

FISKEN OG HAVET, SÆRNUMMER 3 - 1999

ISSN 0802 0620

*Fiskeridirektoratets  
Biblioteket*

# HAVBRUKSRAPPORT

## 1999

**Redaktør**

**Tore Kristiansen**

**HAVFORSKNINGSINSTITUTTET**

Mars 1999



# FORORD

---

Havbruk er i løpet av få år blitt en av Norges viktigste næringer, og verdien av produksjonen passerte i 1998 hele 10 milliarder kroner. Foreløpig er det laks og regnbueørret som dominerer, men det blir lagt ned en stor innsats for å gi næringen flere bein å stå på.

Havbruksrapporten gir status for norsk havbruksnæring og -forskning, og oppdaterer leseren på utviklingen for de aktuelle havbruksartene. Statusrapporter fra lakse-næringen blir gitt av Kontali Analyse A/S og Eksportutvalget for Fisk. Oppdrett av regnbueørret har fått en grundig beskrivelse, ført i pennen av ørretentusiast og oppdretter Aase Lone. En art som i 1998 passerte en milliard kroner i produksjonsverdi, fortjener å bli tatt på alvor.

Havforskningsinstituttet, Senter for havbruk, skal gjennom sin forskning skaffe kunnskap som kan danne grunnlag for en bærekraftig og lønnsom havbruksnæring. I prioritert rekkefølge er laks, kveite, kamskjell, torsk og hummer de viktigste artene det forskes på. I årets rapport markerer vi spesielt 25-årsjubileet for kveiteforskning ved Havforskningsinstituttet. Ellers gis det en fyldig statusrapport fra lakse- og kveiteforskningen i 1998, og fra utviklingen av oppdrett av skjell og torsk, hvor næringen i 1998 virkelig begynte å få opp øynene. Hummerforskerne rapporter om unike resultater fra Kvitsøy.

Fra forskningsmiljøene i Tromsø rapporteres det om status for oppdrett av røye og flekksteinbit. Røye har lenge vært lovende, men har ikke tatt av som oppdrettsart. Nye forskningsresultater kan kanskje få røya ut av startgropa. Forskningen på oppdrett av flekksteinbit har vist rask framgang og er nå inne i den vanskelige overgangen fra småskala- til storskalaproduk-

sjon. Høgskolen i Bodø har stor tro på kråkebolleoppdrett, og fra Sogndal rapporteres det om vanskelige rammevilkår for åleoppdrett. Fra Institutt for fiskeribiologi, UiB, kommer viktige bidrag innen oppdrett av torsk og piggvar.

Siden dette er siste rapport før år 2000, har vi i kapittelet «Den blå revolusjonen» gitt rom både for tilbakeblikk og visjoner for framtidens havbruksnæring fra sentrale personer innen forskning og næring. Generelt er det stor optimisme å spore, og en tror at havbruksnæringen vil utvikle seg til en bærekraftig og viktig del av framtidens matvareproduksjon. Å bringe fram "nye" oppdrettsarter krever store investeringer i FoU. For lite målrettet satsing og manglende investeringsvilje gjør at dette vil ta lang tid. Revolusjonen innen gen- og bioteknologi vil gi næringen store muligheter for å skape effektive og rasktvoksende oppdrettsfisk, men dette er et ukjent landskap som en både av økologiske og etiske grunner bør gå inn i med stor forsiktighet.

Vi vil gjerne rette en stor takk til alle forfatterne som har bidratt til årets Havbruksrapport. En spesiell takk til forfattere fra institusjoner utenfor Havforskningsinstituttet. Deres bidrag gjør at vi får et bredt og godt bilde av utviklingen i norsk havbruksnæring. Forfatterne er ansvarlig for tall og synspunkter i artiklene. Referanser fås ved henvendelse til forfatterne.

Redaktør for årets Havbruksrapport er Tore S Kristiansen. I redaksjonen: Stein Mortensen, Erik Slinde, Terje Svåsand og Kari Østervold Toft. Takk også til Bjørn Ove Jansen og Hege Iren Svendsen. Tegninger og akvareller er laget av Stein Mortensen.

# INN H O L D

<b>FORORD</b> .....	Tore Kristiansen	5
<b>SAMMENDRAG</b> .....		8
<b>SUMMARY</b> .....		9
<b>HAVBRUKSÅRET 1998</b>		
Det er så altfor mye vi ikke vet .....	Erik Slinde	10
<b>I. LAKSEFISK</b>		
Laksenæringen 1998 - en oversikt .....	Lars Liabø	12
Markedstrender .....	Tom Sebulonsen	16
Status for den produksjonsrettede forskningen i Norge.....	Geir Lasse Taranger	18
Teknologisk forskning .....	Egil Lien	21
Oppdrett av regnbueørret .....	Aase Lone	22
Norsk røyeoppdrett - stø kurs, men sakte fart .....	Atle Mortensen og Arne M. Arnesen	27
Helsesituasjonen for laksefisk .....	Tore Håstein og Brit Hjeltnes	30
Rekordlavt forbruk av medisiner til oppdrettsorganismer .....	Bjørn Tore Lunestad	33
Lakselusa, ikke bare parasitt, men frittlevende plankton .....	Karin Boxaspen	35
Lakselusmidler i fiskefôr .....	Bjørn Tore Lunestad	39
Status for miljøvirkninger i havbruk .....	Arne Ervik	40
Forvaltningsnytt .....	Bjarne Aalvik	41
<b>2. MARIN FISK</b>		
Oppdrett av kveite .....	Anders Mangor-Jensen	44
Helsesituasjonen for kveite .....	Øivind Bergh, Sindre Grotmol	52
Oppdrett av piggvar .....	Joachim Stoss	54
Oppdrett av piggvar - forskningsnytt .....	Albert Imsland	55
Flekksteinbit .....	Reinhold Fieler, Lars Olav Sparboe, Inger-Britt Falk-Petersen, Vera Lund, Inger Andreassen og Anne Karin Monsås	57
En ny "vår" for torskeoppdrett .....	Håkon Otterå	64
Lys stopper kjønnsmodning .....	Geir Lasse Taranger	66
Høy vekst og overlevelse i intensiv torskeyngelproduksjon ved 14 °C ..	Erling Otterlei	67
Satsing på torskeoppdrett i Lofoten .....	Arne Kolbeinshavn	67
Lysing .....	Anne Berit Skiftesvik og Reidun Bjelland	69
Status for norsk oppdrett av ål .....	Vidar Aasen	71

*Ettertrykk av artikler er tillatt ved henvisning til kilde.  
Forfatter setter pris på å bli kontaktet.*

### 3. SKJELL

Fra "Kamskjellprosjektet" til "Skjellprosjektet" .....	Gunnar Eiken og Stein Mortensen	72
Kamskjellproduksjon .....	Øivind Bergh, Sissel Andersen og Øivind Strand	73
Forskningsnytt kamskjell .....	Sissel Andersen, Øivind Strand, Hanne Skjæggestad, Geir A. Haugom og Øivind Bergh	75
Blåskjell .....	Peter Hovgaard	79
Østers .....	Stein Mortensen	82
Andre skjellarter: Små volumer i dag, sysselsetting og næring i morgen?.....	Jan Brødreskift	85
Algegifter i skjell, status 1998.....	Einar Dahl	89
Skjellanlegg - både produksjon og miljøforbedring .....	Einar Dahl	92

### 4. KREPSDYR OG PIGGHUDER

Hummer - gjenfangst i Kvitsøyforsøket .....	Knut E. Jørstad og Ann-Lisbeth Agnalt	95
Hummerforsøk - grunnlag for ny næringsvirksomhet? .....	Knut E. Jørstad, Ann-Lisbeth Agnalt og Einar Nøstvold	97
Oppføring av kongekrabbe - en vellykket mellomlagring .....	Børge Damsgård	100
Oppdrett av kråkeboller .....	Nils T. Hagen	102
Oppføring av villfangete kråkeboller .....	Sten Ivar Siikavuopio	103

### DEN BLÅ REVOLUSJONEN

Glimt fra det norske lakseeventyret .....	Dag Møller	104
Oppdrett av kveite ved HI - et 25-årsjubileum:		
Del 1 - Pionértiden .....	Per Solemdal og Victor Øiestad	109
Del 2 - Forskning på brei front .....	Jens Christian Holm	115
Havbeite og kultivering av ville bestander		
Drømmen om å hjelpe naturen.....	Terje Svåsand, Ann-Lisbeth Agnalt, Tore S. Kristiansen, Jørgen Borthen og Torstein Pedersen	123
Marine arter i oppdrett - en slumrende gigant våkner .....	Victor Øiestad	132
Visjoner om norsk havbruksnæring .....	Bjørn Myrseth	136
Har havbruk ei framtid i matforsyninga i verda? .....	Torbjørn Åsgård	139
Har vi et etisk forsvarlig havbruk? .....	Harald Kryvi	144
Tradisjonelt avlsarbeid i møte med moderne bioteknologi .....	Arne Storset	146
Havbruksforskning - en lønnsom investering .....	Erik Slinde	152

Denne rapporten refereres slik/*This report should be cited as:*  
***Kristiansen, T. et al, FiskenHav, Særnr. 3 - 1999***

# SAMMENDRAG

---

**Norge er verdens klart største lakseeksportør, og i 1998 passerte produksjonen av laksefisk 390.000 tonn til en verdi av hele 10 milliarder kroner. Produksjonen av laks økte med 8 % til 342.000 tonn, 329.000 tonn av dette ble eksportert. Oppdretterne oppnådde en prisøkning på laks på 6%. Produksjonseffektiviteten er stadig økende, og på fem år er produksjonen per årsverk tredoblet. Også produksjonen av regnbueørret har vokst sterkt de siste fem årene. I 1998 var økningen på hele 44 % til 47.500 tonn, og verdien kom over 1 milliard kroner. Eksportverdien økte med hele 58 %. Japan er fortsatt det viktigste markedet (65 %), men den europeiske andelen av eksporten økte sterkt i 1998. Oppdrett av røye har ikke tatt av og har de siste årene ligget rundt 400 tonn.**

Oppdrettsfisk er vårt «friskeste» husdyr. Effektive vaksiner og bedret driftshygiene har redusert bakteriesykdommene til et minimum, og forbruket av antibiotika er svært lavt. Dødelighet grunnet virussykdommen IPN økte i 1998, og var den viktigste årsaken til tap av fisk i næringen. Bekjempelse av parasitten lakselus påfører næringen svært store kostnader. Det legges ned en betydelig forskningsinnsats for å forstå lakselusas økologi og løse disse problemene.

Oppdrett av marine arter er ennå i utviklingsfasen, og det gjenstår mye innsats før det er grunnlag for kommersiell drift. Troen på at kveite blir vår neste "store" oppdrettsfisk er fortsatt til stede. I 1998 ble det produsert 350.000 yngel, og produksjonen av matfisk økte til 250 tonn, som hovedsakelig kom fra en produsent. Produksjonen av yngel er en flaskehals for videre utvikling, noe som i stor grad skyldes virussykdommen VER. En strategi for å bekjempe viruset inneholder både bedret driftshygiene, utsortering av smittet fisk og utvikling av en vaksine mot viruset.

Interessen for oppdrett av torsk økte i 1998, både fra oppdrettere og fiskeeksportører. Grunnen er økte priser på verdensmarkedet, i tillegg til at det

er tatt i bruk lys for å utsette kjønnsmodning og bedre veksten. Havforskningsinstituttet produserte i 1998 om lag 150.000 yngel, som den eneste yngelprodusenten. I Troms har utviklingen av flekksteinbit som oppdrettsart vist rask framgang, og Troms Steinbit AS på Senja er i ferd med å etablere kommersiell produksjon.

Skjellnæringen er i sterk vekst, og i 1998 kom også mer kapitalsterke investorer på banen. Gjennom Kamskjellprosjektet (Skjellprosjektet fra 1999) har en forsøkt å få til en kunnskapsbasert utvikling av skjellnæringen, i et samarbeid mellom forskning, forvaltning og rundt 80 bedrifter i åtte fylker. Det gjøres en stor innsats for å utvikle oppdrett av stort kamskjell, og i 1998 ble mellom to og tre millioner kamskjell satt i mellomkultur. I blåskjellnæringen er optimismen stor og produksjonsprognosene tilsier en femdobling allerede i 1999, fra 605 tonn i 1998.

Havforskningsinstituttet satte ut 125.000 merkede hummer i havbeiteforsøkene på Kvitsøy fra 1990 til 1994. Høsten 1998 utgjorde havbeitehummer hele 60% av totalfangsten på Kvitsøy. Dette er unike resultat i europeisk sammenheng, og de viser at det er mulig å styrke lokale bestander ved utsettinger. Kvitsøy kommune, med støtte fra SND og Norges forskningsråd, etablerte i 1998 et lokalt hummerklekkeri, som allerede er blitt et senter for oppfølging av hummerforsøkene og vil være viktig i nye europeiske forskningsprosjekter.

I siste Havbruksrapport før tusenårsskiftet tar vi et lite tilbakeblikk på utviklingen av «den blå revolusjonen» som den norske havbruksnæring kan kalles. Historien til denne unge industrien er fylt av personligheter, faglige motsetninger, med- og motgang, pionerer og nært samarbeid mellom forskning og næring. I år er det 25 år siden arbeidet med å utvikle oppdrett av kveite startet, noe som blir markert med en egen jubileumsartikkel. Vi har også fått noen norske havbruksekspertter til å forsøke å se litt inn i krystallkula og belyse utfordringer som havbruksnæringen står over for.

# S U M M A R Y

---

**Norway maintains its position as the world's largest exporter of salmon. In 1998, the production exceeded 390.000 tonnes at a value of NOK 10 billion. The production increased by 8% to 342.000 tonnes, of which 329.000 tonnes were exported. Salmon farmers achieved a 6 % price increase in addition. Efficiency is increasing throughout the industry; in the course of the last five years, production has tripled relative to the amount of human labour required. Trout production has had a strong increase over the last five years. In 1998 it increased by 44% to 47.500 tonnes at a value of more than 1 billion NOK, while exports increased by 50 % to 32.300 tonnes. In comparison, production in 1993 was a mere 7.500 tonnes. Still, Japan is the most important market for Norwegian trout, consuming approx. 65%, however, the export to the European market increased strongly in 1998.**

The Norwegian aquaculture industry has an excellent state of health. Efficient vaccines and improved hygiene at production sites have reduced the bacterial diseases to a minimum and the use of antibiotics is very limited, indeed. The mortality rate increased due to outburst of infectious pancreas necrosis (IPN) in 1998, and this was the main reason for losses of fish in the industry. The parasite salmon lice is still causing major losses in the salmon production, and a major scientific effort is established to understand the ecology of the salmon lice and to solve this problem adequately.

Farming of marine species is developing, and a great effort still has to be put in to scientific and developing activities to establish a commercial industry. There is a prevalent belief that halibut will be the next success story of the aquaculture industry. In 1998, Norway produced 350 000 halibut fry and 250 tonnes of consumable halibut. The greatest threat to developing a commercially viable aquaculture of halibut is probably VER. The strategy for measures against the VER virus includes improved hygiene at production sites, quick removal of infected fish and the development of a vaccine.

We are witnessing a growing interest in the aquaculture of cod, both from fish farmers and exporters. One reason for this is that cod is fetching higher prices on the world market; another is the successful use of light to delay sexual maturation, and improve growth. So far, at the Institute's facility

at Parisvatnet in Øygarden outside Bergen, the single producing plant for cod fry, 150.000 individuals were produced in 1998. In the Troms area, farming of spotted wolf-fish has shown good progress, and a commercial production is now to be established.

The shellfish industry is growing rapidly, and in 1998 financially strong investors entered the arena. Through the Norwegian Scallop Programme (the Norwegian Shellfish Programme from 1 January), efforts have been made to develop a shellfish industry based on knowledge and in co-operation with research institutions, governmental management and 80 companies in eight counties. Great effort has been put into development of farming of king scallop, and in 1998, two-three billion scallop spat were put into intermediate culture. There is great optimism in Norway's mussel industry; the current prognosis is a 400 % increase in production in the course of 1999. Last year, 605 tonnes of mussels were produced.

From 1990 to 1994, the Institute of Marine Research released 125 000 tagged lobsters near the island of Kvitsøy, outside the town of Stavanger, as part of a sea ranching programme. In the autumn of 1998, 60 % of the lobster catch near Kvitsøy consisted of tagged specimens. These statistics, which are unique in a European perspective, prove that it is possible to strengthen the local stocks through controlled releases. The Municipality of Kvitsøy, supported by SND (The Norwegian Industrial and Regional Development Fund) and the Norwegian Research Council, has established a local hatching facility, which already has become a focal point of lobster related research and will be important in new European research projects.

In this last Annual report of Aquaculture we look back on the explosive development of the Norwegian aquaculture industry that has been referred to as "the blue revolution". The history of this industry, which is still quite young, is characterised by colourful and interesting personalities, their pioneer spirit, professional differences and competing theories and ideas, successes and failures, and a close and fruitful cooperation between researchers and commercial interests. This year it is 25 years since the first halibuts were produced in Norway, and we celebrate this with a special article.



## Det er så altfor mye vi ikke vet

Forskningsdirektør Erik Slinde,  
Havforskningsinstituttet

**Inntektene fra norsk akvakultur øker fra år til år og har nå passert ti milliarder kroner. Nærings- og markedsutviklingen går bra, men kunnskaps-tilfanget er for lite. Det er så altfor mye vi ikke vet. For laks gjelder det blant annet de tre områdene lakselus, rømning og IPN-virus.**

Lakselus kommer med villfisken til oppdrettsanleggene hvor den får anledning til å formere seg. Her er avlusningstiltak og bruk av leppefisk nødvendig. Dersom angrepene blir for alvorlige, kan en benytte lusefôr. Her vet vi at det aktive middel blir borte i fisken, men vi vet ikke hva fisken omsetter det til. Hvor vidt oppformeringen av lus i oppdrettsanleggene er en belastning for den ville laksen eller ei, er det ikke ført vitenskapelig bevis for. Men det beste var selvfølgelig at vi helt kunne hindre problemene med lus, for eksempel med en lusattraktant som for barkebiller, eller ved vaksinasjon.

Men vår kunnskap om lus er her for liten til at vi har en løsning på dette i dag.

Vi er alle enige om at rømning fra oppdrettsanleggene ikke er ønsket, fordi det representerer dårlig drift og økonomi. Noe av den rømte laksen finner også veien til en elv hvor den gir opphav til avkom. Hvilke gener oppdrettslaks har og hvilke gener den enkelte elv har, vet vi i dag for lite om. Om virkningene er negative eller positive kan derfor diskuteres. Ingen har i dag sagt noe om hvilken kvalitet de enkelte gener har. Men det er nå, i norsk lakseoppdrett sin begynnelse, at dette må slås fast. Det er nå vi har størst valgmuligheter.

For oppdretteren var det direkte tapet i 1998 på grunn av IPN-virus på minst 100 millioner kroner. I markedet finnes det både genteknologisk produsert vaksine og mer tradisjonell vaksine,



og vi har lært at den genteknologiske vaksinen virker best. Adjuvanser som benyttes for å bedre effekten av vaksinene, gir sammenvoksnin-ger og kvalitetsreduksjon. Økt innsats på forebyggende helse og hygienetiltak er en styrke for enhver næringsmiddelindustri.

Skjellnæringen har kommet et vesentlig skritt videre. En blåskjellnæring er under oppbygging. Samtidig har satsingen på så vel kamskjell som østers skutt fart. Vi har fått forståelse på politisk hold for at det må finnes en kostnadseffektiv algegiftkontroll, hvorvidt det blir en realitet gjenstår likevel å se. Men oppbygging av en skjellnæring krever et administrativt og forvaltningsmessig apparat som i dag ikke er til stede. Kunnskapsgrunnlaget kan delvis importeres fra utlandet, slik vi for en stor del har gjort for laks. Men det må tilpasses, og vi må ha utdannede personer innen forvaltning og forskning som forstår problemene.

Oppdrett av kveite er en nasjonal utfordring. Her må vi stole på oss selv. Dette er en art som Norge skal føre fram, og det er lite kunnskap å hente internasjonalt. Fra ingen kunnskap og fram til i dag, har vi nå oppnådd årstidsuavhengig gyting, og vi kan produsere en mindre mengde fisk som har god aksept i markedet. Men vi kan fortsatt for lite om kveita. Hvorledes skal vi få virusfri stamfisk, hvordan finner vi fram til et startfôr som gir effektiv pigmentering og god overlevelse, og hvorledes ser den optimale merdkonstruksjon ut?

Kvotene for fangst av vill torsk har gått ned, og prisene har gått opp. Dette har ført til fornyet interesse for oppdrett av torsk. Heldigvis har det vært opprettholdt en begrenset produksjon av yngel som gir basis for en ny giv i torskeoppdrett. Forskning på intensiv yngelproduksjon, fôr og utsatt kjønnsmodning vil lett gjøre oppdrett av torsk til god butikk. Også når det gjelder steinbit er optimismen økende, men det er behov for mer kunnskap. Her må det også skapes et marked. Utfordringene står i kø for de arter vi allerede arbeider med, og det er nye arter som også krever innsats. Det gjelder å ikke ta på seg for mye.

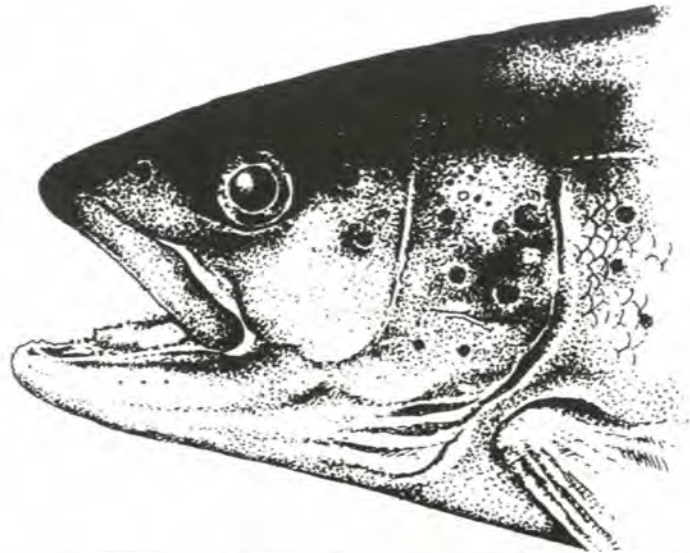
Høsting av sjømat fra havet har en grense for alle arter. En av de største utfordringene for oppdrettsnæringen fremover vil bli å skaffe riktig fôr, og spesielt marint fett. Ettersom flere og flere arter går direkte til menneskemat, blir fôr fra havet en viktig innsatsfaktor ikke bare for landdyr, men også i akvakultur. Høsting av arter lengre ned i næringskjeden blir en utfordring, eventuelt må en tenke nytt når det gjelder å omfordele fôr fra landdyr til akvakultur. Den positive utfordringen ligger i at fôrfaktoren til fisk er langt lavere enn for landdyr. Men her må vi forstå fettsyrenes betydning for fleksibilitet i cellemembraner, noe som er viktig for kaldblodige dyr som fisk, som i vårt land møter temperaturer rundt frysepunktet.

Havbeite og utsetting av fisk og skalldyr er også viktige utfordringer, på linje med fangst av villfisk for mellomlagring og oppfôring. Hummer og kongekrabbe bidrar med økte fangster både i Rogaland og i Finnmark. Men hvordan dette påvirker det biologiske mangfold, vet vi ikke for mye om.

Den etiske delen i våre fiskerier og vår akvakultur er et område som får større og større markeds- messig betydning. Fisk og skalldyr har nå lik status med hund og katt når det gjelder forsøk. Dette krever at vi må vite mer om de fysiologiske og biokjemiske endringer som finner sted når fisk og skalldyr avlives eller dør. Vi må også vite mer om hvordan stress påvirker fisk som holdes i fangenskap.

Vi kan vel konstatere at veksten innen akvakultur i Norge går raskere enn kunnskapstilfanget. Dette blir tydeligere for hvert år som går, det synes også å være næringens akilleshæl og blir et større og større problem i den internasjonale markeds- sammenheng hvor kundene krever svar om problemene i norsk oppdrett. Vi har også store utfordringer når det gjelder foredling av fisk og forståelsen av hvilken kvalitet på fisken de forskjellige markeder vil ha. Vi er i dag en god råstoff- leverandør, men foredling og økte dekningsbidrag gjennom tilførsel av kunnskap og teknologi til den sjømat vi fanger eller oppdretter, har vi liten tradisjon for. Her ligger det arbeidsplasser og venter, men de kan kun etableres gjennom tilfang av kunnskap og gjennom utdanning.

# I. LAKSEFISK

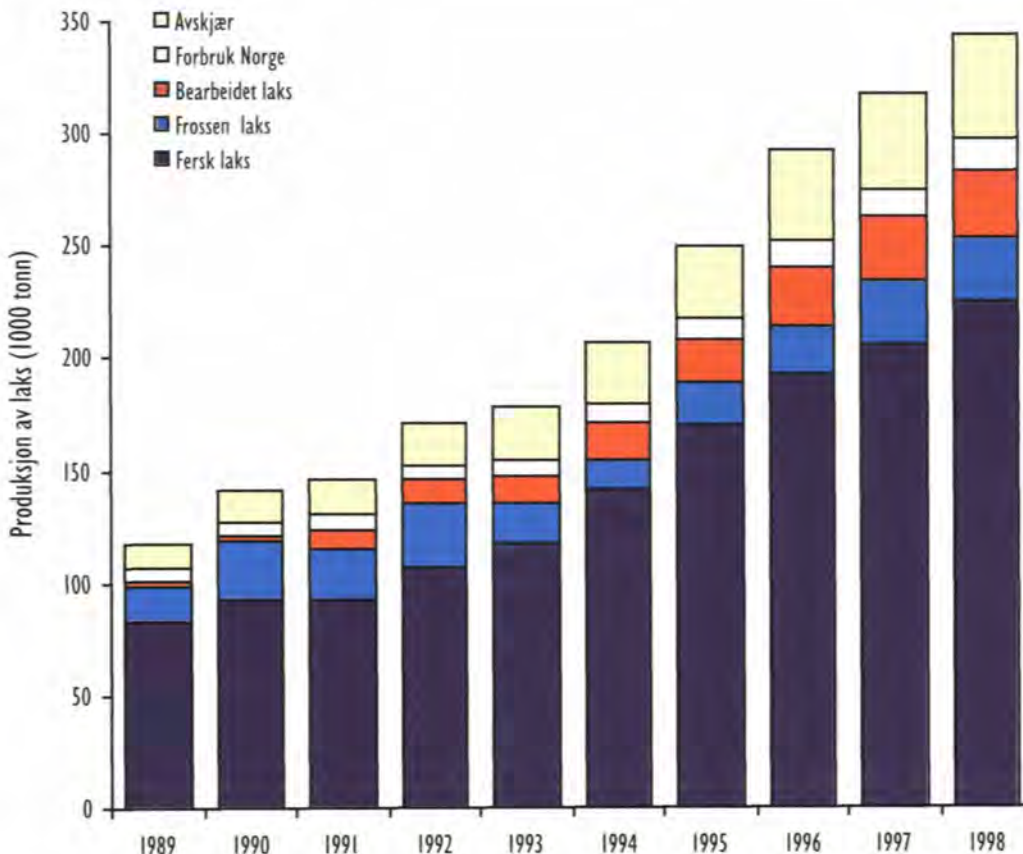


## Laksenæringen 1998 - en oversikt

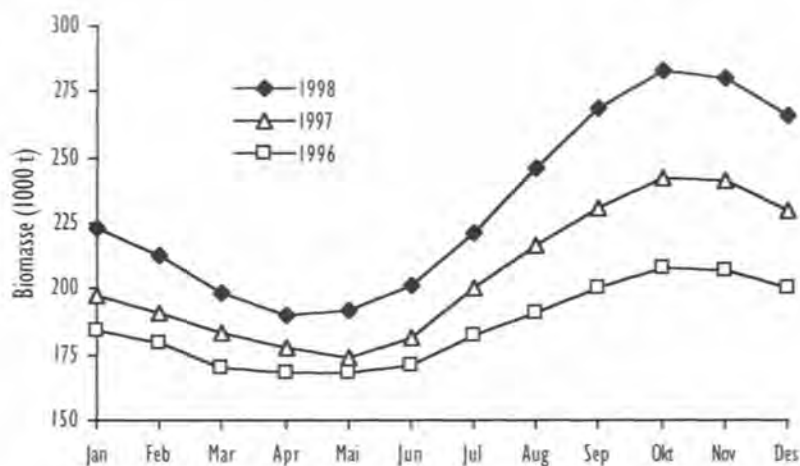
Lars Liabø,  
Kontali Analyse A/S

1998 ble et nytt rekordår for norsk laksenæring. Salgskvantumet for laks økte med ca. 26.000 tonn rund vekt (8 %) til ca. 342.000 tonn. For ørret var økningen hele 44 % (ca. 14.500 tonn) til 47.500 tonn rund vekt. Totalt salgskvantum endte der-

med på ca. 390.000 tonn rund vekt. Eksportverdien, samt verdien av innenlands salg, passerte for første gang ti milliarder kroner, en verdiøkning på hele 18 % sammenlignet med 1997.



**Figur 1.1**  
Totalproduksjon av norsk laks fordelt på produkt, 1989-1998. Norwegian production of Atlantic salmon in the period 1989-1999, divided on products (from below: fresh (blue), frozen (light blue), processed (orange), home market (white) and fish cut offs (yellow))



**Figur 1.2** Biomasseutvikling for laks i norske oppdrettsanlegg. Tonn rund vekt. *Total standing stock of Atlantic salmon (tonnes) in Norwegian farms throughout the years 1996-1998.*

### Bedre priser

Oppdretterne dro i løpet av 1998 fordeler av en svakere norsk krone, og mens prisnivået i markedet (EU) lå omtrent på samme nivå i 1998 som i 1997, oppnådde oppdretterne i Norge i gjennomsnitt 6 % høyere priser enn i 1997. Forbedret inntjening hos oppdretterne og god tilgang på fôr, førte til at produksjonen (tilveksten) økte mer enn uttaket. Per 31.12.1998 var stående biomasse i sjøen ca 40.000 tonn høyere enn per 31.12.1997 (figur 1.2). Omregnet til levende vekt og inkludert ørret var stående biomasse ved årsskiftet ca 300.000 tonn.

### Store IPN-tap

Vi har foreløpig beregnet smoltutsettet i 1998 til 116 millioner, det vil si en økning på 5 % (tabell 1.1). 1998-utsettet av 1-årig smolt ble utsatt for de største IPN-utbruddene på mange år. Fra utsett våren 1998 til nyttår registrerte vi et svinn på 16 %, mot normalt 5-8 %. IPN har de siste år forårsaket stor dødelighet også i settefiskanleggene

og er den sykdommen som for tiden forårsaker det største individtapet i norsk laksenæring.

### Stor produksjonsøkning per årsverk

Fordi norsk laks ikke har fri markedsadgang til hovedmarkedet EU (75 %), og er delvis utestengt fra USA-markedet på grunn av straffetoll, har det i Norge vært nødvendig å gjennomføre en rekke produksjonsregulerende tiltak de siste ti år. Innfrysningsordningen i 1990 og 1991, destruksjon av smolt i 1991, tvungen sulting i 1995/96, samt fôrkvoteordningen er eksempler på dette. Effektive vaksiner ga friskere fisk og en enorm produktivitetsøkning i perioden 1992 - 1994. Samtidig tok oppdretterne i bruk større merdsystemer, og produksjonen per årsverk økte. På fem år har produksjonen per årsverk blitt tredoblet (figur 1.3).

