å stimulere til syntese av kjønnssteroider (Fig. 2). FSH antas å være viktig for den tidlige utviklingen av gonadene, og gonadenes vekst frem til sluttmodning og gytting, mens LH spiller en stor rolle under



Figur 2 Fotoperioderegimer og produksjon av kjønnssteroider (estradiol) ved forsøk med gytetidsmanipulering av torsk ved Austevoll havbruksstasjon.

A) Kontrollgruppe, dvs 12 måneders årssyklus gjennom hele forsøket.

B) Komprimert fotoperiode – 9 måneders årssyklus fulgt av 12 måneder.

C) Komprimert fotoperiode – 6 måneders årssyklus fulgt av 12 måneder.

D) Utstrakt fotoperiode – 18 måneders årssyklus fulgt av 12 måneder.

Photoperiod and estradiol production in light manipulated cod broodstock at Austevoll Aquaculture Research Station.

A) Control group - 12 months year cycle throughout the experiment.

B) Compressed year cycle – 9 months year cycle followed by 12 months.

C) Compressed year cycle – 6 months year cycle followed by 12 months.

D) Extended year cycle – 18 months year cycle followed by 12 months.

selve sluttmodningen av egg og sperm. Hjernehypofyse-gonadeaksen er meget følsom for ytre stimuli, hvorav forandringer i fotoperioden er det sterkeste.

Manipulasjon av fotoperioden blir brukt på mange oppdrettsarter for å gi årstidsuavhengig produksjon av egg og larver, og torsk har vist seg meget velegnet for denne type behandling. I forsøk ved Austevoll havbruksstasjon tidlig på 1990-tallet, ble torsk eksponert for ulike eksperimentelle fotoperioder (komprimert eller utstrakt), og resultatet var fire grupper av torsk som ga egg til ulike tider på året (Fig. 2). Grunnet liten interesse for oppdrett av torsk ble ikke arbeidet fulgt opp umiddelbart, men ble tatt opp igjen i 1999, da interessen for torsk økte. I dag har Austevoll havbruksstasjon rutinemessig høstproduksjon av torskelarver fra gytetidsmanipulert stamfisk.

Vanntemperaturen har også vist seg å være en kritisk faktor for et vellykket gyteresultat, og for høye temperaturer vil virke negativt både på selve gytingen og på eggkvaliteten. For torsk er optimal vanntemperatur rundt 6-8 °C, men temperaturen må være under 10 °C.

Stamfiskernæring

Oppbygningen av gonadene begynner tidlig om høsten, men den mest intensive fasen er fra november til januar, da mesteparten av næringsstoffene tas opp og lagres i egganleggene (oocytene). Denne prosessen kalles for vitellogenese og kontrolleres hormonelt av kjønnsteroidet estradiol-17 β (Fig. 2), som induserer syntese av eggeskallsproteiner og "plommeprotein" vitellogenin i leveren. Disse proteinene transporteres i blodet til gonadene, hvor de blir innkorporert i de voksende oocytene. Vitellogenin er utgangspunktet for larvens "matpakke", plommemassen, og inneholder blant annet fett, karbohydrater, kalsium, jern, magnesium og fosfor. Opptak og lagring av vitellogenin er hovedårsaken til ovarienes meget raske vekst i perioden fra november til januar, men også andre næringsstoffer blir tatt opp for å lagres i egganleggene. Oppbygningen av gonadene er en svært stor påkjenning for fisken, som bruker mye energi til dette. Det er derfor viktig at føret blir sammensatt på en måte som både sikrer stamfiskens helse og gir riktig sammensetning av næringsstoffer i eggene. Forsøk hvor stamtorsk er blitt føret med fôr innholdende fett fra ulike kilder, tyder på at

stabil, og kun forandres dersom fisken får fôr som mangler noen fettsyrer. Det samme synes å gjelde for aminosyrer og vitaminer. Med andre ord, naturen er laget slik at den optimale kvaliteten alltid forsøkes opprettholdt.

Maternale og paternale effekter

Maternale og paternale effekter henviser til ikke-genetiske bidrag fra mor og far. Begrepene brukes spesielt mye i studier hvor man ser på foreldrenes størrelse og kondisjon, og hvordan disse såkalte fenotypiske faktorer virker på avkommet, især overleving og vekst hos de tidligste stadier. Innenfor analyser av årsaker til observert årsklassevariasjon i felten (variasjon i antall avkom som overlever fram til 3-års alderen) har dette vært et stort og viktig tema i de senere 10-20 år, men er også et sentralt tema innenfor akvakultur. Idéen er gammel, men oppstod i en mer strukturert form blant russiske forskere i 1930-årene. Fokus har vært mye på å sammenligne første- og flergangsgytere, hvor det hevdes at sistnevnte kategori øker sjansen for å få dannet sterke årsklasser. Dette grunnet en lengre gyteperiode, større og flere egg og larver, og generelt lavere dødelighet under de tidlige livsstadier. De senere års forskning tyder på at fokus kanskje i større grad må rettes mot foreldrenes kondisjon og størrelse, enn om de er første- eller flergangsgytere.

Fremtidige forskningsbehov

Valget av hvilke fisk som skal brukes som stamfisk er ikke enkelt, men man bør generelt bli mer bevisst på denne utvelgelsen. Dette har vært diskutert og tatt til følge i en helt annen skala for laksefisk, som riktignok har flere år på baken som akvakulturnæring. Det er her ikke bare snakk om ulike genetiske stammer (inkludert sjanser for innavl), men også de fenotypiske egenskaper hos stamfisken drøftet ovenfor. Videre er det snakk om grunnleggende forskning på regulering av porsjonsgyting og kjønnsdifferensiering, samt effektivisering av fotoperiode-manipulasjon. Det er altså mye vi ennå ikke vet eller håndterer på en fullgod måte, selv om torsk generelt sett er blant de mest utforskede marine arter, med oppstart av de første gytstudier allerede i 1880-årene. Det faktum at torsk gyter naturlig i fangenskap, i motsetning til mange andre fiskearter, er selvsagt svært positivt. Men det har også medført at de mer basale studier, især innenfor reproduksjonsfysiologi, har fått relativt liten oppmerksomhet i tider hvor andre problemer var mer iøynefallende.

3.4 Gyting, innsamling, inkubering og klekking av egg

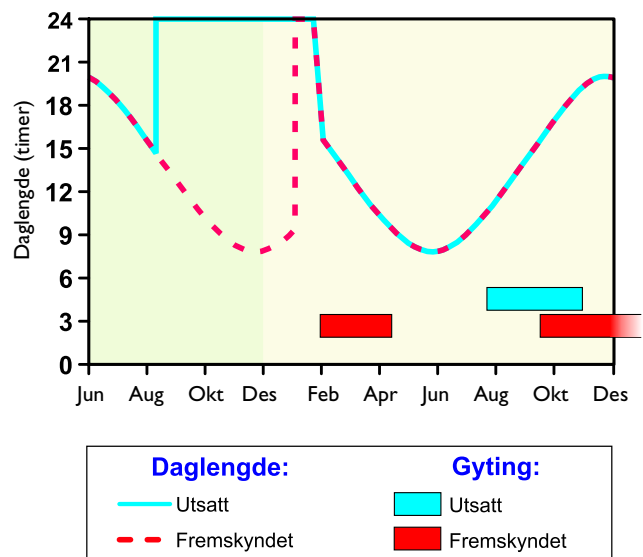
Terje van der Meeren, Havforskningsinstituttet

Torsken er lett å få til å gyte naturlig i fangenskap. Et omfattende arbeid knyttet til stryking av stamfisken er derfor ikke nødvendig, og det er billig og enkelt å fremskaffe befruktede egg i store mengder. Stabil tilførsel av egg av noenlunde kvalitet er en svært viktig forutsetning for at yngelproduksjonen kan skje på et kommersielt nivå. En annen viktig forutsetning vil være tilgang av egg uavhengig av årstid. I likhet med andre fiskeslag er torskens gytesyklus lett å kontrollere ved bruk av lys. Modning av egg og melke (gonader) er styrt av et hormonsystem som settes i gang av endringer i daglengden. Ved å isolere stamfisken fra den naturlige lysrytmen kan man med bruk av kunstig lys forskyve (fremskynde eller utsette) tidspunktet for modningen av gonadene. Bruk av flere gytebestander som har ulike forskyvning av gytetidspunktet, vil derfor kunne gi tilgang på befruktede egg kontinuerlig gjennom hele året.

Gyting og innsamling av egg

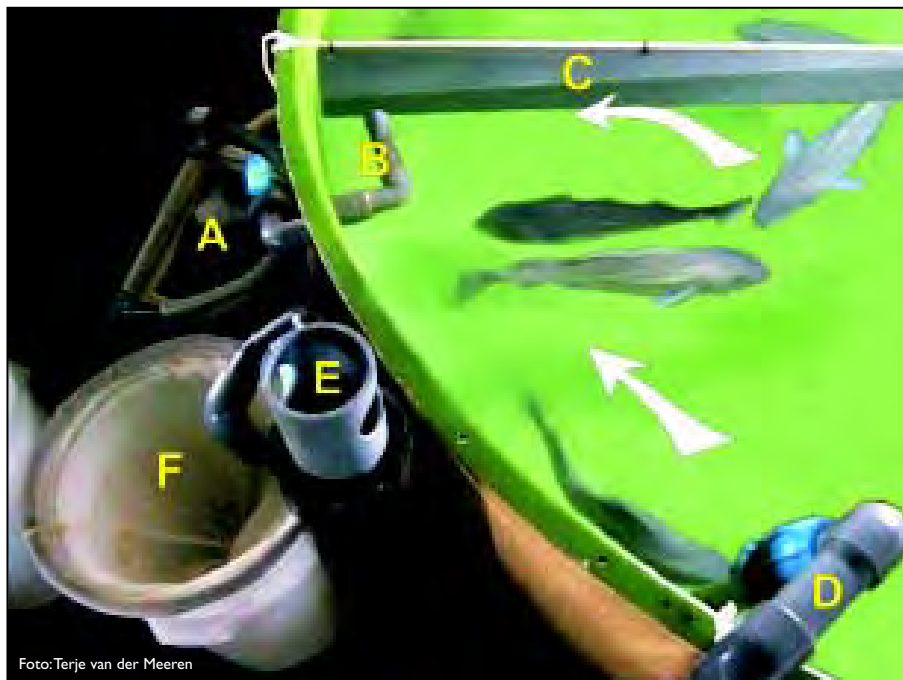
Produksjon av egg uavhengig av årstid styres ved å sette opp flere gytebestander i ulike kar. Gytekarene må hver for seg være isolert fra tilgang på naturlig lys og satt på forskjellige årssykluser med hensyn til daglengde. Figur 1 viser to ulike lysregimer som førte til henholdsvis seks md. fremskynding eller utsetting av gytingen. Den fremskyndede gruppen gikk på naturlig lys i merd til februar, og ble deretter overført innendørs direkte til seks md. forskjøvet årsrytme via noen få uker med kontinuerlig lys. I februar var denne fisken kommet for langt i modningen av gonadene til at utviklingen av egg og melke ble stoppet. Fisken gjennomførte derfor en gyting i mars og april, som forventet hvis den hadde hatt naturlig lysrytme. Overføringen i februar til daglengde tilsvarende august førte imidlertid til at en del fisk i denne gruppen startet gyting på nytt igjen om høsten. Den andre gytegruppen fikk kontinuerlig undervannslys i merden fra september før den ble overført innendørs direkte til seks md. forskjøvet årsrytme. Denne gruppen viste ikke tegn til modning i februar og startet gytingen først i august. Det er mange måter å forskyve årsrytmen på. Det kan for eksempel fra juli legges inn en ekstra

”dag” med samme daglengde etter hvert andre døgn. Etter 1,5 kalenderår år vil gytingen hos denne fisken være utsatt med seks md. Tilsvarende kan det tas vekk ”dager” med faste intervaller slik at årsrytmen går fortere enn normalt. Ved å ta vekk annen hver dag vil for eksempel dette føre til at gytingen fremskyndes med seks md. i løpet av et kalenderår. Tillegg eller fjerning av dager skjer til forskyving av ønsket antall måneder er gjennomført, deretter benyttes normal varighet av en årssyklus. Hvis både fremskynding og utsetting kombineres vil det være behov for maksimalt seks md. forskyvning. Med utgangspunkt i juli vil det altså være mulig å få til gyting når som helst året etter.



Figur 1 Forskyvning av gytetidspunkt ved å regulere fotoperiode (daglengde) for to grupper stamfisk av torsk.
Shift in spawning time in two cod broodstocks by regulation of photoperiod.

I motsetning til laksen er torsken en porsjonsgyter, og hver hunnfisk vil kanskje ha mellom 15 og 20 porsjoner som gytes med ca. tre dagers mellomrom. Noen individer i en gytebestand vil alltid begynne tidligere enn andre, og en bestand som har begynt å gyte vil derfor normalt holde på i ca to-tre måneder. Ved å sette opp fem-seks bestander med ulike årsrytmer skulle det derfor være mulig å ha tilgang til befruktede egg praktisk talt hver eneste dag året



Figur 2 Innsamling av egg fra gytekar. Piler viser vannstrøm i karets overflate.
 A) Samletank med håv av planktonduk (eggsamler) for overflatevann.
 B) Justerbar rørstuss for drenering av egg fra overflatelaget.
 C) Plate i PVC-plast for konsentrering av egg mot overflatesamleren (eggtrakt).
 D) Vanntilførsel.
 E) Utvendig avløp.
 F) Samletank med håv av planktonduk (eggsamler) for avløpsvann.
Collection of eggs from spawning tank. Arrows show water movement at surface.
 A) Egg collection tank with plankton net for surface water.
 B) Adjustable tube for collection of floating egg from the surface layer.
 C) PVC plate for concentration of eggs at site of surface collection.
 E) Drain outside spawning tank.
 F) Egg collection tank with plankton net for drain water.

rundt. En typisk gytetank bør være 4-5 m i diameter og minst 2 m dyp. I tillegg bør det være ca. 0,5 m "fribord" i tanken slik at not ikke behøves for å hindre fisken i å hoppe ut. Not for nær vannflaten vil føre til at fisken lett får skader i snuten etter berøring med noten. Nervøse individer bør fjernes, da disse lett vil kunne stresse resten av stamfisken. Også fisk som sveller ekstremt kraftig opp under gytingen bør fjernes. Dette er irregulære gytere som har problemer med å slippe egg. Eventuelle egg fra disse individene vil stort sett være ubrukelige og overmodne egg. En del av disse individene vil kunne dø i løpet av gytingen, og det er observert at dette har skjedd med opp til 30 % av hunnfisken. Årsakene til at individer utvikler irregularitet i gytingen er ikke klarlagt, men man tror stress er en viktig faktor.

Optimal tetthet av fisk i gytekar er ikke bestemt, men med utgangspunkt i ca. 10 kg/m³ vil dette kunne

gi ca 250 kg i en 4 m tank med 2 m dypde. Bruk av eldre individer med størrelse på over 5 kg er å foretrekke, da dette vil være erfarne flergangsgytere. Som en veiledning bør vanntilførselen være ca. 1 liter per kg fisk, og slik at oksygenmetningen ikke synker under 90 %. Kjønnfordelingen har ofte vært 60 % hunner og 40 % hanner, og mengde egg produsert totalt hos fisk i fangenskap (fekunditet) har vist seg å være beregnet til opp mot 900 000 egg per kg hunnfisk like før gyting. Hos nylig innfanget villfisk vil fekunditeten være en del lavere. En del av eggene som gytes vil være døde eller ubefruktede. Befruktede og til dels ubefruktede egg vil stort sett flyte og samles i vannoverflaten av tanken. Innsamling av eggene i et produksjonsanlegg bør derfor foregå fra overflaten. Døde egg synker til bunns og vil være viktig å fjerne fra gytetanken for å hindre vekst av bakterier og sopp som seinere kan skade friske egg. Det må derfor også være avløp sentralt i bunn med sirkulær strøm i karet for å fjerne de

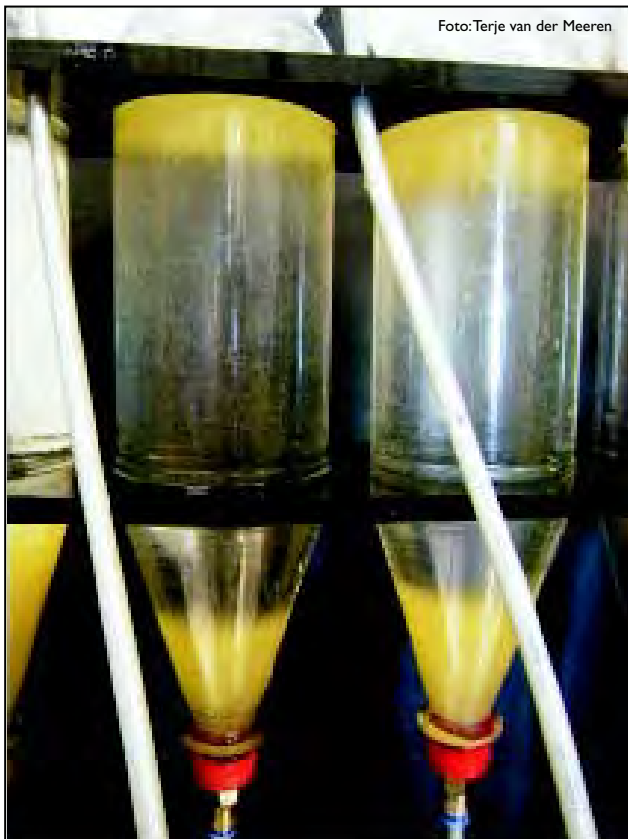


Foto: Terje van der Meeren

Figur 3 Separasjon av døde og levende egg utført i 1,5 liters plastflasker.
Separation of dead and live eggs in 1.5 litres plastic bottles.

døde eggene. Typisk befruktning av egg samlet inn i overflaten vil være ca 80 % sett hele gytesesongen under ett. Ut fra total mengde egg gytt vil kanskje befruktningen ikke være mer enn 50-60 %. Daglig innsamlet eggmengde vil variere, og det vil kunne samles mest egg midt i gytesesongen. I eksemplet ovenfor med 250 kg fisk i karet vil det på det meste kunne samles 5-8 liter egg per døgn fra overflaten av karet.

Innsamling av eggene skjer ved at eggene kan konsentreres ved et punkt langs karveggen hvor det lages en gjennomføring til en oppsamlingstank med en håv av 500 μ m planktonduk (Fig. 2). For å få eggene raskt ut av karet etter at en porasjon er gytt bør minst 30 % av det tilførte vannet dreneres ut gjennom overflatesamleren. Eggsamleren tømmes minst en gang i døgnet og døde egg skilles fra levende egg ved separasjon (5-10 min) i en egnet beholder. Også her vil eggene som flyter bestå av befruktete og ubefruktete egg, mens døde egg synker til bunns (Fig. 3). Etter separasjonen kan eggene eventuelt desinfiseres hvis det er ønskelig.

Temperatur har vist seg å bety mye for eggkvalitet og eggutvikling. Det er helt nødvendig å kontrollere temperaturen i et stamfiskanlegg som bygges opp for eggproduksjon uavhengig av årstid. Den varmeste årstiden i vannlagene et stykke under overflaten vil være høsten hvor temperaturen kan overstige 10 °C på dyp mellom 30 og 250 m avhengig av hvor man er langs kysten. Temperaturer over 10 °C har vist seg å føre til både en betydelig reduksjon i befruktningen og en stor økning i feilutvikling av egg som var befruktet. Temperatur under gytingen kan kontrolleres ved å legge vanninntaket til anlegget dypt nok. Alternativet er energianlegg med varmepumpe og varmeveksling. Stamfisken har stort vannbehov, og et energianlegg bør kanskje kombineres med delvis resirkulering av vannet for å gjøre kontroll av temperatur rimeligere.

Når stamfisken starter gytingen vil appetitten til fisken synke kraftig. I tillegg må fôringen stoppes for å hindre uønsket organisk materiale som rester av fôr og fekalier blant eggene. Slikt materiale vil kunne være substrat for bakterie- og soppvekst. Imidlertid vil 2-3 md. gyting uten fôring føre til en betydelig utmagring av stamfisken, spesielt hvis temperaturen er høy (opp mot 10 °C). Doble gyteenheter hvor innsamling av egg og fôring av stamfisken alternerer gjennom gytesesongen vil kunne være en løsning. Imidlertid er effekt av sulting på egg- og larvekvalitet hos torsk lite undersøkt, og man kan derfor ikke si om manglende fôring gjennom gytesesongen betyr noe for larvenes levedyktighet.

Egginkubering og klekking

Eggene inkuberes ofte i sylindrerformede tanker med kon bunn. I mindre målestokk benyttes 70 liters inkubatorer av PEH-plast, og i disse legges det inn mellom 0,5 og 1 liter egg. Det har vist seg at det kan klekkes opp til 300 000 larver i disse enhetene. Dette tilsvarer en klekking på mellom 50-80 %, avhengig av mengde innlagte egg. For klekking av egg i industriell målestokk er det behov for større inkubatorer, og 250 liters tanker av glassfiber er mye brukt.