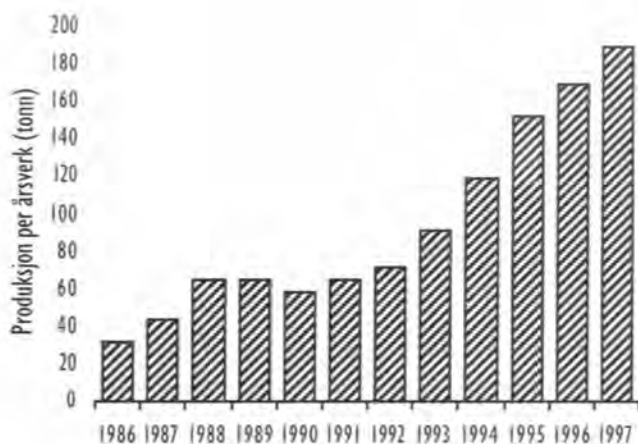
### Ingen framgang i vekst og fôrutnyttelse

Når det gjelder fôrfaktoren har utviklingen ikke vært så positiv (figur 1.4). Dette til tross for at

**Tabell 1.1** Antall millioner smolt satt i sjøen i Norge i perioden 1994-1998, fordelt på 0-, 1- og 2- års smolt.

*Numbers of smolts (in millions) put into sea water in Norway in the period 1994-1998, divided on 0-, 1-, and 2-year old smolts.*

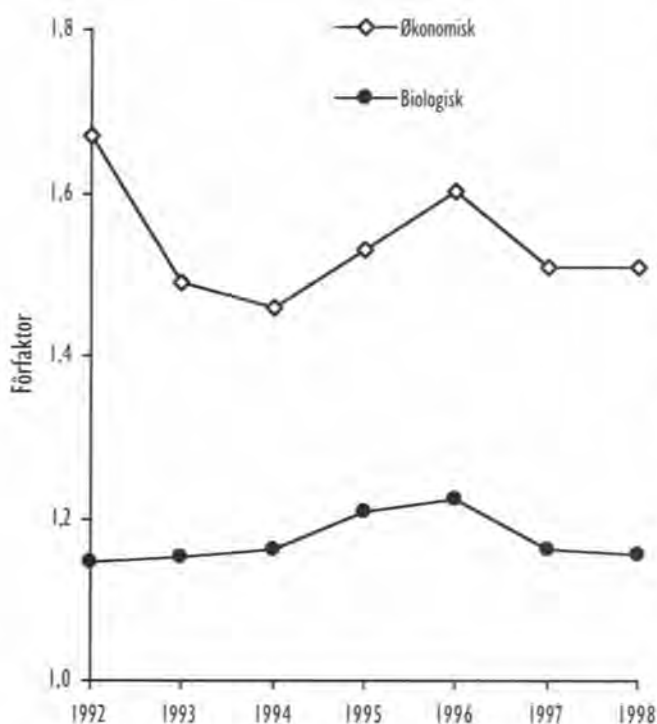
Smolt	1994	1995	1996	1997	1998
2-år	6,0	5,0	3,5	4,0	2,0
1-år	64,0	73,5	76,5	83,5	85,0
0-år	11,5	18,5	18,0	22,5	29,0
Total	81,5	97,0	98,0	110,0	116,0



**Figur 1.3** Utvikling i produksjon av laks i tonn per årsverk 1986-1997.

*Production of salmon (tonnes) per man-labour year in the period 1986-1997.*

energiinnholdet i fôret er økt, og at fôrindustrien har drevet et betydelig forskningsarbeid. I vår EDB-baserte produksjonsmodell har vi simulert norsk lakseproduksjonen siden 1992. Modellen bygger på en rekke inputdata fra ulike kilder og viser tilvekst, slakting, svinn og fôrforbruk per måned for hver generasjon fisk i sjøen. Fra modellen kan vi ta ut en rekke rapporter, blant annet ulike fôrfaktorer per generasjon fisk og per kalenderår. Våre beregninger viser at biologisk fôrfaktor økte i årene 1995 og 1996 på grunn av



reguleringene, for så å synke igjen. Men fôrfaktoren er ennå ikke kommet ned på 1994-nivå, da oppdretterne ikke var hemmet av kvoter i sin drift. Da fôrfaktoren øker ved økende slaktevekt på fisken, har vi også vist gjennomsnittlig slaktevekt for de samme år. Økonomisk fôrfaktor (EFCR) var også lavest i 1994.

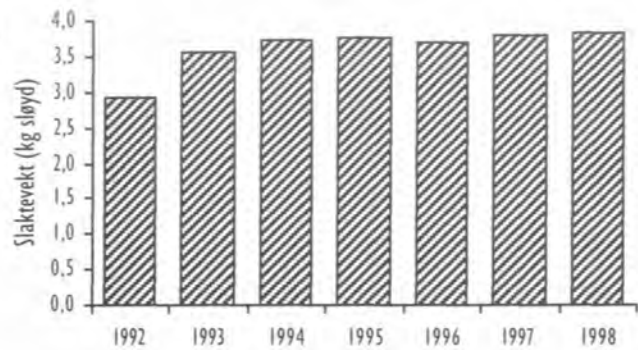
Fiskens veksthastighet påvirker lønnsomheten i næringen, og her har det de siste år heller ikke vært forbedringer. I produksjonsmodellen kan vi måle veksthastigheten både i antall måneder det tar fra gjennomsnittsfisken blir klekket til den når slaktevekt, og i form av omløpshastighet på varelaget (biomassen). Omløpshastigheten er her definert som slaktekvantum i kalenderåret delt på beregnet biomasse i sjø 1. januar. Omløpshastigheten, målt på denne måten, er selvsagt avhengig av sjøtemperaturen. I Chile er det vanlig med en omløpshastighet på 2-2,5, mens vi i Norge hadde en økning fra 1,2 i 1990 og 1991 til over 1,8 i 1993 og 1994. De siste år har omløpshastigheten gått ned til ca 1,5. Dette betyr at vi høster relativt mindre fra den stående biomassen i sjø. Fôrkvoteordningen har medført at en relativt større andel av lakseproduksjonen skjer i den nordligste del av landet hvor veksthastigheten er lavere enn i sør.

### Fortsatt penger å spare

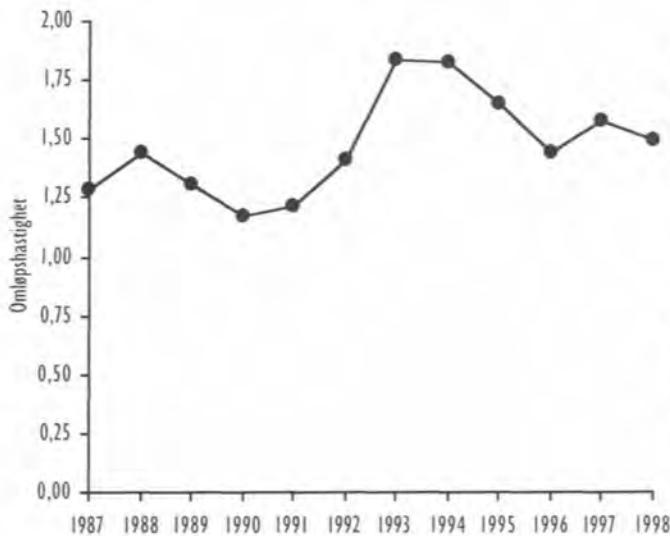
Oppdrett av laksefisk er forlenget blitt en milliardnæring i Norge. Vedlagte enkle beregninger viser at vi i mat- og settefiskfasen ikke har erfart en biologisk framgang de siste år. Mangelen på fri markedsadgang og følgelig nødvendige nasjonale reguleringer har forstyrret bildet, men kan for eksempel ikke forklare den høye dødeligheten på grunn av IPN. I og med at lakseproduksjonen er blitt så stor, vil bare små produktivitetsendringer gi store økonomiske utslag. For eksempel betyr en endring av fôrfaktoren på 5 % 200 - 250 millioner kroner på årsbasis. Dersom veksthastigheten økte til 1994-nivået

**Figur 1.4** Gjennomsnittlig fôrfaktor 1992-1998. *Average biological and economical food conversion rates in Norwegian salmon farms in the period 1992-1998*

kunne vi redusere biomassen i sjø med ca 50.000 - 60.000 tonn, noe som igjen ville redusere lånebehovet til laksenæringen med 700-800 millioner kroner. Laksenæringen har i for liten grad synliggjort disse mulighetene overfor myndighetene og forskerne. Her ligger store oppgaver og venter!



**Figur 1.5** Gjennomsnittlig slaktevekt (sløyd) i perioden 1992-98.  
Average gutted weight (kg) at harvest of salmon in Norwegian farms in the period 1992-1998



**Figur 1.6** Omløpshastigheten definert som slaktekvantum i kalenderåret delt på beregnet biomasse i sjø 1. januar.  
Production/biomass ratio of farmed salmon, defined as harvested biomass each year divided by standing stock alive 1 January.

## DEFINISJON FÔRFAKTOR

I laksenæringen, både blant oppdretterne og fôrleverandørene, er det blitt vanlig å benytte forkortelsen FCR for fôrfaktor og så henge et tall på denne uten at FCR-begrepet er definert. Blant oppdretterne hersker det stor forvirring, da FCR kan beregnes på minst ti forskjellige måter, alt etter om det er snakk om biologisk tilvekst (netto eller brutto), eller fôrfaktor for slaktet fisk (som igjen kan være på basis av levende vekt, rundbløgget vekt eller sløyd vekt). For å skape klarhet i begrepene har vi internt i Kontali Analyse AS nå innført følgende begreper:

### **Biologisk fôrfaktor (BFCR- Biological food conversion rate):**

**[Utfôret mengde tørrfôr (1+t)]/[Målt levende vekt (t) + vekt av svinn (1+t) - samlet smoltvekt(1)]**  
hvor: 1 =utsatt dato i sjø; t=måletidspunktet, og svinn er beregnet vekt av både død og rømt fisk. For å få dette begrepet helt entydig burde man i tillegg ha en definisjon på begrepet tørrfôr, det vil si fôrets sammensetning; for eksempel energiinnhold. Dessuten mangler vi en klar definisjon på begrepet levende vekt. Det er vektforskjell på en fisk med full mage og en som har vært sultet i 14 dager før slakting.

### **Økonomisk fôrfaktor (EFCR - Economical food conversion rate):**

**[Utfôret mengde tørrfôr (1+t)]/[Samlet vekt av godkjent slaktet fisk sløyd(t)- samlet smoltvekt (1)]**  
hvor t = slaktetidspunkt. Vi mener det er svært viktig at vi i norsk laksenæring får definert standarder for disse begrepene, slik at både oppdrettere, fôrleverandører og forskere kan forstå hverandre!

1998 var et spesielt år for norsk lakse- og ørretnæring. Totalt eksporterte vi 329.000 tonn laks og 41.600 tonn ørret (rund vekt), en økning på henholdsvis 8,6 og 50 % i forhold til 1997.

## Verdensmarkedet

Verdens totale produksjon av laks og ørret har økt kraftig fra begynnelsen på 80-tallet. Det er oppdrett av laks som står for all vekst, mens fangstene har gått litt tilbake de siste årene. Det forventes at veksten i produksjonen av laks og ørret i oppdrett vil flate ut i forhold til tidligere.

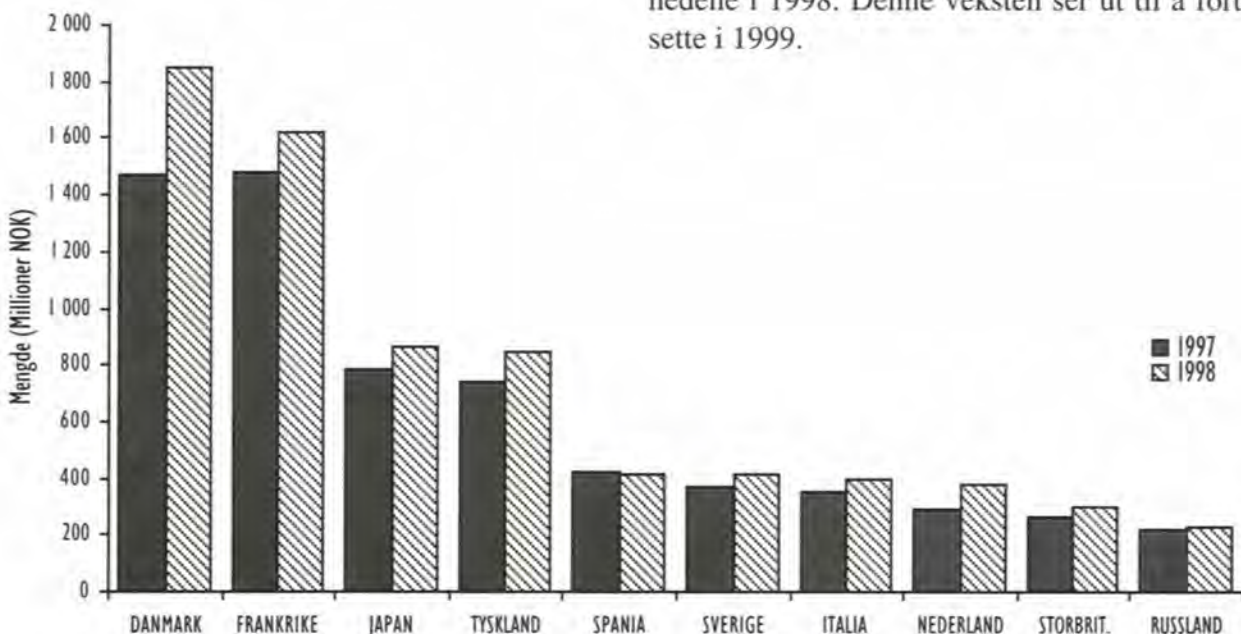
Fremtidig vekst i produksjonen vil neppe komme fra fiskeriene. Med oppbygning av havbeiteaktiviteten, vil Russland fortsatt kunne øke uttaket av laks, mens det ser ut til at både USA, Canada og Japan har nådd taket.

Oppdrettsproduksjonen i verden er fortsatt stigende. Totalt nærmer man seg raskt 1 million tonn i produksjon på årsbasis. Det er likevel ting

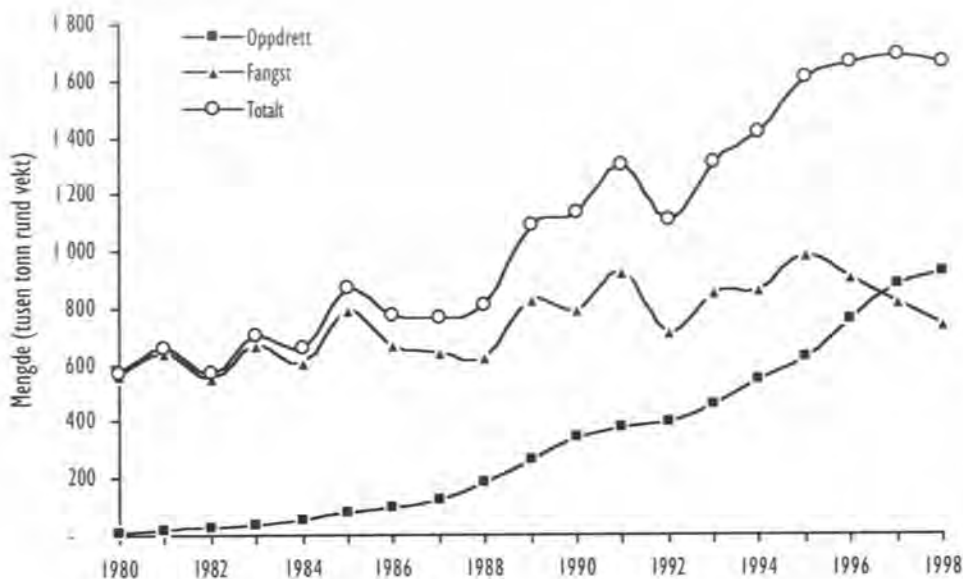
som kan tyde på at veksten i produksjonen neste år ikke vil bli på samme nivå som tidligere. På hele 90-tallet (med unntak for 1992) var veksten på 15-20 %. For 1997 og 1998 ser veksten ut til å stoppe på rundt 10 %. I Chile kan det se ut til at veksten i produksjonen på Coho og ørret vil bli noe redusert i forhold til tidligere år, ja til og med gå tilbake til fordel for atlantisk laks. Når det gjelder produksjonen i Norge, er dette beskrevet tidligere.

I 1997 var Norge den klart største eksportøren av laks på verdensbasis. Våre hovedmarkeder var EU samt Japan. Norge vil bli beskrevet mer i detalj senere.

Siste del av 1997 var særdeles spent i Japan. Prisen var svært lave, spesielt for ørret. På høsten slo også fiskeriene etter Sockeye i USA feil, og importen av Sockeye gikk kraftig tilbake i forhold til tidligere år. I 1998 var det på ny nedgang i Sockeye-fangstene i USA, i tillegg til at fiskeriet etter Chum gikk tilbake i Japan. Dette var med på å løfte markedet i Japan de siste månedene i 1998. Denne veksten ser ut til å fortsette i 1999.



**Figur 1.7** Norsk eksport av laks til de største markedslanene. Verdi (millioner kroner) Kilde: SSB.  
*Norwegian export of Atlantic salmon to the largest markets. Value (mill. NOK), Source: SSB.*



**Figur 1.8**  
Verdens handel og produksjon av laks og ørret produsert i sjø 1980-1998. Mengde i tonn rund vekt.  
*The world's trade and production of salmon and trout produced in sea water 1980-1998. Quantities in tonnes round weight.*

I USA har Norge fortsatt svært liten aktivitet. Markedet domineres av Canada og Chile sammen med egenfangster fra Alaska. Norge har per i dag en markedsandel på mellom 1-2 %, men utviklingen er positiv.

### Norsk eksport av laks og ørret

Det viktigste lakseproduktet fra Norge har i alle år vært fersk laks. Totalt i 1998 eksporterte Norge 223.500 tonn til en verdi i underkant av 6,3 milliarder kroner. Av den totale eksporten utgjør fersk laks 72% av verdien.

Våre viktigste handelspartnere er Danmark, Frankrike, Tyskland og Japan. Mens de tre siste er store konsumenter av laks, er Danmark en viktig videreforedler og distributør. Det meste av laksen som eksporteres til Danmark blir reeksportert i en eller annen form. Det siste året har dette bare forsterket seg, men det har vist seg at den betydning Danmark spiller varierer fra år til år.

Frankrike er vårt viktigste marked for laks, inkludert laksen som går gjennom Danmark, men har vist en negativ trend det siste året. Den totale importen til Frankrike har gått tilbake, også fra Norge. Høye priser i 1998 har likevel ført til at eksportverdien har gått opp.

For Japan har den finansielle krisen i Asia forårsaket et vanskeligere marked. Tidlig i 1998 var

det tilbakegang, men på slutten av året tok markedet seg opp igjen. Denne trenden ser ut til å fortsette også i begynnelsen av 1999.

I januar 1999 har eksporten av laks til EU gått ned. De fleste av de store markedslandene har gått tilbake i forhold til januar i 1998. Det skal likevel sies at januar 1998 var over gjennomsnittet. Det er vanskelig å spå om 1999, men det meldes fra næringa at det er lavere interesse for laksen på grunn av for høy pris.

I 1998 så vi en positiv trend i eksporten av alle lakseprodukter. Det er imidlertid ikke i lakse-sektoren de mest interessante tingene skjer. Det skjer nemlig i ørretindustrien.

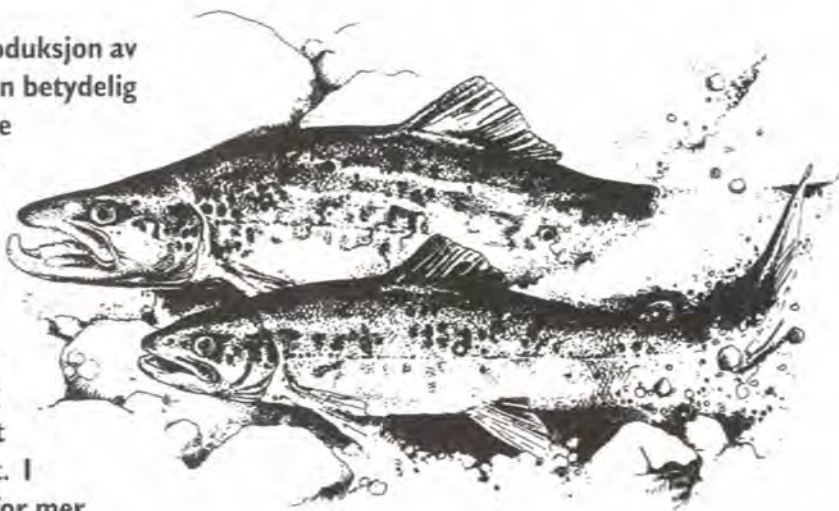
I 1998 økte eksporten av ørret med hele 50 %. Størstedelen av denne økningen skjedde før krisa i Russland i august, og etter at Japan kom tilbake på banen utover høsten. I forbindelse med problemene på det japanske markedet ble det lagt en større aktivitet mot EU. Dette resulterte i økt eksport av fersk ørret, spesielt til Finland, men også til andre EU-land.

Om man greier å holde på dette markedet på samme måte i 1999, er usikkert. Ørreten til Finland oppnådde i snitt lavere pris enn ørret til Japan. Når vi vet at det er et underskudd på ørret i Japan og at prisene der er høye, vil Finland igjen bli mindre attraktivt med mindre prisen øker.

Parallelt med den raske økningen i produksjon av laksefisk i Norge har det funnet sted en betydelig reduksjon i produksjonskostnader de siste årene. En stor del av disse forbedringene er basert på forskningsresultater. Dette omfatter kunnskap om betydning av miljøfaktorer som vannkvalitet og lysmiljø på laksefiskenes biologi, ernæring og fôring samt arvelige egenskaper. Forskning og utvikling innen teknologi har også gitt viktige bidrag til bedret lønnsomhet. I tillegg til å legge kunnskapsgrunnlag for mer økonomisk rasjonell produksjon, har lakseforskningen i de senere år fokusert på marked, logistikk, kvalitet og fiskens velferd. Innen Norges forskningsråd har denne forskningen i stor grad vært samlet i et verdikjedeprogram, der en har forsøkt å øke kunnskapsgrunnlaget i alle ledd fra stamfisk til marked, inklusive innsatsfaktorer som fôr og teknologi. En har ønsket å få til en utvikling der krav til produktkvalitet og produksjonsmetoder er forankret i markedskunnskap.

### Kvalitet, marked og logistikk

Det har vært stor forskningsaktivitet knyttet til å definere, måle og styre produktkvaliteten. Kvaliteten på sluttproduktet avhenger av samspill mellom en rekke faktorer som arvelige egenskaper, produksjonsforhold og ernæring, slaktemetoder, transport og bearbeiding. I et samarbeid mellom flere forskningsinstitusjoner er det utviklet standardiserte målemetoder for kvalitetsparametre som fettinnhold, fettfordeling, farge og tekstur. Dette omfatter bruk av kjemiske analyser (proteaser, lipaser, fettinnhold, pigmenter), visuell og instrumentell fargebestemmelse, datatomografi (fettfordeling og fettnivå), nukleær magnetisk resonans (fettnivå, fettsyrer), nær-infrarød teknologi (ferskhet, fett- og vanninnhold) samt instrumentell teksturmåling. De ulike metodene er sammenlignet, og det er



etablert anbefalte prosedyrer for de ulike parametrene. Standardiserte målemetoder vil gjøre det lettere å kommunisere med markedet i kvalitetsspørsmål. Når det gjelder muligheter til å styre kvaliteten gjennom produksjonen, er det vist at førsammensetning, fiskestørrelse og sesong har stor betydning for produktkvaliteten. I tillegg kan faktorer som sultetid, stress, vann-temperatur, slaktemetode og transport også ha stor betydning.

På basis av denne kunnskapen ble det i 1998 satt i gang et nytt prosjekt der en rekke forskningsinstitusjoner deltar for å undersøke samspillet mellom kvalitet og marked. Blant annet undersøker en sammenhengen mellom opplevd kvalitet og objektiv kvalitet (farge, tekstur og fettinnhold) på produktet. I tillegg undersøker en utviklingen i kvalitetspreferanser i ulike markedssegmenter, samt hvordan næringen selv tar i bruk markedsinformasjon.

### Sesonguavhengig smoltutsett og 0-årssmolt

En av de mest markante endringene i lakse-næringen de siste årene er utviklingen av sesonguavhengige smoltutsett og produksjon av "nullårssmolt". Ved hjelp av lysstyring i ferskvannsfasen kan en få laksen til å smoltifisere (utvikle sjøvannstoleranse) året rundt, under for-



utsetning av at den er over en viss minste-størrelse. Imidlertid vil vanntemperaturen både i ferskvann og i sjøvann kunne begrense disse mulighetene. Nye forsøk har vist at laks kan smoltifisere ved ferskvannstemperaturer ned til 3 °C, noe som er lavere enn tidligere antatt. I tillegg er det påvist at laks kan klare seg brukbart ved utsett i sjøtemperaturer ned til 2 °C, under forutsetning av at temperaturen kan forventes å stige i løpet av fire-seks uker. Dette innebærer at laksesmolt kan sjøsettes i en større del av året også i de kalde strøkene i Norge. I den andre enden av skalaen er det påvist at laks har problemer med å tilpasse seg sjøvann ved temperaturer mellom 15 og 20 °C, og veksten hos post-smolt er lavere ved 18,9 °C enn ved 14,4 °C. Et annet viktig resultat er at karbondioksyd (CO<sub>2</sub>) er svært skadelig for smolt, spesielt ved lav pH (relativt surt ferskvann). På grunn av økende bruk av oksygenering i smoltanleggene er høyt CO<sub>2</sub>-innhold et tiltakende problem.

### Dverghanner

Forekomsten av dverghanner kan være svært høy i enkelte smoltanlegg, spesielt i forbindelse med intensiv produksjon. Dverghanner er laks som blir kjønnsmodne ved en størrelse på ca 8-18 cm. Forsøk viser at både lysperiode (antall timer lys per døgn) og lysintensitet påvirker andelen dverghanner, muligens via endringer i vekstrate og kritisk størrelse i forhold til opplevd "årstid". Ulike lysregimer som blir brukt til å produsere nullårig høstsmolt er også påvist å ha ulik effekt på muskelstrukturen (antall og størrelse på muskelfibre) hos laks. Det er også vist at bruk av høy vanntemperatur på eggstadiet gir økt forekomst av misdannelser og deformiteter. Ulike deformiteter som 'korthale' og 'pukkel' har vært et økende problem innen lakseoppdrett de siste årene.

### Lysstyring

Lysstyring er også tatt i bruk på mange matfiskanlegg for å øke veksten samt å redusere omfanget av tidlig kjønnsmodning (tertmodning). Forsøk viser at lysbruk påvirker stimatferd og dybdefordeling på en slik måte at laksen opprettholder "dagatferd" også om natten. Det ble

ikke funnet tegn på at lysbruk førte til fysiologisk stress hos fisken. Kontinuerlig lys øker også veksten av høstsmolt i sjøfasen.

### Alternative fôrressurser

En aktuell problemstilling innen fôrforskningen er bruk av alternative fôrressurser. Prisen på marine oljer har økt betydelig i det siste, og på noe sikt er tilgang på slike oljer regnet som en begrensende faktor for fiskeoppdrett. Forsøk med innblanding av ulike fettkilder som soya-, raps- og linolje viser kun små effekter på vekst, fôrutnyttelse og dødelighet; med unntak av soya-olje som ga lavere vekst og fôrutnyttelse. Det var klar sammenheng mellom fettsyresammensetningen i fôr og fiskemuskel, men laksen så ut til å konservere de langkjedede *n*-3-fettsyrene ved lav tilførsel. Det foregår en betydelig grunnforskning på fettmetabolisme, tarm-fysiologi samt helseeffekter av ulike fettsyrer, fettkilder, mineraler og antioksydanter i fôr. En har også tatt i bruk alternative proteinkilder i fiskefôr, blant annet soya, og betydningen av ulik aminosyresammensetning i fôret blir studert. Det er påvist at laksens evne til å utnytte karbohydrater varierer med årstid. Nye forsøk er satt igang for å studere interaksjonen mellom årstid, lysstyring og fôrsammensetning. Pigmentet astaxanthin utgjør ca. 25 % av råvarekostnadene i laksefôr. Ulike forsøk er satt igang for å få bedre forståelse av metabolismen av slike pigmenter samt å øke biotilgjengeligheten. Det er blant annet funnet interessante interaksjoner mellom fettkilder og deponering av astaxanthin, samt at høye doser av vitamin E kan øke utnyttelsen av astaxanthin med over 10 %.

### Avl

Innen avlsforskningen arbeides det med metoder for å effektivisere avlsprogram. Det er blant annet vist at vekstkurvene hos laks kan brukes som utvalgs-kriterium for bedre fôrutnyttelse. I tillegg er det påvist en mulig genetisk markør (PPAR) for fettinnhold i laks. Bruk av en slik markør i avlsprogram kan gi mulighet til å selekttere den laksen som forbrenner mest og lagrer minst av det fett den spiser.

## Rømt oppdrettslaks

Et sentralt miljøspørsmål knyttet til lakseoppdrett er betydningen av genetisk påvirkning av rømt laks på ville bestander. Forsøk i elven Imsa viser at oppdrettsfisk bidrar genetisk, selv om de har lavere gytesuksess enn villfisk. Omtrent 50 % av gytebestanden var oppdrettsfisk etter

kontrollert utsett av genetisk merket vill- og oppdrettslaks. Størstedelen av den genetiske påvirkningen kom via hybrider mellom vill- og oppdrettslaks. Frekvensen av avkom fra oppdrettsfisk og hybrider holdt seg relativt stabil fra første sommer etter startfôring til smoltutvandring, og gjennom sjøfasen fram til tilbakevandrende gytefisk.

### PRODUKSJONSLINJE FOR LAKS (normal vårsolt)

Alder	Måned	Produksjonsfase	Nøkkeldata
0	November	Stryking	1000-2000 egg/kg fisk
	November	Inkubering/Ferskvann	3500-7000 egg/liter
	Januar/ Februar	Klekking	450-550 dgr fra befruktning ved 6 -8°C
	Februar/ Mars	Plommesekkengel	
1	Februar/ Mars	Startfôring med tørrfôr	240-300 dgr fra klekking ved 8 °C
2	Mars	↓	Startfôring ved 12-14°C
3			0,2-0,3 g våtvekt ved startfôring
4	Mai	Lakseunge Parr	1-2 g ferdig startfôret
		↓	
16	Mai	Smolt, ferskvann	100-200 g
16	Mai	Postsmolt, sjøvann	
22	Januar	Matfisk	1-2 kg
26	Mai	Slakting	2-3 kg
		↓	
35	Desember		Normal slaktevekt 3-4 kg Maksimal slaktevekt 7-8 kg Årsproduksjon: 342.000 tonn (1998)

### Analyseverktøy for systemforankrede merder

I de senere år er det blitt svært vanlig å forankre plastmerder, såkalt systemforankring. Denne forankringstypen har vesentlig forskjellige egenskaper i forhold til for eksempel enkelt forankrede anlegg og større stålanlegg. En har tidligere benyttet meget kompliserte analysemetoder for denne forankringstypen. Eksempelvis har et 2x5 burs anlegg mer enn 100 taukomponenter. For å kunne gjøre effektive analyser av disse anleggene, innså vi at inputbeskrivelsen og analysemetodene måtte forbedres, og at et nytt datasystem måtte utvikles. Vi genererer automatisk elementbeskrivelsen av selve ramma basert på noen få parametre. Materialdata for tau, kjetting og bøyer lagres på databaser. Dermed kan vi enkelt angi en typebetegnelse, for eksempel PP28mm, BøyeCB420 etc i stedet for hver gang å detalj-spesifisere egenskapene. Merdene beskrives med hoveddimensjoner og notegenskaper med en typebetegnelse. Og de legges inn i selve FEM-modellen (finite element method) som noder med tilhørende krefter avhengig av værtilstand. Verktøyet er egnet både for analyse av laksemerder og for merder med stiv bunn til flatfisk.

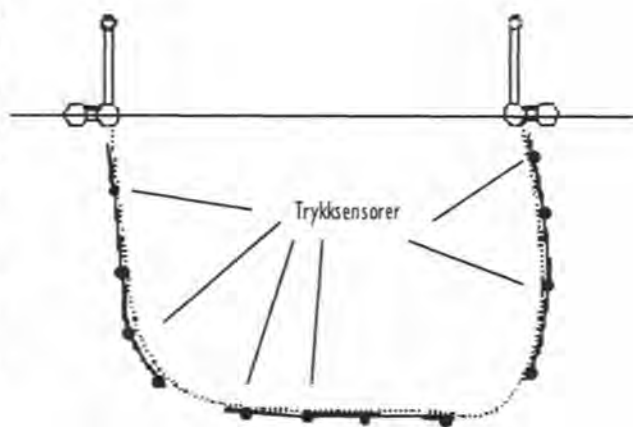
Programmet kombinerer plotting både som kontroll av inputbeskrivelse og for presentasjon av resultater, så som deformert geometri, linestrek og sikkerhetsfaktorer.

### Anlegg for strømutsatte lokaliteter.

Utviklingen innen havbruksnæringen de siste årene har gått mot merder i mer åpne farvann på store dyp med høye strømhastigheter.

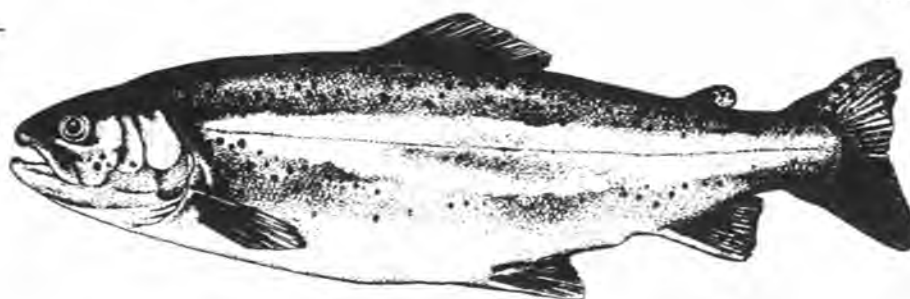
Oppdrett på strømrrike lokaliteter medfører deformasjon av merdposen ved oppdrett i konvensjonelle merder. Dette fører til at det tilgjengelige oppdrettsvolum blir redusert, noe som kan ha betydning for fiskens atferd, trivsel og vekst. Høy strømhastighet kan medføre høyt energiforbruk og stress med liten tilvekst. Stor deformasjon av oppdrettsposen i strøm kan også medføre at fisken får mindre tilgang til fôret og at en del driver ut av posen før det blir spist.

Det drives nå forskning for å kunne dokumentere eksisterende beregningsprogram, samt utarbeide kriterier for anleggsutstyr og produksjon av laks på strømutsatte lokaliteter (figur 1.9). Videre skal det lages forslag til anleggskonsepter som ivaretar de tekniske og biologiske kriteriene.



**Figur 1.9** Rigging av trykksensorer i laksemerd for registrering av deformasjon.

*Rigging of strain gauges in salmon cages*



Fra 1993 har det vært en sterk økning av regnbueørretproduksjonen, fra ca. 7.500 tonn og til en produksjon på hele 47.500 tonn i 1998. Det ble eksportert i produktvekt ca. 28.490 tonn fryst ørret og ca. 3.800 tonn fersk ørret til en verdi av 951 millioner kroner. Vi har hatt en registrert eksportøkning på ca. 52% fra 1997 til 1998, og en verdiøkning på over 58%.

For første gang får regnbueørret egen omtale i Havbruksrapporten. Det er litt av en milepæl at ørret har vokst så betydelig både i produksjon og verdi, og kan settes på "kartet" som egen art, ikke som haleheng til laks.

### Historikk

Regnbueørret er blitt produsert siden "tidens morgen" i norsk oppdrett. Det startet med famlende forsøk på 50-tallet, økte noe på 60-tallet, og fikk et markant oppsving fra 70- til 80-tallet. Da Fiskeoppdretternes Salgslag (FOS) ble opprettet i 1978, utgjorde ørret hovedtyngden av produksjon og omsetning.

I begynnelsen av 80-tallet gikk ørretproduksjonen sterkt tilbake. Likevel hadde ørreten sitt gullår i 1988, da det ble produsert i overkant av 10.000 tonn. Dette var mye, også sett i forhold til lakseproduksjonen. Året etter falt produksjonen kraftig til et nivå på ca 3.500 tonn.

Produksjonen av regnbueørret varierte sterkt fra 1983 og frem til 1993. Svingningene var store; fra 3.000 tonn til 10.000 tonn per år, noe som markedsmessig sett var svært uheldig. Grunnen til disse variasjonene kan forklares med at

eksportørene nedprioriterte ørrets salg og konsentrerte seg om å markedsføre laks. Prisene på ørret varierte sterkt og oppdretterne la om sin produksjon. Laks var for full fart inn i markedene og ga en atskillig større lønnsomhet. Man kan jo spørre seg om ikke også ørret kunne vokst parallelt med laks inn i markedene, dersom det hadde vært interesse for å markedsføre og selge ørret som et eget produkt; ikke som et substitutt for laks, når denne var en mangelvare.

Fra 1993 har ørretproduksjonen steget kraftig, fra ca. 7.500 tonn og frem til et kvantum på nær 50.000 tonn i 1998.

### Produksjon og verdi 1998

I 1998 ble det eksportert i produktvekt ca 28.490 tonn fryst ørret og ca 3.800 tonn fersk ørret til en verdi av 951 millioner kroner ifølge Eksportutvalget for Fisk (EFF). I 1997 ble det produsert ca 34.500 tonn ørret. Det ble eksportert i produktvekt 20.226 tonn fryst ørret og 937 tonn fersk ørret til en verdi av ca 600 millioner kroner. Vi har hatt en registrert eksportøkning på ca 52 % fra 1997 til 1998, og en verdiøkning på over 58 %. Dette er en positiv utvikling som viser at på tross av produksjons- og eksportøkning har faktisk ørretprisene også gått opp i 1998.

Det regnes med at ca 15-20 % av ørretproduksjonen omsettes innenlands. Det finnes ingen sikre tall eller statistikker som kan fortelle om omsetning og verdi på hjemmemarkedet. Dette bør man kunne gjøre noe med og dermed få et mer helhetlig bilde av den norske ørretomsetningen.

Det finnes heller ikke helt korrekte eksporttall for ørret. Det bearbeides en god del ørret til eksport; fersk/fryst filét, røkt/gravet ørret etc. Disse produktene eksporteres under en "samlepott" for diverse røkeprodukter (med sild, makrell o.l.), eller under kategorien laks. Skal man få frem eksakte tall, må bearbeidede produkter av ørret få sitt eget registreringsnummer i statistikken. Bearbeidede produkter av ørret for eksport, er økende. Skal vi få et riktig bilde av ørreten sin verdiskapning, må disse registreringene på plass.

### Markeder

**Japan:** Japan har i alle år vært hovedmarkedet for norsk ørret. Ca 80 % av ørretproduksjonen har gått dit. I 1998 ble det en forandring da Europa (spesielt Russland) tok store kvanta av ørret. Eksporten til Japan endret seg fra ca 80 % til ca 65 % av den norske ørretproduksjonen. Ørret til Japan eksporteres stort sett sløyd, hodekappet, fryst. I den senere tid har eksporten av frysede filéer og røkeprodukter vært økende. Det går i dag større mengder bearbeidede produkter til Japan, men de kan ikke tallfestes eller verdisettes på grunn av manglende registreringer.

1998 var et relativt godt år på det japanske markedet. Selv om etterspørsel og pris på ørret var labert og lavt første halvåret, tok det seg opp fra mai og utover. Etterspørselen steg, kontrakter ble inngått og prisene var akseptable. Dette hadde selvsagt også sin forklaring i den svake norske kronen. Et dårlig stillehavs-fiske og et manglende fryselager gjorde norsk ørret ekstra attraktiv. Etterspørsel etter norsk ørret har alltid blitt påvirket av hva som skjer med fisket i Stillehavet og den chilenske ørretproduksjonen. Japanske importører stiller strenge krav til kvalitet på ørret. Kjøttfarge skal holde minimum 17 på La Roches fargeskala, den skal ha en "sølvfarget" skinnfarge og et harmonisk ytre. Innfarging av filéten skal være jevn og uten fettmarmoreringer. At japanerne alltid forlanger like mye av ørreten, er likevel en sannhet med visse modifikasjoner. Er utbudet i markedet stort, er kravene ekstreme, er utbudet lite, teller ikke kvalitet på samme måte.



**Figur 1.10** Den kraftige rødfargen på filetene gjør norsk regnbueørret til et populært produkt i Japan. *The strong red colour of the rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) filets is especially appreciated in Japan. (Foto: John Krakenes)*

Til tross for dette har Japan vært et stabilt marked for norsk ørret. Kvalitetsmessig blir norsk ørret sett på som et meget godt produkt, og kvaliteten ligger langt foran de andre nordiske landene, mens chilensk og norsk ørret konkurrerer på kvalitet og leveringsdyktighet. De økonomiske problemer som oppsto i Japan hadde ingen større synlige innvirkninger på importen. Prisene i første halvdel av 1998 var lave, blant annet på grunn av salg fra Chile, mens prisene økte sterkt fra mai/juni og utover.

**EU:** Tidligere var ørreteksporten til EU marginal. Frikvoten på 500 tonn ørret per år til EU, ble ikke eksportert fullt ut før i 1997. I 1998 var frikvoten brukt opp allerede i januar. I ferskmarkedet er ørret blitt populær; spesielt i Tyskland, Belgia og England. Tyskland er desidert det største markedet av disse tre. Eksportutvalget for fisk har sammen med den største tyske grossisten Deutsche See samarbeid om markedsføring av ørret, og Deutsche See selger norsk ørret som et spesialprodukt.

**Sverige:** Svenskene er avhengige av å importere norsk ørret. Foredlingsindustrien trenger stabile leveranser hele året, noe svenske produsenter ikke kan på grunn av tidsbegrenset produksjonstid. Foredlingsbedriftene i Sverige er godt fornøyd med norske råvarer, som holder en høy kvalitet. Det eksporteres mest frossen ørret.

**Finland:** Eksporten til Finland har hatt en sterk vekst over flere år. God kvalitet har gitt stor etterspørsel fra finske importører, noe som igjen har ført til at finske oppdrettere føler seg truet, og ønsker norsk ørret ut av det finske markedet. Finske produsenter må, som de svenske, operere med begrenset produksjonstid på grunn av lave vintertemperaturer i sjøen. De er dermed ikke så konkurransedyktige som de norske produsentene. Vi kan derfor muligens regne med at det kan oppstå et problem i EU, også for norsk ørret. Vi har tidligere sett hvordan EU har ivaretatt sine egne produsenter, selv om det er beviselig at de ikke har de samme naturgitte forhold som norsk oppdrett, og dermed ikke kan være så konkurransedyktige.

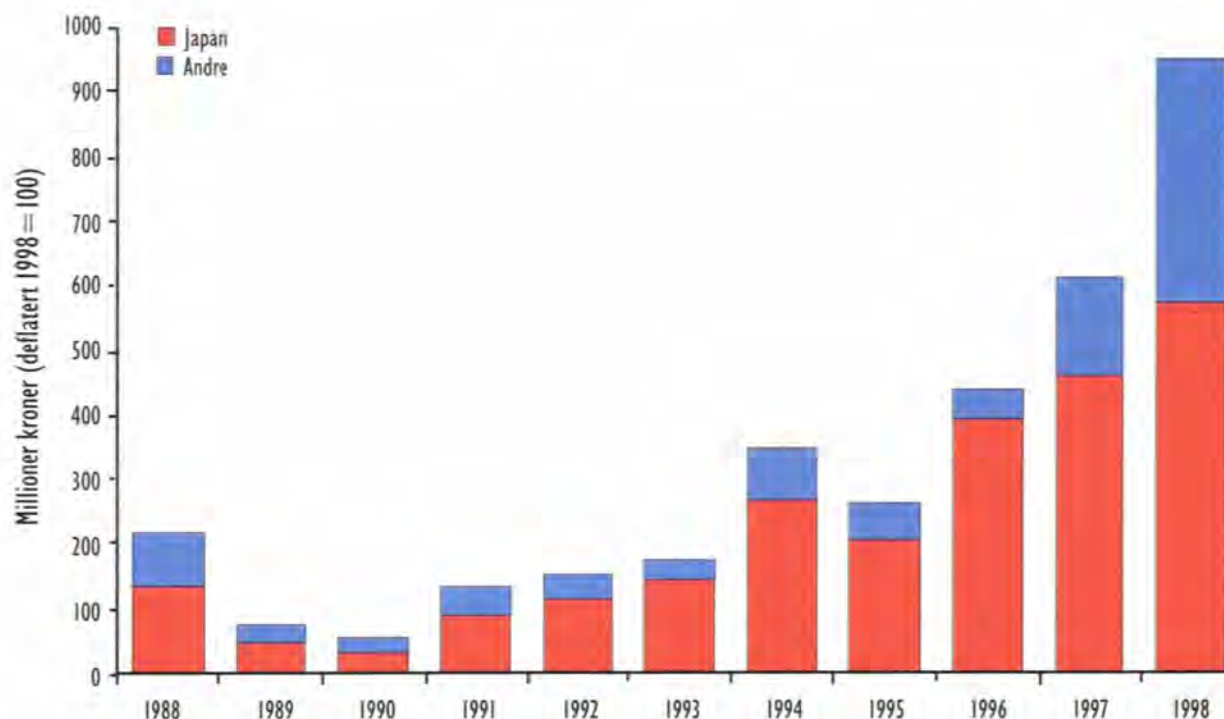
**USA:** Det amerikanske markedet viser økende interesse. Eksporten har økt, spesielt for størrelse på 3 kilo uten hode. Det er et marked som kan bli spennende både når det gjelder hel frossen ørret og ørret i foredlet tilstand. Ørret har ikke de samme restriksjoner som laks i sin tid fikk; straffetoll. Selv om USA importerer mye fra Chile, vil dette markedet kunne bli et potensial for norsk ørret når vi ser på landets store befolkning.

**Russland:** Dette markedet tar stort sett kun fryst ørret. Etterspørselen var stor i 1998 og prisene meget akseptable frem til juli. Den økonomiske kollapsen i Russland har stanset all eksport i øyeblikket. Dersom Russland stabiliserer seg politisk og økonomisk, vil dette kunne være et stort og interessant marked i fremtiden.

**Norge:** Vårt eget hjemmemarked er en stor konsument av den norske ørretproduksjonen. Ca 15-20 % av produksjonen havner her. Fersksalget har økt med ca 20%, mens frossen ørret, hovedsakelig rund vakumpakket 1-3 kg, har holdt seg stabilt over tid med en omsetning på ca 3.000-3.500 tonn. Ørret markedsføres stort sett som et "billig trekkplaster" i butikkene; pris 29,90 per kilo.

### Markedsføring

Ørret har stort sett blitt markedsført gjennom laks. Det ble i sin tid uttalt "Laks vil være et naturlig "lokomotiv" med sterk synergieffekt på øvrige fiskeprodukter og spesielt ørret. Ørretsalget støttes ved markedsføring av Norsk Laks". Dette var i 1996, og det sier seg selv at dette



**Figur 1.11** Verdien av regnbueørret eksportert i perioden 1988-1998 til det japanske og andre markeder. *The value of rainbow trout exported from Norway (deflated 1998 NOK), divided on the Japanese (red columns) and other markets*



**Figur 1.12** De største ørretprodusentene er lokalisert i fjordene på Vestlandet. (Foto: John Krakenes)  
*The largest rainbow trout farms are located in the fjords of Western Norway*

måtte bli galt. Heldigvis ser det ut til at Eksportutvalget for fisk har fått en viss forståelse for at ørret trenger egen markedsføring. Den gang ble det bevilget noen midler til markedsføring i Norge, og året etter litt til markedsføring på det japanske marked.

Vi vet av erfaring at markedsføring i forkant av en produksjon vil være adskillig bedre enn brannslukking i etterkant (jf. laks). Heldigvis har Eksportutvalget for Fisk bevilget et større beløp enn tidligere til markedsføring av ørret i 1999. Det er viktig at ørret blir markedsført som egen art, med sine spesielle egenskaper, og det ser ut som om det er dette som er intensjonene nå. På tross av sterk økning av ørretproduksjonen ligger vi på et "behagelig" nivå, sett i forhold til annen produksjon. Gjør vi en stor innsats på markeds-siden nå og følger opp i forhold til produksjonsveksten, vil vi kunne balansere stødigere inn i fremtidens markeder.

#### **Avl**

Denne delen har lenge ligget "på is", men regnbueørreten har også her kommet mer i "sigt". Avlsmessig er man kommet et godt stykke på vei når det gjelder skinnfarge og fasong. Avlsstasjonen har begynt å se på slakteutbyttet og har ellers en del baller i luften som forhåpentlig vil komme til nytte produksjonsmessig og økonomisk.

#### **Forskning**

Offentlige midler til forskning på ørret har ingen spesielle bevilgninger. Det eneste som er bevilget nå, er 1,3 millioner kroner til forskning av "optimal settefiskproduksjon av ørret" som er et treårig prosjekt. Det foreligger noe i privat regi, men dette kommer naturlig nok ikke alle tilgode. Det er mange grunner til at det offentlige bør bevilge midler til ørretforskning. Hovedgrunnen er at norsk oppdrettsnæring vil bli styrket ved å ha "to sterke ben å stå på". Det finnes andre alternative oppdrettsarter som får

og har fått adskillige overføringer til forskning, men det er langt frem til kommersiell omsetning. Regnbueørret er her, produseres og omsettes, men det er mange ting å gripe fatt i for å gjøre produksjonen langt mer optimal; for eksempel fôrfaktor/liten/stor fisk, resistens, fargeopptak, miljøfarge, markedsforskning etc.

### Konklusjon

Regnbueørret har et stort potensial innen norsk oppdrettsnæring. Den er meget motstandsdyktig mot sykdommer og totalt resistent overfor ILA. Det finnes få sykdomsutbrudd, og det er lite tap av ørret i sykdomssammenheng.

Forskning må til for å få det mest optimale ut av ørretproduksjonen. Dette igjen vil gjøre ørret enda mer attraktiv som oppdrettsart og berike næringen i sin helhet.

En del oppdrettere kan levere ørret hele året. Dersom alle produsenter legger om til helårs-

produksjon, vil det bli et jevnt utbud av året rundt, og dette vil gjøre ørreten mer markedsstabil og prisstabil.

Ørret må markedsføres som et eget produkt og finne sine nisjer i markedene. Vi må finne alternative markeder, slik at ørretproduksjonen ikke forblir totalt avhengig av Japan og det som måtte skje der.

Etterspørsel etter videreforedlede ørretprodukter er stigende. Fortrinnet ørreten har er dens delikate farge, jevn fettfordelingen i filéten og det saftige fiskekjøttet. Et stort markedspotensial, med andre ord!

Dersom vi får de nevnte tingene på plass, og næringen produserer med kløkt; det vil si en stabil produksjon med forsvarlig produksjonsøkning, vil norsk ørretproduksjon kunne gå en trygg fremtid i møte.

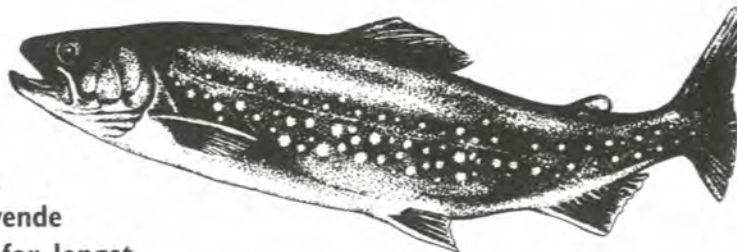
### PRODUKSJONSLINJE FOR REGNBUEØRRET

Alder	Måned	Produksjonsfase	Nøkkeldata
0	Januar	Stryking	2000 egg/kg
	Januar	Inkubering ferskvann	5000-10000 egg/liter
	Mars	Klekking	
1	April	Plommeseckyngel	370 døgngrader ved 8 °C
		Startfôring	260 døgngrader fra klekking ved 8 °C Startfôring ved 12-14°C
2-3	Mai/Juni	Startfôret yngel	1-2 g
5-9	August/ Desember	Settefisk/smolt	60-200 g Sjø/brakkvann
		↓	
18	September	Slakting	2-4 kg
19	Oktober	Slakting	Normal slaktevekt 3-4 kg
20	November	Slakting	Maksimal slaktevekt 5-6 kg Årsproduksjon: 47.500 tonn (1998)



## Norsk røyeoppdrett - stø kurs, men sakte fart

Atle Mortensen og Arne M. Arnesen,  
Fiskeriforskning



Siden den første oppdrettsrøya ble satt i merd utenfor Hammerfest i 1976, har røya vært ansett som en ny og lovende oppdrettsart. Nyhetsinteressen er for lengst borte, men i mange kretser betraktes røya fortsatt som en lovende oppdrettsart basert på de mange gode produksjonsegenskapene: Røye vokser ved lave temperaturer, den er en stimfisk som tåler høye tettheter, den tåler handling svært bra, den er lite utsatt for smittsomme sykdommer, og den kan produseres ved hjelp av kjent lakseteknologi. Dertil kommer at mange synes den er en bedre matfisk enn laks og ørret.

På tross av alle disse fortrinnene, har den årlige produksjonen av oppdrettsrøye i Norge ligget mellom 350 og 450 tonn de siste årene, og noen volumøkning er heller ikke ventet i 1999. Mer enn 90% av produksjonen foregår i Nordland fylke, hvor to anlegg i Vesterålen står for ca 200 tonn. Ved siden av disse to fins knapt ti anlegg i Nordland og et par i Troms, med en gjennomsnittsproduksjon på under 20 tonn per anlegg.

### Manglende markedsføring har bremset utviklingen

På slutten av åttitallet steg røyeproduksjonen raskt, og optimismen var påtakelig. Det ble satset offentlige midler til markedsføring og profilering fra blant annet Landsdels-utvalget og Norske Fiskeoppdretteres Forening.

Dette tørket fullstendig ut etter FOS-konkursen i 1991, og røyeoppdretterne ble overlatt til seg selv. Norsk lakseoppdrett har i ettertid vært preget av stor volumøkning, prisfall og reduksjon i produksjonskostnadene. Det er imidlertid ikke blitt særlig billigere å produsere røye, og prisen til produsent har i hele denne perioden ligget på ca 40 kr/kg, med en liten økning det siste året. Mens prisen for røye og laks var tilnærmet lik for ti år siden, er prisen for røye nå omtrent



**Figur 1.13** Gytetypen Svalbardrøye (foto: Børge Damsgård, Fiskeriforskning)  
*Spawner of Arctic charr from the Svalbard stock.*

dobbelt så høy som for laks. Dette har gjort det vanskeligere å selge oppdrettsrøye, og sammen med mangel på markedsføringsinnsats har dette ledet til stagnasjon i røyeoppdrettet i Norge. I Canada og Island, som ikke har like gode forhold for lakseoppdrett som oss, har det imidlertid vært en økning i røyeoppdrettet de siste årene, og disse landene ligger nå foran Norge i produksjonsvolum.

Drøyt halvparten av oppdrettsrøya omsettes i dag på innenlandsmarkedet under navnet ishavsrøye, mens resten eksporteres til land som Sverige, Sveits, Frankrike, Danmark, Tyskland og Italia. En ekspansjon i markedet fordrer aktiv markedsføring, men her står man overfor en praktisk utfordring: Det er vanskelig å markedsføre et produkt som kun fins i små kvanta, og det er risikabelt å øke produksjonen uten at det fins et marked som kan ta unna produktene. Det er i dag håp om at Eksportutvalget for fisk vil engasjere seg i markedsarbeidet for røye, og bidra til en fornyet vekst i røyeoppdrettet.

De høye produksjonskostnadene for røye sammenliknet med laks, skyldes at røya slaktes på en langt lavere vekt, i gjennomsnitt ca 500 gram. Det betyr at det går med to smolt per produsert kilo, mens tilsvarende for laks er 0,25 smolt/kg ved slakt av firekilos fisk. Slaktekostnadene blir

også svært høye sammenliknet med laks, fordi tidsforbruket per kilo slaktet fisk blir langt høyere for røye enn for laks.

### Store variasjoner i driftsformer

Settefiskproduksjonen av røye er til forveksling lik tilsvarende for laks, mens matfiskoppdrettet avviker noe på grunn av røyas spesielle biologi. I oppdrettet i Norge benyttes vesentlig sjørøye, som i naturen oppholder seg i sjøen en til to måneder hver sommer etter at de har passert smoltstørrelsen (20-50 gram). Vandringen mellom ferskvann og sjøvann reflekteres i sesongmessige endringer i røyas sjøvannstoleranse. Fordi røya ikke trives i høyere saltholdighet enn ca 25 ‰ om vinteren, fordrer matfiskoppdrett av røye rikelig tilgang på ferskvann. Dette representerer en alvorlig flaskehals, da vassdrag som kunne gitt grunnlag for en stor produksjon ofte er lakseførende og dermed utilgjengelige for oppdrett. Oppdrettsfrie soner utenfor viktige lakseelver hindrer også etablering på mange egnede lokaliteter i Nord-Norge, og generelt gis det ikke tillatelse til sjøbasert oppdrett av røye utenfor sjørøyas naturlige utbredelsesområde, det vil si sør for Bindalen i Nordland.

For matfiskoppdrett av røye fins nesten like

### PRODUKSJONSLINJE FOR RØYE

Alder	Måned	Produksjonsfase	Nøkkeldata
0	Oktober	Stryking/Inkubering	3000-4000 egg/kg fisk
	November	↓	10 000 egg/liter
1	Desember	Klekking	380-450 døgngader ved 6 °C
	Januar	Startfôring	160-200 døgngader fra klekking ved 8 °C
2	Februar	↓	
	Mars	Yngelfase	Ferskvann
3	April	↓	0,5 g ferdig startfôret
	Mai		
18	Juni	Matfisk	Ferskvann/Sjøvann/Brakkvann
	Juli	↓	50-150 g
20	August		
	September	Slakting	Portjonsfisk 250-300 g
32	August	↓	Normal slaktevekt 0,5-0,8 kg
	September	↓	Maksimal slaktevekt 1,5 kg
33			Produksjon i 1998: ca. 400 tonn



**Figur 1.14** Andelen kjønnsmoden fisk (%) hos Hammerfest- og Svalbardrøye etter henholdsvis 20 (1+) og 32 (2+) måneder i oppdrett. Stammene ble holdt under identiske betingelser fra klekking til forsøket ble avsluttet. Vanntemperaturen var 7 °C de første 20 månedene, og naturlig gjennom resten av forsøket (data fra Damsgård *et al.* in press).  
*Ratio of mature fish (%) of reared Arctic charr (Salvelinus alpinus) from the Hammerfest- and Svalbard stocks at 20 (1+) and 32 (2+) months of age. The groups were kept under identical conditions from hatching to the end of the experiment. Water temperature was 7°C the first 20 months, thereafter natural river temperature.*

mange driftsformer som det er røyeoppdrettere. Følgende hovedvarianter benyttes i dag:

1. I ferskvann i kar på land.
2. I merd i sjø om sommeren og i kar med ferskvann om vinteren.
3. I kar på land med innblanding av sjøvann.
4. I tette merder i sjø med innblanding av ferskvann.

Bruk av sjøvann om vinteren gir en temperaturmessig gevinst, og sjøvann fins også i ubegrensede mengder. Ved Fiskeriforskning er det gjort vellykkede forsøk med bruk av merd i sjø utstyrt med et skjørt som stikker en meter ned i sjøen. Når en slik merd tilføres ferskvann i overflaten, dannes det et ferskvannssjikt hvor røya kan drikke ferskvann og dermed klare seg gjennom vinteren. Metoden gir muligheter for å utnytte sjøvannets fordeler med et minimalt bruk av ferskvann (vi brukte 8 l/min til en 5x5 meters merd). Den vil dermed kunne åpne for røyeoppdrett på lokaliteter med begrenset ferskvannstilgang. Så langt er det ingen røyeoppdrettere som har tatt i bruk metoden, til tross for at den løser problemet med røyas manglende sjøvannstoleranse om vinteren og er billigere enn andre løsninger.

Røyeoppdrett er i dag oppdrettsnæringas småbruk, og er på mange måter blitt det mange i begynnelsen trodde at lakseoppdrettet skulle bli. Flere av røyeoppdretterne kombinerer oppdrettet med videreføring til konsumferdige produkter ved raking og røyking. Dette har bidratt til å bedre økonomien og sikre stabiliteten i virksomheten.

#### **Forskning - lav aktivitet, men viktige resultater**

Den oppdrettsrelaterte forskningen på røye har de siste årene skjedd i Tromsø. Røye kjønnsmodner gjerne ved en størrelse på 350-700 gram. Dette skaper problemer hvis en ønsker å produsere en større fisk som egner seg bedre for eksempel kaldrøyking. Forskningen de siste årene har vist at Svalbardrøye (figur 1.14) kjønnsmodner senere og med en større vekt enn stammer fra fastlandet. Ved bruk av Svalbardrøye er det mulig å produsere en større fisk som egner seg til annen anvendelse enn dagens oppdrettsrøye, og som kan selges i andre markeder. Det er håp om at dette vil bidra til et oppsving i oppdrett av denne kvalitetsfisken.

Også i 1998 har helsesituasjonen for laksefisk stort sett vært god. Lakselus er fortsatt en av de vanligste infeksjonssykdommene, men angrep av denne parasitten kontrolleres i dag ved hjelp av leppefisk og medikamentell behandling.

Kliniske utbrudd av infeksjøs pankreasnekrose (IPN) ser ut til å øke, og sykdommen påfører næringen store tap. Av de ikke meldepliktige sykdommene er det rapportert at enkelte oppdrettsområder har til dels store problemer med epithelio-cystis. I tillegg til de rene infeksjonssykdommene ble det registrert en rekke tilfeller av sykdommer/sykdomstilstander som katarakt (fordunkling av linsen), misdannelser ("korthaler" etc.) og ulike sårddannelser. Sannsynligvis er en rekke av disse lidelsene i noen grad produksjonsrelatert og kan settes i sammenheng med fiskens ernæring og miljøbetingelser. Omfanget og en eventuell økning av omfanget av disse lidelsene er vanskelig å fastslå, men i noen områder av landet har det vært en økning av andel fisk med katarakt.