Inkubatoren har vanntilførsel gjennom et rør som går ned langs karveggen (Fig. 4). Røret har relativt store hull nedover på en side. Dette vil sikre god tilførsel av vann og dannelsen av en vannstrøm uten at egg og nyklekte larver akselereres for hurtig. Gjennom utviklingen går eggene inn i stadier

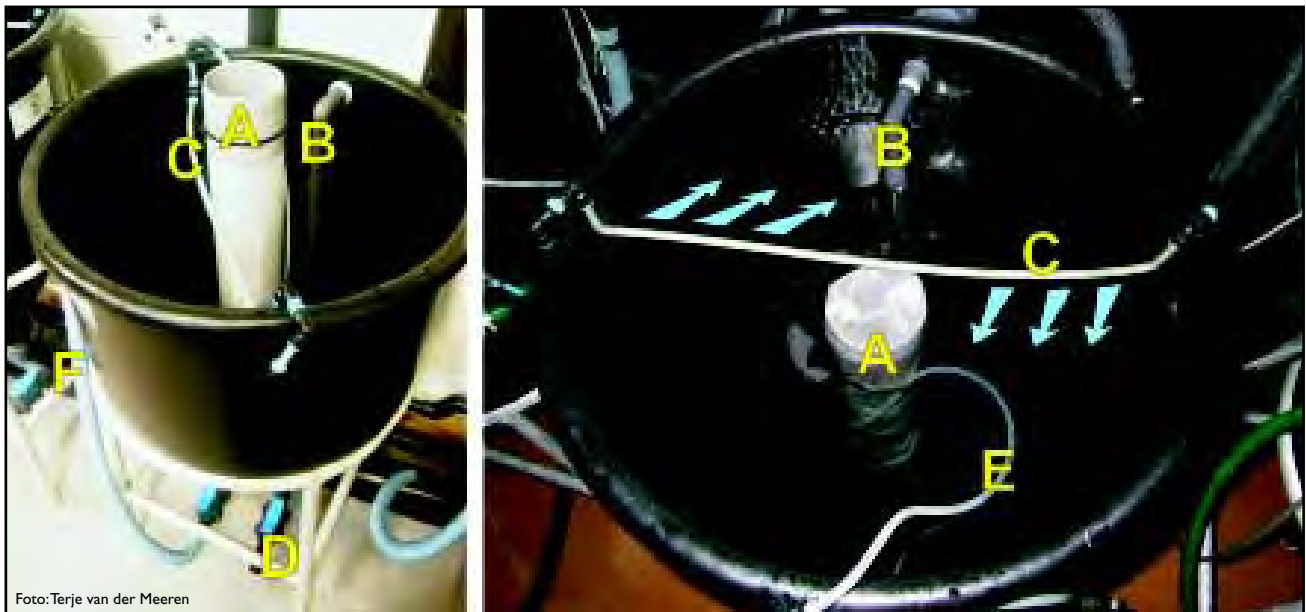


Foto: Terje van der Meeren

Figur 4 Inkubator for torskeegg.

- A) Avløpssil.
- B) Rør for vanntilførsel.
- C) Plastslange for blåsing av luft på vannoverflaten.
- D) Kran for røkting av døde egg.
- E) Silikonslange for lufttilførsel rundt avløpssilen.
- F) Utvendig avløpsslange for kontroll av vannivå.

Incubator for cod eggs.

- A) Outlet sieve.
- B) Tube for water supply.
- C) Plastic tube for air blowing on the surface.
- D) Tap for removal of dead eggs.
- E) Silicon tube for aeration around the outlet sieve.
- F) Drain tube outside the incubator to adjust water level.

hvor de er mer ømfintlige mot ytre påvirkninger. Vanntilførselen, slik den er beskrevet ovenfor vil kunne redusere det mekaniske stresset på egg og plommeseklarver uten at dette går ut over vannkvaliteten grunnet tilførsel av for lite vann. Bruk av mye vann (minst 3 liter pr minutt i en 70 liters inkubator) ser ut til å være svært viktig for å hindre vekst av bakterier og sopp i inkubatoren. God vanntilførsel er derfor svært viktig for å få høy overlevelse gjennom eggstadiene.

Avløpssystemet består av en sentral avløpssil (kledd med $250\mu\text{m}$ planktonduk) som rekker opp over vannflaten (Fig. 4). Rundt dette røret i bunnen av inkubatoren er det lufttilførsel gjennom en plastring med huller. Denne luftingen skaper en vertikal vannbevegelse som sikrer at eggene ikke setter seg fast på avløpssilen. Videre fordeles eggene vertikalt i inkubatoren av luftingen. Luftboblingen må være

forsiktig slik at egg og larver ikke utsettes for hurtige akselerasjoner. Torskeegg flyter lett og har derfor en tendens til klumpe seg i overflaten. Dette er uheldig fordi det kan skape flere lag med egg i overflaten hvor deler av egglaget ikke får nok tilførsel av oksygen. En mer horisontal luftstrøm tilført gjennom en plastslange over vannflaten kan derfor brukes til å fordele eggene i overflaten (Fig. 4). Vannhøyden i inkubatoren styres av et utvendig nivåår. På undersiden av inkubatoren bør det være en tappekran for døde egg ved røkting.

Eggkvalitet er vanskelig å vurdere da det ikke finnes objektive mål for dette. Ved innsamling er det allikevel mulig å foreta en visuell inspeksjon av eggene i stereolupe (gjerne med mørkefelt). Celledelingen i eggene bør være symmetrisk, cellene klart avgrenset og omtrent like store. Videre bør feltet utenfor celleklumpen være klart og gjennomskiktig.



Foto: Terje van der Meeren

Figur 5 Torskeegg like før klekking.
Cod egg close to hatching.

Høy befruktning er en fordel for å kunne inkubere nok materiale, men det har vist seg at egg fra grupper med lav befruktning vil kunne klare seg utmerket.

Temperaturen i inkubatorene bør være den samme som temperaturen for stamfisk. Avhengig av temperaturen vil eggene bruke ulik tid til klekking. Klekking vil skje ca. 11 døgn etter befruktning ved 8-9 °C, mens tilsvarende tid ved 6 °C vil være 14-15 døgn. Her er det også mulig at ulike torskestammer vil bruke forskjellig tid under like temperaturforhold.

Ved skilling av gode og dårlige egg før overføring til inkubatoren måles ofte det totale volumet av eggene

som skal legges inn. Når eggdiameter er kjent kan dette volumet brukes til å beregne antall egg. Når man kjenner radius av egget ($r = \text{diameter}/2$) kan volumet (V) av ett egg bestemmes ($V = 4/3\pi r^3$). Ved å anta at eggene ligger i tettste kulepakning vil ca. 74 % av det målte eggvolumet være egg. Antall egg finnes derfor ved å dele 74 % av målt eggvolum på volumet av ett enkelt egg. En tommelfingerregel som kan brukes angir ca. 600 000 egg for en liter egg. Dette vil være noenlunde riktig for egg av ca. 1,30 mm størrelse, men eggdiameter for en og samme stamfiskbestand kan godt synke fra 1,5 til 1,2 mm i løpet av en gytesesong. Antallet egg fra dette kan derfor variere mellom 450 000 og 800 000 per liter. Tettste kulepakning er en teoretisk modell, og praksis har vist at antall egg per liter

stemmer bra for store egg. For de mindre eggene har det vist seg at antallet per liter er noe lavere (ca. 50 000 færre egg) enn beregnet fra formlene ovenfor. En alternativ formel er derfor $N = 1222 * D^{-2,71}$ der N er antall egg pr ml og D er gjennomsnittlig diameter for egg mellom 1,15 og 1,50 mm.

Røkting av døde egg bør skje daglig. Røktingen utføres ved å stenge av all vann- og lufttilførsel i inkubatorene for en 10-15 minutters periode. Døde egg vil da synke til bunns og kunne røktes ut ved at avløpssilen løftes og røktekranen under inkubatoren åpnes. Mengde døde egg bør måles for å holde oversikt med hvor mye som er igjen i inkubatoren. De første dagene etter innlegging vil det ofte gå ut en del egg. Dette vil vanligvis omfatte ubefruktede egg og egg med forskjellige utviklingsfeil. Økt dødelighet kan også sees senere i utviklingen når eggene går igjennom bestemte kritiske stadier (blastulasjon, gastrulasjon og epiboly). Det er blant annet viktig å unngå disse periodene når egg skal transporteres. Transporten vil normalt være trygg hvis den skjer

de første en-to døgn etter befruktning. Også like før klekking har det vært transportert egg med god suksess. I forbindelse med klekking er det viktig å få ut eggskall. Disse vil normalt synke og lett røktes ut, men ved bruk av for små luftbobler i den vertikale luftingen langs avløpssilen vil en del eggskall faktisk kunne binde seg til luftboblene og flyte.

Inkubering av torskeegg har skjedd både i lys og mørke. Begge deler ser ut til å fungere greit for klekkingen sin del, og ved Austevoll havbruksstasjon er det benyttet vanlig innendørs lys fra armaturer i taket med godt resultat. Dette gir også liten forskjell i lys ved overgang til startføring. Klekkingen skjer normalt over et døgn, men det har vært rapportert fra Skottland om klekking som har vart over tre-fire døgn. I slike tilfeller har veksling mellom lys og mørke vært brukt for å klekke eggene synkront. Figur 5 viser bilde av et torskeegg like før klekking.

3.5 Larver og tidlig yngel

Terje van der Meeren, Havforskningsinstituttet

Ulike metoder finnes for å produsere torskeyngel: 1) ekstensiv produksjon i poller, 2) semi-intensiv produksjon i poser eller store kar knyttet til poller og 3) intensiv produksjon innendørs. Sistnevnte kan foregå uavhengig av årstid og således være en kontinuerlig produksjon i motsetning til de to første metodene. Hvis torsken i oppdrett skal nå et nivå på for eksempel halvparten av lakseproduksjonen i 2000, vil det være behov for en årlig produksjon av ca. 170 millioner 5 grams yngel. Dette vil legge beslag på 800-1000 veldrevne poller av brukbar størrelse hvis all denne yngelen skulle produseres etter de to første metodene. Til sammenligning vil dette kanskje kunne klares av 30-50 intensive yngelanlegg når denne metoden er ferdig utviklet og optimalisert for torsk. For øvrig produseres det i størrelsesorden 400 millioner yngel av de marine artene "seabass" og "sea-bream" i middelhavsområdet med bruk av den intensive metoden.

Startfôring

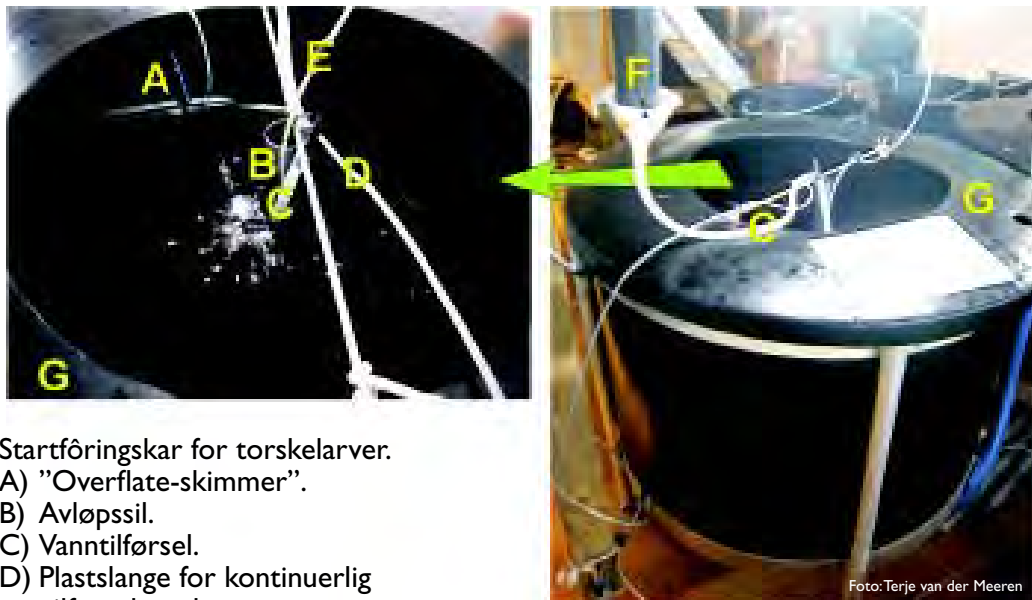
Startfôring av torskelarver er en komplisert prosess som krever kunnskap både om larvenes næringsøkologi, ernæring, og krav til vannkvalitet og andre miljøforhold. I tillegg må produksjon av alger og levende byttedyr som hjuldyr (rotatorier) og saltkreps (*Artemia*) beherskes. Det hele må kombineres med en utstrakt praktisk sans og syn for detaljer som ofte kan være av avgjørende betydning. Til sist er det fremdeles mangel på kunnskap om viktige deler av startfôringen. Det største uløste spørsmålet er hvorfor torsken i den tidlige yngelfasen ofte er utsatt for stor og plutselig dødelighet. Er torsken spesielt sårbar i denne fasen, eller stilles det spesielle krav til ernæring, miljøforhold og vannkvalitet som vi ikke har innarbeidet i den oppdrettsteknologien vi bruker? En dødelighet på 60-80 % i denne fasen er tung å bære for en oppdretter som allerede har investert en-to måneders arbeid i startfôring og produksjon av alger og levendefôr.

I det følgende vil startfôring av torskelarver beskrives for den intensive metoden ut fra erfaringene som

er gjort ved Havforskningsinstituttet, Austevoll havbruksstasjon. Startfôringen utføres i sylindereformede kar (Fig. 1) med flat eller svak kon bunn. I sentrum er det satt opp en avløpssil med 250-350 μ m planktonduk som skiftes til større maskevidde etter hvert som larvene vokser (1000 μ m ca. fem uker etter klekking når *Artemia* introduseres som byttedyr). Rundt avløpssilen er en luftring i plast på samme måte som i egginkubatorene. Dette vil gi en sentral luftbobling i karet som fører til vertikal vannbevegelse i midten og langs karveggen. Langs overflaten transporteres vannet horisontalt ut fra midten. Vannivå reguleres med nivåør på utsiden av karet. Karfargen er vanligvis sort eller grønn. Oppå karene kan det brukes en krage for å skygge karveggen (Fig. 1). Det er observert at bruk av denne kragen vil orientere larvene vekk fra veggen slik at det blir en god og jevn fordeling av larvene. Vel en meter over karet benyttes et lysarmatur av varierende størrelse, avhengig av karvolum. Større kar får 36W lysrør mens det brukes 18W til mindre kar. Erfaringene er gode med OSRAM Biolux 72 rør, som er et dagslysrør med forholdsvis vidt spekter. Ulike lysintensiteter mellom 40 og 650 lux har vært brukt, og alle har gitt bra resultat. Det benyttes 24 timers kontinuerlig lys.

Temperaturen i karene ved overføring av plomme-sekkklarver må være identisk med temperaturen i klekkeriet (6-8 °C). Så økes temperaturen langsomt (maksimum 1 °C pr døgn) til 12 °C som benyttes videre. Alle karene bør ha individuelle kolonne-luftere (Fig. 1). Dette vil sikre at vann som går inn i karet ikke er overmettet med hensyn til nitrogen. I overflaten av karet benyttes "skimmere" for å fjerne lipidrester fra fôringen. Denne skimmeren bør ligge helt ute langs kanten slik at fetthinnen som drives ut fra boblingen i midten fjernes i så stor grad som mulig.

Avhengig av temperatur overføres larvene på dag 3-5 etter klekking. Larvene bør ha litt plommesekk igjen ved overføring. Overføres de ved riktig tidspunkt vil de kunne spise store mengder rotatorier innen 6-8 timer. Verken bruk av alger (*Isochrysis* sp.) eller lysintensiteter mellom 40-650 lux ser ut til



Figur 1 Startfôringskar for torskelarver.

- A) "Overflate-skimmer".
- B) Avløpssil.
- C) Vanntilførsel.
- D) Plastslange for kontinuerlig tilførsel av alger.
- E) Plastslange for lufttilførsel rundt avløpssilen.
- F) Kolonnelufter.
- G) Krage.

Tank for startfeeding of cod larvae.

- A) Surface skimmer.
- B) Outlet sieve.
- C) Water supply.
- D) Plastic tube for continuous supply of algae.
- E) Plastic tube for aeration around the outlet sieve.
- F) Column aerator.
- G) Collar lid.

å påvirke første næringsinntak. Bruk av alger for å lage grønt vann er vanlig i intensiv yngelproduksjon av flere marine arter. Hos torsk har det vist seg at overlevelsen de første 3-5 ukene varierer mellom 12 og 30 % hvis det kun benyttes klart vann uten alger. Larvetetthet ved overføring fra egginkubator har da vært vel 40 plommeseckklarver per liter. Med alger er det observert større variasjon, men generelt høyere overlevelse enn i klart vann. Overlevelsen i algevann har variert mellom 9 og 63 % med tettheter på 10 til 40 plommeseckklarver ved overføring fra inkubator. I de fleste karene er overlevelsen høyere enn 30 % når det brukes alger. Alger tilføres kontinuerlig med doseringspumpe, og algetettheten har vært mellom 100 og 200 celler/ μl , noe som tilsvarer mellom en og to NTU når turbiditet har vært målt. Perioden med alger har vært sammenfallende med hvor lenge rotatorier har vært brukt som fôr (4-5 uker etter klekking), men det vil kanskje være like gunstig å begrense algeperioden til kun to uker. Dette er imidlertid ikke prøvd ut i større skala. Siden alger ikke betyr noe for det aller

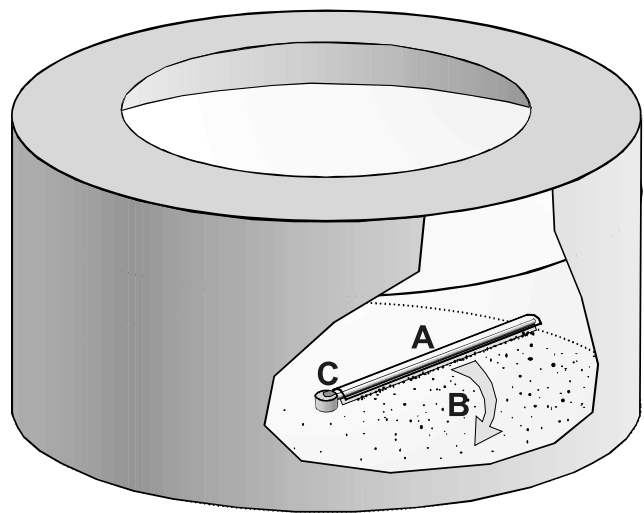
første næringsinntaket, er det nærliggende å tro at algene kondisjonerer vannet på en eller annen måte. Mesteparten av dødeligheten i karene ser ut til å skje ganske tidlig (innen første uken etter overføring). Alger kan også tenkes å kondisjonere byttedyrene slik at de holder næringsverdien og er mer optimale for larvene. Likevel, bruk av klart vann gir også betydelige mengder larver. En overlevelse på rundt 20 % med 40 larver per liter som utgangspunkt vil for eksempel gi i underkant av ni yngel pr liter ut av karet. Dette tilsvarer teoretisk ca. 44 000 yngel fra et kar med diameter 2,5 m (5 m³).

En rekke faktorer knyttet til fôr og vannkvalitet vil være bestemmende for å få et bra resultat gjennom larvefasen. I resultatene nevnt ovenfor har det vært brukt en vannutskifting på to ganger karvolumet ved overføring fra inkubator. Denne har vært økt gradvis til ca seks ganger karvolumet innen fem uker etter klekking. Trolig vil det være gunstig med enda større vannutskifting, men det krever større mengder fôrorganismer da en større andel av disse vil gå tapt gjennom avløpssilen. For å hindre at larvene suges mot avløpssilen kreves det større silflate ved økt vanngjennomstrømming tidlig i startfôringen. Utfôringsstrategi er også viktig. Ved de larvetettheter og overlevelser som er referert ovenfor vil larvene tre-fire uker etter klekking effektivt fjerne alle byttedyr i løpet av tre timer når det tilføres rotatorier tilsvarende 8000 per liter karvolum. Kontinuerlig tilførsel av nok fôr er derfor kanskje en løsning. Man bør regne med et fôrbehov fra 100 til 1000 rotatorier per larve per døgn for perioden fra første næringsinntak til fire uker etter klekking. I tillegg må man ta høyde for tap av

byttedyr gjennom avløpssil og at en del rotatorier blir inaktive, synker til bunns og dør uten å bli spist. Selv om overlevelsen har vært god, har veksten vært dårlig gjennom larvefasen. Dette støtter opp under at tilførselen av byttedyr kanskje bør være enda høyere enn angitt ovenfor. Det har vist seg at det er gunstig å bruke rotatorier så lenge som mulig. Vi snakker her om frem til 4-5 uker etter klekking, eller frem til at larvene er vel 10 mm (ca. 1mg tørrvekt).