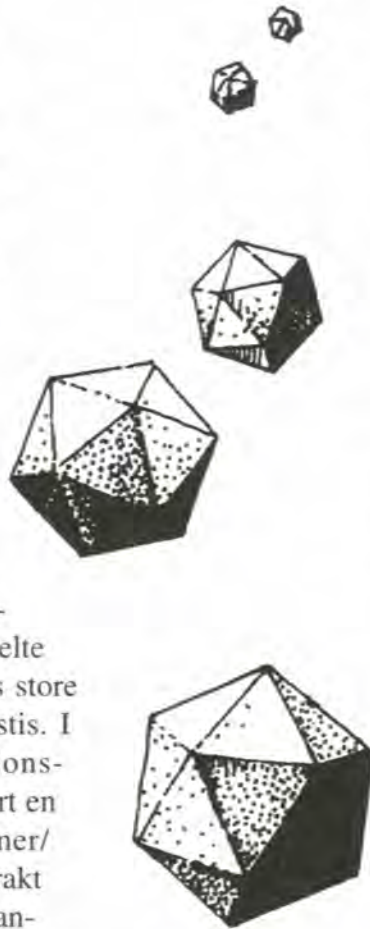
### Bakteriesykdommer

**Furunkulose:** Klassisk furunkulose forårsaket av bakterien *Aeromonas salmonicida* var fra 1988-1993 et av de største sykdomsproblemene i norsk lakseoppdrett. Som følge av effektive vaksiner er sykdommens betydning blitt sterkt redusert. Sommeren 1997 ble det igjen registrert enkelte kliniske sykdomsutbrudd i Hordaland, og dette ble satt i sammenheng med den usedvanlig varme sommeren med høye vann-

temperaturer. I 1998 var situasjonen normalisert, og det ble kun gjort én registrering av sykdommen i Hordaland. Bakterien ble påvist i forbindelse med et massivt IPN-utbrudd i nærheten av et anlegg hvor det var registrert furunkulose året før.

**Bakteriell nyresyke (BKD):** BKD er forårsaket av bakterien *Renibacterium salmoninarum* og må regnes som en kronisk sykdom på laksefisk. Sykdommen har vært et betydelig problem i oppdrett av stillehavslaks på vestkysten av USA og Canada og i Chile. Av stillehavslaksene er coho særlig mottagelig for denne type bakterieinfeksjoner. Innen oppdrett av atlantisk laks er sykdommen et langt mindre problem, og sykdomssituasjonen har de siste årene vært stabil. Ved utgangen av 1998 var det tolv båndlagte anlegg i Norge. Hovedtyngden av disse anleggene ligger i Hordaland. Det arbeides med å utvikle vaksiner, og norske forskere deltar i dette arbeidet.

**Vibriose og kaldvannsvibriose:** Vibriose og kaldvannsvibriose forårsakes av henholdsvis *Vibrio anguillarum* og *Vibrio salmonicida*. Begge disse sykdommene er klassifisert som gruppe C-sykdommer hos fisk. Det betyr at påvisning av sykdom som følge av disse vibriobakteriene ikke medfører at anlegget blir pålagt restriksjoner. Utvikling av effektive vaksiner har ført til at vibriose og kaldvannsvibriose på laksefisk ikke anses som noe stort problem. Til tross for vaksiner, ble det en del år registrert utbrudd av kaldvannsvibriose på noen få anlegg i Nord-Norge. Årsaksammenhengen er ikke fastslått. I 1997/1998 ble det ikke meldt om slike registreringer i Troms og Finnmark.



## Sykdommer som forårsakes av virus

**Infeksiøs lakseanemi (ILA):** ILA er en sykdom hos atlantisk laks. Frem til 1996-1997 var sykdommen bare rapportert fra Norge. I dag er imidlertid sykdommen diagnostisert i såvel Canada ("haemorrhagic kidney syndrome") i 1996/97 som i Skottland/Shetland i 1998.

Så langt er atlantisk laks den eneste arten der man har registrert klinisk sykdom, men ILA-agens er påvist å kunne formere seg i ørret og i regnbueørret. Nylige rapporterte forsøk tyder på at viruset replikerer (oppformerer) i sild. Dette åpner for at sild kan fungere som marint reservoar. Så langt er det ikke vist at smittet sild kan overføre smitte til laks.

I løpet av de siste årene er det blitt utviklet spesifikke diagnostiske metoder for ILA. Ved sykdomsutbrudd kan ILA-virus påvises ved dyrkning i cellekulturer (SHK-celler) og ved hjelp av indirekte fluorescens antistoffundersøkelse (IFAT) på frysesenitt/vevsavtrykk der det blir benyttet spesifikke antistoffer mot ILA-virus. For tiden er en immunhistokjemisk metode for påvisning av ILA-virus i vev under utprøving. Også til denne metoden benyttes spesifikke antistoffer. Fordelen med metoden er at den kan benyttes på formalinfiksert materiale som tas ut i forbindelse med vanlige patologiske undersøkelser. Foreløpige utprøvinger viser god overensstemmelse mellom denne metoden og IFAT, selv om den nye metoden synes å ha noe lavere følsomhet. I tillegg er det utviklet en PCR-metode som også er under evaluering. I Norge

er strategien å begrense utbredelsen og eventuelt utrydde ILA. Om denne strategien bør endres er det opp til myndighetene å vurdere. Imidlertid er en rekke vaksineprodusenter allerede i gang med å utvikle vaksiner. I Canada synes det som om vaksinasjon vil inngå i en bekjempelsesstrategi.

**Infeksiøs pankreasnekrose (IPN):** IPN er den vanligste virussykdommen i norsk lakseoppdrett. Sykdommen forårsakes av infeksiøs pankreasnekrose-virus (IPNV), og opptrer på yngel i ferskvannsfasen såvel som på smolt/post-smolt i sjøvannsfasen. Inntil 1988 var tapene forårsaket av IPN moderate, men de har siden utviklet seg til å bli et betydelig problem. Antall meldte anlegg med IPN-diagnose har variert. Fra 1988 til 1991 ble det registrert en kraftig økning, etterfulgt av en reduksjon i 1992, og en ny økning i 1993-1994. I de siste årene synes det å være en tendens til at antall sykdomsutbrudd har økt. Dødeligheten i forbindelse med sykdom varierer fra anlegg til anlegg. I 1998 var forsikringsbransjens tap på over 60 millioner kroner, og det totale tapet i laksenæringa er anslått til 75 millioner kroner. Det er uklart hvor mye av disse problemene som direkte skyldes IPNV, eller hvor dette bare er en underliggende og utløsende årsak. Undersøkelser tyder på at anlegg som tidligere har hatt IPN, har en større sjanse for å få sykdomsutbrudd enn andre anlegg. Andre faktorer som kan øke risikoen for IPN, ser ut til å være sjøvannstilblending i settefiskanlegg. Det er utviklet vaksiner mot sykdommen, men disse er fremdeles under utprøving. Til nå har det vært problematisk å få en skikke-

**Tabell 1.1** Oversikt over registrerte tilfeller av furunkulose, bakteriell nyresyke (BKD), infeksiøs pankreasnekrose (IPN) og infeksiøs lakseanemi (ILA) i perioden 1995 til 1998. Antall båndlagte anlegg i parentes.

*Overview of diagnosed cases (farms) with furunculosis, bacterial kidney disease (BKD), infectious pancreatic necrosis (IPN) and infectious salmonid anaemia (ISA) in the period 1995 - 1998. Number of farms with restrictions in bracket.*

	1995	1996	1997	1998
Furunkulose	7 (101)	3 (29)	4 (16)	1 (9)
BKD	6 (12)	15 (15)	15 (16)	(12)
IPN	72 (17)	221 (23)	224 (49)	(42)
ILA	2 (5)	7 (17)	6 (32)	13 (24)

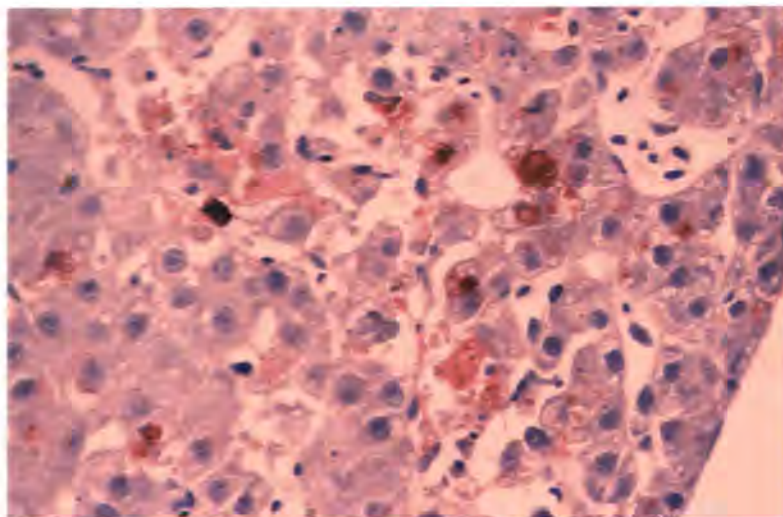
lig evaluering av vaksinene, da en har manglet en skikkelig smittemodell til bruk i laboratorieforsøk. En slik modell er nå utviklet, og resultatene så langt tyder på at en av de vaksinene som ble brukt i 1998 (en helvirusvaksine) hadde liten virkning. Andre vaksiner har i laboratorieforsøk vist seg å gi en langt bedre beskyttelse.

**Pankreas disease (PD):** PD er en alvorlig infeksjons sykdom på oppdrettslaks. Sykdommen har særlig vært et problem i Skottland og Irland, og den opptrer hovedsakelig første året laksen er i sjøen. Sykdommen skyldes et virus kalt "salmon pancreas disease virus" (SPDV), som er et alfa-togavirus.

I Norge er det hos både laks og regnbueørret tidligere påvist forandringer som er satt i forbindelse med PD, men virus ble først isolert i 1997. 1998 ble det ikke påvist noen nye tilfeller av PD. Det arbeides med å utvikle en vaksine, og denne prøves nå ut i laboratorieforsøk og i feltforsøk.

**VHS (Hemorrhagisk virusseptikemi):** Norge har i henhold til EU-direktiv 91/67/EEC hatt status som godkjent sone med hensyn til hemorrahagisk virus septikemi (VHS) og infeksjons hematopoietisk nekrose (IHN) siden 1994. Som følge av dette har det i henhold til Direktiv 91/67/EEC og EU-beslutning 96/240/EEC (92/532/EEC) vært gjennomført et dokumentasjonsprogram for de to sykdommene.

I forbindelse med dette dokumentasjonsprogrammet ble det påvist VHS-virus i et settefiskanlegg på Vestlandet i 1998. Dette er det første tilfelle av VHS i Norge siden 1974. I og med at VHS er en gruppe A-sykdom, ble settefiskanlegget umiddelbart pålagt restriksjo-



**Figur 1.15** Skadet levervev fra IPN-syk laksesmolt. Rødfarge viser spesifikk farging mot IPNV (Foto: Ingrid Uglenes)  
*Necrotic liver tissue from IPN-diseased salmon smolt. IPNV is stained red.*

ner i henhold til fiskesjukdomslovens bestemmelser. Senere ble all fisk destruert på det infiserte settefiskanlegget. Materiale fra et anlegg som ble regnet som en del av det infiserte anlegget på grunn av fysisk beliggenhet/kontakt ble også destruert ("stamping out"). Det ble videre gjennomført omfattende saneringstiltak i de affiserte klekkerier. Det er til nå ikke gitt tillatelse til ny drift av anleggene. Smitteforsøk med det isolerte virus viste at det var svært patogent (sjukdomsfremkallende) under forsøksbetingelser.

Som følge av påvisningen ble det gjennomført omfattende epizootiologiske undersøkelser i henhold til EU-direktiv 93/53/EEC, men disse undersøkelser ga ikke indikasjoner med hensyn til hvor smitten kom fra. Anlegg i området rundt det infiserte settefiskanlegget og kontaktbesetninger ble også pålagt restriksjoner mens undersøkelsene pågikk. Det ble ved det utvidete prøvetakingsregimet ikke påvist VHS-virus i noen av disse anleggene.

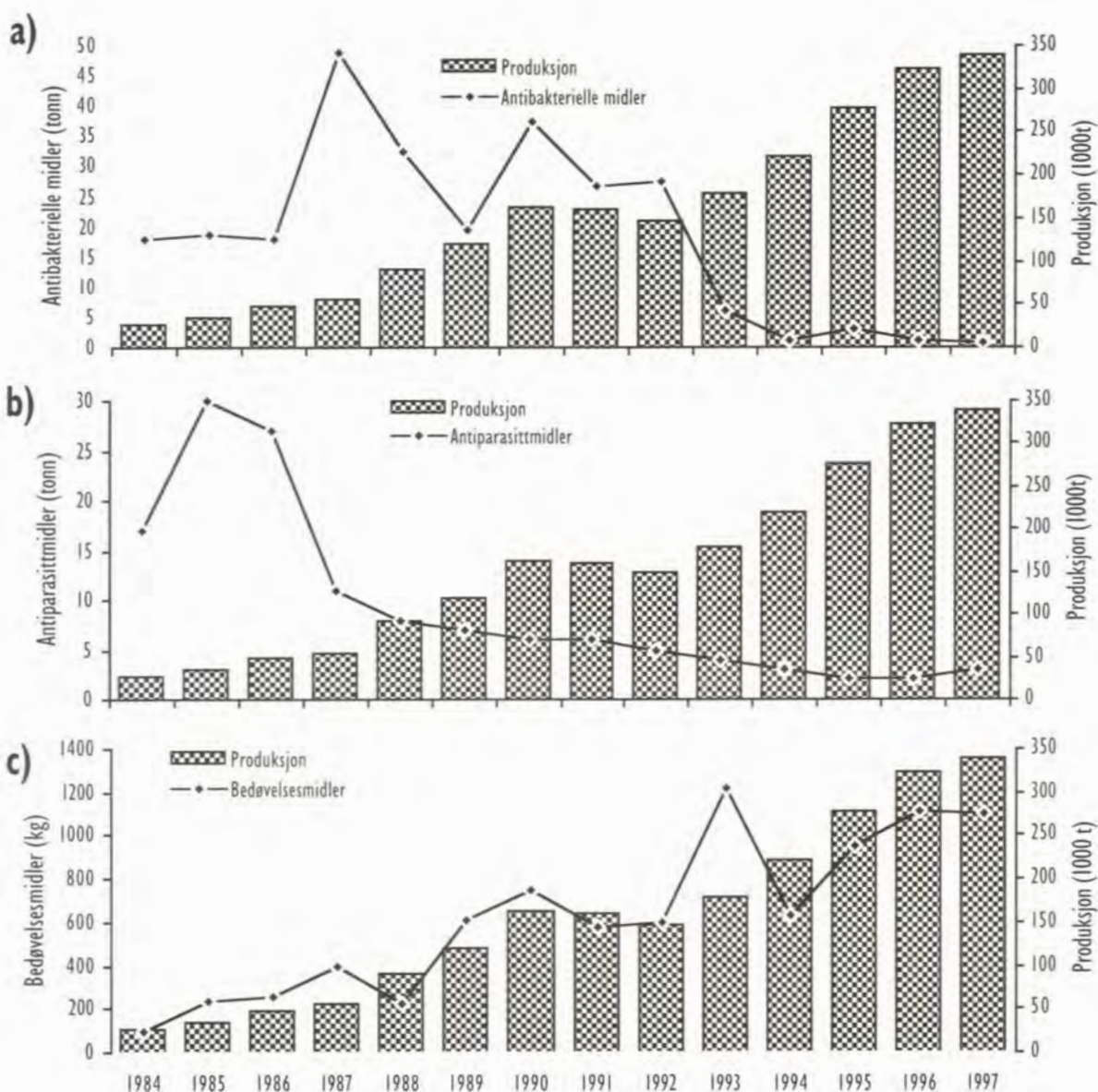
## Rekordlavt forbruk av medisiner til oppdrettsorganismer

Bjørn Tore Lunestad,  
Sentrallaboratoriet, Fiskeridirektoratet

Forbruket av medisiner til fisk har de senere år vist en dramatisk nedgang. Fisk er i dag blant de friskeste av våre «husdyr», særlig dersom en legger produksjon og medisinbruk til grunn.

Den mest dramatiske reduksjonen i bruk av me-

disiner finner vi for midler til behandling av infeksjoner med bakterier og parasitter. For antibakterielle midler skyldes nedgangen i stor grad målrettede sykdomsforebyggende tiltak, som bedre driftshygiene og et aktivt vaksinasjonsprogram. Når det gjelder antibakterielle midler



**Figur 1.16** I de tre figurene vises utviklingen av forbruk av a) antibakterielle midler, b) antiparasittmidler og c) bedøvelsesmidler i perioden 1984 til 1997. Oversiktene er basert på opplysninger fra Norsk medisindepot og Fiskeridirektoratets kontrollverk.  
*Consumption of a) anaesthetics, b) antiparasite chemicals and c) antibiotics in Norwegian aquaculture in the period 1984-1997.*

har en sett en dreining av forbruket fra stoffene oksytetrasyklin, furazolidon og trimethoprim/sulfadiazin til oksolinsyre, flumequin og florfenicol.

Også for parasittsykdommene er det gjort mye for å redusere medisinbruken. For disse stoffene er forbruket av noen fosfoinsektisider (Neguvon<sup>®</sup>, Nuvan<sup>®</sup>) til badebehandling redusert. Nye stoffer gitt som fôrtilsetning (Lepsidon<sup>®</sup>, Ektobann<sup>®</sup>) eller benyttet til badebehandling (Salmosan<sup>®</sup>, Pyrethrum, Alpha max<sup>®</sup>, Exis<sup>®</sup>) er introdusert.

For bedøvelsesmidlene ser forbruket stort sett ut til å følge økningen i produksjon. Dette er ikke overraskende når en tenker på bruken av bedøvelsesmidler i forbindelse med vaksinasjon.

En del av den observerte nedgangen i forbruket av antibakterielle midler og antiparasittmidler skyldes imidlertid også at en har gått over til medikamenter som har høyere virkningsgrad per vektenhet.

Oppdrettsnæringen har til tider fått mye kritikk

for å være storforbruker av legemidler. På slutten av 80-tallet og tidlig i dette tiåret var forbruket av enkelte legemidler relativt stort, og kritikken var ikke ubegrunnet. Selv om bruken av legemidler nå er svært lav, sliter næringen fortsatt med oppfatninger fra denne tiden.

Det er også blitt hevdet at bruk av legemidler i oppdrettsnæringen gjør det helsefarlig å spise fisk. Norge har et strengt system som skal sikre forbrukeren på dette området. I dette systemet inngår en nøye vurdering av alle legemidler tenkt brukt til fisk, god kontroll og registrering av medisinbruk, og et omfattende system for å hindre at rester av legemidler som benyttes skal nå forbrukeren. Med bakgrunn i all tilgjengelig kunnskap på området, kan det hevdes at oppdrettsfisk representerer et sunt og helsebringende næringsmiddel.

Selv om situasjonen i oppdrettsnæringen nå er svært positiv, må det likevel arbeides videre med forebyggende helsearbeid i vid forstand. Vi har alt å tjene på fortsatt å være restriktive i vår bruk av legemidler i havbruk.



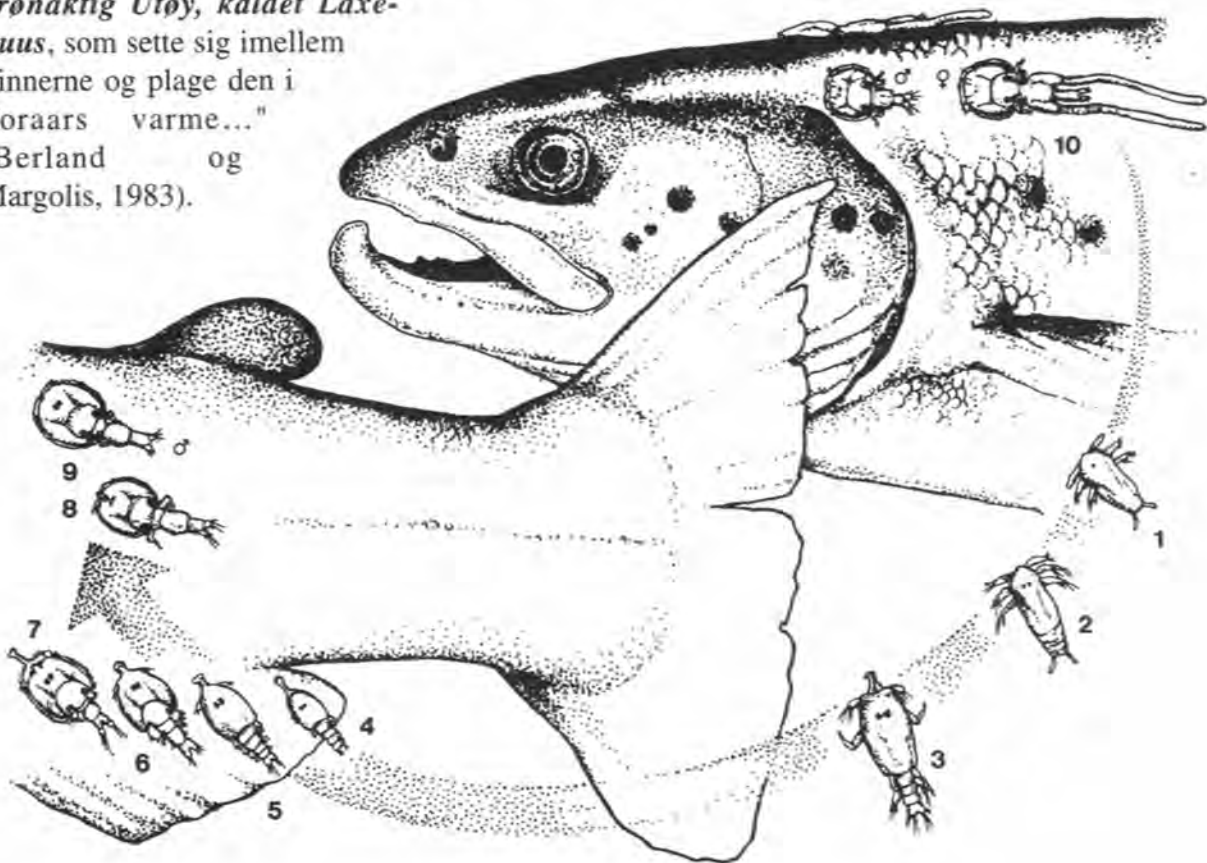
### Lusa og laksen i historisk perspektiv

Lakselus er som navnet tilsier en spesifikk parasitt med hensyn til vert og setter seg bare på laksefisk. I norske farvann vil det stort sett si laks, sjørret og regnbueørret. Den er likevel ikke en lus, men en hoppekreps (copepode) og lever deler av livet som frittsvømmende plankton. Den lever imidlertid hele livet i saltvann, og individer som sitter på laks som returnerer til elvene vil falle av etter kort tid (opptil to døgn.) Etter biskop Erik Pontoppidans utsagn i Norges Naturlige Historie fra 1753, står det om laksen "...da den i store Flokke kommer fra Havet og søger op i Elverne, deels for at forfriske sig i det ferske Vand, deels for at afgnie og afskyllre ved skarpe Strømmes og Fossers Fald, *et Slags*

*grønaktig Utøy, kaldet Laxe-Luus*, som sette sig imellem Finnerne og plage den i Foraars varme..." (Berland og Margolis, 1983).

### Vellykket forskning på leppefisk

Forskningen rundt lakselus har i mange år sentret seg rundt problematikken med lakselus på oppdrettslaks og kjemisk behandling av denne. Dette er forståelig siden lakselus er den klart mest tapsbringende faktoren i norsk oppdrett. Opptil 500 millioner kroner går tapt hvert år som følge av dødelighet, nedklassing av fisk, vekttap og utgifter til kjemikalier. Et betydelige fremskritt ble gjort da leppefisk ble tatt i bruk. Den gjør jobben som rensefisk på samme måte som arter beskrevet fra tropiske korallrev. Dette er et flott eksempel på forskning som har gitt en biologisk løsning på et problem. I mange områder greier oppdrettsnæringen ved hjelp av leppefisk å



**Figur 1.17** Lakselusa har ti utviklingsstadier (skallskifter) fra egg til kjønnsmodent individ, hvorav stadium 1-3 er frittsvømmende plankton.  
*The salmon lice (Lepeophtheirus salmonis) develops through ten molting stages, where the three first (1-3) lives as free swimming plankton.*

produsere hele generasjoner av laks som ikke har vært kjemisk behandlet. I enkelte situasjoner med høyt lakselusnivå kan imidlertid ikke leppefisken holde unna, og kjemisk avlusning er nødvendig.

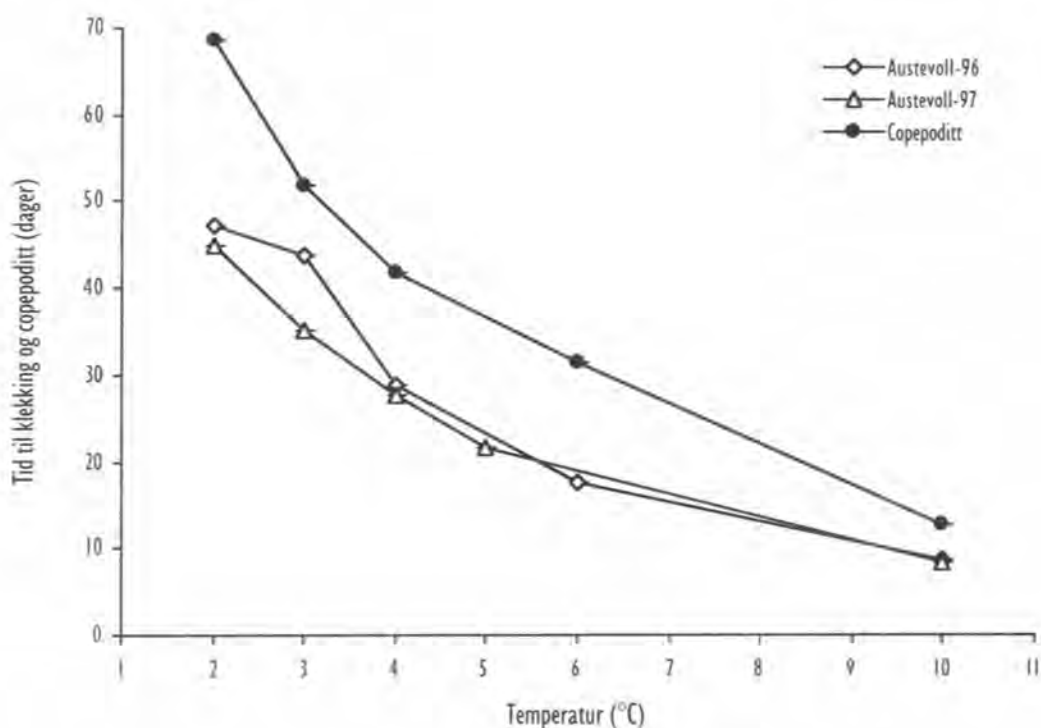
### Oppdretterne og lakselusbekjempelsen

I de senere år har oppdretterne måttet legge lista for avlusning stadig lavere på grunn av smitten som kan skje fra oppdrettsfisk til villfisk. Denne smitten skjer ved at lakselusa klekkes fra lus på oppdrettsfisk. De frittlevende stadiene av lusa driver så gjennom vannmassene og kan til slutt finne en villfisk som ny vert. Det er i denne situasjonen viktig å ha en integrert strategi for lakselusbekjempelse som strekker seg over lengre tid. Både forebyggende og synkroniserte tiltak som i en innledende fase kanskje vil medføre forhøyet bruk av kjemikalier, vil kunne for-

svares. Det området som har jobbet lengst med denne problemstillingen på en systematisk måte er Namdalsregionen. Siden 1990/91 har synkronisert avlusning og andre forebyggende tiltak, samt nøye overvåkning på oppdrettsanleggene, ført til at de i 1998 ikke fant lakselus på smolt trålet utenfor Namsenfjorden (A. Rikstad, pers.komm.). For å bryte lakselusas syklus er det også viktig å vite så mye som mulig om lakselusa i de frittlevende stadiene. I de seinere år har man ved Havforskningsinstituttet, Austevoll havbruksstasjon studert ulike aspekter ved de tre stadiene av lakselus som er frittlevende (nauplius I og II samt det infektive copepodittstadiet).

### Utvikling fra nyutlagte eggstrenger til copepoditt på lav temperatur

Lakselusen klekkes fra et par med eggstrenger som henger fast på mordyret, og i en enkelt egg-



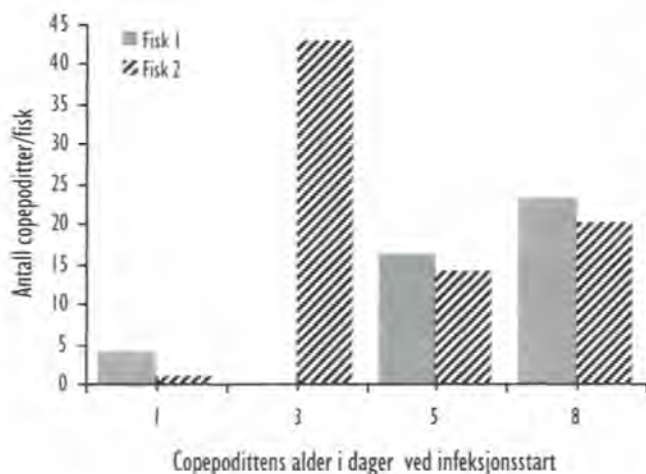
**Figur 1.18** Antall dager det tar fra nyutlagte eggstrenger til klekking ved ulike temperaturer. Forsøkene er gjentatt over to år, 1996 og 1997. På grunn av bedre vannkvalitet, klekkes flere av strengene i 1997 slik at avviket er mindre og kurven blir glattere. Tid fra fersk eggstreng til copepoditt i 1997 er også vist.

*Days from newly extruded egg strings to hatching with increasing temperature. The experiments were repeated two consecutive years (1996/1997). Due to improved water quality more egg strings hatched the second year giving a smoother line with less deviation. Time from newly extruded eggs.*

streng kan det være opptil 700 egg. Hvor fort dette går er avhengig av temperaturen. Historisk sett har man trodd at lakselusa ikke kan utvikle seg om vinteren. Ved å ta infiserte laks inn i kar og følge dem nøye kan vi plukke av nyutlagte eggstrenger, legge dem i klekkesystemer og følge utviklingen frem til copepoditt. Inkubatorskap med forhåndsinnstilte temperaturer fra 2 °C og opp til 10 °C ble brukt slik at man hadde kontroll med temperaturen. Selv på den laveste temperaturen klekte eggstrengene. Selv om kun få dyr utviklet seg helt frem til copepoditt, indikerer resultatene at dette er mulig (figur 1.18). Dette tilsier at det er viktig å forholde seg til nivåer av lakselus hele året og ikke hvile selv om vinteren. Dette har resultert i at høst- og vinteravlusninger er tatt i bruk som en strategi for å desimere populasjonen av lakselus før temperaturen stiger om våren.

### Påslagssuksess ved forskjellige temperaturer

Etter at det er blitt slått fast at lakselus kan klekke og utvikle seg til det infektive stadiet helt ned til



**Figur 1.19** Påslagssuksess for copepoditter som funksjon av deres alder studert ved 10°C. Totalt 300 copepoditter med kjent alder (alder oppgitt som dager fra de ble copepoditter) ble plassert sammen med to laks (ca. 0,8 kg) i ett døgn. *Settling of copepodids as a function of their age studied at 10 °C. A total of 300 copepodids of known age (age given as days from appearance of the first copepodite) were placed together with two salmon (0,8 kg) for 24 hours.*

2 °C er det naturlig å spørre om den også er i stand til å feste seg til laksen og gå videre i sin utvikling. Påslagsforsøk gjøres ved å dyrke frem copepoditter fra eggstrenger i kontrollerte systemer slik at alder og opprinnelse er kjent for alle grupper som brukes. Vi har foreløpig testet en gruppe med lus og ser at de ikke er like suksessfulle på dag 1 som seinere (figur 1.19). Helt opp til dag åtte kan de feste seg på laksen. I nye forsøk vil vi studere evnen til påslag ved lavere temperatur og med eldre copepoditter.