Det finnes flere ulike strategier for å produsere byttedyr. Produksjonen av rotatorier er helt klart begrensende for mengde larver som kan startføres på en gang. Rotatorier kan dyrkes i 600 liters tanker med kon bunn. Dyrkingen utføres ved 20 °C i 80 % sjøvann med noe tilførsel av alger av og til, og f.eks. med RotiMac (BioMarine AquaFauna Inc., USA) som får to ganger daglig. Mellom 0,3 og 0,5 g RotiMac per million rotatorier brukes per fôring. Kraftig luftbobling benyttes i kulturene, og oksygen ble tilført etter behov (relativt sjelden). Rotatorier kan også dyrkes på gjær eller alger. En annen mulighet er oljeemulsjoner av samme type som benyttes for *Artemia*. Både kontinuerlig kultur med høsting av 15-20 % daglig, og "batch-kultur" med høsting av ca 12 % daglig er benyttet. En av de viktigste begrensningene i produksjonen av rotatorier er akkumulering av ammonium i rotatoriertankene. Forsøk i Belgia med kontinuerlig vannutskifting, nitrifisering av ammonium i et biofilter (resirkuleringsanlegg) og proteinskumming har gitt betydelig høyere tettheter av rotatorier slik at større mengder kan produseres på samme volum.

Etter perioden med rotatorier benyttes *Artemia* som byttedyr. *Artemia* er trolig dårligere enn rotatorier ernæringsmessig sett (mindre fosfolipid og flerumettede omega-3 fettsyrer), men inneholder mer energi da dette byttedyret er større. *Artemia* er for det meste av typen EG cyster (USA). *Artemia* dekapuleres og klekkes etter standard prosedyrer (hydrering i kald sjø, etsing av cysteskall med natrium-hydroksyd og hypokloritt, skylling med tiosulfat og kaldt vann, samt klekking ved maksimum 27,5 °C i 250 liters tanker med luftbobling og kraftig lys). Vel 24 timer etter igangsetting av klekkingen skylles *Artemia*-naupliene og settes til anriking med DC-DHA Selco (Artemia Systems Inc., Belgia) ved samme temperatur og lysforhold som under klekkingen. Også andre anrikingsmedier er mulig å få tak i, og emulsjonene til anrikningen kan man også lage selv. Vel 0,20-0,35 g Selco benyttes per



Figur 2 Rensesystem for bunn i oppdrettskar
 A) Roterende rensearm med kost eller gummilist.
 B) Organiske partikler.
 C) Gjennomføring til gir og elektrisk 24V motor på undersiden av karet.
 Bottom cleaning system for rearing tanks
 A) Rotating cleaning arm with brush or rubber squeegee.
 B) Organic material.
 C) Connection to gear and electric 24V motor under the tank.

liter tankvolum for tettheter av 200-350 *Artemia* pr ml. I tillegg kan det tilsettes vitaminer. Etter 20 til 24 timers anriking skylles *Artemia*-naupliene og føres ut til torskelarvene. Utfôringen bør foregå kontinuerlig. Nedkjøling av utfôringstanken med *Artemia* kan være gunstig da *Artemia* holder lengre på næringsverdien ved lavere temperatur.

Røkting i karene gjennom larvefasen er vanskelig så lenge det brukes alger. Bunnen er vanskelig å se og det er lett å virvle opp organisk materiale fra bunnen. I tillegg befinner det seg en del torskelarver ofte dypt i karet de første ukene. I forsøkene ved Austevoll havbruksstasjon er det ikke utført røkting i algeperioden. Et automatisk røktesystem av rensearmtypen (Strandvik Plast AS) vil være å foretrekke (Fig. 2), men dette systemet må tilpasses for torsk.

Tidlig yngelfase

Metamorfosen hos torskelarvene regnes å begynne ved en størrelse av 12-15 mm. Metamorfosen er en lang prosess, og tarmsystemet er ikke ferdig utviklet før ved ca 40-50 mm lengde. Da torsken verken er larver eller ferdig utviklet yngel i denne fasen,

kalles derfor dette "tidlig yngel". Yngelens behov for mye mat samt usikkerhet rundt tilgjengelighet og ernæringsmessig kvalitet av *Artemia*, gjør det ønskelig med en tidlig overgang til formulert fôr. Dette området er for tiden et viktig satsingsfelt i forskningen. Fôret må også være av en type at det lett aksepteres av yngelen, og det må fungere godt i fôrautomater. Fôret bør ha passelig oppdrift slik at det holder seg i vannmassen en liten stund. Tilførselen av formulert fôr bør skje ofte slik at tilgjengeligheten er god. Bruk av formulert fôr stiller store krav til reinhold i karet. Dette må gjøres daglig manuelt eller automatisk av et "rensearm"-system. Akkurat under tilvenningen vil det også trolig være en fordel å håndfôre en god del. Dette gir god kontakt med fisken, noe som er viktig for å oppdage eventuelle problemer i forbindelse med tilvenningen.

Torsk i tidlig yngelfase er observert i å spise hverandre. Denne kannibalismen har trolig sammenheng med utilstrekkelig tilførsel av fôr. Visuelle observasjoner gjort i kar med kontinuerlig tilførsel av fôr tyder på at kannibalisme ikke forekommer når mattilgangen er god. Også store forskjeller i yngelstørrelse i et kar er uheldig og kan føre til kannibalisme. Store forskjeller i størrelsen kan tyde på utilstrekkelig fôring, og problemet kan avhjelpes ved sortering. Stor spredning i størrelse kan også skapes ved at store byttedyr (for eksempel *Artemia*) innføres for tidlig i larvefasen. Det kan føre til at enkelte individer skaffer seg et forsprang som etterløperne ikke klarer å ta igjen.

Torsk i tidlig yngelfase ser også ut til å være svært utsatt for perioder med plutselig og stor dødelighet. Dette kan inntreffe både før, under og etter tilvenning til formulert fôr. I noen tilfeller vil en del yngel flyte på overflaten med oppsvulmet buk, mens det er vel så vanlig at yngelen ligger død på bunnen om morgenen. Opp mot 80 % av yngelen kan gå tapt på denne måten. Det er svært viktig å rømme ut den døde yngelen hurtig. Videre vil det være en fordel å øke vanngjennomstrømningen, kanskje opp mot 20 ganger karvolumet per døgn. Hvis yngelen flyter i overflaten med buken opp, bør luftingen av vannet sjekkes og det tilførte vannet måles for nitrogenovermetning. Overflaten



Figur 3 Torskeyngel (ca. 50 mm lengde) fra lysmanipulert stamfisk med høstgyting. *Cod juveniles (ab. 50mm length) from light-manipulated broodstock spawning during autumn.*

bør sjekkes for fetthinne helt ut til karveggen, og skimmeren kontrolleres slik at den fungerer skikkelig. Forsøk i mindre skala viser at overlevelsen også kan være svært god i denne perioden. Dette forsøket ble karakterisert ved høy vanngjennomstrømning (50 ganger karets volum) og kontinuerlig tilførsel av *Artemia* før tilvenning til formulert fôr. Resultatet kan tyde på at vannkvalitet spiller en viktig rolle.

Den sensitive perioden i tidlig yngelfase ser ut til å være forbigående. Når yngelen har passert 50 mm lengde (Fig. 3), ser den ut til å være langt mer robust. Dette kan tenkes å ha sammenheng med utvikling av et spesifikt immunforsvar som skjer relativt seint hos torsk. Kunnskap om årsaken til dødeligheten i tidlig yngelfase og utvikling av systemer og prosedyrer som reduserer problemet bør være et av de viktigste forskningsområdene for å støtte utviklingen av torsk i oppdrett.

3.6 Tilvekst hos torsk

Ørjan Karlsen, Havforskningsinstituttet

Settefisk

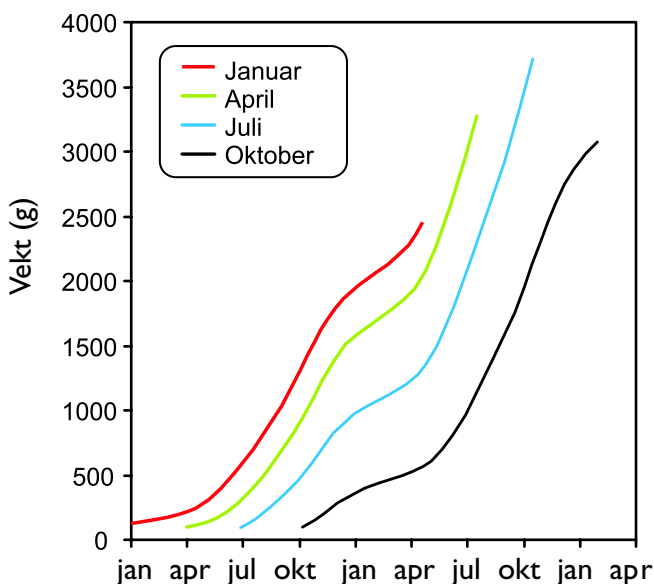
I de senere år har torsk igjen blitt attraktiv som oppdrettsart. Kunnskapen om hvordan en kan forskyve gytesesongen ved hjelp av å forskyve lysrytmen har vært kjent lenge. Og ulikt tidligere år satser mange av yngelproduzentene nå på nær helårig yngelproduksjon, de fleste i intensive oppdrettsystemer. Hvilken alder og størrelse en velger ved utsett til merd varierer, noen satser på å produsere settefisk over 50 g, mens andre velger å produsere 5 g yngel. Erfaringsgrunnlaget for i hvilken grad torsk tåler å bli satt ut ved ulike temperaturer, og hvilken vekst og overlevelse en kan forvente er ikke det beste. Fisken som produseres i poll blir samlet inn når den er noen få gram, og holdes i merd til den selges. Dette fungerer godt, med god vekst og liten dødelighet. Ved overføring bør fisken akklimatiseres til nye temperaturer. En skal være forsiktig med å overføre fisk til kalde temperaturer da den lett får sårskader som ikke

heles. Vår erfaring er at fisken tåler bedre å bli satt ut til høyere temperaturer enn lavere. Vi har overført fisk på 500 gram direkte fra 8 til 16 grader, og selv om fisken spiste dårlig i 10 dager, var det ingen dødelighet eller sykdomsutbrudd. Et så stort sprang anbefales ikke.

Siden vekst er så avhengig av temperatur og antall lystimer, har fisk på våre breddegrader et markert vekstmønster med dårlig vekst om vinteren, og god sensommer og høst. Liten fisk er mer påvirket av temperatur enn stor fisk, og betydningen av å ha optimal temperatur er derfor viktigst for liten fisk. Erfaringsgrunnlaget for utsett av liten fisk ved ulike årstider med de ulike temperaturene er mangelfulle. I en normal produksjonssyklus med eggproduksjon og startfôring om våren vil torsken normalt nå en størrelse på mellom 100 og 300 gram til juletider. Fisken som settes ut om høsten har noen få måneders tilveks før vintertemperaturene og antall lystimer reduserer veksten frem til sent om våren da temperaturen øker. I mangel på reelle data kan en estimere veksten ved ulike utsettingstidspunkt ved å bruke kjente vekstformler for torsk. Figur 1 viser tilvekst i 500 dager hos 100 grams torsk satt ut ved ulike tidspunkter i året ved temperaturer målt ved Havforskningsinstituttet, Austevoll havbruksstasjon.

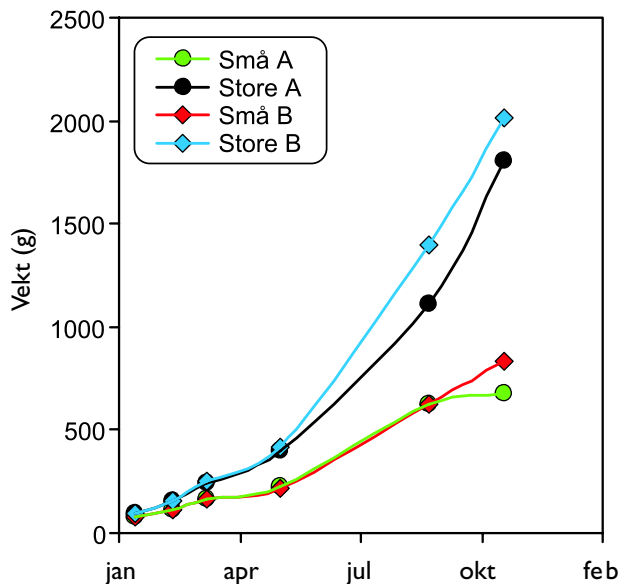
Årsaken til veksten har sammenheng med hvor stor del av de 500 dagene fisken opplever rimelig gunstige temperaturer. Bruker en formlene ovenfor vil fisken uansett utsettingstidspunkt nå nær identiske størrelser ved hele år (eks. vil alle være 1,8 kg 1 år etter utsett). Dataene som formlene bygger på er ikke dokumentert for størrelser over 2 kg. Erfaring tilsier dog at veksten første året i sjø kan være betydelig bedre enn hva formlene indikerer, mens problemene med kjønnsmodning har gjort det vanskelig å dokumentere veksten andre året i sjø (fra fisken er ca. 3 kg).

Den innbyrdes størrelsesrangeringen av fisk i en gruppe ser ut til å holde seg noenlunde konstant over flere år. Det er stor variasjon i vekst både innen og mellom familiegrupper. Siden tilgjengelige



Figur 1 Beregnet tilvekst over 500 dager for 100 grams torsk satt ut ved fire ulike tidspunkter på året. *Calculated growth during 500 days for 100 g cod transferred to net pens four times. The growth is calculated from growth equations.*

grupper har vært fra materiale som inneholder mange familiegrupper, vil spredningen i vekst være betydelig. Figur 2 viser eksempler på forskjell i vekst mellom 30 hurtigvoksende og 30 sentvoksende fisk i to ulike behandlinger (A og B). Allerede etter 10 mnd. utgjør forskjellen 1,2 kg.



Figur 2 Forskjell i vekst mellom 30 hurtigvoksende og 30 sentvoksende fisk i to ulike behandlinger, A og B. *Difference in growth rate between 30 fast growing and 30 slow growing fish in various treatments (A and B).*

Selv om behandlingen her har effekt (A vs. B), er forskjellen mellom de hurtig- og sentvoksende i en behandling betydelig større enn behandlingseffekten. Forskjellen mellom gruppene indikerer også hvilken spredning i vekst en kan få innen en gruppe. Det vil derfor svare seg å benytte hurtigvoksende fisk som utgangsmateriale uansett når fisken settes ut. En må forvente at med et mer homogent utgangspunkt ved hjelp av avl og sortering kan redusere variasjonen betydelig.

Merdoppdrett

Siden teknologien som benyttes til lakseoppdrett kan overføres til torsk, kreves det ingen spesielle tilpasninger av oppdrettsystemene. Men vær oppmerksom på at atferden til torsk er slik at den går langs bunn og vegger. Den finner derfor lett hull i merdene, og rømmer villig ut disse. Faren for rømming gjennom hull er langt større for torsk enn for eksempel laks.

Veksten til torsk i merder er avhengig av temperatur og antall lystimer. Tidligere er det gjort en rekke undersøkelser av betydningen av spesielt temperatur på vekst hos torsk. Resultatene viser at veksten øker mot en temperatur rundt 12 °C, noe høyere for liten fisk, og noe lavere for stor fisk. Torsk tåler temperaturer på 20 °C i en lengre periode, men den vokser ikke. Tilsvarende overlever den temperaturer ned mot 0 °C. Fisken må ikke håndteres ved høye eller lave temperaturer. Forsøk har også vist at lange dager med bruk av kontinuerlig tilleggslys (over- eller undervannslys) gir en vekstforbedring. Økende antall lystimer ser ut til å fremme veksten. Denne effekten varierer litt avhengig av årstid, i kar på land ser det ut til at lange dager er fordelaktig for liten fisk, spesielt ved høye temperaturer. For større fisk er effekten av rent kontinuerlig lys eller kontinuerlig tilleggslys størst på vårparten. For fisk holdt på naturlig lys frem til januar året etter klekking (ca. 10 mnd gammel) og deretter satt over på kontinuerlig tilleggsbelysning i merder, fremmet ikke lyset



Figur 3 Veiing og måling av torsk fra merd ved Austevoll havbruksstasjon. *Measurement of cod from net pens at Austevoll Aquaculture Research Station.*

veksten i forhold til grupper på naturlig lys før andre våren, da de på naturlig lys kjønnsmodnet.

Stor torsk (500 gram og oppover) tåler sterk strøm. I karforsøk påvirket ikke svømmehastigheter på en kroppslengde i sekundet veksten, etter en innledende tilvenningsperiode. Dette betyr også at mosjonering ikke fremmet vekst. Det er rapportert at liten fisk kan få problemer i sterk strøm, og det ble observert dødelighet som følge av dette.

I kontrollerte forsøk i kar med diameter 1,4 meter vokste sorterte grupper dårligere enn usorterte grupper, og det ble også funnet at tettheter over 10 kg/m³ reduserte veksten. I tidligere forsøk i merder har en funnet at tettheter opp mot 20 kg/m³ ikke reduserte veksten. Det gjenstår en del undersøkelser før en kan konkludere med hvilke tettheter torsk bør ha ved ulike forhold. Dette fordi at fisken endrer atferd ved økende tettheter. Ved lave tettheter ser det ut til at fisken går for seg selv, mens ved høye tettheter går den omtrent som laks. Hvilken betydning dette har for vekst er ikke avklart.

Hos torsk lagres fett hovedsakelig i leveren, innholdet av fett i muskel er mindre enn 1 %. Vanligvis har oppdrettstorsk en leverindeks (dvs. vekt av lever som % av totalvekt) på over 11-12 %. Innen en gruppe er det ofte observert sammenfall mellom individets vekst og leverindeks. Leverindeksen kan manipuleres med fôrinnehold. Høyt protein, lite fett og lite karbohydrater er gunstigst. Tilsvarende er det funnet at et grovere fôr gir lavere leverindeks, og at dette kan ha sammenheng med magetømmingsraten. Ved bruk av mye fett i fôret kan leverindeksen øke til over 16 %. Det ser også ut til at fôring annen hver dag ikke senker veksten i forhold til fisk fôret oftere, og kan ha en gunstig effekt på leverstørrelsen. Tvunget mosjonering av torsk i kar til en kroppslengde i sekundet ga ikke redusert leverindeks i forhold til fisk uten eller med lav mosjonering. Generelt ser det derimot ut til at leverindeksen er 2-6 % lavere i kar enn i merder. I lange forsøk (over ett år) kan en med valg av riktig fôr holde god vekst med en leverindeks under 9 %.

3.7 Kjønnsmodning hos torsk

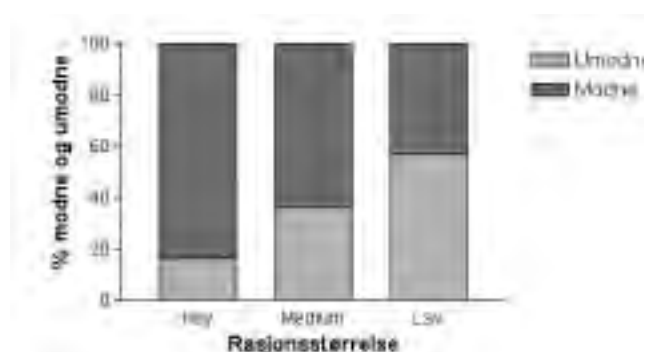
Geir Lasse Taranger, Havforskningsinstituttet

Tidlig kjønnsmodning er et av de største problemene i matfiskoppdrett av torsk. Torsken gyter vanligvis i perioden februar-april, og i løpet av denne perioden kan den miste inntill 35 % av kroppsvekten. I naturen modner kysttorsk vanligvis for første gang etter 3-6 år, mens norsk-arktisk torsk (skrei) kan være 6-8 år før den modner for første gang. I oppdrett vil imidlertid både kysttorsk og skrei ha tilnærmet 100 % modningsandel blant både hannfisk og hofisk to år etter klekking så lenge veksten har vært rimelig god. Torsken er da vanligvis bare ca. 1,5 kg, og kjønnsmodningen vil gjøre at det tar lang tid før den er oppe i en fornuftig slaktestørrelse. Fôrutnyttelsen blir også svært dårlig hvis torsken går gjennom en modning. Under gode vekstbetingelser kan en del av hanntorsken bli moden allerede som ettåring på størrelser fra 100 til 200 g! Det er antatt at det er den gode fôrtilgangen og de gode vekstbetingelsene i oppdrett som fører til den tidlige modningen. Oppdrettstorsk som har normal vekst vil typisk ha en leverstørrelse på ca. 12 % av kroppsvekten, mens vill kysttorsk vanligvis har mellom 3 og 6 % leverstørrelse. Torsken lagrer mesteparten av fett i leveren, og en antar at stor lever er med på å sette i gang kjønnsmodningen.

Det har vært gjennomført en rekke forsøk med ulike fôr eller sulteperioder for å redusere leverstørrelse og kjønnsmodning i oppdrettstorsk. Imidlertid må en ha svært lange sulteperioder for å få vesentlig redusert leverstørrelse, og i de fleste tilfellene var det ingen eller små effekter på andelen modne torsk etter to år. En mulig forklaring på den begrensede effekten av sulting kan være at grunnlaget for modning legges på et tidlig tidspunkt i livet hos torsk. For å teste dette er det nylig gjennomført et forsøk ved Austevoll havbruksstasjon der en ga torsk redusert fôrrasjon allerede fra nullgruppestadiet (fra september første leveår). Torsken ble fôret enten 100 %, 40 % eller 20 % rasjon ved at 100 % gruppen ble fôret etter appetitt fem dager i uken, mens 40 % fikk full rasjon (regnet i % av biomasse i forhold til 100 % gruppens dagsrasjon) to dager i uken og 20 % gruppen fikk full rasjon en dag per. uke. Torsken gikk i 1,5 m kar med en viss vannstrøm (mosjonering).

De ulike fôrrasjonene påvirket andelen hanner som kjønnsmodnet som ettåring (ca. 15 % i den fullfôrede gruppen og tilnærmet 0 % på de reduserte rasjonene). Etter modningen som ettåring ble alle gruppene samlet i en merd (mai 2000) og gitt full fôring fram til modning som toåring (januar 2001). I mai 2000 hadde den fullfôrede gruppen en leverindeks på ca. 6 %, mens de på redusert rasjon hadde bare ca. 2,5 % leveindeks. Til tross for at alle gruppene ble fôret i overskudd fra mai 2000 til januar 2001, var modningsandelen som toåring blant hofisk redusert fra over 80 % modning i 100 % gruppen til ca. 60 % modning i 40 % gruppen, og ca. 40 % modning i 20 % gruppen (Figur 1). Det var imidlertid også store forskjeller i kroppsvekt i januar 2001, fra ca. 1 kg i 20 %-gruppen til 1,5 kg i 100 % gruppen. Forsøket tyder på at en del av grunnlaget for høy modningsandel legges tidlig i livet. De observerte forskjellene i modning mellom gruppene kan både skyldes forskjeller i kroppstørrelse, energiinnhold (leverstørrelse) eller vekstrate.

En interessant observasjon var at modningen hos hofisken var lavere i den fullfôrede gruppen (ca. 80 %) sammenlignet med tidligere forsøk (normalt 100 %). Dette kan muligens forklares ut fra den lave leverindeksen (ca. 6 %) i mai året før gyting. Selv om dette forsøket viser at en kan redusere



Figur 1 Effekt av redusert fôrrasjon i første leveår på andelen kjønnsmodne hunntorsk ved toårsalder. *Effect of reduced feed ration during first year of life on the proportion of sexually mature female cod at age two years.*

modningen i hotorsk med redusert fôring, fører sulting også til sterkt redusert vekst. Derfor er denne teknikken lite aktuell som praktisk tiltak mot modning i oppdrett. Derimot kan dette gi oss økt innsikt i mekanismene for tidlig modning slik at en ev. kan utvikle tiltak basert på en kombinasjon av behandlinger, for eksempel mosjonering, redusert fôring i perioder og lysstyring.

Lysstyring har vist seg å være en effektiv måte for å utsette kjønnsmodningen i torsk. I et innledende forsøk ved Matre havbruksstasjon ble det indikert at en kunne utsette modningen med ca. ett år ved å gi ett år gammel torsk kontinuerlig lys fra midtsommer og utover. Forsøket ble utført i innendørs 5 m kar, og fisken ble moderat mosjonert slik at leverindeksen lå på ca. 7-9 %. Når en prøvde med det samme lysregime i merder på Tveit Oppdrett AS i Hordaland, fikk en bare utsatt kjønnsmodningen med ca. 4-6 måneder men det så ut som at omfanget av modningen ble redusert. Lysstyringen i merd utsatte modningen til torsken var ca. 3 kg, og veksten økte med ca. 0,8 kg i forhold til torsk som gikk på naturlig lys.

Det ble foreslått to ulike forklaringer på forskjellene som ble oppnådd i kar og merd: 1) det kunne skyldes ulik grad av mosjonering og svømmehastighet mellom de to systemene, og dermed forskjeller i energideponering og kjønnsmodning, eller 2) det kunne være forskjeller i lysoppfattelse mellom fisk som fikk kontinuerlig lys i innendørs kar og hos fisk i merd som fikk en kombinasjon av både kunstig og naturlig lys. Disse hypotesene er testet i to forsøk ved Austevoll havbruksstasjon.

I det første forsøket ble ettårig torsk holdt i 3 m kar på enten naturlig lys eller kontinuerlig lys fra midtsommer i lystette kar, i kombinasjon med ulik grad av mosjonering (0, 0,5 og 1 kroppslengder/s). Forsøket viste at kjønnsmodningen ble utsatt med minst ni måneder i alle gruppene som fikk kontinuerlig lys, mens mosjoneringen ikke hadde effekt på modingsandel eller tidspunkt. På naturlig lys var modningen tilnærmet 100 % til normal tid, uavhengig av mosjonering. Mosjoneringen hadde kun små effekter på leverstørrelse og vekst, og det er mulig at den gode fôrtilgangen i forsøket (overskudd) forhindret større effekter av mosjonering på energideponering hos torsken.

Det neste forsøket testet betydningen av ulik lysintensitet av det kunstige lyset i utendørs kar.

Ved lysstyring i utendørs kar eller merder vil det kunstige lyset konkurrere med den sterke naturlige bakgrunnsbelysningen. Vi antar at det er forholdet mellom lysintensiteten om dagen og natten som avgjør om torsken tolker lyset som kontinuerlig eller som et skifte mellom "dag" og "natt". Innledende forsøk med torsk i merd tydet på at den vanlige tilleggsbelysningen ikke var tilstrekkelig til å senke produksjonen av melatonin, som er et viktig 'mørkehormon' i torsk. Dette kunne tyde på at en måtte øke intensiteten på det kunstige lyset for at det skulle overstyre effekten av det naturlige lyset i merd.

Forsøket ble satt opp i oktober med torsk som var 1,5 år gammel, og som hadde hatt kunstig tilleggslys i merder fra midtsommer. Det ble benyttet dekknot på alle karene for å redusere intensiteten på det naturlige lyset for å simulere merdsituasjonen i de 1 m dype karene, og for å unngå solbrenthet. En gruppe gikk i lystette kar og fikk kun kunstig kontinuerlig lys med normal intensitet (ca. 100 lux) fra oktober, en gruppe fikk kun naturlig lys, en gruppe fikk en kombinasjon av naturlig lys og normal lysintensitet (ca. 100 lux på bunn av karet) og en gruppe fikk naturlig lys i kombinasjon med kontinuerlig lys med høy intensitet (ca. 1600 lux på bunnen av karet).

Som forventet var det tilnærmet 100 % modning på naturlig lys i mars, mens det var svært få individer som modnet på kontinuerlig lys fram til desember da fisken var nesten tre år gammel. Det ble observert en viss tendens til gonademodning på fisk eksportert for både normal og høy lysintensitet i tilleggslysgruppene utover høsten, men denne tendensen var lavere i gruppen på høy lysintensitet.

Målinger av 'mørkehormonet' melatonin viste at både kontinuerlig lys i de lysttette karene, og den høye lysintensiteten, fjernet døgnrytmene i dette hormonet, mens tilleggslys med normal intensitet ikke klarte å fjerne denne rytmen. Dette tyder på at tilleggslys på ca. 1600 lux i kombinasjon med dekknot er tilstrekkelig til i stor grad å blokkere kjønnsmodning hos torsk. Det ble funnet tendenser til gonadeutvikling både på fisk eksponert for både normal og høy lysintensitet. Dette kan enten tyde på at en slik lysstyring ikke vil være 100% effektiv i å stoppe modningen i alle individene, eller at forsøket startet for seint opp (oktober) for å få full effekt. Effekten vil sannsynligvis allikevel være tilstrekkelig for å få gode produksjonsresultat i matfiskoppdrett av torsk.

Imidlertid vil det være kostbart og vanskelig å oppnå en lysintensitet tilsvarende 1600 lux i en stor merd, selv om en bruker undervannsllys. Vi er derfor i gang med nye forsøk for å teste hvor lite lys vi kan bruke for å få en akseptabel effekt i merd, og om vi evt. kan finne mer optimale bølgelengder på det kunstige lyset slik at vi kan oppnå den ønskede biologiske effekt med minst mulig strømforbruk.

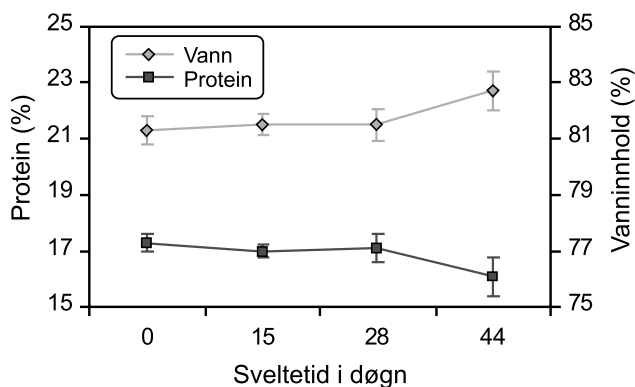
3.8 Slaktekvalitet på oppdrettstorsk

Håkon Otterå, Havforskningsinstituttet
Leif Akse, Fiskeriforskning

Dersom oppdrett av torsk skal verta ei næring av særleg omfang, er det avgjerande at ein greier å produsere eit produkt med stabil og god kvalitet. Ein stor del av problema ein hadde rundt 1990 med innføring av torsk som ein ny oppdrettsart, var knytte til problem med kvaliteten, anten reelle problem eller rett og slett dårleg rykte. Oppdrettstorsk vert naturleg nok samanlikna med vill torsk, og fleire eksempel på avvik i høve til vill torsk vart rapportert på 1980/1990-talet:

- stor lever
- tynne bukklappar
- mørk skinnfarge
- seig konsistens
- anna smak
- låg pH i muskel
- dårleg eigna for fryselagring

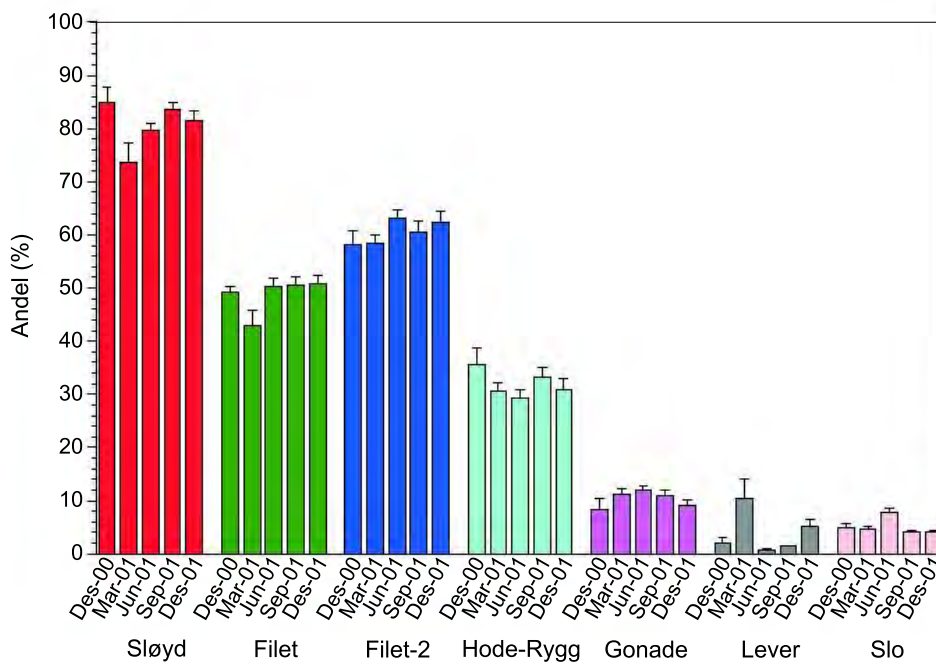
Problem med stor lever på oppdrettstorsk er eit velkjent problem, og er nok ein av hovudgrunnane til at enkelte meiner at oppdrettstorsk har dårleg kvalitet. Torsk som vert fôra med feitt fôr, f.eks. tørrfôr berekna på laks eller feit fisk, vil lett få ei unaturleg stor lever, gjerne opp mot 20 % av kroppsvekta. Dette fører igjen til at bukveggen vert tynn og fileten liten. Med dagens fôr berekna på torsk (feittinnhald 11-15 %) er ikkje dette noko stort problem. Typisk finn ein i dag levervektar på rundt 10% av rund vekt, noko som ikkje er uvanleg også for vill fisk. I tillegg kan levera, dersom ho har god kvalitet, vera eit godt betalt biprodukt.



Figur 1 Protein og vassinnhald i muskelen på loddetorsk som vart svelta i 44 døgn. *Protein and water content in cod starved for 44 days.*

Eit anna lett karakteristisk trekk hos oppdrettsfisken er den mørke skinnfargen. I enkelte marknader vert det sett på som eit teikn på dårleg kvalitet – fordi dette vert assosiert med mørk villfisk av dårleg kvalitet. Om mørk skinnfarge vert eit reelt problem ved eksport av oppdrettstorsk, avheng både av til kva marknad han vert seld og om han vert seld rund eller som filet. Det er mengda melanophorer, fargeceller, i skinnen som avgjer kor mørk fisken vert. I tillegg vert fordelinga av fargestoffet melanin i fargecellene styrt nervøst, slik at torsken til ein viss grad kan tilpassa seg fargen på omgjevnadane. Dette kan gje seg utslag i at fisken endrar skinnfarge etter slakting, og svært ofte vert fisken betydeleg mørkare ei stund etter at han er vorten avliva. Det er likevel mykje truleg at ein ved å endra oppdrettstilhøva heilt frå yngelstadiet av, til ein viss grad kan styra skinnfargen på oppdrettstorsken.

Ein torsk i fangenskap kan nå ein storleik på rundt 3 kg to år etter klekking. Tilsvarande vekt vert først nådd ved alder tre-fem år i vill tilstand i Sør Noreg, og endå seinare lenger nordover. Veksten til oppdrettstorsken vil nok bli endå betre enn dette når ein kjem eit stykke lenger med domestiseringa. Ein rask vekst vil naturleg nok påverka strukturen i muskelfibrane og muskelkjemien generelt. Energinivået (glykogeninnhaldet) i muskelen hos oppdrettstorsk vil vanlegvis vera mykje høgare enn hos villfanga fisk, noko som kan påverka kvaliteten etter slakting. Teksturen i muskelen etter koking vert gjerne fastare for oppdrettstorsk, og smaken kan vera litt avvikande frå villfisk. Nye resultat frå prosjektet "Kvalitet på oppdrettstorsk" (NFR nr. 136455/120) gjennomført i regi av m.a. Norsk Sjømatcenter, Havforskningsinstituttet og Fiskeriforskning viser likevel at kvaliteten på oppdrettstorsk i det store og heile er god. Ein del avvik frå det ein er van med på vill torsk er likevel til stades. Det er derfor viktig at oppdrettstorsk vert sett på som eit eige produkt, og ikkje nødvendigvis samanlikna med villfanga torsk. Dette prosjektet viste også svært små forskjellar med omsyn til kvalitet mellom torsk fôra med kommersielt tilgjengeleg tørrfôr og fôr basert på fiskeavskjer (Rubin-fôr).



Figur 2 Prosentvis fordeling av ulike "organ" hos oppdrettstorsk (hofisk) fôra med tørrfôr. Alt rekna som prosent av rund vekt, bortsett frå "Filet-2" som er rekna som prosent av sløyd vekt (med hovud). Målingane er gjort gjennom eit år. Data frå NFR-prosjektet "Kvalitet på oppdrettstorsk".
Percentage contribution of various "organs" to total body weight at a group of farmed cod (females) followed for one year.

I samband med slakting av torsken er det viktig å svelta fisken minst ei veke, og helst tre veker. For kort svelting vil lett gje fôrsmak på fisken, og i tillegg reduserer ein energilageret i muskelen ved svelting. Ein del av dei som har bruka fisk og fiskeavskjer som fôr til oppdrettstorsk har erfara at særleg sild kan sette ein merkbar eigensmak på torsken, det er derfor sær viktig med svelting i slike tilfelle. Forsøk har også vist at svelting utover dette i liten grad påverkar f.eks. levermengda i torsken. For lang svelting kan også redusere kvaliteten. I eit forsøk som Fiskeriforskning gjorde i Finnmark tidleg på 1990- talet, auka vass innhaldet i fileten, og proteininnhaldet gjekk ned når "loddetorsk" vart svelta i meir enn til fem veker (Fig. 1). Den åtesprengde "loddetorsken" liknar på mange måtar oppdrettstorsken i muskelkvalitet.

Når torsken vert oppdrettsfisk kan også slakting og bearbeiding optimaliserast på ein heilt annan måte enn kva som er tilfelle for villtorsk frå vanleg fiske. Frå andre oppdrettsarter, laks og kveite,

veit ein at det er mykje å vinne på å unngå stressing og utmatting av fisken under slakting. Lite er gjort for å finne den beste slaktemetoden for oppdrettstorsk, han vert i dag oftast bløgga og sløyd på same måten som villfisken. Torskeoppdrett åpner også for filetering og bearbeiding av sær ferskt råstoff, før fisken er dødsstiv. Dette gjev ein annan kvalitet både på ferske og bearbeidde produkt. Eit forsøk med lettsalting av pre rigor og post rigor filet frå oppfôra

villtorsk hos Fiskeriforskning viste store forskjellar i saltopptak, utbytte og kvalitet. Medan pre rigor-fileten tapte om lag 5 % i vekt, auka post rigor-fileten tilsvarande. Konsistens, farge og smak vart også forskjellig.

Før norsk oppdrettstorsk vert lansert for fullt i viktige marknader bør ein undersøke korleis forbrukarane opplever forskjellen mellom vill- og oppdretta torsk. Sjølv om fokus enno ei tid vil være på ferske produkt av oppdrettstorsk, kan ein gjerne også ta med frosne variantar i slike konsumenttestar. Vår hovudkonklusjon er at ved rett fôring og drift elles så får oppdrettstorsken ein god kvalitet - om enn noko forskjellig frå villfisk. Det er likevel svært viktig at ein tek problema rundt kvalitet, produkt- og prosessutvikling på alvor. Eksport av dårleg oppdrettstorsk kan lett øydelegga ei elles lysande framtid for torskeoppdrett.



Foto: Jørgen Borthen

Figur 3 Fileter av oppdrettstorsk – eit kvalitetsprodukt.
Farmed-cod fillets – a high quality product.

3.9 Kvalitet av torsk

Erik Slinde, Havforskningsinstituttet

Flere av våre torskefisker er aktuelle i oppdrett, eller egner seg til levendelagring og oppfôring før salg. Torsk, lysing og hyse er alle blitt klekket og startfôret i løpet av de siste år, men det er torsken vi har mest kunnskap om. Ved siden av disse tre er også hvitting, sei, lyr, brosme og lange torskefisker som i første omgang er aktuelle for levendelagring og oppfôring.

Torskefisk er mager fisk, og inneholder som regel mindre enn en prosent fett i fileten. Tørrstoffinnholdet i fileten er omkring 20 %. Mesteparten er protein, men dette varierer gjennom året og er avhengig av tilgang på fôr. Torskefisk er altså slankekost av beste merke.

Vi har i dag ca. 170 marine konsesjoner med et volum på 815 000 kubikkmeter som står klar til å produsere torsk i en mengde på mellom 40 000-100 000 tonn. FAO mener at det vil produseres 1,5-2 millioner tonn torsk i år 2015. I dag har vi bare 8-9 operative matfiskanlegg for torsk, så det er langt fram. Disse produserer 300 tonn oppdrettstorsk, pluss at det drives oppfôring av torsk.

I motsetning til laksefisk er fangsten av torskefisk betydelig. Markedet er stort og omfattende og kundene kjenner produktet. Det er mange biologiske problemer som skal løses før vi ser de helt store volumene av oppdrettstorsk eller annen marin torskefisk. I mellomtiden vil oppdrettstorsk måtte konkurrere i markedet med villfisken.

Loftfisket er basert på lange tradisjoner hvor skrei kommer inn til kysten i en alder av 5-7 år og gyter 3-5 millioner egg. Skreien er blitt mindre og mindre ettersom vi har høstet av de store eksemplarene, og førstegangsgyterne blir yngre og yngre. Lofottorsk er ideell til mølje, hvor rogn, lever og filet er hovedingrediensene. Dette er en rett en bare kan få når en fanger fersk, kjønnsmoden torsk. Men fileten er av dårlig kvalitet, til sammenligning like dårlig som kvaliteten av kjønnsmoden laks. I oppdrett er det å unngå kjønnsmodning en forutsetning for både kvalitet og inntjening. Beste filetkvalitet har en umiddelbart før kjønnsmodningen begynner. På dette punkt vil oppdrettstorsken lett konkurrere med

villfanget torsk fordi vi kan styre kvaliteten gjennom tilgang på fôr, og ved lysstyring.

Fisk er betydelig mer bedervelig enn kjøtt. Når fisk avlives, starter dødsprosessene hvor omsetning av glykogen til melkesyre og gjennomgang av *rigor mortis* er de sentrale begivenheter. Melkesyre senker surhetsgraden, pH, i fileten. Denne surgjøringen i torskefisk gir som regel ikke lavere pH enn 6,3, mens den i kjøtt i regelen er omkring 5,6. Surhetsgraden som fisk oppnår etter slaktning er avhengig av fôrtilgang og glykogeninnhold i muskelen. Ved lav fôrtilgang og stressende fangstmetoder kan slutt-pH i torskefisk lett bli høyere enn 7. Dette fører til at bakterier kan vokse relativt raskt, og den enzymatiske nedbrytning av fileten skjer også relativt fort dersom vi ikke har en temperatur på null grader i fileten. Vår tradisjon for behandling av fisk om bord i våre fiskefartøyer har ikke satt lav temperatur og hygiene i høysetet. På dette punkt vil oppdrettstorsken være langt lettere å behandle riktig og være langt mer hygienisk akseptabel. Den vil derfor være å foretrekke framfor villfanget fisk.