### Lys og lus

Det er tidligere vist at frittlevende lakselus er positivt fototaktiske og ser ut til å gå aktivt opp om dagen mens de sprer seg mer passivt om natten (Heuch et al. 1995). Det var derfor naturlig å anta at bruk av tilleggslys, slik det brukes på kommersielle anlegg, kunne ha en negativ effekt på nivået av lakselus. Forsøk viste imidlertid at det var laksens forandring av vertikal posisjon som hadde størst betydning for hvordan påslaget av lus ble. I forsøk hvor laks ble plassert på forskjellige dyp fikk laksen som var plassert i de øverste fire meterne 40 ganger høyere påslag av lakselus enn de som stod fra fire til tolv meters dyp (Hevrøy m.fl. 1998). En driftsform hvor laksen blir forsøkt holdt under fire meter kunne derfor være fordelaktig.

### Overlevelse til klekking og copepoditt ved varierende saltholdighet

Fordi lakselus er blitt et større problem inne i fjordene på 90-tallet, er det blitt stilt spørsmål ved hvordan variasjon i saltholdighet kan påvirke lakselusens forskjellige livsstadier. Vi vet at de ikke tåler ferskvann (se innledning), men er det mulig at lakselus som faller av i elvene kan finne veien tilbake til sjøen, det vil si bli ført med strømmen tilbake igjen? Hvis så er tilfelle, kan eggstrenger som er blitt utsatt for lavere saltholdighet klekke hvis saltholdigheten blir brakt opp til fullt sjøvann? Innledende studier viser at eggstrengene er mer sårbare for lav saltholdighet rett etter utlegging, og de er også mer sårbare på lavere temperatur (figur 1.20). Ved å eksponere eggstrenger for en saltholdighet på 24 ‰ i de første 24 timene og de første 48

timene ved 5 og 10° C, klekket ingen strenger ved kombinasjonen 5° C og 24 timer. Det ser imidlertid ut til at de tåler 24 ‰ bedre hvis de blir liggende i 48 timer. Det kan derfor tyde på at selve forandringen tidlig i klekkeprosessen og ikke selve saltholdigheten har mest å si. I kontrollgruppene som gikk på 34 ‰ har strengene på 5° C best overlevelse. Dette kan komme av at strengene i utgangspunktet kom fra et lavere temperaturregime og ikke tålte økningen. De har allikevel bedre klekking enn strengene som ble eksponert for lavere saltholdighet (Vikeså, 1999).

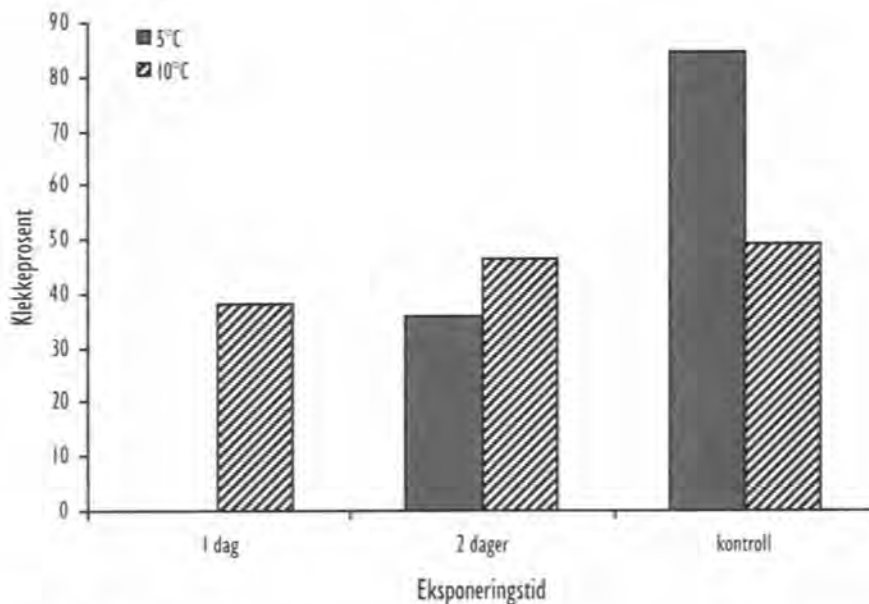
### Atferd hos nauplier og copepoditter

Det er lakselusen i vannmassene som er spredningsstadiet. Det blir stilt spørsmål ved om disse kun sprer seg passivt med hjelp av strøm i sjøen, eller om egenbevegelsen deres vil ha noe å si for hvor vi finner igjen dyrene. Det er dokumentert for andre arter at deres atferd i forhold til tidevannsykluser, lys og strøm kan posisjonere dem fordelaktig. Vi vil i første omgang

undersøke hvordan nauplier og copepoditter oppfører seg i forhold til lys, temperatur, saltholdighet og forandringer i disse. I en atferdsrigg hvor dyrene kan filmes, og med en datamaskin til å beregne den tredimensjonale plasseringen samt fart og retning på bevegelse, har det vist seg at naupliene stort sett svømmer opp og synker ned. Copepodittstadiet derimot har et mer søkende atferdsmønster. Videre bearbeiding av dataene vil vise hvor fort dette går.

### Atferd i forhold til saltholdighet

Tidligere undersøkelser tyder på at frittlevende stadier av lakselus vil kunne konsentreres rundt sprangsjikt dannet av vann med ulikt saltinnhold. Sprangsjikt er et kjent fenomen i blant annet fjorder hvor en kompensasjonsstrøm av havvann vil komme inn under ferskvannet fra elvene. Våre forsøk viser at nauplier vil la seg synke i vann som holder under 28 ‰. Copepoditter derimot vil svømme oppover selv på 12 ‰. Videre studier må utføres for å forklare hvilke konsekvenser dette vil ha for larvenes posisjonering.



**Figur 1.20** Effekt av eksponering for lavere saltholdighet på eggstrenger tidlig i klekkeperioden uttrykt som klekkeprocent. En gruppe med strenger er eksponert for 24 ‰ de første 24 timer etter utlegging av strengene og en gruppe de første 48 timene. Forsøkene er gjort på 5° C og 10° C.

*The effect of lower salinity exposure on egg strings early in the hatching period given as hatching percent. One group of egg strings was exposed to 24 ‰ the first 24 hours after extrusion of the egg string and the other group the first 48 hours. Both experiments were conducted at 5° and 10° C.*

Heilt til nyleg har den vanlege handsaminga mot lakselus vore å bada fisken i vatn tilsett ulike antilusemiddel. Dei seinaste åra har ein også nytta ei prinsipielt ny form for handsaming. Dette er å tilsetja middel mot lakselus i fôret. Desse lækjemidla vert tekne opp i tarmen hos fisken og førte rundt i kroppen. Lusa som heng på fisken vil då verta utsette for desse stoffa. Dei stoffa som vert nytta verkar på lusa sitt skalskifte. Det seier seg sjølv at stoffa, i dei konsentrasjonane det er tale om, må være giftige for lusa, men ikkje for fisken.

I Noreg har det vorte introdusert to lækjemiddel som er i samme klasse. Desse er *diflubenzuron* marknadsført av EWOS under handelsnamnet Lepsidon® og *teflubenzuron* som Skretting marknadsfører under navet Ektobann®. Desse stoffa kom først i vanleg bruk til handsaming av fisk i 1996. Dette året vart det nytta 103 kg *diflubenzuron* og 547 kg *teflubenzuron* i Noreg. I 1997 var tilsvarande forbruk på 462 kg *diflubenzuron* og 1.429 kg *teflubenzuron*. Begge delar vert rekna som mengd av det verksame stoffet. Denne statistikken er utarbeidd ved Fiskeridirektoratet, og baserer seg på kopiar av reseptar skrivne ut for desse to lækjemidla.

Bruken av stoffa har vorte kritisert i massemedia ut frå eit miljøvernstandpunkt og med tanke på matvaretryggleik. Når det gjeld



matvaretryggleik har det særleg vore fokusert på eit påstått kreftframkallande nedbrytingsprodukt av *diflubenzuron*, kalla *p*-kloranilin eller 4-kloranilin. *Diflubenzuron* og *teflubenzuron* i seg sjølve vert sett på som korkje kreftframkallande, mutasjonsfremjande eller å ha andre påvisbare negative helseverknader. Det må vidare nemnast at det ikkje vert gitt slakteløyve for fisk som har vore handsama med lækjemiddel før restar av lækjemidlet er ute or fisken. Noreg har eit omfattande system som skal sikre dette.

Med bakgrunn i dei opplysningane som ligg føre i dag, kan det ikkje hevdast at lakselusmiddel tilsett i fôret representerer ei helsefare for oss som konsumentar. Lækjemiddel nytta til fisk

vert stendig vurderte etter som nye forskingsresultat vert gjort tilgjengelege. Dersom det skulle koma fram nye opplysningar som gjeld matvaretryggleik i samband med bruk av desse stoffa, vil norske lækjemiddelstyresmakter ta dette med når stoffa vert vurderte for framtidig bruk. Dette gjeld generelt for alle typar lækjemiddel som vert nytta til handsaming av fisk.

**Vi har drevet havbruk i mange år, og kjenner de fleste miljøvirkningene av næringen. En har derfor kunnet vurdere påvirkningen og sette inn tiltak for å begrense uønsket påvirkning. Det var en milepæl da fiskeri-, helse-, miljøvern- og veterinærmyndighetene i 1993 utarbeidet miljømål for norsk havbruk.**

Problemområdene ble i prioritert rekkefølge vurdert å være rømming, sykdommer, legemidler, kjemikalier og organisk stoff. Etatene la også fram forslag til rolle- og ansvarsfordeling som skulle sikre at en kunne oppfylle målene best mulig. På grunnlag av innsamlede opplysninger utarbeides det nå årlig en rapport der resultatene for det enkelte område er vurdert i forhold til målene og de tiltakene som er satt i verk. I 1996 var storparten av de kortsiktige og flere langsiktige miljømål nådd. I 1997 ble det utarbeidet nye kortsiktige miljømål, og de langsiktige ble revidert. Nye problemområder er ikke påvist. Problemer som ikke er løst er særlig knyttet til rømming, lakselus og bruk av kobber som anti-groemiddel.

### Utslipp av næringsalter og organisk materiale

De viktigste utslippene fra fiskeoppdrett består av spillfôr, ekskrementer og oppløste stoffer, særlig nitrogen og fosfor. Utslipp per mengde produsert fisk, har avtatt markert med bedre fôr og fôringsrutiner. I 1988 ble det frigitt omlag 90 kg nitrogen og 18 kg fosfor for hvert tonn laks som ble produsert, tilsvarende tall for 1994 var 50 og 10 kg. De totale utslippene fra fiskeoppdrett har likevel økt fordi produksjonen har økt så sterkt.

I starten var en redd for at de ekstra tilførselene av næringsalter fra oppdrett ville gi overgjødning og redusert vannkvalitet som følge av sterk algevekst. Så har ikke skjedd, vannet langs kysten er reint og upåvirket selv i de områdene som har mest oppdrett. Dette skyldes at utslip-

pene er ubetydelige i forhold til mengden næringsstoffer som naturlig finnes i havet.

### Mulig lokal overbelastning

Lokalt kan imidlertid utslippene av partikler (spillfôr og ekskrementer) ha stor betydning. Dersom tilførselene er større enn det naturen kan ta hånd om, vil avfallet hope seg opp under anleggene. Vi sier da at lokaliteten er overbelastet. Slike sedimenter har et meget høyt oksygenforbruk, og det oppstår raskt oksygenmangel. Nedbrytningen synes da å gå langsommere, noe som fører til ytterligere opphopning. Det kan også utvikles stoffer som er giftige for dyrene som lever i og på bunnen, og som også kan skade helse og vekst hos fisken i merdene. Overbelastning har derfor betydning også for andre problemområder innen miljøvirkning, slike som sykdom og bruk av legemidler og kjemikalier.

### MOM for bærekraftig bruk av oppdrettslokaliteter

For å hindre overbelastning har Havforskningsinstituttet utviklet et system som kan brukes til å tilpasse belastningen fra det enkelte oppdrettsanlegg etter bæreevnen på lokaliteten. Systemet kalles MOM (Matfiskanlegg - Overvåkning - Modellering) og består av et overvåkningsprogram med tilhørende grenseverdier for påvirkning, koblet sammen med en simuleringsmodell som kan forutsi virkningen av et gitt anlegg på en gitt lokalitet. MOM er testet ut ved 44 oppdrettsanlegg i Sør-, Vest-, Midt- og Nord-Norge.

Reguleringsbestemmelsene for oppdrettsnæringen er nå under revisjon. Et viktig element i dette arbeidet er å få på plass reguleringer som sikrer miljøet inne i og omkring anleggene. MOM er godt egnet til å ivareta dette, og ventes å inngå i de nye reguleringene som trolig vil bli satt i kraft i 1999.

**Det har skjedd en rekke endringer på regelverksfronten i 1998 med tilknytning til norsk oppdrettsvirksomhet:**

#### **Permanent fiskesykdomslov**

Loven trådte i kraft 1.1. 98. Den permanente loven gir grunnlag for utarbeidelse av et oppdatert regelverk avstemt mot oppdrettsloven, saltvannsfiskeloven, lakseloven (vill-laks) og kvalitetskontrollloven. Den permanente fiskesykdomsloven avløste den midlertidige loven som hadde fungert i en tiårsperiode. Den nye loven gir blant annet et godt hjemmelsgrunnlag for utarbeidelse av reviderte, eventuelt nye forskrifter, med hovedmål å forebygge smittsomme sykdommer i norsk havbruksvirksomhet. Men det er viktig å være oppmerksom på at den nye loven også har bestemmelser som angår villfisk, både i det marine miljø og i ferskvann. I tillegg omfatter den sjøpattedyr. Det er Fiskeridepartementet som har forvaltningsansvaret for den marine villfisk og sjøpattedyrene.

#### **Felles forskrift om etablering, drift og sykdomsforebyggende tiltak (Drifts- og sykdomsforskriften)**

Denne forskriften trådte i kraft 18.12. 98. Den er fastsatt av Fiskeridepartementet og Landbruksdepartementet i medhold av henholdsvis oppdrettsloven og fiskesykdomsloven. Det er første gang det er gitt en fellesforskrift i medhold av de to nevnte lovene, og den erstatter fire tidligere forskrifter. Fellesforskrifter av denne type forenkler regelverket både for oppdrettere og offentlig forvaltning. Det kan legges til at Drifts- og sykdomsforskriften representerer en meget viktig del av det regelverket som angår den daglige virksomheten ute på den enkelte oppdrettslokalitet. Forskriften står sentralt i det forebyggende helse- og miljøarbeid i norsk oppdrettsvirksomhet.

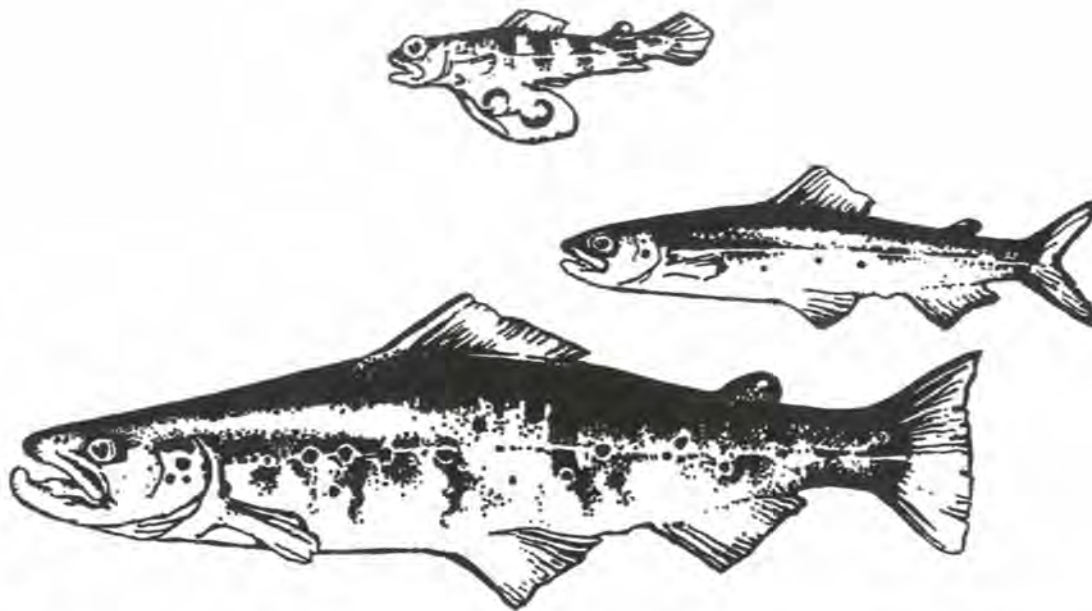
#### **Felles driftsforskrift for settefiskproduksjon**

Arbeidet med denne forskriften vil bli avsluttet i 1999. Dette er også en forskrift som vil bli gitt i medhold av oppdrettsloven og fiskesykdomsloven. Dagens bestemmelser er ikke oppdaterte i henhold til den utvikling som har foregått de siste år innen denne del av oppdrettsvirksomheten. Disse driftsforskriftene må ses i nær sammenheng med fellesforskriftene om etablering, drift og sykdomsforebyggende tiltak som er omtalt ovenfor. Det er viktig at hele regelverket i produksjonskjeden er oppdatert fra stamfisk/egg, via settefisk- og matfiskproduksjon, til marked. De nevnte felles driftsforskrifter representerer en sentral del av regelverket i den forbindelse.

#### **Skjell dyrking - regelverk**

Dette er en del av norsk oppdrettsvirksomhet som har fått atskillig omtale i massemedia i de siste to-tre årene. Interessen for skjell dyrking er stor langs hele norskekysten. Havbruksavdelingen arbeider med revisjon av eksisterende bestemmelser for denne næringen, samt delvis nytt regelverk, for å kunne møte de utfordringer som de «nye» oppdrettsartene medfører. Det er viktig at en begynnende, og muligens betydelig næring av denne type, får en fornuftig og hensiktsmessig utvikling helt fra starten av. Erfaringer fra laksefiskoppdrett, og tildels marin fisk, er sentrale i denne forbindelse. Riktignok avviker skjell dyrkingen tildels sterkt fra det tradisjonelle fiskeoppdrettet, for eksempel med hensyn til lokalisering og avgrensning og krav til lokalitetene. Men også for skjell dyrking gjelder prinsippet om å se hele produksjonskjeden under ett fra egg til marked.





### **Rømningssikring v/TYGUT (Typegodkjenningsutvalget)**

Fiskeridirektøren avgav en positiv innstilling til TYGUT-rapporten høsten 1997, og den ble oversendt Fiskeridepartementet. Det er forventet at TYGUT vil tre i kraft i løpet av 1999.

Rømning av laksefisk er et problem i norsk oppdrettsvirksomhet. Implementering av TYGUT-konseptet vil være et viktig forebyggende tiltak i denne sammenheng.

### **MOM - prosjektet (Modellering- Overvåking- Matfiskanlegg)**

Havbruksavdelingen startet i 1997 arbeidet med å utvikle MOM-modellen til et forvaltningsverktøy. En del nye elementer/bestemmelser ble konkretisert og satt i system. En tverrsektoriell gruppe med representanter fra fiskeriforvaltningen og miljø- og veterinærmyndighetene avleverte i 1998 et forslag til implementering av MOM. Forslaget fra gruppen er saksbehandlet av Fiskeridirektoratet og oversendt Fiskeridepartementet.

Miljøovervåkningsmodellen tilknyttet MOM er sendt inn til NAS (Norsk Allmenn-standardisering) for godkjenning. Den såkalte C-undersøkelsen, som er en relativt omfattende undersøkelse av den biologiske faunaen i slammet under merdene, er i dag en godkjent NAS-

standard. I løpet av våren/sommeren regner en med at en noe enklere kjemisk/fysisk undersøkelse av slammet - en B-undersøkelse - også skal bli godkjent som NAS-standard.

### **Felles miljømål for havbruksnæringen**

Arbeidet med miljømålene og de årlige resultatrapportene pågår kontinuerlig. Det har vært noe forsinkelse med arbeidet i -98. Dette skyldes i hovedsak uenighet mellom Fiskeridirektoratet og Direktoratet for Naturforvaltning om fastsettelse av resultatmål og resultatansvar for innslaget av rømt oppdrettslaks i elvene, en prosentvis utregning som innbefatter både vill-laks og rømt oppdrettslaks. Fiskeridirektoratet hevder for eksempel at de ikke kan tillegges resultatansvar for den store nedgangen av vill-laks i enkelte elver som skyldes en rekke faktorer, ikke minst temperaturen i havet i oppvekstområdene for laksen.

Det har også vært en del diskusjon med Statens forurensningstilsyn om innføring av MOM-konseptets intensjoner allerede i miljømålene for 1998. Per i dag har etatene kommet fram til enighet om utforming av miljømålene.

### **Nasjonal handlingsplan mot lus på laksefisk 1997 - 2001**

Fiskeridirektoratet ved Havbruksavdelingen er representert i den nasjonale arbeidsgruppen (NA)



som har ansvar for å koordinere det videre arbeidet med å redusere problemet med lus på laksefisk. Statens dyrehelsetilsyn leder arbeidet. NA skal utarbeide en årlig resultatrapport som koordineres med arbeidet til «Miljømål for norsk havbruk».

Gruppen utformet i 1998 en resultatrapport for aktivitetene i 1997. Rapporten bygger på den malen som NA utarbeidet i 1997.

### **Nytt søknadsskjema**

En tverrsektoriell «skjemagruppe» ble etablert i 1997. Målet for gruppen var å lage et felles søknadsskjema som skulle fange opp de krav til anleggsetableringer som blir stilt etter oppdrettsloven, havne- og farvannsloven, forurensningsloven og fiskeesykdomsloven. I tillegg skulle det tas høyde for en del problemstillinger knyttet til plan- og bygningsloven.

Gruppen avleverte sitt forslag til søknadsskjema i 1998.

### **Statistikk fra virksomhetsområdet Havbruk**

Havbruksavdelingen har i de to siste årene utgitt en rapport med diverse statistiske opplysninger om norsk havbruk. Det er samlet ca 50 tabeller og figurer i rapporten. Den første rapporten som

ble utgitt for om lag ett år siden, ble omfattet med meget stor interesse både av det private næringsliv og offentlig forvaltning med tilknytning til havbruk. Det samme synes å være tilfellet med årets rapport, som kan fås gratis ved henvendelse til Havbruksavdelingen.

Det er også laget en engelsk versjon av rapporten.

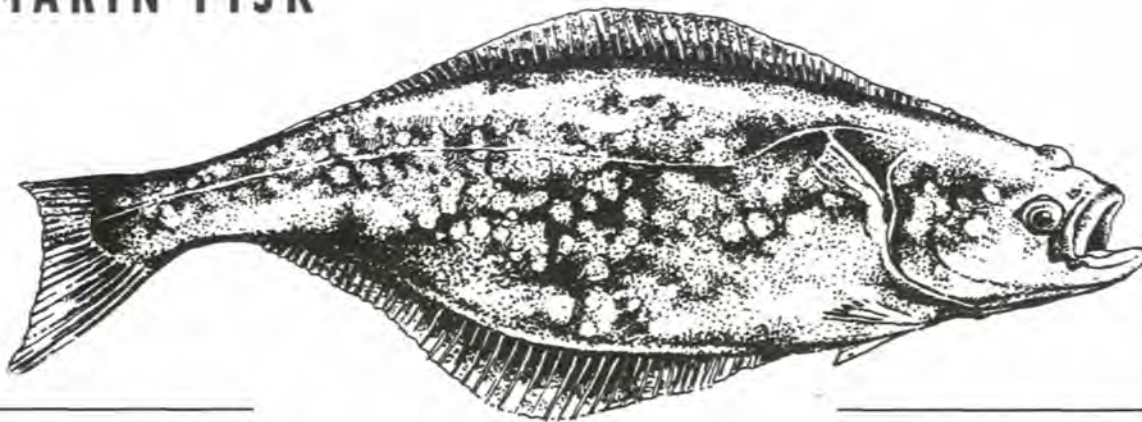
### **Rieber - Mohnutvalget**

Utvalget ble nedsatt i 1997 etter initiativ av Miljøverndepartementet. Høyesterettsdommer Georg Fredrik Rieber-Mohn leder utvalget, som skal gjennomgå den totale situasjonen for de ville laksebestandene og legge fram forslag til forvaltningsstrategier og tiltak. Spørsmål knyttet til reguleringer i fisket, vassdragsforvaltning og lakseoppdrett skal vies særlig oppmerksomhet. Havbruksavdelingen har en representant i utvalget.

Utvalgets arbeid er snart fullført, og rapporten ventes offentliggjort i slutten av februar måned 1999.

Tiltaksdelen vil selvsagt kunne berøre både den praktiske oppdrettsvirksomheten ute i felten og den totale offentlige forvaltningen av laks, både vill- og oppdrettslaks.

## 2. MARIN FISK



### Oppdrett av kveite

Anders Mangor-Jensen,  
Havforskningsinstituttet

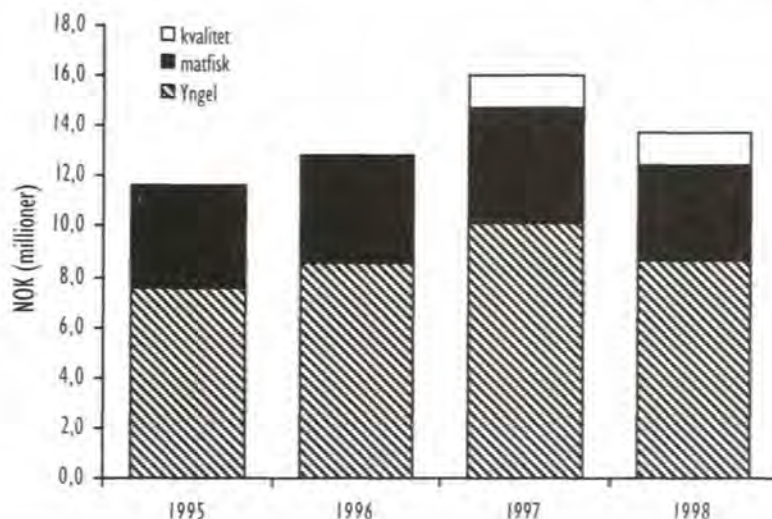
Kveite er fortsatt den marine fisken det knytter seg størst forventninger til innenfor norsk havbruk. På tross av manglende kommersiell suksess i produksjon av yngel, ser man at det fortsatt etableres både yngel- og matfiskanlegg. Dessverre har man også opplevd eksempler på innstilling av drift.

Norge er, og har alltid vært den ledende nasjonen innen kveiteforskning. Andre nasjoner som Canada, Skottland og Island har likevel levert viktige bidrag, ofte i samarbeid med norske forskere. Den norske innsatsen har i første rekke vært drevet av de offentlige forskningsinstituttene, selv om næringen har vært involvert i utviklingen gjennom de såkalte brukerstyrte prosjektene, der bedriften selv skal være

premissleverandør til forskningsmiljøene. Dette har bidradd til en sterk fokusering på anvendte problemstillinger, noe som i sin tur har økt hastigheten mot målet. De mer basale problemstillingene har derfor vært mindre prioritert enn tidligere.

### Finansiering

FoU-finansieringen fra Norges forskningsråd har økt i perioden 1995-1997, mens den for 1998 ble redusert noe i forhold til 1997. I tillegg til finansieringen gjennom Forskningsrådet er betydelige midler blitt lagt ned i bedriftene til FoU både direkte og i forbindelse med NUMARIO-programmet som krever 50 % egenfinansiering. I tillegg kommer også enkelte prosjekter i regi av Nordisk Ministerråd, Nordisk Atlantsamarbejde og Nordisk Industrifond.



**Figur 2.1** Bevilgninger fra Norges forskningsråd til kveiteforskning i perioden 1995-1998.  
*Funding of halibut research by the Norwegian research council during the period 1995-1998, divided on research related to fry production, farming and quality.*

## Yngelproduksjon

I 1998 ble det produsert i overkant av 350 000 kveiteyngel i Norge, fordelt på tolv oppdrettere. Til sammenligning ble det på Island produsert ca 200.000 (en produsent), og i Skottland ca 100.000 (en produsent). Sammenlignet med tidligere år, samt forventninger om økt produksjonsvolum, er resultatet for 1998 svakere enn forventet.

Som det fremgår av figur 2.2 vil produksjonstallene for 1998 bli noe høyere enn tidligere år. Tallene for 1998 er i hovedsak basert på innhentede data fra de enkelte produsentene. De lave produksjonstallene for kveiteyngel viser at dette stadiet fortsatt er den begrensende faktoren for næringen. I motsetning til i 1994 der hovedmengden yngel ble produsert av to anlegg, er resultatet i 1998 fordelt på ti-tolv anlegg.

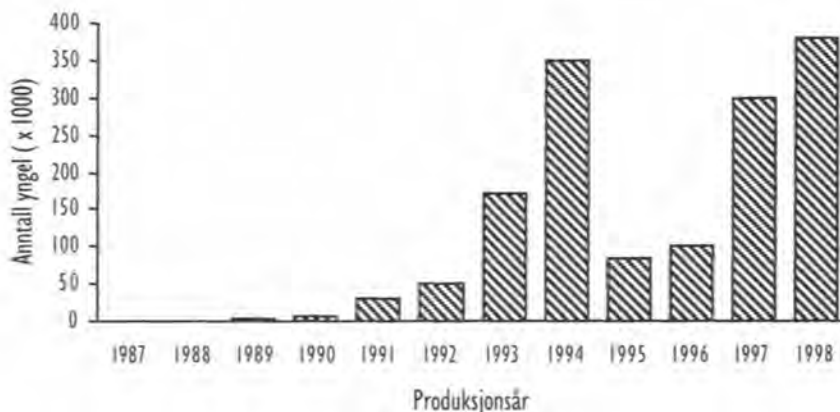
## Marked for yngel

Kveiteyngel som idag tilbys for salg er ferdig tørrfôrtilvent med en størrelse på mer enn 5 gram, selv om mindre fisk også tidvis har vært omsatt. Denne fisken er beregnet for videre vekst i settefiskanlegg. I visse tilfeller blir det også omsatt fisk beregnet for direkte utsetting i matfiskoppdrettsenheter. Denne fisken bør være i størrelsesområdet 200 gram eller mer for utsetting i kar på land, eller ca 300-500 gram for

utsetting i merd. Flere av de ti-tolv yngelprodusentene i Norge produserer yngel til eget matfiskoppdrett, eller har inngått kjøpskontrakter med matfiskoppdrettere, slik at en relativt liten andel av den produserte yngelen tilbys på det åpne markedet. Den enkelte oppdretters produksjonspris varierer sterkt både med produksjonsform, produksjonsvolum og akkumulerte underskudd. For 1997 ble kostpris oppgitt fra 43 kroner per individ som laveste til 123 kroner per individ som høyeste. Hvilke kostnader som ligger i disse prisene er ikke oppgitt. Den prisen som faktisk oppnås på det åpne markedet falt fra 1997 der yngelen i gjennomsnitt ble solgt for mer enn 60 kroner per individ, til ca 40 kroner i 1998 (eks. mva). Dette er for de fleste yngeloppdrettere langt under produksjonspris. En stor del av yngelen som ble produsert for salg på det åpne markedet er derfor fortsatt usolgt.