Fisk er en mer ømtålig råvare enn kjøtt. Når fisk svømmer rundt i vann, har den en vekt som er lik null. Fisken har ikke et bindevev som støtter muskelen mot tyngdekraften når den tas ut av vannet, slik som for eksempel hos pattedyr. Manglende skånsomhet under håndtering gir derfor blodflekker i vev og misfarging. Siden fisk alltid behandles sammen og ikke hver for seg, er det lett å få smitte fra den ene fiskens tarminnhold til den andres kjøttvev. Utblødning er også viktig, og det å skjære over halen på fisken sikrer at også denne delen av fileten får fin hvit farge. Filetspalting er et annet problem, og avhenger av fiskens kondisjon og behandling. Alle disse forhold er lettere å kontrollere i oppdrett, noe som gjør at oppdrettstorsk vil få en langt mer stabil kvalitet enn villfanget fisk.

”Fisk er fisk og kjøtt er mat” er et vanlig uttrykk. Dette henger sammen med at fisk alltid har vært billig og lett tilgjengelig i Norge. Imidlertid har dette forandret seg betraktelig de siste år, ettersom vi har nådd grensen for hva vi kan ta ut av havet på kloden. Verdien av fisk er derfor økende

på det internasjonale marked, og kunden er villig til å betale mer. Kunden stiller også stadig større kvalitetskrav til produktet, og det blir mer og mer lønnsomt å ta vare på all fisk. Det er da viktig å være klar over at fisk blir lettere bedrevet enn kjøtt, og kravet til kjøling og lav temperatur gjennom hele prosessen er av enda større betydning for fisk enn for kjøtt. Temperaturen må være 0 °C hele tiden. Oppdrettsfisk kan kjøles før avliving, og er langt lettere å få ned temperaturen på enn i villfanget fisk. Hygienen og holdbarheten blir derfor bedre.

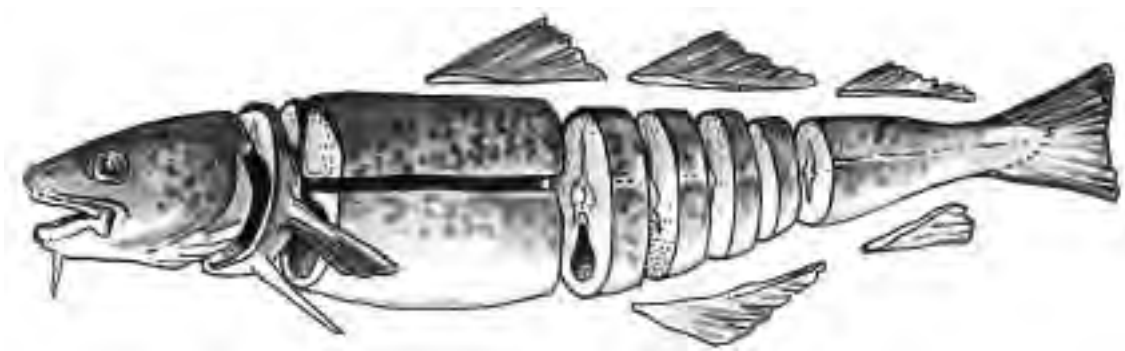
Sushi lages av rå fisk, og da er kravet til hygiene og kvalitet ekstra høyt. I denne sammenheng er trygg mat hygienisk akseptabel mat. Da må det være fritt for bakterier og parasitter. Ved å fryse fisken før bruk, tar en livet av kveis og andre parasitter som er vanlig i villfisk. I oppdrett vil en lettere kunne kontrollere parasittstatus.

Fisk inneholder kuldetolerante bakterier og det

samme gjør sjøvann. Den behandling som villfisken får gjør at bakterietallet i regelen er svært høyt i filet, ofte omkring 10 millioner per gram. Til eksempel tilsetter en "bare" en million bakterier per gram kjøtt når en skal lage salamipølse. Bakteriene som finnes i sjøvann tåler dessuten kulde bedre enn de bakterier vi finner i kjøtt fra landjorda. Dette gjør at fisk bederves lettere.

Det kunden ønsker er en hygienisk beinfri filet, som kan spores og er garantert som trygg mat, og da hygienisk trygg. Resten av fisken må lages til farseprodukter eller fermenteres.

Utseende og tekstur er viktige egenskaper, og siden oppdrettsorsk føres regelmessig og behandles skånsomt, får den en bedre tekstur, mindre filetpalting og hvitere farge enn villfisk. Dagens oppdrettsorsk har derfor en lys fremtid i markedet, og den vil bidra til at villfisken blir behandlet bedre for å kunne konkurrere i kvalitet.



3.10 Genetikk og torskoppdrett - utfordringer og muligheter

Knut E. Jørstad, Havforskningsinstituttet

I kjølvannet av den kommersielle suksess i laksenæringen, dreier oppdrettsindustriens interesse seg mer og mer i retning av marine arter. Det er mest fokus på torsk, men en rekke andre arter står også for tur. Erfaringene og lærdommene fra utviklingen av laksenæringen må legges til grunn for å stake ut en fornuftig strategi for næringsutviklingen av de marine artene. Dette bør gjøres når næringen er i startgropen fordi det vil være vanskelig å gjøre store endringer i rammebetingelsene på et senere tidspunkt.

Når det gjelder genetikk, er det spesielt to områder som har stått i fokus i laksenæringen. Det ene er aktiv bruk av genetisk kunnskap og metoder i avlsprogrammer for å forbedre viktige produksjonsegenskaper som f.eks. vekstevne, alder ved kjønnsmodning og sykdomsresistens. Slike egenskaper kan være av avgjørende betydning for det økonomiske resultatet for den enkelte oppdretter. Det andre området er knyttet opp mot den store mengden rømt oppdrettslaks og miljøvirkningene av dette. Det er særlig hensynet til villaksen som har stått i fokus, og det fryktes at krysning mellom oppdrettslaks og villaks vil føre til negative effekter i de ville laksebestandene.

De genetiske aspektene knyttet til oppdrett er imidlertid generelle og gjelder for alle arter som tas inn i kultur. For torsk er den store utfordringen nå å etablere en levedyktig næring uten de uheldige miljøkonsekvensene som vi har sett på laks. Her vil det være nødvendig med en oppsummering av eksisterende biologisk kunnskap, fremskaffing av ny og nødvendig kunnskap, og sist men ikke minst, ta aktivt i bruk genetisk kunnskap og metoder på et tidlig tidspunkt.

Lokale kysttorsk-stammer?

Det er velkjent at det er stor individuell variasjon hos torsk i størrelse, fargemønster og kroppsform. Det kan også være stor forskjell på torsk fra ulike steder. En stor del av denne variasjonen blir vanligvis forklart på grunnlag av ulike miljøbetingelser, men

her kan det også være genetiske faktorer med i bildet. I Norge har vi relativt lange tradisjoner med hensyn til genetiske studier på torsk. Allerede på midten av 1960-tallet gjennomførte Dag Møller og Gunnar Nævdal omfattende genetiske undersøkelser basert på antistoffer og blod-proteiner. Genetiske forskjeller ble påvist mellom hovedgruppene kysttorsk og skrei, men også mellom kysttorsk fra ulike områder langs kysten. Dette bildet støttes også i mange tilfeller gjennom sammenligning av biologiske parametre og vandringsmønster (merkeforsøk).

På 1980-tallet ble det også tatt i bruk andre metoder med utgangspunkt i vevsenzymer. Disse viste betydelige mindre variasjon i forhold til de første studiene, men bekreftet også i noen tilfeller de tidlige resultatene. Det var generelt langt mindre variasjon enn ventet i vevsenzymer hos torsk i Nord-Atlanteren, og dette utløste en til dels omfattende debatt om tolkingen av resultatene. De seneste årene er det blitt mer vanlig å bruke ulike DNA-metoder i slike studier. Ved Fiskerihøgskolen i Tromsø er det påvist store forskjeller mellom kysttorsk og skrei i gen systemet synaptophysin. Mikrosatellitt DNA-analyser er gjennomført på torsk en rekke steder og viser generelt en høyere grad av variasjon enn tidligere vist.

For utviklingen av torskenæringen er det viktig at vi har et korrekt bilde av bestandsstrukturen av torsk. Eventuelle krav om bruk av lokal stamfisk bør begrunnes med dokumentasjon av genetisk distinkte lokale bestander. Genetisk kartlegging av torskbestandene langs kysten er derfor viktig. Det omfattende datagrunnlaget som allerede finnes, må både revideres og suppleres med nye data fra mer moderne DNA-metoder (mikrosatellitt-analyser).

Testing av ulike stammer – produksjonsegenskaper

I startfasen av torskoppdrett er vi også avhengige av å velge riktig stamfisk. Dersom målet er å utvikle en eller flere høyproduktive linjer hos torsk, er det viktig å ta utgangspunkt i en bredt sammensatt basis-

populasjon (er). På laks ble det i starten testet ca. 40 ulike elvestammer under oppdrettsbetingelser. Det omfattende avlsprogrammet som er gjennomført har uten tvil hatt stor betydning for næringen. Den fisken som utgjør hovedmaterialet i dag er avkom fra et relativt lite antall stammer av de opprinnelige 40.

Hos torsk vil det sannsynligvis være praktisk vanskelig å gjennomføre et så omfattende program som hos laks. Det er viktig å ta utgangspunkt i noen av de stammene vi vet er forskjellig genetisk sett og teste disse under ellers like forhold i kultur. Fra rutinemessig overvåkning av torskebestandene finnes et stort biologisk materiale som må vurderes i forhold til oppdrett av torsk. Dessuten ble det gjennomført omfattende utsetninger og studier av torsk på 1990-tallet i regi av havbeiteprogrammet PUSH. Her er det også mye bakgrunnsmateriale som vil være svært nyttig når strategien for torsk skal utformes.

På samme måte som på laks vil en testing av et utvalg av stammer gi informasjon om hvilket materiale det er mest formålstjenlig å gå videre med. Egenskaper som har betydning for det økonomiske resultatet (tilvekst, kjønnsmodning, sykdomsresistens og lignende) kan kartlegges innenfor og mellom stammene, og arvbarheten bestemmes. Dette vil være nødvendig for å vurdere grunnlaget og mulighetene for å sette i gang mer omfattende avlsprogrammer på torsk. Her vil det også være formålstjenlig å sammenligne avkom fra ulike familiegupper under identiske forhold (samme forsøksenhet) ved å bruke mikrosatellitt DNA-analyser til identifisering av grupper. Slike forsøk er allerede gjennomført i Norge både på torsk og hummer i samarbeid med utenlandske institutter (EU-prosjekter).

Ved Havforskningsinstituttet er det tidligere gjennomført en rekke studier på torsk hvor overleving og vekst på avkom fra kysttorsk og skrei er sammenlignet. Forsøkene viser at avkom fra kysttorsk har høyest overleving og vekst i den tidligste larvefasen, i alle fall under de betingelsene som foreløpig er testet. Det er også vist klare forskjeller i vekst mellom de to hovedgruppene gjennom året, kysttorsken har hurtigst vekst i sommerhalvåret, mens skrei vokser relativt bedre ved lavere temperaturer (se figur 1). Skrei legger også inn mer av veksten i hvit muskulatur i forhold til kysttorsk. Slike forhold kan ha stor betydning

for økonomien i et framtidig oppdrett, og må derfor undersøkes i mer detalj.

Muligheten for avlsprogrammer

Grunnlaget for å forbedre det genetiske grunnlaget for viktige produksjonsegenskaper er at det er tilstrekkelig genetisk variasjon i utgangsmaterialet. I tillegg vil det være avgjørende i hvilken grad de ønskede/uønskede egenskapene er arvbare. Før det settes i gang et omfattende og kostbart program for seleksjon, må derfor arvbarhetene (heritability) estimeres. Arvbarheten måles i eksperimentelle krysningsforsøk og angis på en skala fra null (ingen arvelig komponent) til en (100% arvelig bestemt). Dersom arvbarheten er lav, har det liten hensikt å sette i gang et storstilt avlsprogram. Foreløpig finnes lite eller ingen informasjon om dette på torsk, men det antas at det også her er lignende forhold som for en rekke andre arter.

Det finnes ulike modeller og strategier for avl for å forbedre egenskapene til organismer i kultur. I lakseoppdrett brukes familieseleksjon, dvs. at de beste familiene (og beste individene innenfor de enkelte familiene) plukkes ut og brukes som stamdyr for neste generasjon. Dette har fungert bra i laksenæringen, men har krevd forholdsvis store investeringer og anlegg. Avkom fra et større antall familier må oppdrettes i separate enheter inntil de kan merkes og oppdrettes i større kar i et relativt kostnadskrevenende oppsett.

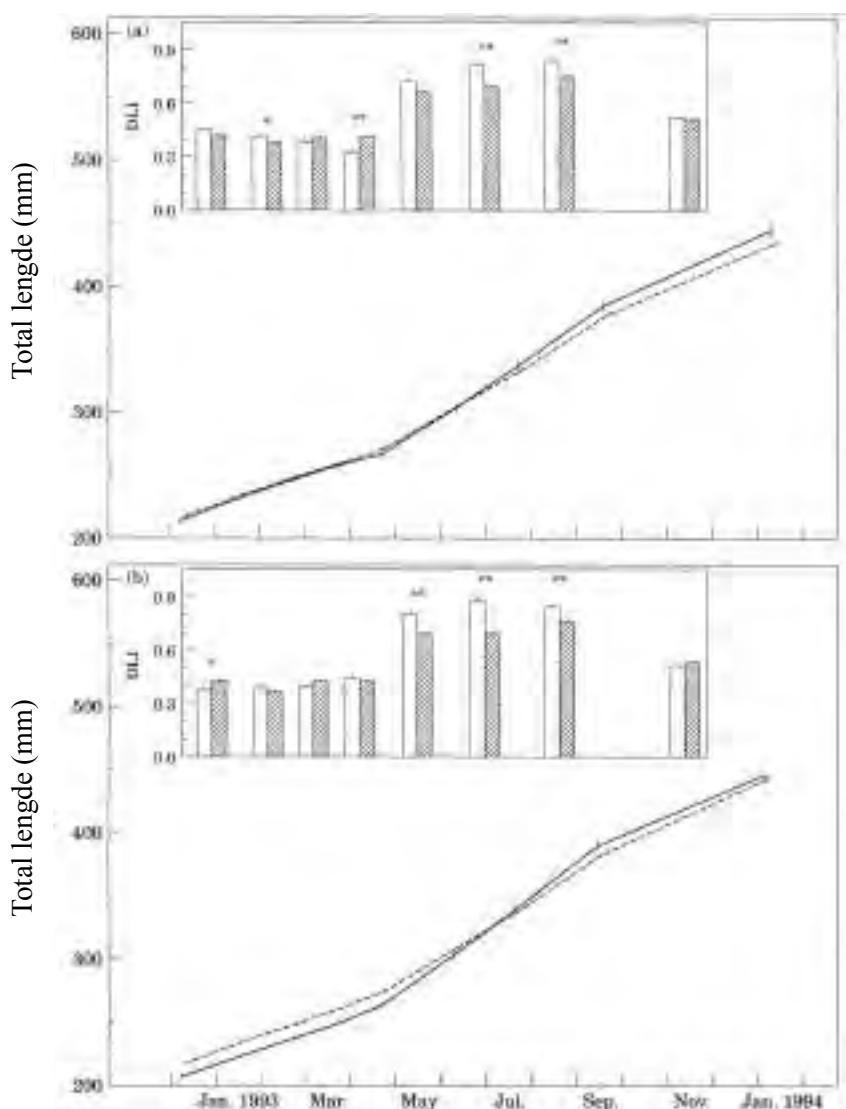
For torsk må det vurderes nøye om et lignende avlsprogram skal settes i gang i dag. Torskenæringen må sannsynligvis være av en viss størrelse før slike investeringer kan forsvares. På den andre siden er det viktig å komme tidlig i gang, da et avlsprogram er svært tidkrevende. På torsk bør en også vurdere andre modeller enn tradisjonelt familieutvalg. Det er særlig bruk av mikrosatellitt DNA-metoder til identifisering av familiegupper som må utredes og testes. Disse metodene har vist seg svært effektive både på torsk og hummer, og kan inngå som et vesentlig element i et seleksjonsprogram på torsk. De enkelte familiene identifiseres ved hjelp av DNA-profil, og i prinsippet skulle ytterligere merking være unødvendig. Avkom fra de enkelte familiene kan også gå i samme kar fra starten av og dermed eliminere variasjon mellom enkeltkar samt redusere kostnadene.

I massesелеksjon blandes avkommet fra mange familier og de beste (største) individene tas ut som

stamfisk for neste generasjon. Her må en ha kontroll med innavl som kan føre til problemer. Også her kan de nye DNA metodene åpne for bedre muligheter for kontroll mot innavl, alternative avls strategier og muligens billigere tekniske løsninger. Disse kan være spesielt anvendbare på torsk, men må testes for en praktisk og økonomisk evaluering.

Valg av avlsstrategi må også knyttes opp mot hvilken bestandsstruktur vi faktisk har hos torsk i våre farvann. Dersom de genetiske forskjellene som er avdekket de siste årtiene mellom ulike torskestammer i forskjellige genetiske systemer kun

er et resultat av miljøvariasjon mellom regioner, så er valg av avlstrategi i prinsippet åpent. Som på laks kan man satse på utvikling av en oppdrettstorsklinje som skal brukes i alle regioner uten å risikere uønskede genetiske effekter på lokale stammer ved rømming. Under slike betingelser vil overføring av materialet mellom regioner være uproblematisk fra en genetisk synsvinkel, men det kan også være sykdomsaspekter som må vurderes. Så langt tyder imidlertid datamaterialet på at vi har et sett av lokale kysttorsk stammer som er forskjellig fra skrei, og som også er forskjellige fra hverandre i større og mindre grad. I den situasjonen er et sentralisert



Figur 1 Sammenligning av vekst hos kysttorsk (åpen) og skrei (skravert) under like forhold. Signifikante forskjeller i spesifikk lengde vekst (DLI) ble påvist både for hannfisk (a) og hunnfisk (b). Kysttorsk vokser best i sommerhalvåret.
Comparison of growth between coastal cod and NE Arctic cod under identical conditions. Significant differences were found in daily length increment (DLI) for both males (a) and females (b). Coastal cod had highest growth in the summer season.

avlssystem sannsynligvis mindre ønskelig, og kan representere en miljøtrussel mot lokale stammer av kysttorsk. Basert på en detaljert genetisk kartlegging langs kysten kan det være rasjonelt å satse på mer regionale eller lokale stammer.

Rømt oppdrettstorsk – en trussel mot lokale stammer?

Svært mye av miljøproblemene knyttet til laksenæringen er fokusert på rømt oppdrettlaks og trusselen mot villaksen i elvene våre. Man frykter at oppdrettlaks som er selektert på oppdrettsmiljø, vil krysse genmaterialet inn i villaksbestander og dermed redusere tilpasningsevne og på lengre sikt produksjon og levedyktighet. Eventuelle effekter av slik innkrysning er også avhengig av hvor store genetiske forskjeller det egentlig er mellom norske laksestammer. Dette er foreløpig lite dokumentert. Også for torsk vil en evaluering av potensielt uønskede genetiske effekter som følge av rømming av oppdrettstorsk i fremtiden, være knyttet til den faktiske genetiske variasjon i de ville torskestammene. Kartlegging av den genetiske bestandsstrukturen vil være helt nødvendig for å være i stand til å vurdere en eventuell risiko.

Hvis det er små eller neglisjerbare genetiske forskjeller i norske torskbestander, vil heller ikke problemet med effekter av rømming utgjøre store problem, i alle fall ikke på kort sikt. Dersom det gjennomføres avlsprogram med store endringer i genmaterialet, kan rømming på sikt bli et problem. Over mange generasjoner kan seleksjon under oppdrettsbetingelser føre til store endringer med hensyn til overleving og reproduksjon under naturlige miljøbetingelser. Ved omfattende rømming kan innkrysning i ville bestander igjen føre til genetiske endringer og redusert produksjon. Dette kan i verste fall føre til dramatiske endringer hos torsk som er av våre aller viktigste marine ressurser.

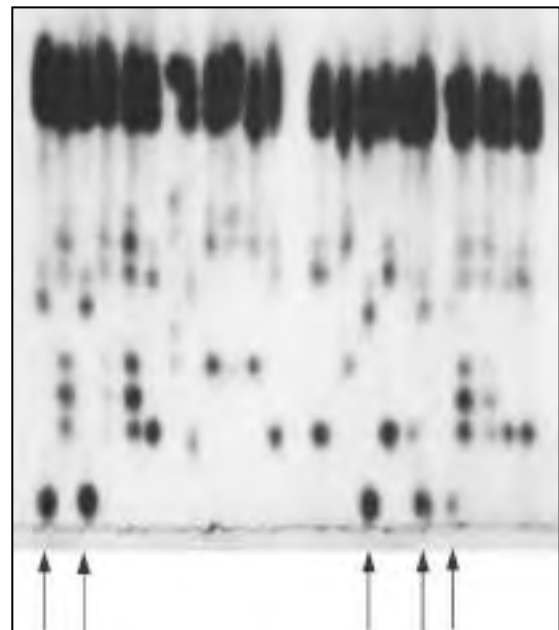
Om en stor fremtidig torskenæring representerer en genetisk trussel mot de lokale stammene er en viktig, men vanskelig vurdering. Først må vi ha et korrekt bilde av den faktiske genetiske bestandsstruktur vi har i våre farvann. Vi vet en god del, men datagrunnlaget må vurderes mer helhetlig og suppleres med resultater fra mikrosatellitt-analyser. All erfaring tilsier at det er vanskelig å hindre rømming av torsk. Utforming av kriterier med hensyn til valg av stamfisk, strategier for

avlsarbeid og i hvilken grad settefisk transporteres fritt mellom geografiske regioner, vil være viktige elementer som vil virke inn.