## Eggproduksjon

I dag produseres egg utelukkende ved stryking og kunstig befruktning. Tidligere forsøk med naturlig gyting ga i en periode lovende resultater, men er i de senere årene ikke blitt fulgt opp. Gytetidsmanipulering av stamfiskbestander for å oppnå forskyvning av gytetidspunkt har gitt gode resultater både i Norge og Island. Produksjonsforsøk gjennomført ved Havforskningsinstituttet, Austevoll havbruksstasjon høsten



**Figur 2.2** Nasjonal produksjon av kveiteyngel i perioden 1987-1998.  
*Norwegian production of halibut fry during the period 1987-1998.*



**Figur 2.3** Produksjonslinje for kveiteyngel (grafikk/tegninger av Terje van der Meeren)  
 Production line for halibut fry.

1998 tyder på at tidligere antagelser om redusert eggkvalitet fra gytetidsforskjøvet stamfisk ikke er tilfelle. Helårlig tilgang på egg vil sannsynligvis være en viktig fremtidig forutsetning for lønnsom drift av intensive yngelanlegg. De fleste yngeloppdrettere i Norge disponerer egen stamfisk, selv om enkelte anlegg baserer driften på kjøp av egg.

Tilgangen på befruktede egg var god i 1998. Flere aktører tilbød egg av svært god kvalitet på det åpne markedet til priser fra 6.000-10.000 kroner per liter. Egg fra høstgytere har i enkelte tilfeller vært omsatt for opp til 12.000 kroner per liter. I de fleste tilfeller har selger gitt en viss garanti i form av nedsatt pris ved dødelighet som ikke skyldes mottaker. Transport av egg ved ca 65 døgngader har vist seg å være problemfri ved riktig pakking og håndtering ved transporttider på inntil tolv timer. Inkubering og drift av klekkeri ser ikke ut til å representere noen flaskehals i produksjonssammenheng.

### Larver

Plommesekkfasen, stadiet mellom klekking og startfôring, ble nok en gang fokusert på i 1997-1998. Lave og svært variable overlevingstall fra silodrift har gjort denne fasen til mange yngelprodusenters akilleshæl. Tildels store og uforklarlige innslag av deformiteter blant larvene bidro også til å sette plommesekkklarver på dagsorden. Den store vanskeligheten med silodrift har vært å kunne påvirke larvenes vertikalposisjonering gjennom de ulike fasene av utviklingen. Av årsaker som kanskje er en tilpasning til det naturlige miljø, inntar kveitelarvene ulike posisjoner i siloen på ulike utviklingstrinn; enten som følge av endret oppdrift, eller ved aktiv bevegelse. Stor larvedødelighet som følge av ansamlinger, enten i topp eller bunn av siloene, har vært årsaken til svært lavt utbytte fra siloene. Disse problemene ser det nå ut til at det finnes brukbare og forutsigbare løsninger på, ved hjelp av nye metoder for silodrift. Dette er nærmere omhandlet under avsnittet om ny oppdrettsteknologi.

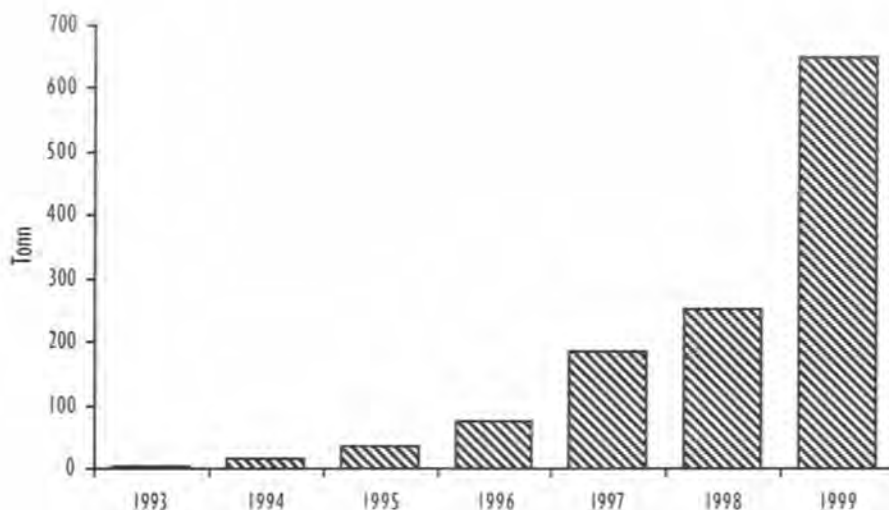
### Startfôring - ekstensiv metode

I Norge ble hovedmengden av yngel produsert etter den ekstensive metoden (mer enn 80%). Grunnen til at denne metoden fortsatt er rådende, er de usikre produksjonsresultatene fra intensiv drift fram til idag. Den ekstensive metoden baserer seg på tette, flytende poser eller store utendørs kar på land, der fôret består av innsamlet dyreplankton med eventuell tilleggsfôring med dyrket saltreke (*Artemia*). For å lykkes med denne metoden er det viktig at forekomsten av naturlig plankton er tilstrekkelig og stabil. Ekstensiv produksjon begrenses derfor til tider av året da det er tilstrekkelige forekomstene av naturlige plankton til startfôring. Fortsatt er den ekstensive metoden forbundet med lav grad av kontroll og påvirkningsmuligheter. Til gjengjeld har den en lav inngangsbillett og er mindre arbeidsintensiv enn produksjon etter intensive prinsipper.

### Intensiv metode

Resultatene fra den intensive metoden har vært dårligere enn forventet, både med hensyn til kvalitet og volum. Bare ca 20 % av yngelen ble i 1998 produsert intensivt. Fortsatt ligger sannsynligvis hovedårsaken til dette i utilstrekkelig levedefôringskvalitet. Flere produkter for anrikning av *Artemia* finnes idag kommersielt tilgjengelig. Disse er under konstant evaluering og forbedring, og vil forhåpentligvis om kort tid gi *Artemia* som fôrorganisme et tilstrekkelig og definert innhold av essensielle næringsstoffer. Renhold av kar, og da spesielt et stykke ut i larvefasen, representerer et meget omfattende og nitid arbeid. Mangelfull eller for voldsom rengjøring av larvekar har utvilsomt i flere tilfeller bidradd til stor dødelighet. Et nytt konsept for automatisk bunnrensing er derfor utviklet og testet ved Havforskningsinstituttet, Austevoll havbruksstasjon. Produktet er idag kommersielt tilgjengelig som innbygningsett til de fleste typer eksisterende larvetanker.

Ved Fiskeldi Eyjafjardar på Island drives produksjonen helintensivt, med *Artemia* som eneste fôrkilde i perioden fram til tørrfôrtilvenning. I motsetning til de fleste norske opp-



**Figur 2.4.** Produksjon av slaktet kveite i tonn 1993-1998, og prognose for 1999.  
*Harvest of halibut (tonnes) from Norwegian halibut farms during the years 1993-99.*

drettere har Fiskeldi utviklet sitt eget anrikningsmateriale for *Artemia*. Slik Fiskeldi selv vurderer det er dette trolig ikke hovedårsaken til at de produserte over 30 % av verdens kveiteyngel i 1998; først og fremst skyldes det gode rutiner og erfarent personale.

### Yngelkvalitet

Kvaliteten på yngel som er produsert ekstensivt med naturlig dyreplankton som føde, har gjennomgående vært høyere enn yngel produsert intensivt på *Artemia*. Forskjellene ligger hovedsakelig i hudpigmentering og øyevandring. Som regel har mer enn 50 % av den intensivt produserte fisken disse feilutviklingene i større eller mindre grad senere i livsløpet. Det er imidlertid ikke blitt påvist forskjeller i vekstrate mellom feilfrie og feilpigmenterte yngel. Sekundæreffekter av feilutviklingene har imidlertid vist seg i form av risiko for solforbrenning, og tendenser til økt frekvens av øyeskader hos individer med ufullstendig øyevandring.

### MATFISK - produksjon

Produksjonen av matfisk i 1998 foregikk i det alt vesentlige ved Stolt Sea Farms anlegg på Eggesbøsnaset. Ca 250 tonn kveite ble omsatt, derav ca 200 tonn fra SSFN. De resterende 50 tonn ble i hovedsak levert av mindre anlegg, hvor matfiskproduksjon av kveite ikke er hoved-

aktivitet. Endringer i regelverket tillot en periode oppdrett av flere arter i samme anlegg som svar på den relativt store mengden yngel som ble produsert i 1994. Meningen var at etablerte lakseoppdrettere skulle kunne benytte fasiliteter og kunnskap om merdoppdrett til å begynne med kveite. Dette har i stor grad bidradd til det store antallet ubenyttede konsesjoner som finnes idag. Etter at nodaviruset VER ble oppdaget, har man imidlertid gått tilbake på denne ordningen, slik at laks og kveite fortsatt må produseres i atskilte anlegg.

Produksjonen av matfisk har ikke antatt det volumet man antok for noen år tilbake. Ifølge tidligere prognoser, ville mengden slaktet kveite i 1998 overstige 1000 tonn, vel å merke dersom den positive utviklingen i yngelproduksjonen fortsatte.

Som det fremgår av figur 2.4 regner man med at volumet slaktet kveite i 1999 vil bli i overkant av 600 tonn. Hovedgrunnen til den sterke økningen fra 1998 er at 1994-årsklassen som etter forholdene var sterk, nå er kommet opp i salgbar størrelse (ca 5 kilo). De lave produksjonstallene for yngel i perioden 1995-1996, vil igjen begrense slaktevolumet i de påfølgende år.

### Marked

Markedet for fersk kveite finnes hovedsakelig i EU. Ifølge tidligere undersøkelser vil dette mar-

kedet under visse omstendigheter kunne utvides fra dagens ca 4.500 tonn til bortimot 20.000 tonn. Denne analysen sier imidlertid lite om hvilke priser produktet forventes å oppnå. Kvantumet som ble solgt i 1998 var i denne sammenhengen så lite at det sannsynligvis hadde liten påvirkning på den generelle prisfastsettelsen. De oppgitte prisene til produsent var 40-50 kroner per kilo for fisk på 2-3 kilo, og 70-80 kroner for fisk over 3 kilo. Med dagens tilgang på yngel er det lite som tyder på at dette bildet vil endre seg dramatisk i den neste treårsperioden.

Matfiskproduksjonen foregår enten i kar på land eller i merd i sjø. Merdbasert oppdrett gir langt lavere investeringer enn landbasert oppdrett, og vil derfor være lettere å etablere. Et merdanlegg vil i tillegg ha en lett omsettelig andrehandsverdi, noe som reduserer risikoen ved etablering. Problemer har i hovedsak vært knyttet til lav grad av kontrollerbarhet og svinn som følge av dødelighet og predasjon fra rovdyr (oter). Et merdanlegg vil også være sårbart for ugunstige miljøforhold som temperatur, giftige alger og sollys. Solskader vil også selvfølgelig representere problemer i kar på land, dersom disse ikke har tilstrekkelig avskjerming.

Flere ulike merdtyper har vært utprøvd, og flere av dem har vist seg egnet til oppdrett, blant annet ved akseptable vekstrater. Undersøkelser har vist at kveita vokser og trives best når den har anledning til å ligge rolig på bunnen utenom fôringsperiodene. For å utnytte det store volumet i en merd, er det utviklet ulike konsepter med hyllesystemer som gir økt overflate.

I karsystemer har man god kontroll over fisken, både med hensyn til atferd, appetitt og dødelighet. Håndtering i forbindelse med sortering og fjerning av dødfisk er enkelt og kan utføres daglig. Den store ulempen med karoppdrett er kostnader. Etablering av anlegg på land krever store kostnader i forbindelse med grunnarbeid og investering i utstyr. Drifts-messige utgifter vil være tilsvarende som for merdoppdrett, med unntak av utgifter til pumping av vann.

Langt de fleste av de ca 20 konsesjonene som idag er aktive benytter merder i matfiskproduk-

sjonen. Hovedmengden av matfisk blir likevel produsert i ett stort landbasert anlegg på Sunnmøre. Hvilken retning oppdrettet vil ta når yngel ikke lenger er en begrensende faktor, er det vanskelig å predikere. Erfaringene fra lakseoppdrett viser imidlertid at landbaserte anlegg ikke kan produsere til samme pris som merdanlegg på grunn av høyere kapitalkostnader.

### Ny oppdrettsteknologi

Etter flere sesongers uttesting av inkubasjonsmetoder for kveiteegg, finnes det nå statistisk grunnlag for å anbefale en metode som gir svært godt utbytte. Den begrensende faktoren i klekkerisammenheng er faktisk befruktningsrate av eggene. Statistiske undersøkelser har vist at dødelighet blant befruktete egg er liten i perioden fram til klekking. Dette ser også ut til å gjelde for grupper med svært lav befruktningsandel. En gjennomgang av konstruksjon og drift av klekkeri finnes i Mangor-Jensen, A., Harboe T., Hennø J. S. and Troland R., 1998. "Design and operation of halibut egg incubator." *Aquaculture research*. Vol. 29:887-893.

I 1998 ble særlig to områder forbedret. Det første dreide seg om forbedring av silo for plommesecklarver, og det neste gjaldt utviklingen av et rensesystem for startfôringskar. Oppdrettere og forskning har i lengre tid slitt med en ufullstendig metode for inkubering av plommesecklarver. Problemene har i første rekke vært knyttet til vertikalfordeling i siloene. Ved klekking kvitter larvene seg med det tunge eggeskallet, og blir lettere enn sjøvannet. Før klekking har det gjerne vært nødvendig med kraftig oppstrøm av vann for å hindre eggene i å sedimentere i bunnen av siloen. Når så larvene klekkes, vil de trekkes mot avløpssilen i toppen av siloen hvor de raskt får store kontaktskader. Disse gir stor dødelighet i løpet av noen dager. Senere i plommeseckfasen blir larvene tyngre. Selv med stor vanngjennomstrømning har det vist seg vanskelig å unngå høye ansamlinger av larver i den nedre delen av siloen. Dette har vist seg å føre til dødelighet og også sublethale effekter som gir feilutvikling hos de overlevende. Nye driftsmetoder har redusert disse problemene, slik at man ved Austevoll havbruksstasjon i høstsesongen 1998 i flere til-

feller oppnådde mer enn 75 % overlevelse samt svært lave deformitetsandeler (<5 %). For ytterligere informasjon, se Harboe et al 1998. "Incubation of halibut yolk sac larvae improved by addition of freshwater and oxygen." *Annual Science Conference, Int. Coun. Explor. Sea, 1998. Cascais, Portugal 16-19. Sept 1998.* (L:14)

Nytt er også et konsept for kontinuerlig rensing av bunn i startfôringstanker. God hygiene ser ut til å være en nøkkelfaktor i vellykket yngelproduksjon. Bunn sedimentet, som i hovedsak består av fecalier, døde *Artemia*, sedimenterte alger og eventuelt døde larver, må med jevne mellomrom fjernes for å hindre unødige bakterievekst. Tidligere ble larvetanker rengjort manuelt med ulike utforminger av heverter, eller med mer eller mindre utilfredsstillende resultat. I tillegg til å være en meget tidkrevende og tung prosedyre, ble lett bunnsedimenter virvlet opp blant de pelagiske larvene. Lettere er det ikke etterhvert som larvene når tiden for metamorfose,

og begynner å legge seg på bunnen i karet. Det nye konseptet bygger på tidligere modeller, og er i prinsippet en motorisert nal med innebygget avløp. Innstilling av hastighet, og tid mellom hver omdreining, skjer elektronisk og gir en meget omhyggelig og skånsom rengjøring av karbunnen. "Rensearmen" kan enkelt tilpasses og ettermonteres i de fleste oppdrettskar, og kjøpes direkte fra produsent. For ytterligere informasjon, se van der Meeren, T., Harboe, T., Holm, J.C., and Solbakken, R. (1998). "A new cleaning system for rearing tanks in larval fish culture." *Coun. Meet. int. Coun. Explor. Sea 1998 (L:13)* (in mimeo).

Tilvenning til tørrfôr fra levendefôr har alltid vært et vanskelig tema. Utfra produksjonsøkonomi er det ønskelig å venne yngel til tørrfôr på et så tidlig tidspunkt som mulig. Grunnen til dette er at larvene har en eksponensiell vekst med daglig tilvekst på mer enn 10 % som gjør at behovet for artemia pr. individ øker kraftig et-

#### PRODUKSJONSLINJE FOR KVEITE

Alder (uker)	alder (år)	Produksjonsfase	Nøkkeldata
0		Gyting/stryking	Produksjon i 1998: 1000 liter
1		Inkubering	Ca 2 liter egg/inkubator, ca 40 000 egg/l
3		Klekking	12 dager etter befruktning
4		Plommesekkfase i silo	2 liter egg/silo 5-8 m <sup>3</sup>
9		↓	
10		Startfôring	Levendefôr ( <i>artemia</i> /copepoder)
15		↓	i ekstensive el. intensive systemer
16		Tørrfôrtilvenning	
17		Yngelfase	Kar eller lengdestrømsrenner
		↓	
50	1 år	Liten settefisk 100 gr	
		↓	
65		Settefisk 200-500 gr	Settes i merd om våren
66		Matfiskoppdrett	Kar eller merder
		↓	
	3 år	Slakting	3 kg
		↓	
	4 år		5-6 kg
	5 år		Opptil 10 kg



terhvert som larven vokser. For å møte larvenes ernæringsmessige behov med *Artemia* i perioden fram til metamorfose må det daglig produseres opptil 5000 *Artemia* per larve ved dag 30-40 etter startfôring. Ved å venne larvene til tørrfôr på et tidligere tidspunkt, vil en kunne unngå arbeidskrevende *Artemia*produksjon, og store utgifter til *Artemiacyster*. Ved å starte tørrfôring på dag 20 istedet for dag 40 vil man oppnå en besparelse på ca 85 % av mengde medgått *Artemia*.

Ulempene med tidlig tørrfôrtilvenning har vært stor dødelighet. I 1998 ble det imidlertid vist at kveitelarver med stort hell kan overføres fra startfôringskar til lengdestrømsrenner med påfølgende tørrfôrtilvenning på størrelser helt ned til 0.07 gram våtvekt per individ. Dette tilsvarer ca dag 20 etter startfôring ved 12% daglig tilvekst. For ytterligere informasjon om overføring av larver til lengdestrømsrenner og tidlig tilvenning (weaning) se Næss, T., K. Hamre and J.C. Holm. 1998. "Successful early weaning of Atlantic halibut in small raceway systems." *Annual Science Conference, Int. Coun. Explor. Sea, 1998.*

*Cascais, Portugal 16-19. Sept 1998.* (L:17)

Trivsel og vekst er nært knyttede parametre som i løpet av den siste tiden er blitt undersøkt hos større kveite (matfisk) med en ny evalueringsmetode. Flere forsøk har vist at kveita vokser best når aktivitetsnivået er lavt, det vil si at den ligger stille mellom måltidene. Når kveita ligger stille vil den ha oversidefarging med flekker og tegninger som kamuflasje. Som andre flatfisk har kveita høyt utviklet fysiologisk fargeskift, det vil si pigmentering som kan endres i løpet kort tid, i motsetning til morfologisk fargeskift som er en langtidseffekt av endret miljø. Ved svømming vil oversidefargen endres til en mer uniform brun/grå farge, slik at fiskens farge vil gi et godt bilde av aktivitetsnivået i merden/tanken. Farge kan derfor være et mål for oppdrettssystemets egnethet. For ytterligere informasjon, se Holm, J.C., S. Tuene and J.E. Fosseidengen, 1998. "Halibut behaviour as a means of assessing suitability of ongrowth systems." *Annual Science Conference, Int. Coun. Explor. Sea, 1998.* (L:4)



**Oppdrett av "nye" arter medfører uvegerlig at "nye" sykdomsproblemer oppstår. Høy vertstetthet i akvakultur, og fortsatt manglende kunnskaper om kveitas miljø- og ernæringskrav, fører til at sykdomsframkallende mikroorganismer og parasitter kan få gode vilkår. Et omfattende forskningsarbeid er derfor nødvendig for å kartlegge sykdommer hos kveite. Det er viktig at dette arbeidet ses i sammenheng med utviklingen av et bedre oppdrettsmiljø, og bedre kveitefôr.**

Det viktigste arbeidet innenfor sykdomsforskning på kveite i dag, er arbeidet mot virus-sykdommen VER (viral encefalopati og retinopati), som angriper yngel i startfôringsfasen, og som kanskje utgjør den alvorligste trusselen mot kommersielt kveiteoppdrett i dag. Et annet virus, IPNV (infeksiøst pankreasnekrosevirus) har også forårsaket problemer i kveiteyngelproduksjon. Også bakterielle sykdommer har betydning hos kveite, først og fremst klassisk vibriose. Det er videre viktig å undersøke hvilke parasitter som kan by på problemer, og finne egnede midler mot dem.

### Hva er VER?

VER skyldes såkalte nodavirus, og er en sykdom som angriper sentralnervesystemet hos tidlige livsstadier av en rekke forskjellige fiskearter rundt om i verden. Smitten kan overføres vertikalt, så stamfisken er smittekilde. Den kan også overføres horisontalt, sli at hvis noe av yngelen i en populasjon er infisert, vil resten av populasjonen kunne smittes. Hos andre arter har oppdrett basert på nodavirusfri stamfisk gitt gode resultater. Derfor er det viktig å sjekke stamfiskens helsestatus. En såkalt ELISA-metode for å finne antistoffer mot viruset i blodet til stamfisken blir utviklet for å kunne luke ut smittet stamfisk. Det er også utviklet en svært følsom prosedyre basert på såkalt PCR-teknikk for å oppdage små mengder virus i rogn og melke.

Virus i syk fisk kan også påvises med samme metode. Det utføres systematiske undersøkelser av stamfisk, kjønnsprodukter, larver og yngel, og infiserte individer blir systematisk avlivet. Resultatene er gode, og har for eksempel langt på vei reddet oppdrettet av striped jack i Japan. Likevel er VER fortsatt et problem på flere fiskearter, og noe av årsaken kan være at en ikke klarer å etablere 100 % sikre smittebarrierer med vanlig oppdrettsteknologi. Et vanlig oppdrettsanlegg for marin yngel slik vi ser det hos oss innebærer så langt fra en fullstendig atskillelse av oppdrettspopulasjonen fra omgivelsene. Vannet tas inn utenfra, og transport av rogn, fisk, fôr, røktene og annet medfører et visst smittepress. En strategi for å bekjempe VER bør derfor inneholde flere komponenter, både bedret hygiene, utsortering av smittet fisk og utvikling av et vaksinekonsept.

### Osonering - mer effektiv desinfeksjon

Osonering av sjøvann gir opphav til svært giftige forbindelser, og direkte bruk av osonert vann ville øyeblikkelig drepe fisken. Osoneringsanlegget er derfor koblet til et aktivt kullfilter som avgifter vannet før det går ut til oppdrettsanlegget. Osonert sjøvann brukes også til overflate-desinfeksjon av rogn. I denne prosessen blir det ikke brukt avgiftning med aktivt kull, men det osonerte vannet blir grundig vasket vekk med avgiftet vann etter desinfeksjonen. Nyere forskningsresultater har vist at osonering gir høy inaktivering av virus, og viruset som forårsaker VER hos striped jack blir effektivt nøytralisert i osoneringsprosessen. Aldehyder, som formalin og glutardialdehyd, gir god effekt mot bakterier, men har i liten grad virkning mot viruspartikler. Glutardialdehyd er mest brukt til overflate-desinfeksjon av rogn og annet marint biologisk materiale i Norge. Denne prosessen vil i liten grad ha effekt mot viruspartikler på eggoverflaten, i rognvæsken og inkubatorvannet. Selv om stamfisken blir nøye sjekket for forekomst

av viruset som forårsaker VER, bør man beholde den ekstra forsvarslinjen som rognedesinfeksjonen representerer.

### Molekylærbiologiske metoder - et nødvendig hjelpemiddel

PCR-baserte metoder for deteksjon av virus i kjønnsprodukter, larver og yngel blir nå for alvor tatt i bruk. Det er ennå for tidlig å si om det er mulig å etablere effektive smittebarrierer mot viruset, men det er uansett viktig å kartlegge smitteveier, slik at risikoen for smitte kan minimaliseres.

Vaksiner har vært en av hovedforutsetningene for utviklingen av laksenæringen, og det er all grunn til å tro at så vil være tilfelle også i kveiteoppdrett. Også innen vaksineutvikling blir molekylærbiologiske metoder stadig viktigere. Avanserte konsepter som opprinnelig er utviklet for humanmedisinske formål blir nå tatt i bruk innefor fiske- og dyrehelse. Såkalte rekombinante vaksiner mot virussykdommer, der bakterier ved hjelp av rekombinant DNA-teknologi blir benyttet til å produsere tilstrekkelige mengder av protein fra virus, har gitt lovende resultater mot IPN hos laks. Tilsvarende teknologi kan forventes å gi resultater hos andre oppdrettsarter, blant annet kveite. Det arbeides med utvikling av et vaksinekonsept som kan gi beskyttelse mot VER. Rekombinante vaksiner er vesentlig sikrere og mer effektive enn tidligere konsepter for virusvaksiner, der svekkede eller drepte virus har vært brukt til vaksinasjon. Såkalte DNA-vaksiner, der gener fra virus eller bakterier blir uttrykt i muskelvev hos fisk, representerer også store muligheter. Det er naturligvis svært viktig å kartlegge sikkerhet og effekt av slike vaksinekonsepter før de tilbys markedet.

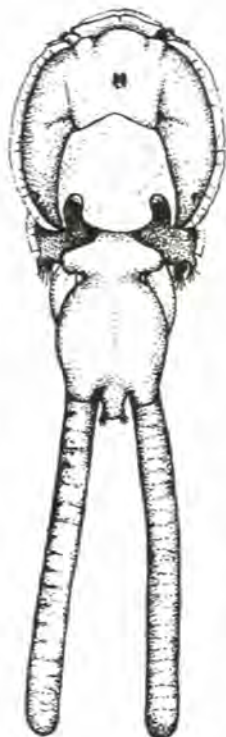
### Bakterielle sykdommer hos kveite

*Vibrio anguillarum*, vibriosebakterien, er en vanlig årsak til dø-

delighet hos kveite i alle livsstadier bortsett fra eggfasen. Særlig i kritiske faser som startfôring og tørrfôrtilvenning er larver og yngel utsatt for vibriose. Det foreligger vaksiner med dokumentert effekt mot vibriose, og det er grunn til å anbefale vaksinasjon av yngel som er tilvent tørrfôr. Kaldvannsvibriosebakterien *Vibrio salmonicida* er påvist hos kveite, og kan forårsake sykdom, om enn neppe i samme grad som *V. anguillarum*.

Slektinger av furunkulosebakterien, såkalte atypiske *Aeromonas salmonicida*, er isolert fra kveite, og kan sannsynligvis forårsake sykdom. Det er uvisst om dette er sekundære infeksjoner, eller om disse bakteriene er den primære årsaken til sykdom.

*Flexibacter ovolyticus* som angriper egg og larver kan sannsynligvis behandles effektivt ved hjelp av overflatedesinfeksjon av egg, og god hygiene i klekkerier. Mot de andre bakteriesykdommene vil vaksinasjon være det viktigste leddet i forsvarskjeden, men det er ennå usikkert hvor tidlig kveite kan vaksineres. Arbeid med probiotika, der gunstige bakterier tilsettes fôret for å bedre motstandsdyktigheten mot sykdomsframkallende bakterier, vil derfor være en interessant mulighet ved tidlige livsstadier.

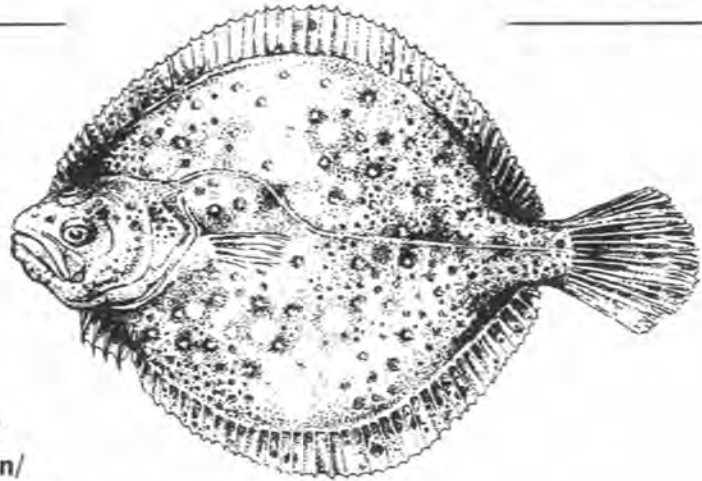


### Parasittproblemer

Ulike parasitter er isolert fra kveite, og kan i likhet med bakterier og virus føre til sykdom. Flere av disse har vist seg å ha helsemessig betydning for oppdrettet kveiteyngel. Villfanget dyreplankton representerer en viktig smittekilde for blant annet bendelmark og rundmark. Ciliaten *Trichodina hippoglossi* har forårsaket sykdom i yngelanlegg.

Hvilken rolle parasittinfeksjoner vil spille for større kveite (matfisk) i framtiden er ennå usikkert, men det fins flere potensielle problemarter. Kjent her er blant annet kveiteikten *Entobdella hippoglossi*, som kan være et problem hos stamfisk og matfisk, samt kveitelusa *Lepeophtheirus hippoglossi* (se tegning).

Piggvar er en velsmakende og etterspurt flatfisk som særpreges av at den er nesten helt rund. Oppdrettsteknologi for piggvar er etablert i løpet av de siste 15 årene og beherskes i dag tilstrekkelig for både yngel og matfisk. Om piggvar ikke er spesielt kjent i Norge, er den godt kjent i en rekke europeiske land, hvor den betraktes som en delikatesse. Piggvar forekommer i både Østersjøen, Nordsjøen/ Atlanteren, og i Svartehavet. De gamle romerne kalte piggvar for "havets fasan".

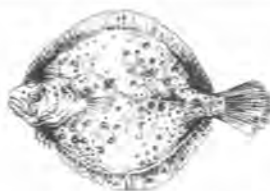


Oppdrett av piggvar foregår hovedsakelig i Spania, Portugal og Frankrike, fordi fisken krever relativt stabil sjøtemperatur på ca 16° C for akseptabel tilvekst. Her antar man at produksjonen i 1998 var ca. 3000 tonn. I Norge er oppdrett av piggvar knyttet til oppvarmet vann, og i 1998 var det trolig kun to anlegg som hadde en matfiskproduksjon av betydning. Anleggene produserte ca. 125 tonn. Det er flere årsaker til hvorfor matfiskoppdrett av piggvar ikke er blitt til en større næring her i landet, til tross for en solid FoU-satsing. Oppdrettet er utelukkende landbasert og krever derfor betydelige investeringer i både areal og utstyr. Veksthastigheten for piggvar er noe langsom sammenlignet med laks. Produksjonen er arealavhengig, og ikke volumavhengig. Det har også vist seg at arten er relativt krevende, og som følge av begrenset tilgang på kunnskap har det vært flere mislykkete prosjekter i både inn- og utland. Derfor har det trolig vært mer interessant å investere i andre akvakulturaktiviteter, i alle fall i Norge.

Yngelproduksjonen av piggvar gjennomføres stort sett etter intensiv metode. Det betyr at stam-

fisk er lysmanipulert og leverer rogn uavhengig av årstiden. Startfôring av larver skjer innendørs, og det brukes algekulturer (grønt vann), rotatorier og *Artemia* til startfôring. Yngelproduksjonen er en krevende og sårbar prosess. Selv om man klarer å produsere all yngel som trengs til en fornuftig kostnad, er selve oppdrettsprosessen ikke fri for tilbakeslag som høy larvedødelighet og deformasjoner. Yngel kan også oppdrettes etter ekstensiv metode, utendørs i poll, og ved bruk av naturlig dyreplankton. Fordi larvene trenger relativt høy startfôringstemperatur, gjerne 18° C og mer, er denne produksjonen kun mulig innenfor en kort sommersesong her i landet. Dersom yngelen ikke kan overføres til oppvarmet vann på høsten, vil den stort sett stagnere i vekst ved normal sjøtemperatur utover vinteren.

Det antas at oppdrett av piggvar i Norge vil øke ved å ta i bruk mer industriell spillvarme. Imidlertid vil arten også vurderes mot oppdrett av kveite under kontrollerte temperaturforhold.



### **Genetisk kartlegging**

Utbredelseområdet til piggvar strekker seg fra Trøndelag i nord, til Marokko i sør, rundt hele nordkysten av Middelhavet. Den er også vanlig helt inn til Finskebukta i Østersjøen. Men merkeforsøk har vist at arten normalt er stasjonær og ikke foretar lange vandringer. Institutt for fiskeri og marinbiologi (IFM) har i et samarbeid med Universitetet i Cork på Irland arbeidet med genetisk kartlegging av piggvar og sammenlikning av ville og oppdrettede bestander. Resultatene indikerer at det finnes flere atskilte populasjoner av piggvar i europeiske farvann. Klare indisier på at seleksjon har påvirket den genetiske sammensetningen hos oppdrettspopulasjonene ble funnet ved en lavere genetisk variasjon enn hos de ville populasjonene. Neste skritt i denne forskningen blir å sammenlikne produksjonsegenskaper hos ulike piggvarpopulasjoner. Forsøk gjort ved IFM viser at hos kveite vil flere viktige oppdrettsegenskaper variere mellom ulike populasjoner. Denne kunnskapen er et viktig bidrag til optimal utnyttelse av de fremtidige oppdrettspopulasjonene.

### **Produksjonsoptimalisering**

Norsk innsats innenfor piggvaroppdrett har hovedsakelig dreid seg om larve- og yngelfasen, mens matfiskproduksjonen er mer vanlig i andre deler av Europa. I løpet av de siste årene har det derimot vært gjort en betydelig forskningsinnsats på piggvar ved flere forskningsfasiliteter i Norge. Ved universitetene i Bergen og Tromsø har piggvar stått i fokus for i alt nitten hovedfagsarbeider på 90-tallet. Mange av disse arbeidene omhandler sentrale tema i produksjonsoptimalisering av piggvar. En har nøyaktig studert effekter av temperatur på vekst i området 8 til 22° C. Samlet viser disse forsøkene at selv om optimal temperatur for små yngel er relativt høy sett med norske øyne (ca 18-20° C), går den raskt ned med økt størrelse. Optimal temperatur for vekst

for større fisk ligger mellom 13-16° C. Det er også viktig å framheve bruk av såkalte "trappetrinn", det vil si å oppdrette forskjellige størrelser av piggvar ved ulike temperaturer, avhengig av størrelse. Slik vil en både oppnå raskere vekst og redusere behovet for oppvarming. Et annet viktig resultat fra disse forsøkene er at størrelsesortering ikke synes å ha noen positiv effekt i oppdrett. I dag kan slik aktivitet sluke mer enn 50 % av arbeidsinnsatsen på piggvaranlegg. På den mer teoretiske siden har en jobbet med å modellere vekst under oppdrettsbetingelser, både for å kunne predikere vekst og for å forstå de mekanismene som ligger bak de store vekstvariasjonene en ser. Det viser seg at veksten kan forutsis nokså nøyaktig hvis en tar hensyn til den individuelle vekstvariasjonen og sosiale interaksjoner i karmiljøet.

### **Oppdrett i lengdestrømsrenner**

Ved Norges fiskerihøgskole, Universitetet i Tromsø har det i de siste årene vært forsket på de ulike sidene av piggvaroppdrett i grunne lengdestrømsrenner. Denne måten å oppdrette piggvar på ser ut til å kunne passe arten bra. I et forsøk ble 0.3 grams yngel oppdrettet ved kun 7 mm vandyp i lengdestrømsrenner. Fôringsforsøk viste at yngelen uten problemer klarte å ta tørrfôret som drev forbi rett over snuten. Resultatene viste et selvrensende kar med 11% daglig vekst og ingen dødelighet - og etter 70 dager hadde fiskene vokst til 12 gram! I et annet forsøk ble det vist at 20 gangers gjenbruk av vann var mulig uten å redusere vekstraten, mens 40 ganger ble i meste laget. I praksis kan det bety at spillvarmemengden fra et gasskraftverk kan ganges med 20! Der en før kunne ha produsert 100 tonn kan en med denne teknologien produsere 2000 tonn piggvar.

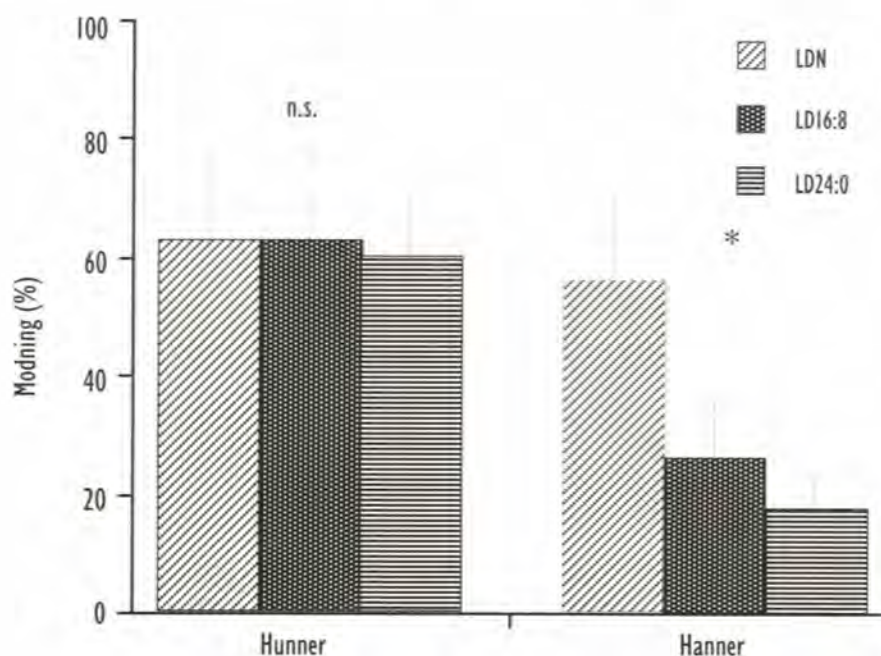
### **Styrt kjønnsmodning av piggvar**

Under gode betingelser i oppdrett når piggvar

optimal markedsstørrelse (> 2 kg) etter to år. Tidlig kjønnsmodning hos hannfisk kan være et stort problem i oppdrett, da hannene vokser lite etter at de blir kjønnsmodne. Hannene kjønnsmodner to-tre år gamle og er da ett-to kg, mens hunnene blir modne tre-fem år gamle og er de to-fire kg. I motsetning til hannfisk forsetter hunnfisk å vokse selv om veksten stopper opp under kjønnsmodning. Forsøk gjort ved Universitetet i Bergen har vist at en kan utsette kjønnsmodning hos hannene ved å oppdrette dem under konstant lys i yngelfasen (figur 2.5). Videre viser forsøk med voksen piggvar at en kan utsette modning hos både hunner og hanner ved å oppdrette dem under konstant lys gjennom den andre vinteren. Lys brukes allerede ved flere kommersielle anlegg for å styre modningstidspunkt.

### Hva så med fremtiden?

Når det gjelder matfiskoppdrett av piggvar blir mesteparten produsert i Frankrike og Spania. Det er i dag en voksende interesse i mange europeiske land for å øke piggvarproduksjonen. Foreløpige markedsanalyser tyder på at produksjonen kan øke kraftig, da det finnes et stort marked for piggvar både i Europa og i Sørøst-Asia. Norge bør kunne drive med lønnsomt matfiskoppdrett ved å utnytte spillvarme til oppvarming i den del av året når sjøtemperaturen er under 12-13° C. Den intense forskningen gjort i Norge de siste årene bør kunne bidra til å avlive myten om at matfiskoppdrett av piggvar ikke passer for Norge. Det finnes i dag konkrete planer om matfiskproduksjon av piggvar, blant annet knyttet til metanolfabrikken på Tjeldbergodden og smelteverket i Finnfjord i Troms, men flere slike fasiliteter kan og bør utnyttes i fremtiden.



**Figur 2.5** Andel modne to år gamle piggvar oppdrettet under forskjellige fotoperioder. LDN naturlig fotoperiode, LD16:8 seksten timers lys og åtte timers mørke, LD24:0 konstant lys.  
\* signifikant forskjell i modningsandel (Fra Imsland og medarbeidere 1998).  
*Proportions of maturing two-year old female (left columns) and male turbot (right columns) reared under different photoperiods (From Imsland et al. 1998).*

## Flekksteinbit

Reinhold Fieler og Lars Olav Sparboe, Akvaplan-niva,  
Inger-Britt Falk-Petersen, Norges fiskerihøgskole,  
Vera Lund, Fiskeriforskning,  
Inger Andreassen og Anne Karin Monsås, Troms Steinbit AS

Fersk filet av flekksteinbit har en smak, farge og konsistens som gour-

meter virkelig setter pris på. Også tekstilbransjen har den senere tiden fått øynene opp for det sterke og elegante skinnnet. Bruksområdene er mange. Skinnnet brukes blant annet til vester, kjoler, sløyfer, belter, og til og med til møbeltrekk. Men det er først og fremst fiskens fremragende egenskaper på matfatet, og dens gode vekst ved lave temperaturer, som gjør den spennende for storskalaoppdrett i det nye årtusen.

Troms Steinbit AS er nå godt i gang med oppskalering av oppdrettsproduksjonen av flekksteinbit. Dette blir gjort i tett samarbeid med forskningsmiljøene i Tromsø, Akvaplan-niva og med betydelig støtte fra "Nærings- og Utviklingsprogrammet for Marine Arter i Oppdrett" (NUMARIO), Landsdelsutvalget (LU) og fra private aksjonærer.

Ved pilotanlegget på Senja er fire av de seks ansatte kvinner. Parallelt med oppbyggingen av

den kommersielle driften, arbeider staben kontinuerlig med forbedring av driftsrutiner og teknologi i anlegget.

Sommeren og høsten 1998 har vært en særlig travel periode. En har bygget klekkeri og startfôringsavdeling med kapasitet for innlegging, klekking og startfôring av 80 liter steinbitrogn, tilsvarende ca 450.000 egg.

Perioden fra slutten av september og frem til januar 1999 har vært preget av arbeidskrevende prosedyrer rundt gyting og røkting av egg. I løpet av februar begynner klekkingen av sesongens yngel, og kalenderen vil vise juni før den siste startfôringen er over.

Innen den tid håper man på et gjennombrudd i yngelproduksjonen ved å oppfylle produksjonsmålet på minst 25.000 yngel. Det vil i såfall være første gang i verden at en så stor produksjon av steinbityngel finner sted. Denne yngelen vil danne utgangspunkt for produksjon hos matfiskoppdrettere, som for første gang har en slik bunnlevende skapning i sine anlegg. Når både oppdrettsteknologi, biologi og rutiner er helt nye, må oppdretteren kunne nyttiggjøre seg kunnskap



**Figur 2.6** Flekksteinbit i grunn lengdestrømsrenne. Så nøye håndfôring som her vist er hverken nødvendig eller anbefalt. Foto: Lars Olav Sparboe.  
*Not recommended feeding of spotted wolf fish (Anarchicas minor).*

**Tabell 2.1.** Forskjeller mellom gytefisk av oppdrettet og villfanget opprinnelse hos Troms Steinbit AS.  
*Comparison of weight of spawners and fecundity between wild and reared broodstock of spotted wolf fish at Troms Steinbit A/S.*

Flekksteinbit	Vill	Oppdrett
Snittvekt gytere (kg)	12,2	6,8
Gyteprodukt i % av kroppsvekt	32 %	29 %
Egg pr. liter (stk)	5000-5500	6000-7000
Gytt mengde (liter/fisk)	3,8	2

og erfaringer som andre har gjort i sine forsknings- og pilotanlegg.

Potensielle oppdrettere og aktører fra bankvesen og forvaltning har imidlertid mulighet til å tilknytte seg Steinbitnettverket, som får økonomisk støtte av LU. Steinbitnettverket har avholdt kurs i oppdrett av matfisk. Her er det blitt undervist i bruk av grunne lengdestrømsrenner og flytefôr, tolking av atferd og sykdomstegn, håndtering av flekksteinbit, forventet vekst og fôrforbruk, m.m.

Resultater fra grunnleggende forskning blir systematisert av Akvaplan-niva, testet og utviklet i pilotanlegg, og videreformidlet til andre næringsaktører. Grunnforskning på reproduksjon og yngelbiologi ved Norges fiskerihøgskole (NFH), og mer anvendt forskning innen helse og produktkvalitet ved Fiskeriforskning, pågår derfor parallelt med den første produksjonen i pilotanlegg.

### Stamfisk

En nøkkelforutsetning for vellykket yngelproduksjon er en god stamfiskbestand. Oppbygging av en slik har derfor vært prioritert foran årets yngelsesong. I dag eksisterer to produktive stamfiskbestander i Norge, den ene ved Havbruksstasjonen i Tromsø, den andre hos Troms Steinbit på Senja. Sistnevnte teller ca 350 fisk, og er interessant fordi den består av både oppdrettet og villfanget fisk. Denne bestanden stammer fra 1994 og var da den første steinbiten som ble født i fangenskap. Den villfangede stammer fra Tromsøflaket. Vellykket innfangning av stamfisk ble gjennomført sommeren 1998 i samarbeid med dyktige linefiskere. I strid med

tidligere erfaringer, viste line seg som en velegnet fangstmetode. I tillegg til de to nevnte bestander, pågår for tiden et LU-finansiert innfangingsprosjekt med formål å forsyne fire nye aktører med stamfisk.

Tidligere har rikelig tilgang på kjønnsprodukter av god kvalitet vært en begrensende faktor for yngelproduksjon. Hos Troms Steinbit ble det imidlertid i 98-sesongen produsert over 100 liter rogn, strøket fra 11 villhunner og 38 oppdrettshunner.

Man har svært begrenset erfaring med rogn fra flekksteinbit født i fangenskap. Under årets gytesesong er det derfor spennende å sammenligne gyteresultatene til oppdrettsfisken i forhold til villfisk. Endelige resultater foreligger ikke i skrivende stund, men en ser så langt klare forskjeller mellom vill- og oppdrettssteinbit når det gjelder rognmengde og eggkvalitet, noe som er naturlig ut i fra ulikheter i vekt, alder og livshistorie. Villfisk ser generelt ut til å ha bedre kvalitet med hensyn til overlevelse (se avsnitt om yngelproduksjon), og tabell 2.1 viser at villfisk dessuten ga mer og større rogn enn oppdrettsfisken.

En årsak til dårligere eggkvalitet hos oppdrettsfisken kan være at de er førstegangsgytere. Undersøkelser på "bror" gråsteinbit i fangenskap har vist lav eggoverlevelse hos førstegangsgytere, mens andregangsgytere mer enn fordoblet eggoverlevelsen. Neste års resultater kan gi oss svar på om en lignende utvikling finner sted for andregangsgytende flekksteinbit. En annen årsak kan være mangelfull ernæring, og føring av stamfisk vil bli tillagt ekstra vekt i det videre arbeidet.

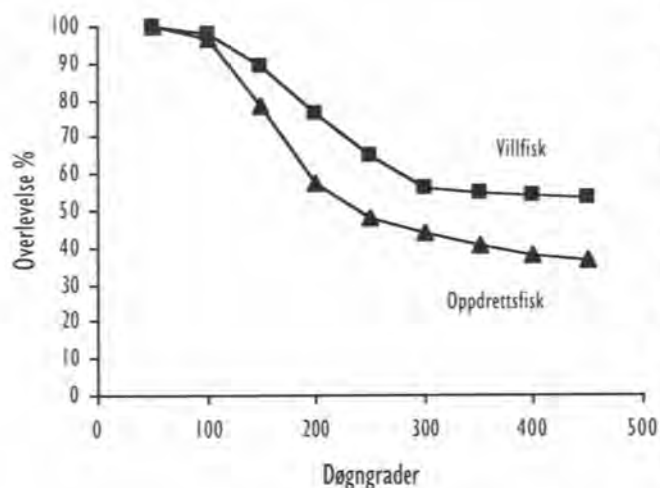


Hunnfisk av flekksteinbit gyter omlag én tredel av sin egen vekt i rogn, mens hannene er langt mer gjerrige. Selv de største hannene gir i beste fall noen få milliliter sperm.

### Yngelproduksjon

Steinbit har indre befruktning, og rogn av flekksteinbit må derfor tørrbefruktes (ingen tilsetning av vann under befruktningsprosessen). Rogna må også strykes og befruktes relativt raskt etter ovulering. Dette er årsaken til den meget arbeidsintensive oppfølgingen av hunnfisken, der man døgkontinuerlig overvåker alle gytemodne fisker. Det er ikke mulig å befrukte rogn som hunnfisken har gytt i karet, og røkteren må derfor undersøke fisken hver tredje time i tiden før forventet gyting. Gytestatus avklares ved å studere størrelsen på genitalåpningen. Etter vellykket stryking av rogn må man skaffe melke fra de på forhånd utplukkede kjønnsmodne hannene.

Som nevnt ser kjønnsprodukter fra oppdrettssteinbiten ut til å være av dårligere kvalitet enn villfiskens. Av de over 100 liter som er gytt totalt i årets sesong, ble 20 liter kassert på grunn av for lav kvalitet. Med ett unntak stammer kasserte egggrupper fra oppdrettsfisk. I tillegg ble



**Figur 2.7** Gjennomsnittlig eggoverlevelse fra vill- og oppdrettsfisk høst/vinter 1998 hos Troms Steinbit AS.

*Average survival of eggs from wild (squares) and reared broodstock (triangles) at Troms Steinbit A/S during the autumn/winter of 1998.*

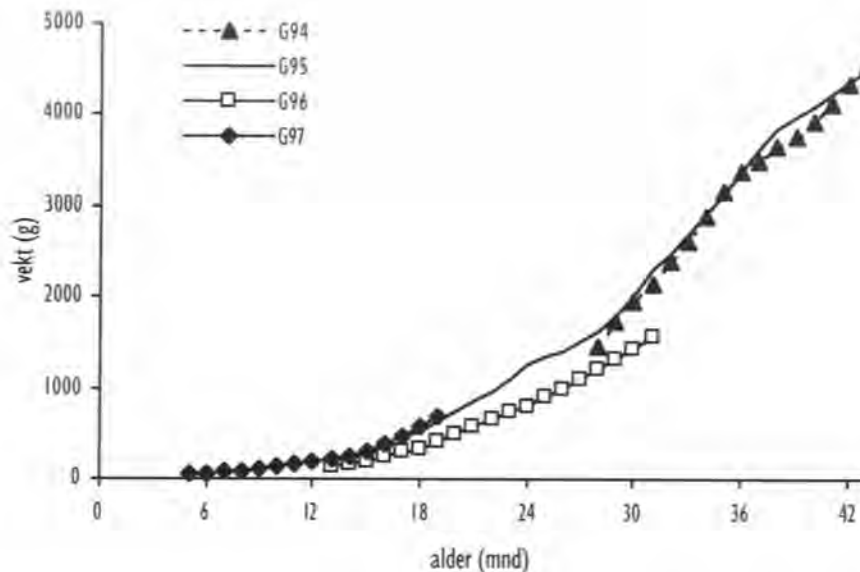
ca 15 liter benyttet i ulike forsøk. Foreløpige resultater fra inkubasjonsperioden frem til 450 døgngrader, viser 38 % overlevelse hos oppdrettsrogn og 53 % hos villfiskrogn (figur 2.7). Hovedtyngden av eggdødelighet kommer i perioden 100 til 250 <sup>døgngrader</sup>, det vil si ca to-fire uker etter klekking ved 7°C, og understreker betydningen av å ha gode egggrøttingsrutiner.

På grunn av eggens størrelse og biologi kan rogn legges i rent rennende sjøvann i inkubatorer som vi kjenner fra lakseoppdrett. En vesentlig forskjell er at rognkornene kleber seg sammen umiddelbart etter at de er inkubert i sjøvann, noe som gjør senere plukking av dårlige og døde egg nærmest umulig uten at man skader naboeggene.

Således er en høy befruktningsprosent samt toppkvalitet av både rogn og melke, viktig for et godt resultat.

En av hovedutfordringene i yngelproduksjon av steinbit er likeledes å finne en metode som motvirker sammenklebing av eggene. I årets sesong har en derfor gjennomført praktiske forsøk med ulike mekaniske og kjemiske metoder, uten så langt å ha funnet frem til en fullgod løsning. Kompliserende for dette arbeidet er at klebingsprosessen skjer i en fase hvor eggene er meget følsomme for bevegelse, samt at de benyttede kjemiske stoffene har medført høyere dødelighet. Inntil en har funnet en løsning på klebingsproblemet hos steinbitrogn, vil denne fasen være langt mer arbeidskrevende enn i lakseproduksjon.

Inkuberingsfasen hos flekksteinbit er lang, og noe avhengig av temperatur, klekker eggene først etter 800-1000 døgngrader, tilsvarende 16-20 uker ved 7°C. En vet ennå ikke hva som er optimal temperatur i inkuberingsfasen, men en anser det som sikkert at det ligger i intervallet 5-8°C. En har erfart både for tidlig og for sen klekking av steinbitegg, uten at en har funnet entydige årsaksforhold. Foreløpige forsøksresultater viser at overlevelse og vekst i tidlig yngelfase har sammenheng med larvens utviklingsstadium ved klekking, hvor larvegrupper som kom til verden midt i kletteforløpet har lavest dødelighet.



**Figur 2.8** Fire generasjoner flekksteinbit viser god tilvekst i oppdrett i grunne lengdestrømsrenner i Troms Steinbits matfiskanlegg på Senja ved en snittemperatur på 5,2 °C.  
Average growth of four cohorts of spotted wolf fish kept in shallow raceways at Troms Steinbit A/S. Average temperature 5.2 °C.

En forutsetning for å klare den lange inkuberingsfasen er at eggene desinfiseres underveis. Forsøk har vist at glutaraldehyd er klart mer effektiv og skånsom enn buffodin. Behandlingen bør starte kort tid etter innlegging, gjennomføres hver 14. dag i hele fasen, men unnlates i perioden like før klekking.

I 1996 var overlevelsen frem til klekking 25 % i snitt, mens klekkingen i 1997 var 39 %. Disse verdiene kan sammenlignes med resultater fra laksenæringen tidlig på 1970-tallet.

Det er utført både vitenskapelige og praktiske forsøk med transport av steinbitrogn, og resultater tyder på at rogn kan transporteres nybefruktet i ovarievæske, eller i løpet av en kort tidsperiode under øyerognstadiet.

Den nyklekkede steinbitlarven er 20-24 mm lang, og er mulig å startfôre både på saltkrepsen *Artemia*, formulert fôr og blandinger av disse. I jakten på en formulert fôrpartikkel av korrekt næringssammensetning, tekstur og flyteegenskaper, gjorde en våren 1998 gode erfaringer med et nytt spesialfôr utviklet ved NFH. I to forsøk erfarte man overlevelse i startfôringsfasen på mellom 60 og 85 %, noe som var en klar forbedring fra 35 % i 1996 og 18 % i 1997.

Når flekksteinbityngelen etter fem til seks uker er over 300 mg våtvekt, avtar dødeligheten betraktelig. Yngelen kan nå sorteres over i større lengdestrømsrenner, og ca fire måneder etter startfôringen er snittvekten omlag 4 gram. Den optimale temperaturen i denne fasen er 8°C, og yngel vokser godt ved denne temperaturen opp til ca 100 gram snittvekt.

### Matfisk

Yngel- og matfiskproduksjon av flekksteinbit kan foregå i kar på land. Merder er foreløpig ikke testet ut med oppdrettssteinbit. Imidlertid har Fiskeriforskning i Tromsø pågående forsøk med villfangede eksemplarer i flatfiskmerd.

Fra en vekt på ca 100 gram vokser flekksteinbit godt ved lave vanntemperaturer. I figur 2.8 vises vekstutvikling for fire kull av flekksteinbit, der 94- og 95-fisken nådde en slaktevekt på rundt 4,5 kg etter ca tre år. Veksttiden er regnet fra like etter startfôringen, det vil si vekt på yngel på ca 1 gram. I samme figur ser man at de fleste kullene følger den samme utviklingen.

Dødeligheten, registrert i en reell oppdrettsituasjon, har så langt vist seg å være akseptabel (ca 19 % fra 100 gram og til slakt). Det er her et

**Tabell 2.2** Dødelighet observert på fire generasjoner av flekksteinbit i oppdrett i Troms Steinbits matfiskanlegg på Senja.  
*Mortality of four cohorts of spotted wolf fish during various weight stages, at Troms Steinbit A/S*

Vektintervall (kg)	Antall generasjoner med i beregningen	Dødelighet (%)
0,1 – 0,5	2	7,6
0,5 – 1,5	2	5,7
1,5 – 4,5	2	5,6
0,1 – 4,5	4	18,9

klart potensial for forbedring. I tabell 2.2 presenteres observerte tall for dødelighet i ulike livsstadier, og en ser at dødeligheten har forløpt jevnt i hele produksjonssyklusen.

I 1998 fikk en også god oversikt over kjønnsmodningen.



**Figur 2.9** Nyslaktet prakteksemplar av flekksteinbit på fem kilo. Lagringstester viser at fersk oppdrettsteinbit har god holdbarhet på is.

Foto: Lars Olav Sparboe.

*Newly harvested spotted wolf fish of about 5 kg. Spotted wolf fish stored on ice have been shown to have good lasting qualities.*

Kjønnsmodning påvirket ikke vekstegenskapene vesentlig før fiskekullene hadde nådd slaktevekt i 1997 og 1998. Flekksteinbit synes derfor å ha gode produksjonsegenskaper som matfisk. Året etter, på rundt 6 kg snittvekt, var 37 % av bestanden klar til gyting. Tolking av dataene synes å vise at veksten har stagnert noe under kjønnsmodningsprosessen.

Oppdrettet flekksteinbit gir høyt filetutbytte og den har god holdbarhet etter slakting. Sløyd med hode kan den uten problemer lagres på is i ca. 14 dager. Den kan med fordel modnes i noen dager før tilbereding. Fra et logistisk ståsted er dette fordelaktig når fisken skal transporteres fersk på is til konsumenten (figur 2.9).

### Helse

Foreløpig er det bare bakteriesykdommen atypisk furunkulose forårsaket av atypisk *Aeromonas salmonicida*, som er registrert på flekksteinbit i oppdrett. Bakterien er en miljøbakterie som kan overleve i frie vannmasser og sedimenter. Det antas også at frisk steinbit i vill tilstand kan være bærer av denne. Bakterien kan derfor bringes inn i anlegg både via villfanget stamfisk og via vanninntak. Sykdomsutbrudd registreres først ved temperaturer over 8-9 °C eller i forbindelse med stress, og kan føre til høy dødelighet. Ved Troms Steinbit har man ikke vært plaget med denne sykdommen, sannsynligvis på grunn av de lave vanntemperaturene.

Utbrudd av atypisk furunkulose kan effektivt stoppes med antibiotikabehandling. I samarbeid med Fiskeriforskning er det i kontrollerte smittforsøk under utvikling en vaksine som har gitt meget god beskyttelse mot atypisk furunkulose.

**Tabell 2.3.** Kjønnsmodning hos det første oppdrettskullet av flekksteinbit i Troms Steinbits anlegg (snitttemperatur: 5,2 °C).  
*Maturity ratio of reared spotted wolf fish at 3.5 and 4.5 years of age kept at an average temperature of 5.2°C at Troms Steinbit A/S.*

Alder (år)	Gyteår	Snittvekt (kg)	Kjønnsmodning (%)
3,5	1997	4	3
4,5	1998	6	37

Det er derfor godt håp om at denne sykdommen kan holdes under kontroll ved at oppdrettssteinbiten vaksineres tidlig.

På vill flekksteinbit er det observert opptil 40 forskjellige ytre eller indre parasitter, men bare et fåtall av disse er påvist i oppdrett. De mest aktuelle parasittene i steinbitoppdrett vil være de som har frittlevende stadier i vann og som dermed spres via vann. Ytre parasitter på hud og gjeller som for eksempel *Trichodina* og *Costia* kan holdes under kontroll ved regelmessig behandling med formalinbad, mens det ikke finnes behandlingsmetoder mot indre parasitter i muskelvev og blod.

Av indre parasitter kan nevnes *Pleistophora ehrenbaumi* som danner byller i muskulaturen

og fører til kvalitetsforringelse av fileten, og blodparasitten *Trypanozoma* som gir anemi og medfører dårlig tilvekst. Begge parasittene kan også medføre dødelighet.

Det foregår et samarbeid med en parasittolog ved NFH. Det vil her bli registrert hvilke arter og antall av parasitter som opptrer på flekksteinbiten gjennom dens livssyklus fra yngel til matfisk.

#### Prioriteringer i utviklingsarbeidet

Under arbeidet med kommersialisering, vil man i 1999 sette i gang forsøk for å forbedre fôret til både stamfisk og matfisk av flekksteinbit. En har forhåpninger om at et bedre stamfiskfôr vil øke kvalitet og overlevelse hos rogn. Oppdretts-

#### PRODUKSJONSLINJE FOR FLEKKSTEINBIT

Alder	Måned	Produksjonsfase	Nøkkeldata
	Oktober	Stryking/Inkubering	1500-2000 egg/kg fisk 5000-6000 egg/liter
0	Februar	Klekking	800-900 døgngader ved 6-8°C
1	Mars	Startfôring	100 døgngader fra klekking ved 6-8°C
2	April		
3	Mai	Yngelfase	0,5 g ferdig startfôret
12	Februar	Matfisk	100 g
13	Mars		
14	April		
15	Mai		
38	April	Slakting	Normal slaktevekt 3,0-5,0 kg Maksimal slaktevekt 6,5 kg
46	Desember		Produksjon i 1998: 1,6 tonn

steinbit har også for stor lever, og et skredder-  
sydd fôr som er riktig balansert med hensyn til  
næringsstoffer, vil sannsynligvis gi bedre fôr-  
faktor, tilvekst og fiskehelse.

Andre prioriterte innsatsområder vil være effek-  
tivisering av drift i stamfiskavdeling, klekkeri  
og startfôring. Her brukes det betydelig arbeids-  
kraft i dag, noe som skyldes at man ennå ikke  
har en full rasjonalisering av arbeidsoperasjo-  
nene (figur 2.8). Mer effektive arbeidsrutiner  
kombinert med økt overlevelse hos fisken, vil gi

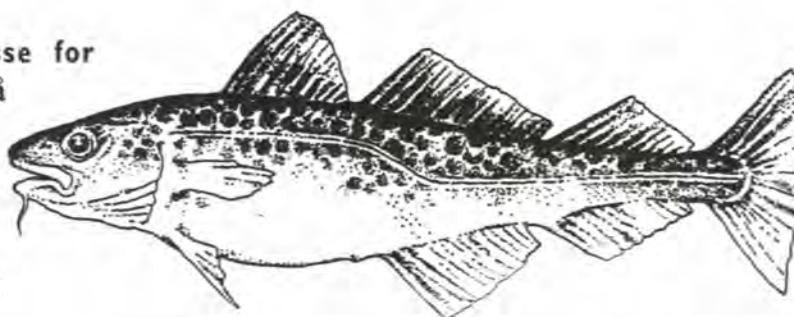
lavere produksjonskostnader for yngel av flekk-  
steinbit.