Genetisk merking av oppdrettstorsk?

Fysisk merking av all oppdrettlaks har vært foreslått. Også genetisk merking har vært diskutert og foreslått for mer enn ti år siden. Fordelen med genetisk merking er at dersom oppdrettfisken rømmer og krysser seg med villfisk, så vil det være mulig å påvise dette samt kvantifisere omfanget.

På dette området ble det gjennomført omfattende arbeid på slutten av 1980 tallet ved Havforskningsinstituttet. I løpet av en 6-7-årsperiode ble det krysset fram en genetisk merket torskestamme som ble i en rekke eksperimenter. Denne fisken hadde en genmarkør som er svært sjelden i naturen og som lett kan identifiseres ved hjelp av elektroforese (Figur 2). Avkom fra denne stammen ble også brukt i utsettinger av torsk i regi av PUSH-programmet



Figur 2 Båndmønster hos genetisk merket torsk ved stivelsesgel elektroforese og spesifikk farging av enzymet glucosephosphate isomerase (hvit muskulatur). Individene med nummer (1 – 5) er homozygote for GPI-1*30. *Banding pattern of genetic tagged cod seen from starch gel electrophoresis and specific staining of the enzyme glucosephosphate isomerase (white muscle). The individuals with numbers (1 – 5) are homozygote for GPI-1*30.*

tidlig på 1990-tallet. Innenfor tidsrammen på programmet var det ikke mulig å registrere i hvilken grad den krysset seg med vill fisk. Dersom den utsatte genmerkede fisken har deltatt i den naturlige gytingen i perioden etter at PUSH-programmet ble avsluttet i 1997, skulle det være mulig å påvise genetiske endringer i den nåværende bestanden. Slike data er spesielt viktige når genetiske effekter av rømming i et fremtidig oppdrett av torsk skal evalueres.

Den genetisk merkede stammen ble krysset fram for inn en genmarkør på oppdrettstorsk på et så

tidlig tidspunkt som mulig. Stammen ble imidlertid ikke ført videre på midten av 1990-årene, delvis på grunn av generell sykdom-/helseproblemer. Dersom det fremdeles finnes rester av denne fisken, er dette resultat av utsettingene på midten av 1990 tallet, eventuelt avkom fra utsettingsfisken. Slik fisk er svært attraktiv og vil utgjøre et glimrende utgangspunkt for å utvikle en ny genmerket torsk i fremtiden. Ved omfattende genetisk kartlegging av potensiell stamfisk i årene fremover, vil det kunne utvikles en ny torskelinje hvor det "gamle" genmaterialet kombineres med nye mikrosatellitt genmarkører.

Kapittel 4

Helse hos torsk i oppdrett



4.1

Også oppdrettstorsken kommer til å bli syk

Øivind Bergh, Havforskningsinstituttet

Kan vi forvente tilsvarende sykdomsproblemer hos torsk i oppdrett som de vi opplevde hos laks på 80-tallet? Som kjent var den norske laksenæringen svært plaget med sykdom på denne tiden. To epidemier: kaldtvannsvibriose, også kalt "Hitrasylke", og seinere furunkulose, forårsaket en serie konkurser og var årsak til et uforsvarlig høyt forbruk av antibiotika. Selv om disse problemene ble løst på en god måte ved hjelp av vaksinasjon og hygienetiltak, har vi også sett alvorlige sykdommer i seinere år, særlig virussykdommene ILA og IPN. Uten å være noen dommedagsprofet må jeg fastslå at det er ingen grunn til å tro at oppdrettstorsken vil være sykdomsfri. Det er selvsagt heller ingen grunn til å tro at villtorsk er fri for sykdom, eller at den noen gang har vært det. "Frisk som en fisk" er et lite dekkende uttrykk, hvis man med det tror at fisk skulle være friskere enn landdyr. Sykdom er en del av naturen, også i det marine miljø, men det er ganske sjelden syk villfisk når fram til en fisker. Derfor er det først når en holder fisk i fangenskap at en blir klar over hvilke sykdommer som faktisk finnes.

Innhegning av fisk i merder kan forårsake endringer i sykdomsbildet i forhold til situasjonen for villfisk. Stress som følge av ikke-optimale forhold i oppdrettsystemene er en vanlig utløsende årsak til sykdom. Høy tetthet av verter (fisk) vil gi sykdomsframkallende mikroorganismer store fordeler dersom de er i stand til å formere seg direkte, dvs. uten å gå via andre organismer (mellomverter). Sykdomsframkallende virus og bakterier vil dermed få fordeler i oppdrett, og det samme gjelder parasitter som *Gyrodactylus* og lus (flere *Caligus*-arter). Parasitter som må formere seg via andre organismer vil imidlertid få vesentlig dårligere forhold i oppdrett. Det er derfor ingen grunn til å forvente problemer med f.eks. kveis i torskoppdrett. Tvert imot kan vi kanskje markedsføre oppdrettstorsken som fri for kveis.

Vaksiner og vaksineteknologi har vært en helt nødvendig forutsetning for ekspansjonen i oppdrett av laks og regnbueørret. Det er ingen grunn til å tro at det vil bli annerledes med torsk. Laksefisk

kan vaksineres i ferskvannsfasen, slik at fisken er beskyttet når den blir tilvendt saltvann. Marine arter som torsk kan ikke beskyttes med en slik strategi. Det er et generelt prinsipp at de tidligste livsstadier hos fisk ikke kan vaksineres. Dette skyldes at immunsystemet hos nyklekte larver av de fleste fiskearter ikke er særlig utviklet, og at de delene av immunforsvaret som kan "huske" sykdomsframkallende bakterier og virus først er til stede etter at fisken har nådd et visst utviklingsstadium eller størrelse. For å bøte på dette er det nødvendig med ekstra beskyttelsestiltak i klekkerier. Eksempler på slike tiltak er streng hygienekontroll, kontroll med stamfisk og behandling av inntaksvann. Tilsetning av probiotika, bakterier som kan påvirke tarmfloraen i gunstig retning og på denne måten bedre motstandsevnen mot sykdom, kan være en annen løsning.

Hvilke sykdommer kan vi forvente hos torsk i oppdrett?

I det følgende beskrives noen kjente virus- og bakteriesykdommer hos torsk. Det er ikke sikkert at alle vil forårsake problemer i torskeoppdrett. Hittil er det vibriose som har skapt de mest alvorlige problemene. All erfaring fra oppdrett av laks tilsier imidlertid at også andre sykdommer, kjente og ukjente, vil opptre i torskeoppdrett. Noen av disse vil være blant dem som omtales her, mens andre er helt ukjente.

BAKTERIELLE INFEKSJONER

Vibriose

Den "klassiske" vibriosebakterien *Vibrio anguillarum* ble først, som det framgår av det latinske navnet, isolert fra ål, men har senere blitt isolert fra en lang rekke arter. Vibriose på fisk er vanlig over hele verden. Den forekommer først og fremst på marine fiskearter i tropiske og tempererte havområder, men det er også påvist vibriose på fisk i ferskvann. To såkalte serotyper, O1 og O2, er vanlige årsaker til fiske sykdom, og hos torsk har særlig serotype O2 vært vanlig. Det er imidlertid gjort lovende forsøk med vaksinasjon av torsk mot vibriose (se egen artikkel) og det finnes tilgjengelige vaksiner på markedet. Uvaksinert torsk i oppdrett må forventes å bli angrepet særlig ved høye temperaturer

og når stressbelastningen er høy. Vaksinasjon bør derfor gjennomføres på all oppdrettstorsk. Utbrudd kan imidlertid behandles med antibiotika.

En annen bakterie i samme slekt, *Vibrio salmonicida*, er årsak til kaldtvannsvibriose, eller Hitrasyke hos laks. Den har også vært påvist hos torsk, men gir ikke sykdomsproblemer i samme grad som hos laks.

Mycobacterium

Såkalte mycobakterier dukker av og til opp hos torsk både i oppdrett og på villfanget fisk. Vi regner med at disse bakteriene er ganske vanlige i naturen. Sykdomstegnene kan variere, men hvite knuter, såkalte granulomer, i lever, milt og nyre er karakteristisk. Bakteriene vokser seint og er vanskelig å dyrke.

At noen sykdommer kan smitte fra dyr til mennesker har vært kjent lenge. Bakterien *Mycobacterium marinum* kan gi sykdom både hos torsk og mennesker. Det er derfor viktig med beskyttelses-tiltak for personell som skal håndtere fisk som mistenkes for å ha sykdom forårsaket av denne bakterien. Den kan gi alvorlige hudsår hos mennesker som har hatt kontakt med syk fisk. Tidligere var dette en vanlig lidelse blant produksjonsarbeidere i fiskeindustrien.

Andre bakterier

Bakterieslektene *Flexibacter* og *Cytophaga* inneholder flere sykdomsframkallende bakterier, og slike bakterier blir ofte påvist i hudsår hos torsk. Lite er kjent om deres evne til å framkalle sykdom på torsk. Det er sannsynlig at i hvertfall noen av disse tilfellene dreier seg om såkalte sekundære infeksjoner, dvs at sykdomstilstanden har en annen hovedårsak.

VIRUSSYKDOMMER

Viral hemoragisk septikemi (VHS)

Dette er en alvorlig sykdom hos regnbueørret, og har forårsaket store tap i flere europeiske land, bl.a. Danmark. Sykdommen er også kjent under navnet "Egtvedsyke". I Storbritannia og Irland ble det konstatert utbrudd av VHS hos piggvar i henholdsvis 1994 og 1997. Siden er VHS-virus påvist i flere andre marine fiskearter i Stillehavet utenfor statene Washington og Alaska, bl.a. på stillehavstorsk. Genetiske sammenlikninger av virusisolater fra ulike arter tyder på at det i virkeligheten er flere

ulike virus. De offisielle diagnostiske metodene klarer imidlertid ikke å skille mellom disse. VHS er ikke påvist på oppdrettstorsk i Norge. Sykdommen står på listen over gruppe A-sykdommer i henhold til fiskesykdomsloven. En påvisning av VHS-virus på torsk vil dermed være en påvisning av en gruppe A-sykdom. Dette vil føre til båndlegging og omfattende restriksjoner, også på nærliggende lakseoppdrett. Det må derfor på det sterkeste frarådes å føre stamfisk og annen oppdrettstorsk med fersk eller frossen villfisk. Inntil de offisielle diagnostiske metodene blir endret må oppdretterne forholde seg til dette.

Infeksiøs pankreasnekrose (IPN)

IPN er en utbredt sykdom i norsk lakseoppdrett. IPN-viruset har også forårsaket betydelige problemer i kveiteoppdrett. Vi vet i dag ikke om naturlige utbrudd av IPN på torsk. Fiskeriforskning i Tromsø har gjennomført et smittetest forsøk der en konkluderte med at badsmitte av torskkeyngel på 0,5 g og stikksmitte av yngel på 5 g kan forårsake dødelighet. De karakteriseringer av IPN-viruset som hittil er gjennomført er stort sett basert på såkalte serologiske studier. Disse viser stor grad av likhet mellom isolater fra flere fiskearter. Det er derfor ikke usannsynlig at et og samme isolat kan framkalle sykdom hos flere fiskearter og at viruset kan smitte fra en art til en annen. Det kreves imidlertid mer kunnskaper om viruset før en kan fastslå dette med sikkerhet.

Cod ulcus-syndrom (CUS)

Denne tilstanden, som har vært kjent i mange år, er et eksempel på en sykdomstilstand som er vanlig på villtorsk. Sykdommen har også vært observert på oppdrettstorsk. Man tror at et virus i gruppen "iridovirus" spiller en rolle for utviklingen av sykdommen. Det har også vært antydning at et VHS-liknende virus kan ha betydning, og at miljøfaktorer kan ha betydning for når sykdommen slår ut. Fisken får små blæredannelser i huden, som etter hvert kan utvikle seg til store sår. Dette er en kronisk tilstand, og det er sannsynlig at samme fisk kan ha flere utbrudd. Dødeligheten er ikke nødvendigvis så høy, men fiskens kvalitet forringes. Fisken blir vanskelig å omsette i et marked som stadig stiller høyere krav til kvalitet. Det finnes ingen behandling for denne sykdommen i dag.

Nodavirus

Nodavirus forårsaker sykdommen VER (viral encephalopati og retinopati) som er kjent fra en

rekke marine arter. Sannsynligvis er nodavirus det alvorligste sykdomsproblemet på kveite i Norge i dag, og sykdommen er også kjent fra piggvar her i landet. Nylig ble sykdommen for første gang påvist på torsk i Canada. Virusisolatet fra torsk er genetisk svært likt isolater fra andre kaldtvannsarter, bl.a. kveite. Torskeyngel med en størrelse på 1,5-3,5 g utviklet sykdom. Typiske tegn på sykdom likner det som er beskrevet fra andre arter, med atypisk svømmeatferd og mørkere farge enn normalt. Hittil er denne sykdommen ikke påvist på torsk i Norge. Datagrunnlaget er foreløpig for spinkelt til å kunne fastslå om dette viruset utgjør en alvorlig trussel i torskeoppdrett. Nodavirusinfeksjoner er listet som B-sykdom i henhold til fiskesykdomsloven, noe som medfører meldeplikt og båndlegging.

KONKLUSJON

Sykdommer forårsaket av bakterier og virus vil uten tvil ramme torsk i oppdrett. Det er ingen grunn til å tro at torsk er mindre mottakelig for sykdommer enn laks. Det er imidlertid viktig at vi tar lærdom av de erfaringer vi har gjort når det gjelder laks, både når det gjelder forebygging gjennom vaksinasjon og gjennom hygienetiltak. Da laksenæringen startet opp lå kunnskapene om sykdommer etter i utviklingen

sammenlignet med den teknologiske utviklingen og veksten i næringen. Når nye arter blir tatt i bruk i oppdrett, har vi muligheter for å styre utviklingen slik at forskningen hele tiden har forsprang på sykdomsutviklingen.

I dag er klassisk vibriose den alvorligste sykdommen hos oppdrettstorsk. Det finnes vaksiner mot denne sykdommen, og de gir relativt god beskyttelse. Det arbeides imidlertid med å forbedre vaksinene og vaksinasjonsstrategiene som benyttes (se egen artikkel). Andre bakterielle sykdommer er pr. i dag av mindre betydning, men vil sannsynligvis øke med økende aktivitet i næringen. Erfaringer fra lakseoppdrett tyder på at de fleste bakterielle sykdommer vil kunne håndteres med vaksinasjon og god hygiene til tross for at immunsystemet hos torsk ser ut til å respondere annerledes på vaksinasjon enn immunsystemet hos laks (se egen artikkel). Kunnskapene om virussykdommer hos torsk er begrenset. Vi vet at noen marine virus gir sykdom, bl.a. nodavirus. Sykdomsproblemer forårsaket av virus vil helt sikkert øke med økende aktivitet i næringen. Utvikling av vaksiner mot disse sykdommene er svært resurskrevende. Dette, samt at det ikke finnes noen behandling mot virussykdommer, gjør at slike sykdommer i framtiden kan bli en betydelig utfordring.

4.2 Antistoff-forsvaret hos torsk

Jørgen Stenvik, Universitetet i Tromsø

Grunnleggende kunnskap om immunsystemet hos fisk kan være avgjørende for å kunne forebygge infeksjonssykdom hos oppdrettsfisk på en rasjonell og effektiv måte. Forskning har vist at i sammenlikning med andre arter har torsk et immunforsvar som er spesielt. Torsk er derfor velegnet som modellorganisme for å få en bedre forståelse av immunsystemets virkemåte generelt, både når det gjelder pattedyr og fisk. Satsing på torsk som en ny oppdrettsart og den sykdomsproblematikk dette kan medføre, har aktualisert denne forskningen ytterligere. Det gis her en kort beskrivelse av det man i dag vet (og ikke vet) om torskens immunforsvar, med fokus på antistoff-forsvaret.

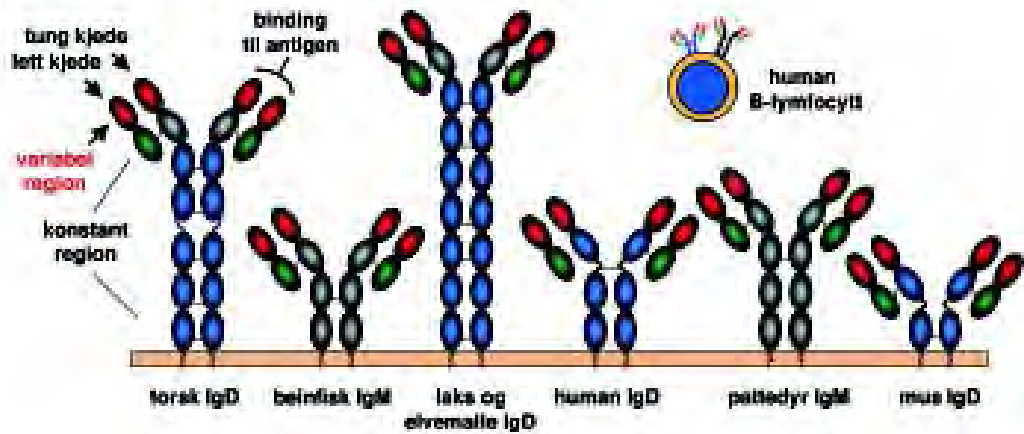
Antistoffresponser hos fisk og andre dyregrupper

Når virveldyr infiseres med virus eller bakterier, vil de som regel svare på dette ved produksjon av antistoffer som binder seg til mikrobene eller store molekyler (proteiner og karbohydrater) fra mikrobene. Dette fører til nøytralisering og eliminering av patogener og toksiner, og antistoffer er således en viktig del av immunapparatet. Jevnvarme dyr kan produsere antistoffer med høy bindingsstyrke (affinitet) til slike fremmedstoffer (antigener). Gjentatt eksponering for det samme antigenet gir som regel en raskere og kraftigere antistoffrespons, og antistoffene får gradvis høyere affinitet ettersom responsen utvikles over tid. Dette kalles ”sekundær antistoffrespons” og er en av mekanismene bak ”immunologisk hukommelse” og ervervelsen av immunitet mot bestemte infeksjonssykdommer hos jevnvarme dyr. Hos vekselvarme dyr som fisk, har antistoffene som regel lavere affinitet til antigenet, og gjentatt eksponering for antigenet gir ikke den typisk kraftige, sekundære responsen som man ser hos jevnvarme dyr. Som regel er den sekundære responsen tilnærmet lik den primære responsen. Som et vekselvarmt dyr har torsk et antistoff-forsvar med flere særtrekk som skiller den fra andre fiskearter som f.eks. laks. Det mest påfallende er at man knapt kan påvise en primær antistoffrespons i serum etter vaksinasjon. Til gjengjeld har torsk, uavhengig av antigen-injeksjon, en langt høyere (ca. 10x) konsentrasjon

av ”antistoffer med ukjent spesifisitet” i serum enn laks. Slike antistoffer betegnes ofte som ”naturlige antistoffer”. At torsk har store mengder av naturlige antistoffer betyr at det ikke er noe galt med selve produksjonen og sekresjonen av antistoffer hos torsk – antistoffproduksjonen lar seg bare ikke induseres ved vaksinasjon. På den annen side kan man likevel oppnå god beskyttelse mot en sykdom som vibriose ved vaksinasjon av torsk. Hvorfor man ikke kan påvise antistoffresponser hos torsk, hva torsken bruker de store mengdene naturlige antistoffer til, og hvilke forsvarsmekanismer som aktiveres ved vaksinasjon av torsk, er noen av de spørsmål man ønsker å besvare. En bedre grunnleggende forståelse av torskens immunapparat kan derfor være avgjørende for å finne effektive metoder til å forebygge sykdom hos oppdrettstorsk, for eksempel ved utvikling av gode vaksiner mot patogener der en god antistoffrespons er sentral, eller ved avlsforskning hvor man kan lete seg fram til stamfisk som har ”gode immunparametre”. Torsk kan også tjene som modellorganisme og oppnå en bedre generell forståelse av immunsystemet hos fisk og pattedyr.

Antistoffrepertoaret hos torsk

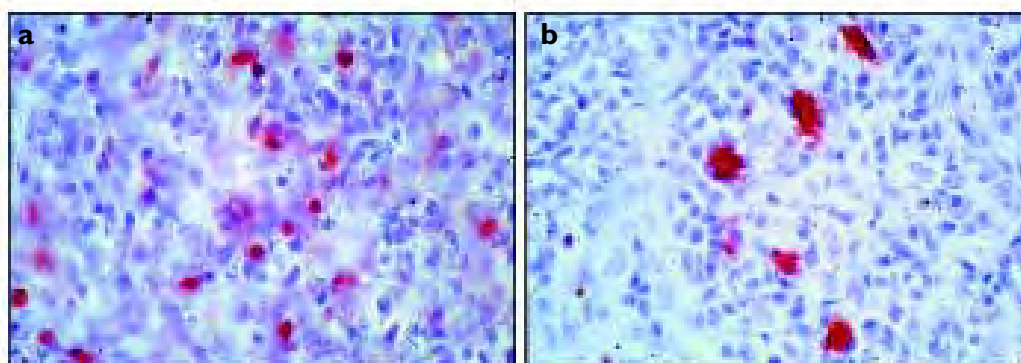
Bindingen til et antigen skjer via den såkalte ”variable regionen” hos antistoffene (Fig. 1). Hver B-lymfocytt produserer antistoffer med en variabel region som er unik, og hele populasjonen av B-lymfocytter uttrykker et repertoar av variable regioner. I teorien skal dette repertoaret dekke alle tenkelige varianter antigener/patogener. En mulig forklaring på den svake antistoffresponsen kan være at antistoffrepertoaret hos torsk er for ”snevert”. Kloning og analyser av mer enn 100 ulike gensekvenser for antistoffenes variable del er derfor utført for å undersøke denne muligheten. Analysene har vist at torsk også her har visse særtrekk sammenliknet med andre arter, bl.a. ved at antistoffer med en variabel region av *en* bestemt gen-familie er sterkt dominerende. Men til tross for dette synes torskens genetiske antistoffrepertoar å være fullt på høyde med det man finner hos andre arter, inkludert enkelte pattedyr. Dette betyr at torsk trolig har et tilstrekkelig genetisk grunnlag for å kunne respondere på vaksinasjon ved produksjon av



Figur 1 Oppbygging av IgD og IgM antistoff-molekyler hos beinfisk og pattedyr. Antistoffene er i dette tilfellet forankret i celledommen hos antistoff-produserende celler (B-lymfocytter).
Structure of IgD and IgM antibody-molecules in bony fish and mammals. The antibodies are, in this case, anchored in the cell membrane of antibody producing cells (B-lymphocytes).



Figur 2 Stimulering av B-lymfocytter med antigener fører til at de deler seg (ikke vist) og differensierer til plasmaceller. Mens B-lymfocytterne uttrykker IgM og IgD-molekyler på celleoverflata, produserer plasmacellene sekretoriske antistoffer, i utgangspunktet av IgM-typen, og svært sjelden av IgD-typen.
Stimulation of B-lymphocytes with antigen activates cell division (not shown) and differentiation to plasma cells. While B-lymphocytes express IgM and IgD molecules at the cell surface, the plasma cells produce secretory antibodies, initially of the IgM type, and they rarely produce IgD.



Figur 3 Påvisning av genuttrykk for overflate IgM, IgD og sekretorisk IgM i celler (milt-snitt) hos torsk. Celler med genuttrykk for overflate IgM og IgD (de røde) er trolig B-lymfocytter (a). Celler med genuttrykk for sekretorisk IgM er trolig plasmaceller (b).
Detection of gene expression of surface IgM, IgD and secretory IgM in cells (spleen section) of cod. Cells with gene expression for surface IgM and IgD (red cells) are probably B-lymphocytes (a). Cells with gene expression for secretory IgM are probably plasma cells (b).

spesifikke antistoffer, og det er følgelig en mulighet for at endringer i vaksinesammensetning/formulering, vaksinasjonsregime, eller i metoden for å påvise antistoffresponser kan gi et annet resultat.

IgD

Mens pattedyr har flere ulike antistoff-klasser, var det lenge en "etablert sannhet" at beinfisk kun har én antistoff-klasse av IgM-typen. Men ved en tilfeldighet ble et gen for en ny antistoff-klasse klonet hos amerikansk elvemalle (*Channel catfish*). Dette genet viste enkelte likhetstrekk med IgD, en antistoff-klasse som tidligere kun hadde vært påvist hos primater (mennesker og aper) og smånagere (mus og rotter). Like etterpå ble det homologe genet isolert fra atlantisk laks og atlantisk torsk. Til tross for det antatte slektskapet mellom disse genene har IgD hos beinfisk en helt annen oppbygging enn IgD hos mus og menneske, og i tillegg har IgD genet hos torsk en unik oppbygning, ganske ulik den hos laks og elvemalle (Fig. 1).

Funksjonen av IgD hos pattedyr har vært en gåte i lang tid. Det er i dag kjent at B-lymfocytter (de celler som lager antistoffer) hos mus og menneske uttrykker både IgD og IgM-molekyler som reseptorer på celleoverflata (Fig. 2). Når en B-lymfocytt blir stimulert av et antigen (f.eks. en bakterie eller bakterie-komponenter) blir cella aktivert og utvikler seg (deler seg og differensierer) og blir en såkalt plasmacelle som produserer og utskiller store mengder antistoff, i første omgang av IgM klassen (Fig. 2). Plasmaceller hos mus og menneske produserer sjelden antistoffer av IgD-typen, og man tror derfor at IgD hos disse artene i hovedsak er en overflatereseptor på B-lymfocytter og bidrar til å forsterke antistoffresponen. Ved bruk av en metode for å påvise uttrykk av gener (transkripter) inne i celler, ble det vist at torskceller som produserer overflate-IgM og IgD likner på B-lymfocytter (Fig. 3a), mens celler som har gennuttrykk for sekretorisk-IgM likner på plasmaceller (Fig. 3b), helt parallelt med det man finner hos mus og menneske. Til tross for mange forsøk kunne det heller ikke påvises transkripter for IgD-molekyler som kan utskilles (sekretorisk). Disse funn tyder på at IgD-molekylet hos torsk - i likhet med IgD hos pattedyr - i hovedsak har en reseptorfunksjon på overflata av B-lymfocytter. Det kan med andre ord være slik at IgD molekylet har bevart sin funksjon helt siden fisk og pattedyr skilte lag under evolusjonen for ca. 400 millioner år siden.

Torskefamilien

Et naturlig spørsmål er hvorvidt den spesielle strukturen av IgD-genet hos torsk har noen forbindelse med de øvrige særtrekk man finner ved torskens antistoff-forsvar. Et sikkert svar på dette ville kreve framstilling av fisk med et "defekt" IgD-gen. Slike "knock out-teknikker" er svært krevende å etablere, og de har ikke blitt tatt i bruk på fisk ennå. En annen mulighet for å gi et svar på hvilke effekter den spesielle IgD-strukturen har på immunsystemet hos torsk, er å sammenlikne dette immunsystemet med det hos nært beslektede arter. Det er derfor igangsatt et prosjekt for å undersøke antistoff-forsvaret hos andre arter innen torskefamilien. Noen av de spørsmål som ønskes besvart er: har atlantisk torsk et unikt antistoff-forsvar, eller gjelder de særtrekk som har blitt beskrevet for flere arter, eller eventuelt alle torskefisker? Og er det korrelasjon mellom en avvikende antistoffrespons og en avvikende IgD-struktur?

Antistoffenes bindingsegneskaper

Selv om antistoffrepertoaret hos torsk synes å være tilstrekkelig til å kunne gi antistoffresponser, kjenner vi ikke bindingsegenskapene til torskens antistoffer i detalj, og vi vet heller ikke hvilke molekyler (antigener) de naturlige antistoffene kan binde seg til. Tidligere undersøkelser har indikert at torskeantistoffene er mer "klebrige" enn antistoffer fra andre arter, og det har blitt spekulert i at dette kanskje kan forklarer de svake antistoffresponnene. Etersom antistoffrepertoaret hos torsk nå er klonet, er det mulig å syntetisere de variable domene (Fig. 1) hos torskeantistoffene og sammenlikne bindingsegenskapene disse har med tilsvarende syntetiske antistoffer fra andre arter. Det er videre igangsatt forsøk for å finne ut mer om hvordan det naturlige antistoffrepertoaret utvikler seg gjennom yngelutviklingen, og eventuelt hvilke molekyler (antigener) de naturlige antistoffene binder seg til. Spørsmål som ønskes besvart er hvorvidt antistoffrepertoaret påvirkes av den bakteriefloraen fisken vokser opp i, hvordan repertoaret eventuelt endres som funksjon av fiskens alder og størrelse, og om det er store individforskjeller. Et negativt svar på disse spørsmålene kan bety at antistoffrepertoaret kún er genetisk forutbestemt, konstant og relativt upåvirket av eksponering for miljøantigener. Dette kan også bety at de naturlig antistoffene hos torsk binder seg til molekyler som fisken selv produserer (selv-antigener). Dette kan avklares ved bruk av ulike genetiske metoder og ved

analyser av immunreaktiviteter av naturlige serum-antistoffer mot fremmedstoffer og ”kroppsegne” molekyler. Sammenlikning av naturlige antistoffer hos atlantisk torsk med tilsvarende antistoffer hos andre torskefisker er også aktuelt. Dersom det viser seg at det ikke lar seg gjøre å påvirke antistoffrepertoaret hos torsk gjennom vaksinasjon eller eksponering for patogener, vil det måtte bety at forebyggende behandling av infeksjonssykdom hos torsk bør rettes inn mot andre immunmekanismer enn de som er basert på gode antistoffresponser.

Konklusjon

Som oppsummering kan man si at vi kjenner en god del grunnleggende trekk ved torskens antistoff-forsvar. Det uspesifikke immunforsvaret og det

spesifikke cellulære (T-lymfocytt medierte) forsvaret har i liten grad vært studert, men det er igangsatt flere prosjekter også på disse områdene. Til tross for mange års forskning på antistoff-forsvaret hos torsk, er spørsmålene langt flere enn svarene. Det er per i dag lite kjent hvor viktige de ulike immunmekanismene er for sykdomsforsvaret hos fisk, men de svake antistoffresponsene hos fisk generelt, og torsk spesielt, kan bety at denne delen av immunforsvaret ikke er den viktigste. Dersom dette er riktig, bør forebyggende behandling av infeksjonssykdom rettes mot det spesifikke cellulære (antistoff-uavhengige) forsvaret ved bruk av dertil egnede vaksiner, eller mot det uspesifikke forsvaret ved bruk av immunstimulanter.

4.3

Forebyggende helsearbeid

Muligheter og begrensninger ved bruk av vaksiner

Odd Magne Rødseth og Arild Tangerås, Intervet Norbio AS

Torsk er i ferd med å innta posisjonen som Norges neste oppdrettsart med kommersiell betydning. Med økende etterspørsel og priser fra et voksende marked samt betydelig biologisk og teknologisk fremskritt i arbeidet med å kontrollere, optimalisere og oppskalere produksjonslinjer for produksjon av yngel og matfisk, burde de kommersielle rammene ligge godt til rette for en ny satsing på torsk som oppdrettsart. Imidlertid er oppskalering av yngelproduksjon til industriell skala fremdeles en av de store biologiske flaskehalsen for videre næringsutvikling. Tilgang på settefisk i tilstrekkelige og forutsigbare kvanta vil være en forutsetning for å kunne utnytte potensialet for næringsutvikling. En nøkkelfaktor i dette arbeidet vil være vår evne til å kontrollere ulike smittsomme sykdommer i yngelfasen.

Sykdomsforebyggende tiltak

Oppdrettslaksen var frem til midten av 90-tallet regnet som det mest sykdomsbefengte "husdyr" der gjennomsnittlig 40 % av all sjø satt laks aldri nådde slaktemoden størrelse - på tross av en utstrakt bruk av antibiotika og kjemikalier for å bekjempe sykdommer. I dag betegnes den samme laksen som vårt friskeste husdyr. En tilsvarende god helse-situasjon må være målet for en fremtidig næring basert på torsk eller andre marine arter. Dette forutsetter at vi klarer å videreføre og tilpasse den eksisterende kunnskapsbase vi har når det gjelder hvordan ulike fiske sykdommer opptrer under naturlige feltbetingelser. Med basis i eksisterende kunnskap om smittereservoar, smitteveier og ulike risikofaktorer for spredning og utbrudd av sykdom, bør sykdomsforebyggende tiltak basert på "avoidance"-prinsippet gjennomføres på ulike nivå i næringen. Videre vil opprettelse av sykdomsfrie stamfiskpopulasjoner og en kontinuerlig overvåking av disse være av stor betydning for å hindre spredning av vertikalt overførbare sykdommer via rogn og yngel. Etablering av et systematisk avlsarbeid på stamfiskbestander bør inkludere motstandsdyktighet overfor infeksjonssykdommer som seleksjonskriterium. I tillegg vil en videre-

utvikling av fôrkonsepter som stimulerer og mobiliserer fiskens naturlige immunitet kunne bidra til en generelt høyere motstandsdyktighet overfor sykdommer.

All erfaring viser at det ikke finnes enkle løsninger når en skal oppnå god helsestatus i fiskepopulasjoner produsert i storskala systemer med den nødvendige tetthet og intensitet som kreves for å oppnå en økonomisk forsvarlig drift. Bare ved en kombinasjon av flere virkemidler basert på generelle smittehygieniske prinsipper samt utvikling av effektive vaksiner og vaksinasjonsstrategier kan vi skape en fremtidig bærekraftig torskenering.

Vaksineutvikling

Bruk av vaksinasjon som en del av en helhetlig sykdomsforebyggende strategi har vært avgjørende for den positive utviklingen vi har sett innen lakseoppdrett. Spesielt er ulike bakterielle sykdommer nærmest blitt eliminert som tapsfaktor etter at effektive vaksiner ble utviklet og gjort tilgjengelig for næringen.

I likhet med lakseoppdretterne på 70- og 80-tallet vil den første utfordringen for nyetablerte torskeoppdrettere i dag være å kunne kontrollere sykdommer forårsaket av vibrio-bakterier. Vibriose hos villtorsk er beskrevet tilbake til begynnelsen av 1900-tallet, og det var således ingen overraskelse at vibriose var det første sykdomsproblemet som ble introdusert da de første torskepollene kom i drift i 1980. Frem til i dag har årlige sykdomsutbrudd forårsaket dødelighet i de anlegg som har satset på yngelproduksjon. Tapet har variert, men i enkelte anlegg er det registrert opp til 90 % dødelighet.

En effektiv immunprofylakse (forebygge sykdommer ved hjelp av vaksiner) vil ha stor betydning for både kvantitet og kvalitet av den yngelen som skal produseres.

Med støtte fra Norges Forskningsråd, har Intervet Norbio i samarbeid med Havforskningsinstituttet gjennom flere år arbeidet med å utvikle effektive vaksiner og vaksinasjonsregimer mot potensielle taps-

bringende infeksjonssykdommer i en fremtidig marinfisknæring i Norge. I arbeidet med vibriosevaksiner har vi hovedsakelig lagt vekt på to områder: (1) Optimal sammensetning/formulering av vaksiner tilpasset fiskeart og geografi. (2) Kartlegging av fiskens evne til å utvikle et tilstrekkelig høyt og vedvarende immunsvare etter vaksiner.

Valg av vibriostammer til bruk i vaksiner.

Dagens fiskevaksiner mot bakteriesykdommer er basert på inaktiverte helbakterier (bakteriner). Disse fremstilles ved å dyrke opp de sykdomsfremkallende bakteriene i et næringsmedium etterfulgt av inaktivering ved hjelp av tilsetning av f.eks. formalin. For de fleste sykdomsfremkallende vibrio-bakterier synes denne teknologien å gi vaksiner med tilfredsstillende effekt. Spesielt viktig i denne sammenheng er at vaksinerne lar seg administrere ved dypp og/eller bad uten bruk av hjelpestoffer (adjuvanser). Dette har sin bakgrunn i at komponenter med betydning for å indusere beskyttelse er lokalisert i store mengder på bakterienes overflate, og at disse beholder sin struktur og immunologisk aktive funksjon også etter at bakterien er inaktivert. Hovedutfordringen i utviklingen av denne type bakterievaksiner er imidlertid å velge de rette bakteriestammene som skal inkluderes i vaksinen.

Vibrio anguillarum, som forårsaker klassisk vibriose, utviser stor heterogenitet med hensyn til biokjemiske og serologiske egenskaper. De serologiske variasjonene gjenspeiler primært kvalitative forskjeller i sammensetningen av immunogene komponenter i bakteriens yttermembran. Det er disse komponentene som gjenkjennes av fiskens immunsystem og utløser en immunrespons. Er man ikke påpasselig og inkluderer de rette serotypene i vaksinerne, risikerer man at vaksinen beskytter mot helt andre typer enn de som forårsaker sykdom. Arbeidet kompliseres av at det så langt er beskrevet 23 ulike serotyper av *Vibrio anguillarum*. De fleste blir imidlertid regnet som miljøstammer uten evne til å forårsake sykdom hos fisk og kan følgelig elimineres som potensielle vaksinstammer. Totalt er 5-6 ulike serotyper beskrevet som sykdomsfremkallende for et stort antall ulike fiskearter.

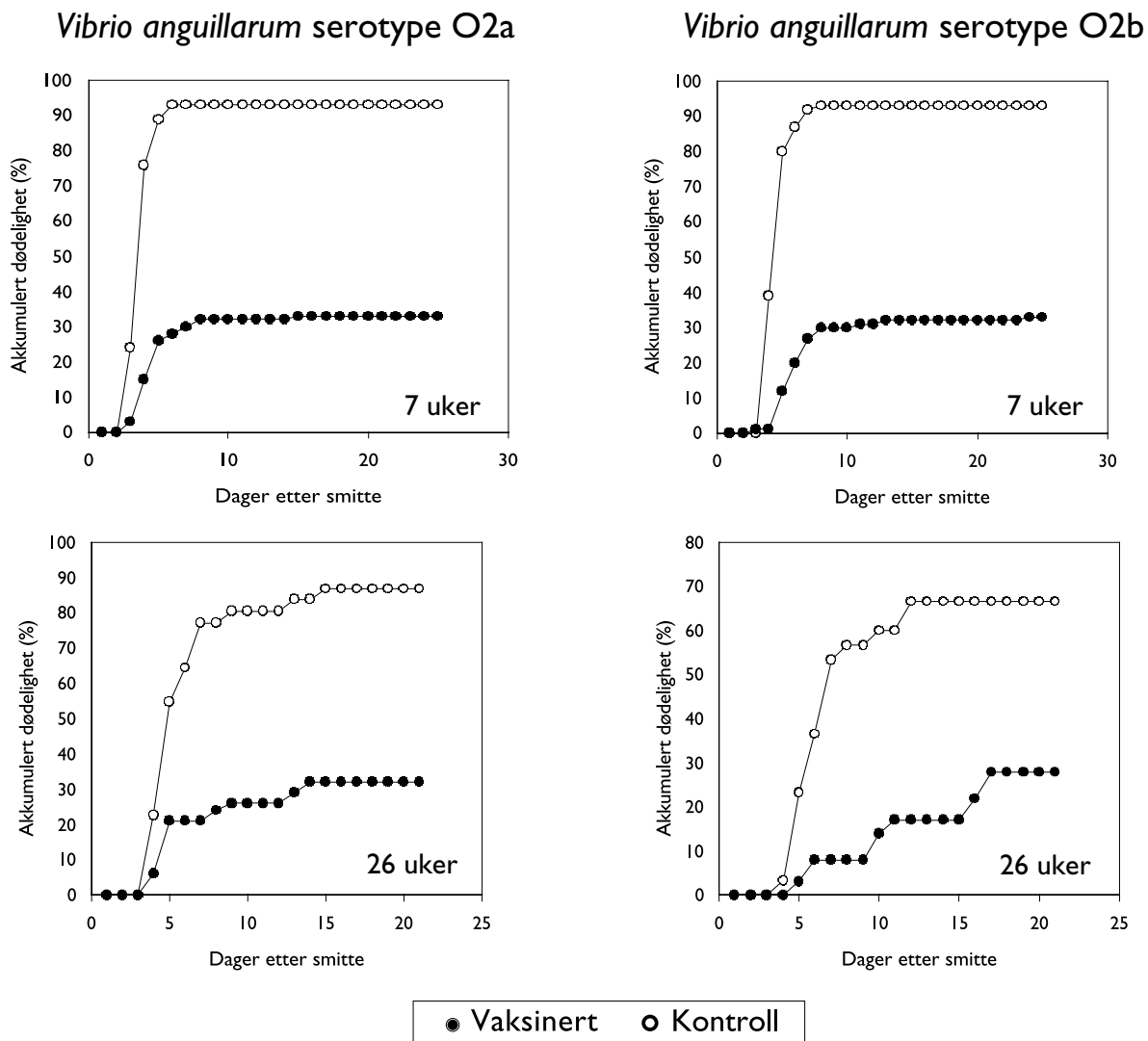
SMITTESTAMME	SMITTEDOSE	TORSK	PIGGVAR
<i>Vibrio anguillarum</i> Serotype	Bakterier/ml	% dødelighet	% dødelighet
O1	1.8 × 10 ⁷	0	0
	9.0 × 10 ⁷	0	20
	1.8 × 10 ⁸	20	50
O2a	1.6 × 10 ⁷	100	70
	8.0 × 10 ⁷	100	98
	1.6 × 10 ⁸	100	98
O2b	2.4 × 10 ⁷	100	0
	1.2 × 10 ⁸	100	0
	2.4 × 10 ⁸	100	0

Tabell 1 Akkumulert dødelighet hos torsk- og piggvarengel etter smittebelastning med ulike konsentrasjoner av *Vibrio anguillarum* serotype O1, O2a og O2b. *Accumulated mortality among cod and turbot juveniles after challenge with different concentration of Vibrio anguillarum serotype O1, O2a and O2b.*

Som basis for nye vaksiner tilpasset bestemte marine arter er over 100 ulike vibrio-bakterier isolert i forbindelse med kliniske sykdomsutbrudd hos torsk, piggvar og kveite. Innsamlingen strekker seg over en periode på 20 år og omfatter anlegg fra Vesterålen i nord til Arendal i sør. Alle isolatene er grundig karakterisert og kategorisert i henhold til fiskeart, geografi og virulens (evne til å forårsake sykdom). Dette datagrunnlaget danner fundamentet for å kunne gjøre de nødvendige tilpasninger i sammensetningen av vaksiner til marine fiskearter i Norge. Resultatene viser entydig at majoriteten av stammene isolert fra torsk kan types til serotype O2a og O2b. Dette er forskjellig fra det mønster en ser hos piggvar og salmonider der det vesentlig er serotype O1 og til dels O2a som dominerer. Ulike serovarianter av *V. anguillarum* har preferanse for ulike fiskearter, og vaksiner bør derfor baseres på artsegne bakteriestammer. De seroepidemiologiske undersøkelsene er verifisert gjennom virulensstudier, hvor representanter fra serotype O1, O2a og O2b er testet i smittestudier (dose-respons) med torsk og piggvar (Tabell 1).

Vaksinasjonsregimer

Anadrome fiskearter lever første del av sitt liv i ferskvann. I løpet av denne perioden er ikke fisken eksponert for patogene vibriobakterier (såfremt



Figur 1 Dødelighet i vaksinerte og uvaksinerte (kontroll) grupper etter smittebelastning 7 og 26 uker etter vaksinering med henholdsvis *Vibrio anguillarum* serotype O2a og O2b.
Mortality of vaccinated and non vaccinated groups challenged 7 and 26 weeks post vaccination.

man ikke benytter sjøvannstilsetning). Fisk som vaksineres får følgende god tid til å utvikle immunitet i et miljø der patogenet man vaksinerer imot ikke er til stede. Marin yngel er eksponert for patogene vibriobakterier i hele sin livssyklus. Vi vet av erfaring at det er de første 6 til 8 måneder etter klekking som er mest kritisk mhp. vibrioseutbrudd. Det er følgende av stor betydning for en effektiv immunprofylakse at man kommer i gang med vaksinering så snart fiskeyngelen har utviklet et immunsystem som lar seg stimulere av en vaksine. Egne forsøk med piggvar samt en rekke publiserte arbeider tyder på at yngel allerede ved ca. 0,5 gram har evnen til å utvikle en viss grad av beskyttelse etter vaksinering. På dette tidspunkt er imidlertid ikke immunsystemet tilstrekkelig utviklet til at "huskefunksjonen" kan bidra til en tilfredsstillende

spesifisitet og varighet av beskyttelse. Det kan likevel være hensiktsmessig å foreta den første vaksinering allerede på dette tidspunktet (0,5-1g) for å redusere risikoen for introduksjon av vibriose på et tidlig tidspunkt i produksjonssyklusen. Det er imidlertid nødvendig å gjenta vaksineringen på et senere stadium (2-4 gram) for å oppnå tilfredsstillende nivå og varighet av beskyttelse gjennom hele yngelstadiet. Det er utført en rekke forsøk som dokumenterer nivå og varighet av beskyttelse etter vaksinering av torsk yngel (Fig. 1). Erfaringer fra enkelte matfiskanlegg viser at et vaksinasjonsregime basert på 1-2 ganger dypp i yngelfase ikke er tilstrekkelig til å opprettholde beskyttelse gjennom hele produksjonssyklusen. Avhengig av smittepresset i matfisklokalitetene, bør en vurdere å stikk-vaksinere fisken på høsten

Størrelse	Vaksinasjonsmetode	
0.5 - 1 gram	Bad (eventuelt dypp)	Fortynning av vaksine: 1:500 Eksponeeringstid: 60-90 min
2 - 5 gram	Dypp	Fortynning av vaksine: 1:10 Eksponeeringstid: 30-60 sek.
20 + gram	Intraperitoneal injeksjon	Injeksjon av 0.1ml vaksine bukhule

Tabell 2 Anbefalt vaksinasjonsregime for torsk.
Recommended vaccination regime for cod.

før yngelen transporteres til matfiskanlegget eventuelt senvinteren i matfiskanlegget. Basert på dagens kunnskap og erfaring anbefales et vaksinasjonsregime for torsk slik det er oppsummert i tabell 2.

Generelle smittehygieniske tiltak

Det er viktig å understreke at begrepet beskyttelse benyttet i vaksinesammenheng er et relativt begrep. Man oppnår aldri en absolutt immunitet, men en økt evne til å motstå et smittepress slik at det ikke utvikles klinisk sykdom. Blir smittepresset for stort vil immuniteten brytes. Det vil også være "urettferdig" å sammenligne den beskyttelsen som oppnås gjennom bruk av oljebaserte injeksjonsvaksiner til vaksiner av fullt ut immunkompetent lakseparr på 30-60 gram med en dyppvaksiner av torskkeyngel på 0,5-2 gram. Basert på det faktum at vaksiner mangler adjuvaner (hjelpstoffer), blir administrert ved bad/dypp, samt på et tidspunkt hvor immunsystemet ikke er fullt utviklet, kan man ikke forvente en tilsvarende nivå og varighet av beskyttelse ved bruk av denne vaksinasjonsstrategien. Andre smittehygieniske tiltak vil følgelig ha en relativt større betydning for "torskehelsen".

Det tar normalt minimum 3 til 4 uker etter vaksineringen før yngelen har utviklet beskyttende immunitet. Håndteringsstress i forbindelse med innsamling, transport og vaksinerer kan være utløsende for vibriose. Ofte vaksinerer man populasjoner hvor infeksjonen allerede er etablert, og gjennom håndteringen påføres populasjonen en ekstra stressbelastning som kan utløse et vibrioseutbrudd. En tett oppfølging med daglige observasjoner av populasjonen er derfor svært viktig. Ved forhøyet dødelighet eller endringer i

adferd/apetitt må sykdomsstatus avklares før vaksinerer iverksettes.

En vanlig feil som gjøres ved oppstart av marine yngelanlegg er at man ikke vurderer generelle smittehygieniske aspekter, inkludert praktisk gjennomføring av vaksinerer ved planlegging av driftsstrategi og produksjonslinje/teknologi. Med den erfaringen oppdrettsnasjonen Norge har gjennom laksenæringen, bør vi på dette feltet dra nytte av den kompetanse som er utviklet i ulike

forskningsmiljøer samt praktiserende veterinærer/fiskehelsepersonell. Denne kompetansen bør utnyttes allerede i planleggingsfasen og ikke først når sykdom oppstår. Et eksempel på dette er bruk av pollsystemer til ekstensive og semi-intensive oppdrettsmetoder. En aktiv gjødsling av systemet samt fôr/fecesrester representerer en organisk belastning, som sammen med en temperaturøkning utover vår og sommer utvikler seg til "vibriobomber". Så snart pollsystemet har tjent sin funksjon som spiskammer i startforingsfasen er den derfor uegnet både til å oppbevare fisken i og som vannkilde til kar for tilvenning og påvekst.

Oppsummering

Kontroll av ulike smittsomme sykdommer vil være en nøkkelfaktor for å kunne bygge opp en ny næring med den nødvendige forutsigbarhet når det gjelder kvalitet og kvantitet av torskkeyngel. I dagens situasjon vil en effektiv kontroll av vibriose være av stor betydning for å redusere tapene i tidlig yngelfase. Forskning og utvikling knyttet til vaksiner og vaksinasjonsregimer tilpasset oppdrett av torsk i Norge har fremskaffet resultater som vil redusere tapene forårsaket av vibriose. Resultatene så langt viser at en effektiv forebygging av vibriose bør baseres på:

- Tilpasning av teknologi og driftsrutiner basert på eksisterende kunnskap om generelle smittehygieniske prinsipper.
- Utvikling av spesialtilpassede vaksiner der artsegne vibriovarianter inkluderes i vaksinen.
- Vaksinasjonsregimer basert på to til tre vaksinasjoner på ulike tidspunkt i produksjonssyklusen.

4.4 Parasitter hos torsk - hvilke problemer kan man møte i et fremtidig torskeoppdrett?

Frank Nilsen, Havforskningsinstituttet

Hos torsk er 107 arter parasitter kjent. Mange av disse er bare kjent fra spesielle geografiske områder, mens andre er funnet i torsk i de fleste områdene som har vært undersøkt. En av årsakene til det høye antallet arter som er kjent fra torsk skyldes en variert føde og stor geografisk utbredelse. Kommersielt torskeoppdrett er i oppstartfasen og det er enda for tidlig å si hvilke arter som vil utgjøre et problem i fremtiden. Man kan likevel komme opp med noen sannsynlige kandidater basert på erfaring fra andre oppdrettsarter og med utgangspunkt i biologien til parasitter som er funnet på villtorsk. I lakseoppdrett er det i dag lakselus som utgjør det største problemet, og da torskefisk har sine egne lusarter, er det nærliggende å forvente at disse kan skape problemer også i et fremtidig torskeoppdrett. I tillegg kan bruk av levendefor, særlig naturlig zooplankton, utgjøre en innfallsport for parasitter med mellomvert eller ved at parasitter med planktoniske larver kan komme inn sammen med føret.

Parasitter på yngel

En potensiell innfallsport for parasitter med mellomvert er via føret. Starfôring av torsk foregår i stor grad ved bruk av plankton, og dersom man benytter naturlig zooplankton kan dette føre til introduksjon av flere ulike parasittgrupper. Undersøkelser av oppdrettet torskeyngel har vist at man kan finne flere ulike arter flatmark, rundorm og bendelmark. For større fisk utgjør disse normalt ikke et problem for verten, men situasjonen er mer dramatisk for yngel som kan bli svekket eller dø som følge av slike infeksjoner. Forebyggende tiltak er nøkkelen her, og man kan unngå problemer ved å ikke benytte naturlig plankton. Parasittiske krepsdyr har planktoniske larver og disse kan bli introdusert sammen med zooplankton eller via inntaksvannet. Flere arter (*Caligus elongatus*, *Clavella adunca* og *Holobomolocus confusus*) er funnet på torskeyngel i oppdrett. Det er kjent at larver av parasittiske krepsdyr kan forårsake dødelighet på larver og yngel av marin fisk.

Noen ektoparasitter, særlig flagellater og ciliater er typiske yngelsykdommer. Direkte livssyklus gjør at man lett kan spre smitte fra fisk til fisk og for eksempel til nye kar med fisk. Tre arter *Trichodina* er kjent fra torsk, og på oppdrettstorsk (yngel) har man i Norge påvist *T. cooperi* på huden. Trichodinainfeksjoner er relativt enkle å behandle med formalin. Flagellaten *Ichthyobodo* sp. ("costia") er også påvist på oppdrettstorsk i Norge. Parasitten forekommer særlig på gjeller og kan forårsake relativt store skader dersom man ikke behandler. Formalinbehandling er normalt effektiv mot costia.

På oppdrettet torskeyngel har man påvist en mikrosporidie, sannsynligvis *Pleistophora gadi*. *Pleistophora gadi* er beskrevet fra torsk i Barentshavet og den infiserer skjelettmuskulaturen. Mikrosporidier er intracellulære parasitter som utnytter og endrer vertscellen i stor grad, og cellefunksjonene blir styrt av parasitten. Infeksjoner i torskeyngel er synlige som kuler i huden fylt opp med sporer og andre utviklingsstadier til *P. gadi*. Infisert fisk vil mest sannsynlig dø og det finnes ingen behandling. Man antar at denne typen mikrosporidier har en direkte livssyklus med smitte fra fisk til fisk.

Øvrige parasitter

Parasitter som ikke har mellomvert er generelt de som forårsaker størst problem i fiskekultur. Av de parasittgruppene som er kjent fra torsk er det særlig to man kan forvente å skape problemer i oppdrett. Lus er nevnt og i tillegg er torsk vert for minst sju arter *Gyrodactylus*.

Gyrodactylus

Problemene med *G. salaris* på laks i norske vassdrag illustrerer klart hvor alvorlig infeksjoner med denne typen parasitter kan være. *Gyrodactylus* smitter direkte fra fisk til fisk og føder levende unger. Disse ungene er gravide ved fødsel. Dette gjør at de har et svært stort reproduksjonspotensial, særlig i oppdrett der man har en høy tetthet av potensielle verter. På torsk er det forskjellige arter *Gyrodactylus* som infiserer blant annet huden og gjellene. I

torskeoppdrett er det rapportert om sykdomsutbrudd som følge av *Gyrodactylus*-infeksjon på gjellene. I oppdrettssammenheng kan man behandle med formalin, men man må da ofte benytte gjentatte behandlinger, med høy dose (høyere konsentrasjon enn 1:4000) og så lang behandlingstid som mulig. Dette kan i enkelte tilfeller gå hardt utover fisken.

”Torskelus”

Torsk er vert for flere ulike arter parasittiske copepoder og noen av disse omtales her. På gjellene kan man finne ”torskens gjellemark” (*Lernocera branchialis*) og på huden er ”torskelus” – *Caligus curtus* og ”skottelus” – *Caligus elongatus* vanlige. I tillegg kan man finne *Clavella adunca* på hud, finner og gjeller. Torskens gjellemark er avhengig av en mellomvert for å fullføre livssyklusen, mens de to *Caligus*-artene har en lignende livssyklus som lakselusa. Med utgangspunkt i problemene lakselusa har skapt, er det nærliggende å forvente at en eller flere av disse artene kan komme til å skape problemer i torskeoppdrett. Det har allerede vært rapportert om infeksjoner med *C.*

curtus og *C. elongatus* på oppdrettstorsk. Skader de to *Caligus*-artene kan forårsake vil sannsynligvis ligne på de man får av lakselusa på laksefisk. Behandlingsmetodene vil også være de samme som man i dag benytter mot lakselusa. Torskens gjellemark har en spesiell morfologi der bare deler av dyret er synlig fra utsiden. Hoderegionen på parasitten er inne i selve fisken og går helt inn i torskens hjerte. Stor torsk som har flere gjellemark kan bli anemiske.

Størrelsen på fisken har ofte betydning for hvor mange parasitter en fisk kan håndtere uten større problemer. Da torsk er en marin art, kan man forvente en del andre problemer enn de man har sett i oppdrett av laks som har den første fasen av livet i ferskvann. Smittemessig er det en fordel at livssyklusen er delt mellom ferskvann og sjø. Dette betyr at hele spekteret med parasitter er tilgjengelig gjennom hele livssyklusen hos torsk. Det betyr igjen at parasitter som normalt er antatt å være ”ufarlige” kan, dersom de for eksempel infiserer yngel og små fisk, utgjøre et alvorlig problem.

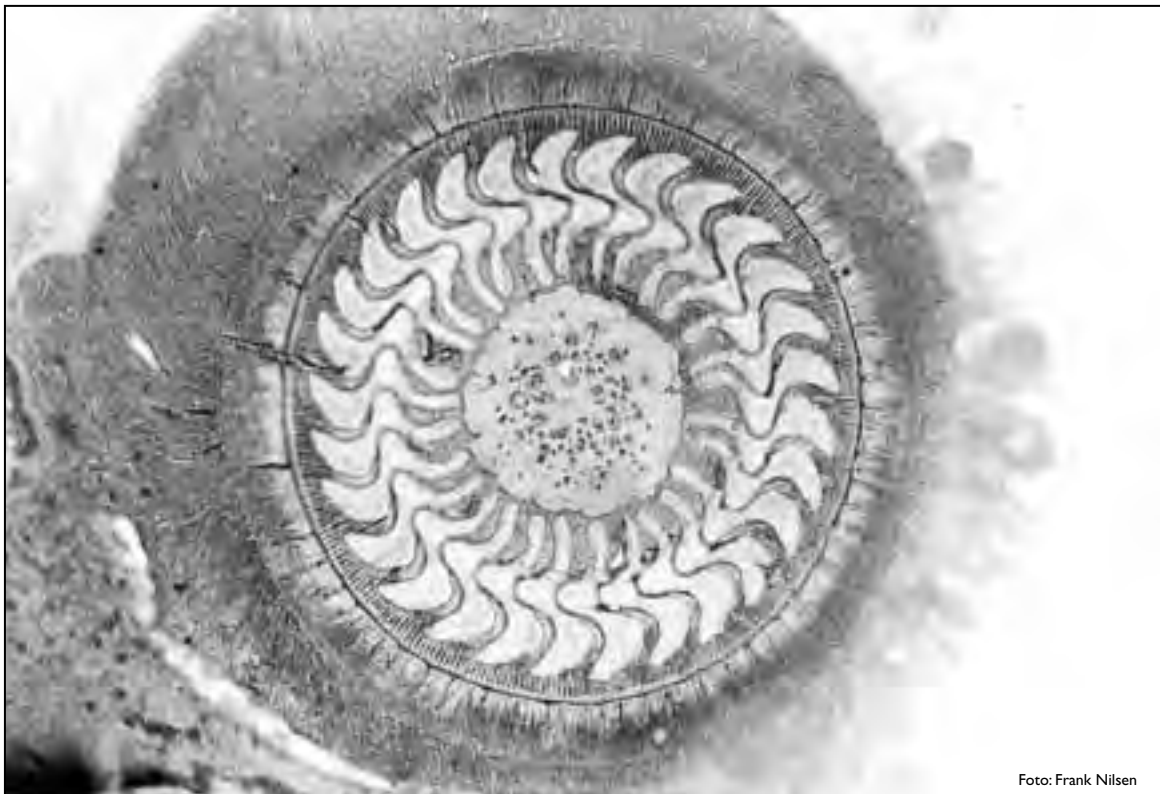


Foto: Frank Nilsen

Figur 1 Flere arter *Trichodina* er kjent fra torsk. På oppdrettstorsk har man mellom annet funnet *Trichodina cooperi*. Bildet viser sølv impregnert *Trichodina hippoglossi* fra kveite. Several species of *Trichodina* are known from cod. From farmed cod *Trichodina cooperi* has been recorded. The picture shows a silver impregnated *Trichodina hippoglossi* from Atlantic halibut.



Aglen, Asgeir Akse, Leif Andreassen, Johan	Havforskningsinstituttet, asgeir.aglen@imr.no Fiskeriforskning, leif.akse@fiskforsk.norut.no Villa Miljølaks AS, johan@leppefisk.no
Bergh, Øivind Bleie, Hogne Bolla, Sylvie Borthen, Jørgen Brattgjerd, Tore	Havforskningsinstituttet, oivind.bergh@imr.no Veterinærinstituttet Bergen, hogne.bleie@vetinst.no Norway Marine Culture AS, sylvie.bolla@panmarine.no Norsk Sjømatsenter Bergen, borthen@sjomat.no Kontali Analyse, tore.brattgjerd@kontali.no
Drengstig, Asbjørn	Norwegian Lobsterfarm AS, asbjorn.drengstig@norwegian-lobster-farm.com
Harboe, Torstein Hjeltnes, Brit Hovgaard, Peter	Havforskningsinstituttet, torstein.harboe@imr.no Havforskningsinstituttet, brit.hjeltnes@imr.no Høgskolen i Sogn og Fjordane, peter.hovgaard@anf.hisf.no
Jørstad, Knut E.	Havforskningsinstituttet, knut.jorstad@imr.no
Karlsen, Ørjan Kjesbu, Olav Klakegg, Øystein Kristiansen, Tore S. Kvenseth, Per Gunnar	Havforskningsinstituttet, orjan.karlsen@imr.no Havforskningsinstituttet, olav.kjesbu@imr.no Kontali Analyse, oystein.klakegg@kontali.no Havforskningsinstituttet, tore.kristiansen@imr.no Norsk Sjømatsenter, Bergen, kvenseth@sjomat.no
Mortensen, Stein	Havforskningsinstituttet, stein.mortensen@imr.no
Nilsen, Frank Norberg, Birgitta	Havforskningsinstituttet, frank.nilsen@imr.no Havforskningsinstituttet, birgitta.norberg@imr.no
Olsen, Anne Berit Opstad, Ingegjerd, Otterå, Håkon	Veterinærinstituttet Bergen, anne-berit.olsen@vetinst.no Havforskningsinstituttet, ingegjerd.opstad@imr.no Havforskningsinstituttet, hakon.ottera@imr.no
Rødseth, Odd Magne	Intervet Norbio AS, Bergen, OddMagne.Roedseth@intervet.com
Slinde, Erik Stenvik, Jørgen Strand, Øivind	Havforskningsinstituttet, erik.slinde@imr.no Universitetet i Tromsø, joergens@nfh.uit.no Havforskningsinstituttet, oivind.strand@imr.no
Tangerås, Arild Taranger, Geir Lasse Torrissen, Ole	Intervet Norbio AS, Bergen, Arild.Tangeraas@intervet.com Havforskningsinstituttet, geir.lasse.taranger@imr.no Havforskningsinstituttet, ole.torrissen@imr.no
Waagbø, Rune	Fiskeridirektoratets ernæringsinstitutt, rune.waagbo@nutr.fiskeridir.no
van der Meeren, Terje	Havforskningsinstituttet, terje.van.der.meeren@imr.no