Markedsarbeidet bør starte parallelt med den før-  
ste produksjonen av flekksteinbit fra  
matfiskanlegg. En vil prøve å levere den første  
oppdrettsfisken hos potensielle kunder som er  
villige til å gi tilbakemelding på kvalitet, smaks-  
egenskaper og ønskelige framtidige kvanta.  
Markedsføring og leveranser av den første fis-  
ken bør gjøres med kløkt og innsikt.



**Figur 2.8** Røkting av steinbitegg med dagens metoder. Foto: Lars Olav Sparboe.  
*Removal of dead spotted wolf fish eggs from the incubators.*

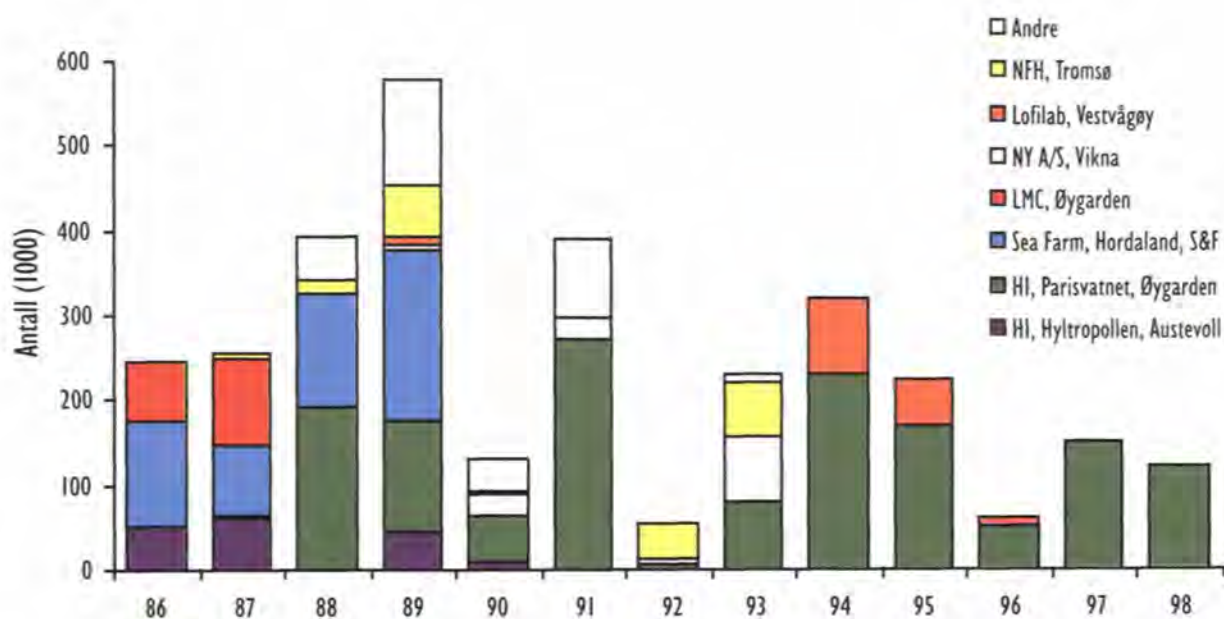
Etter flere år med liten interesse for torskeoppdrett er det nå ny optimisme å spore. Hovedgrunnene til dette er de økte prisene på torsk på verdensmarkedet, samt utvikling av metoder for å utsette kjønnsmodning og forbedre veksten ved bruk av kunstig lys.



Da man startet satsingen på oppdrett av "nye" arter i Norge på midten av 1980-tallet, var det torsk man først satset på. Lovende resultater fra forsøk med yngelproduksjon ved Austevoll havbruksstasjon, førte til stor optimisme, og et titalls yngelanlegg ble bygget ut. Selskaper som Sea-Farm A/S og Lagoon Management and Construction satset flere titalls millioner kroner på yngeloppdrett av torsk (figur 2.9). I forbindelse med statlige forskningsprogrammer på havbeite ble det med hel eller delvis offentlig finansiering bygget yngelanlegg i Øygarden (Parisvatnet, HI), Vikna (Nærøysund Yngelfarm A/S), Vestvågøy (Lofilab A/S) og Tromsø (Makkjosen, NFH, UiTØ). Det meste av yngelen

fra disse anleggene ble merket og satt ut på en rekke lokaliteter langs norskekysten.

Flere hundre konsesjoner for matfiskoppdrett ble gitt, og noen av disse startet med produksjon. Imidlertid gikk ikke denne satsingen så bra; oppskalering av yngelproduksjonen var vanskeligere enn antatt, og etter få år gikk de private aktørene konkurs eller la ned produksjonen. Det var også problemer med å selge slaktefisken til en akseptabel pris, på grunn av konkurranse fra villfisk og til dels varierende kvalitet på oppdrettstorsken. Torskeoppdrett var rett og slett ulønnsomt.



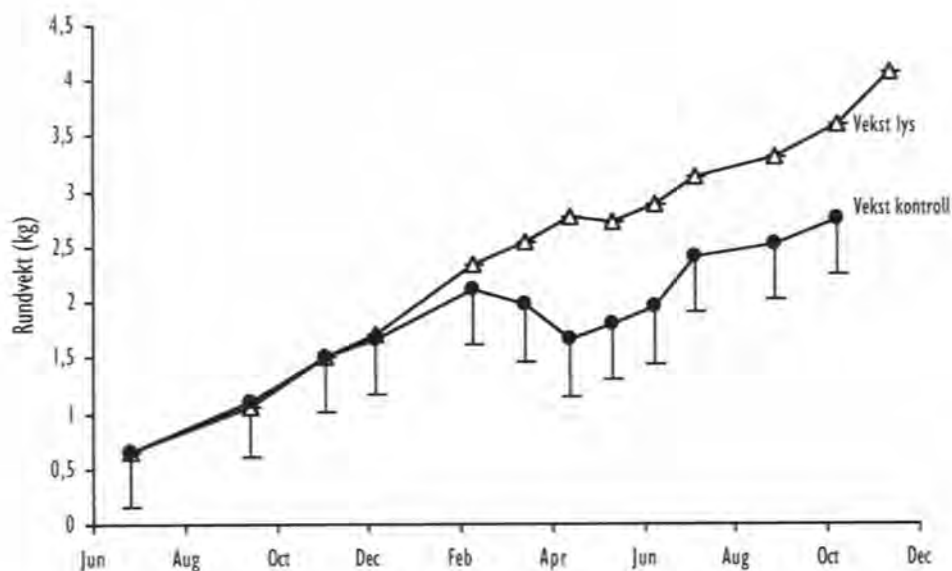
**Figur 2.9** Antall torskeyngel (ca 5 cm) produsert i Norge fra 1986-1998 .  
Number of cod fry (5cm) produced in Norway by various companies in 1986-1998.

Havforskningsinstituttet har hele tiden vært ledende innen oppdrett av torsk, dette gjelder både yngeloppdrett og matfiskoppdrett. Etter at de store utsettingene av torskeyngel finansiert av havbeiteprogrammet (PUSH) ble avsluttet i 1995, har yngelproduksjonen i Parisvatnet gått på sparebluss. Et årlig tilskudd på 500.000 kroner fra Fiskeridepartementet, interne midler og salg av fisk har imidlertid gjort at yngelproduksjonen i Parisvatnet er blitt opprettholdt, de siste årene som det eneste torskeyngelanlegget i Norge.

Innen forskning på matfiskoppdrett har det de senere årene vært en viss aktivitet, til tross for at dette har vært et lite prioritert område. Særlig har forsøk med kunstig tilleggsllys gitt lovende resultater; en har i forsøkssammenheng greidd å utsette kjønnsmodningen med ett år, og i kommersielle anlegg med 1/2 år (figur 2.10). Dette har også ført til at vekst og fôrfaktor er sterkt forbedret. Dermed er et av hovedproblemene med oppdrett av torsk, tidlig kjønnsmodning, nærmere en løsning.

I regi av stiftelsen Fiskeriforum Vest, startet Havforskningsinstituttet, sammen med Hallvard Lerøy A/S og oppdrettere i Hordaland og Sogn og Fjordane, i 1998 et forprosjekt for utvikling av torskeoppdrett. Forprosjektet har munnet ut i en rapport "Sats på torsk 1999-2002" som blant annet skisserer hva som må til for å gjøre torskeoppdrett lønnsomt. Viktige FoU-områder er foruten det å utsette kjønnsmodningen, å redusere leverprosent, forbedre skinnfarge m.m. Det er heller ikke gjort noe avlsarbeid innen torskeoppdrett, et område som har et stort potensial.

Per i dag produseres det årlig ca. 150.000 yngel i Parisvatnet, noe som tilsvarer ca 500 tonn slaktefisk per år. Skal produksjonen av slaktefisk økes utover dette må flere yngelanlegg startes opp, og FoU-arbeidet på yngeloppdrett må styrkes betydelig. Også Lofilab A/S i Vestvågøy har sett potensialet i torskeoppdrett og går i samarbeid med en eksportør i gang med en satsing som omfatter både yngel- og matfiskoppdrett. I tillegg til tradisjonelt oppdrett av torsk foregår det, særlig i Nord-Norge, oppdrett basert på oppføring av villfanget torsk. Denne aktiviteten kan



**Figur 2.10** Sammenlikning av vekst mellom torsk holdt i merder med kontinuerlig tilleggsllys på merdkanten og torsk holdt i naturlig lys. Forsøk utført i samarbeid med Tveit Oppdrett A/S, Tysnes.

*Comparison of growth between groups of cod kept in sea cages with and without continuous additional light, in western Norway.*

være av stor betydning, siden den er med på å jevne ut til dels store svingninger i tilgangen på villfanget torsk til markedet.

Markedet for oppdrettstorsk omfatter i prinsippet hele hvitfiskmarkedet, og er med andre ord ingen begrensning for oppdrett i overskuelig fremtid. Imidlertid er de nåværende produksjonskostnadene for oppdrettstorsk for høye til å konkurrere med villfisk i pris på de fleste markeder. Avtaler om sikker levering til avtalt tid kan gi oppdrettstorsken et konkurransefortrinn i

forhold til villfanget fisk, men foreløpig ligger produksjonen på et litt for lavt nivå til at en har kunnet dra særlig nytte av dette konkurransefortrinnet. Høsten 1998 har en likevel kunnet selge oppdrettstorsk for ca 20 kroner kiloet (rund vekt, ved merd) til oppdretter på det lokale ferskfiskmarkedet, en pris som gir tilnærmet lønnsomhet for oppdretteren. Ser vi noen år fram i tid, er det store muligheter for å senke produksjonskostnadene betydelig, og dermed åpne for at oppdrett av torsk skal få et mye større omfang enn i dag.

## Lys stopper kjønnsmodning

Geir Lasse Taranger,  
Havforskningsinstituttet



Et hovedproblem for lønnsomheten i matfiskoppdrett av torsk er at omtrent 100 % blir kjønnsmoden ved en alder på to år. Kjønnsmodningen medfører tap av vekt og redusert slaktekvalitet i en periode. Dette fører videre til økte produksjonskostnader for å få torsken opp i en ønsket markedsstørrelse på tre-fem kilo. Tidligere forsøk har vist at en kan utsette tidlig kjønnsmodning med et helt år hos torsk i innendørs kar ved å bruke kontinuerlig lys. I merder i sjøen har en imidlertid bare klart å utsette kjønnsmodningen med fire-seks måneder ved å bruke kontinuerlig lys på merdkanten. Denne forskjellen kan både skyldes at torsk i kar får mer mosjon enn torsk i merd, og at lysstyring i merder også innebærer at torsken opplever et naturlig lys som er sterkere enn det kontinuerlige kunstige lyset.

For å teste disse mulighetene ble torsk holdt i kar ved Austevoll havbruksstasjon fra sommeren 1997 til høsten 1998. Torsk fikk ulike grader av mosjon (vannstrøm ca. 0, 0,5 og 1 kroppslengde per sekund) og enten naturlig lysperiode eller kontinuerlig lys i lystette kar. Forsøket viste at omtrent all fisk ble moden som toåring under naturlig lys uavhengig av mosjon, mens det ikke ble funnet modning hos fisk som gikk på kontinuerlig lys. Dette tyder på at det er lysforskjellene som er avgjørende. Det er derfor satt i gang nye forsøk for å teste ut om bruk av kunstig lys med høyere lysintensitet kan utsette kjønnsmodningen med et helt år også i merder.



## Høy vekst og overlevelse i intensiv torskelyngproduksjon ved 14°C

Erling Otterlei,  
IFM, UiB



Nyere forskning på larver og yngel av torsk ved Institutt for fiskeri- og marinbiologi ved Universitetet i Bergen, har vist at det er fullt mulig å oppnå høye vekst- og overlevelsesrater under kontrollerte forhold med naturlig dyreplankton som føde. Temperatur er den viktigste enkeltfaktor, i tillegg til førtilgangen, som bestemmer vekstraten for de tidligste livsstadiene hos fisk. Resultatene fra gjentatte temperaturforsøk viser at det ligger et enormt vekstpotensial i å holde larver og yngelen på rundt 14°C, fra ca en uke etter klekking.

Våren 1998 ble det produsert 6000 yngel (ca 2 cm) fra seks 1 m<sup>2</sup> kar med et samlet volum på 3m<sup>3</sup>. Overlevelse i disse gruppene varierte mellom 51 og 62 % fram til 19 mm standardlengde (SL), og yngelen ble startfôret med tørrfôr ved

15 mm SL uten spesielle problemer. Videre vekstforsøk med torskelyng har vist at kontinuerlig lys har to positive effekter. Veksten hos yngelen blir bedre sammenliket med yngel som holdes under naturlige lysforhold, og ikke minst ser kontinuerlig lys ut til å hindre/utsette kjønnsmodning hos ett år gamle hannfisk.

Gjentatte forsøk har vist at resultatene lett lar seg reproducere. Erfaringene våre er derfor svært positive med hensyn til mulighetene for en intensiv yngelproduksjon. Forutsetningen for en slik vellykket produksjon ligger imidlertid i en streng temperaturregulering, med bruk av delvis stagnerende systemer på larve- og tidlig yngelstadie. Konseptet bør kunne oppskaleres uten videre problemer.

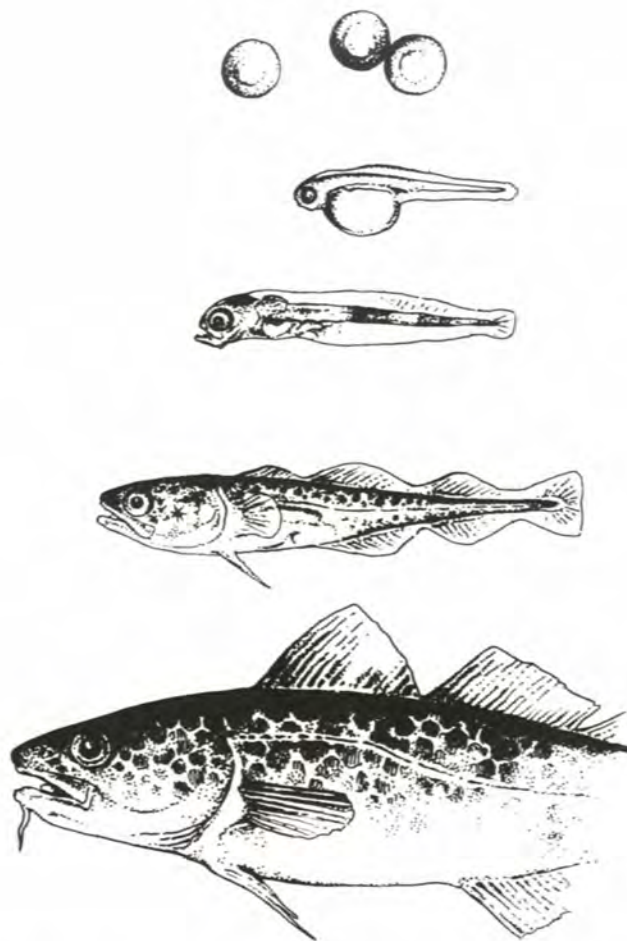
## Satsing på torskeoppdrett i Lofoten

Arne Kolbeinshavn,  
Lofilab as



Lofilab i Vestvågøy planlegger å investere to millioner kroner i et matfiskanlegg for oppdrett av torsk de nærmeste årene. Anlegget forutsettes å ta i mot 50 tonn levende snurrevadfanget torsk for videreføring, samt i å drive utsett av 150.000 oppdrettede torskelyng per år. Anlegget vil da gi 55 tonn sløyd og hodekappet mellomlagret torsk per år, i tillegg til 350-400 tonn oppdrettstorsk fra 2002. Driften er basert på egenprodusert RUBIN-fôr, som blir laget av lokalt tilgjengelig fiskeavskjær til lave kostnader. Dette fôret har vist seg å gi god kvalitet på fisken.

Det planlagte oppdrettsanlegget skal kunne fremstille en torsk som er nærmest et nytt produkt: En torsk som tilbys fersk og kvalitetstetssikret, industrielt fremstilt og levert over hele året. Fiskeeksportøren Norfra i Tromsø skal stå for salg av torsken, og de har fått god tilbakemelding fra markedet på kvaliteten på oppdrettstorsk de har levert så langt. Blant annet har de levert et parti til supermarkedskjeden Tesco i England. Prisene på oppdrettstorsk har vært meget tilfredsstillende, både til utenlands- og innenlands-markedet.

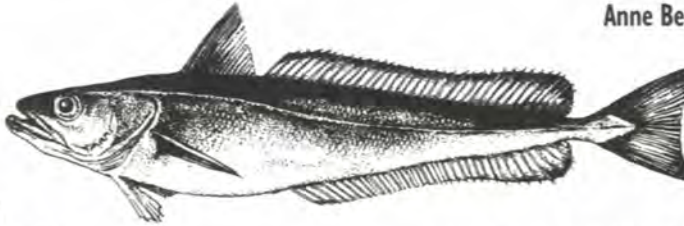


### PRODUKSJONSLINJE FOR TORSK (*Gadus morhua* L.)

Alder	Måned	Produksjonsfase	Nøkkeldata
0	Mars	Naturlig gyting/ Klekkeri	Poser/kar ca. 1 million egg/kg hunnfisk 500 000-800 000 egg/liter Inkubering 15-17dager ved 5-6°C
1	April	Startfôring i poll	3-5 dager etter klekking 0,001-0,002g våtvekt, ca 4mm
2	Mai	Tilvenning til tørrfôr	0,1-0,3 g
3			
4	Juni/Juli	Innfanging fra poll - overføring til merd	0,5-5,0 g
		↓	
7	Oktober/ November	Salg til matfiskoppdretter	100 g
30	September	Slakting	Normal slaktevekt 3,0 kg
31	Oktober	↓	
32	November		
33	Desember		Produksjon i 1997: ca. 500 tonn

## Lysing

Anne Berit Skiftesvik og Reidun Bjelland,  
Havforskningsinstituttet



**Europeisk lysing (Merluccius merluccius)** er en lite

aktet torskfisk i Norge. Av mange betraktes den som en ufisk, svart som den er i kjeften, med spisse og store tenner. I Middelhavslanene, og spesielt Spania, betraktes derimot lysing som en delikatess og betales deretter.

### Biologi

Det finnes 13 beslektede lysingarter i verden, der den europeiske har høyest kvalitet og oppnår best pris på det europeiske marked. Europeisk lysing er utbredt fra nordvestkysten av Afrika, i Middelhavet og til vestkysten av Norge. Lysing er en rovfisk som søker føde om natten, og den spiser for det meste pelagiske fiskeslag. Den kan ha store døgnvandring, da den om natten kan søke opp på grunt vann. Om dagen går den dypere, ofte på flere hundre meters dyp. Hanner og hunner har forskjellige vekstmønstre, der hunnene blir størst og kjønnsmodner i Norge på en størrelse mellom 60 og 80 cm. Gyting foregår fra slutten av juli til september.

### Fangst

I Norge har fangstene steget jevnt de siste årene, med hoveddelen av landingene fra Sogn og Fjordane til Trøndelag. Lysingfisket har sesong fra midtsommer og ut oktober, og foregår med line, snurrevad, flytegarn og bunn garn. Så godt som all lysing fisket i Norge eksporteres til Spania, med god fortjeneste til fisker.

### Gyting og egg

Sesongen 1998 ble det igjen gjort forsøk på å inkubere egg av lysing på Austevoll havbruksstasjon. To tokt ble foretatt i månedsskiftet juli-

august utenfor Florø. Egg og melke ble strøket

straks etter ombordføring, og befruktete egg ble fraktet til stasjonen på Austevoll. Inkubering skjedde i 3000 liters kveitesiloer, hvor larvene ble holdt fra startføring og til etter metamorfose.

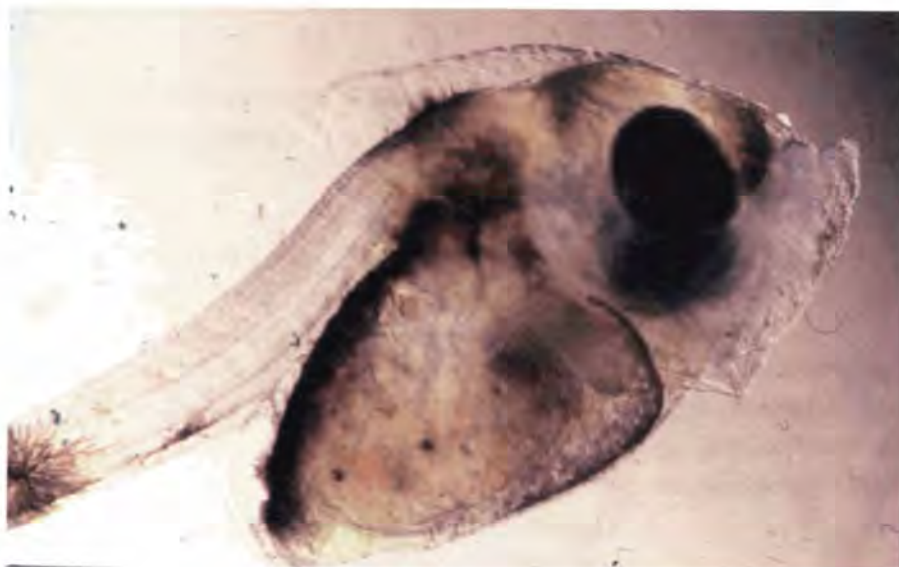
Eggene har en gjennomsnittlig diameter på 1,1 mm med en oljedråpe på 0,3 mm. Eggene har en hydrofob natur, som er typisk for lysing. Dette gir en del problemer ved inkubering, men dusjing av vannoverflaten hjelper trolig til å øke overlevelsen av eggene.

### Plommesecklarver

Ved 14 °C klekker eggene etter fire dagers inkubasjonstid. Larvene er lite utviklet ved klekking. Øynene er upigmenterte og finner, munn og tarm er ikke utviklet. Pigmenteringen på kroppen er typisk for lysing-arter. Svarte pigmentceller er fordelt i fem bånd fra hodet til haletippen, og pigmentflekker finnes også på plommeseck og oljedråpe. Nyklekkede larver har gjennomsnittlig standardlengde på 2,9 mm. Larvene er pæs-



**Figur 2.11** Nyklekket plommesecklarve av lysing. *Newly hatched yolk sac larvae of hake (Merluccius merluccius L.)*



**Figur 2.12** Elleve dager gammel lysinglarve. *Eleven days old hake larvae.*

sive de første dagene, og plasserer seg med hodet ned i den øvre delen av siloen.

### Startfôring

Dag 5 etter klekking tilsettes grønnalgen *Tetraselmis*, innsamlede nauplier og dyrkede rotatorier.

På dag 6 har 90 % av larvene funksjonelle kjever, pigmenterte øyne og utviklet tarm. 17 % av larvene hadde ved dette stadiet alger i tarmen. Standardlengden er økt til ca 4 mm.

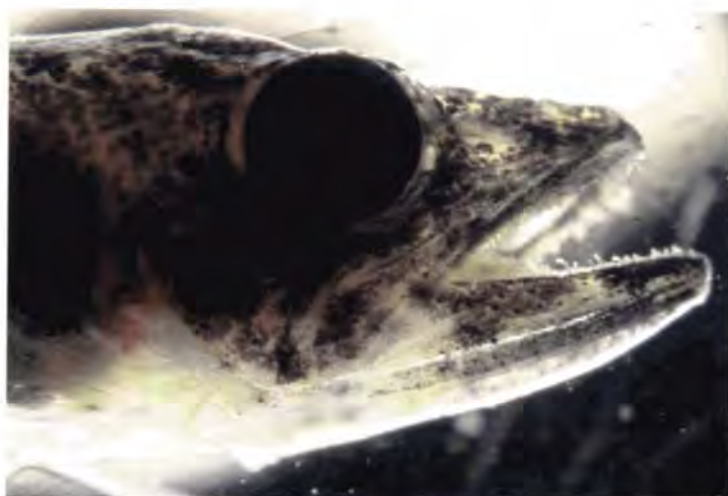
På dag 8 er øynene godt pigmenterte og brystfinnene velutviklede. Plommesekken er oppbrukt, men det er fremdeles noe igjen av oljedråpen. Av de undersøkte larvene hadde 60 % byttedyr i tarmen. Svømmeblæren er dannet hos noen larver.

Ved dag 11 hadde alle undersøkte larver byttedyr i magen, og kun rester av oljedråpen er synlig. Fra startfôring fram til ca dag 30 vokser larvene lite i lengde, men det er en enorm utvikling av hode, kjever og mage.

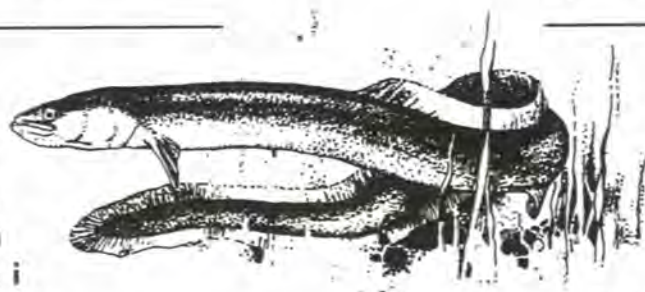
Larvene får "voksen" form etter ca 45 dager. De er da ca 1,5 cm lange. Tennene er på dette stadiet godt utviklet og lett synlige. Alle finner er velutviklede, og spesielt bukfinnene er store. Larvene søker bunn og vegg i karet, og kannibalisme er et problem omtrent fra denne alder. På dette tidspunktet ble det forsøkt med tørrfôrtilvenning, uten resultat. Den eldste larven ble tre måneder og var da 2,5 cm lang.

### Oppdrett av lysing

Forsøkene i 1998 gikk over all forventning, og gjør at vi kan være litt mer optimistiske enn før hva gjelder oppdrett av lysing. Likevel er det mye som gjenstår før en kan si om arten er en aktuell ny art for akvakultur. Små larver med store tenner er ikke snille med hverandre!!



**Figur 2.13** Hode av 59 dager gammel og 2,5 cm lang lysingyngel. *Head of 59 days old and 2.5 cm long fry of hake.*



Norsk åleoppdrett består ved utgangen av 1998 bare av småskalaanlegg som alle må sies å være i etableringsfasen. Det siste store oppdrettsanlegget i Norge, Farsund Akva, gikk konkurs våren 1998. Det er i dag 26 konsesjoner for ål i Norge. Av disse er under halvparten i drift. Beholdningen i anleggene er til sammen ca 4000 kg ved utgangen av 1998. Kvantum oppdrettsål i Norge i 1999 vil bli ca 300-400 tonn. Stor oppdrettsål betales i dag med 75-80 kroner per kilo. De fleste konsesjoner for ål er gitt i Sogn og Fjordene og Hordaland.

Småskala åleoppdrett baserer seg på føring av villfanget ål over minstemålet på 40 cm. Ålen blir fanget lokalt og satt inn i små resirkuleringsanlegg. Ålen blir føret med vanlig laksefôr. I dag oppnår de dyktigste oppdretterne en tredobling av biomassen i løpet av ett år. Når oppdretterne får mer kunnskap, og anleggene blir optimaliserte, vil det være realistisk å firedoble biomassen på 12 måneder.

### Teknologi

Calculus A/S har vært en av pådriverne for å utvikle småskala åleoppdrett. De fleste som driver i dag har kjøpt dette konseptet. Flere av oppdretterne har hatt problemer med vannkvaliteten, og har dermed ikke oppnådd lønnsom drift. Norges åleoppdrettslag har derfor inngått et samarbeid med Norges landbrukshøgskole for å optimalisere vannkvaliteten. Dette har resultert i et nytt konsept som blir utprøvd i 1999. Høgskulen i Sogn og Fjordane har også lansert et konsept som er utprøvd og dokumentert, med gode resultater på lakseyngel og ål.

### Rammebetingelser

Veterinærmyndighetene stiller de fleste steder krav om oppvarming av avløpsvann til 90 °C i tre minutter, før utslipp til omgivelsene. Dette er samme krav som til karantenestasjoner. Fiskesalgslagene stiller krav om kjøpeløyve og garantier selv ved kjøp av små kvanta ål. Den reviderte loven om begrensninger for fritidsfiske setter begrensninger på 20 ruser for fiske av ål, og rammer åleoppdrettere som vil fiske ål til eget anlegg. Videre har det vært vanskelig å få tilskudd til åleoppdrett fra SND og BU.

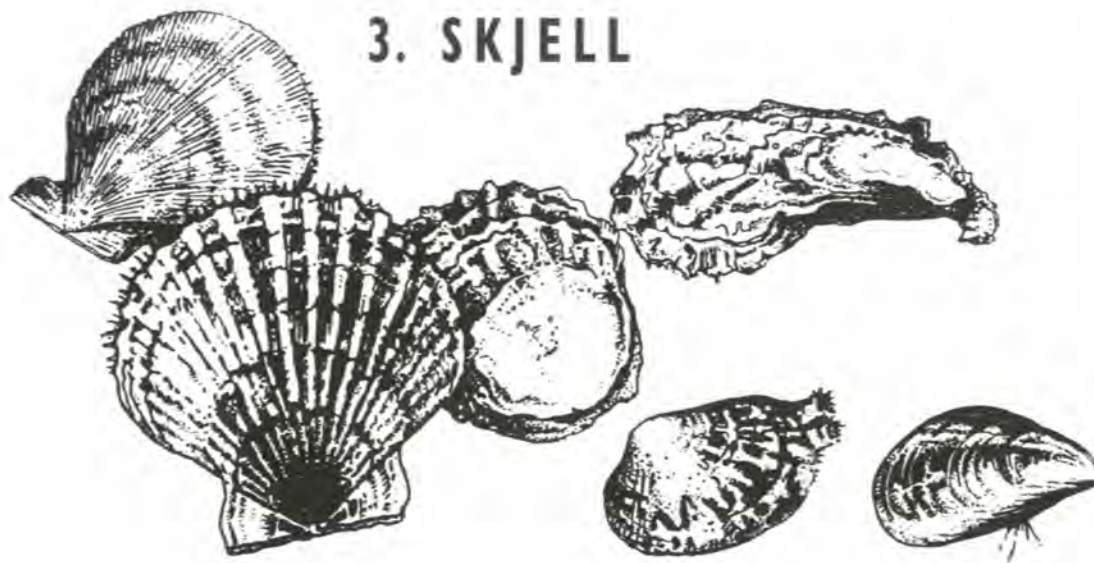
### Potensial

Dersom all villfanget ål ble satt inn i oppdrett, ville vi kunne produsere ca 1000 tonn ål årlig i Norge. Dette gir en førstehåndsverdi på ca 75 millioner kroner. En eventuell foredlingsgevinst kommer i tillegg.

### Utfordringer

Selv om produksjonen i norsk åleoppdrett vil bli lav også i 1999, ligger den utvilsomt an til å kunne bli en levedyktig nisjenæring i løpet av få år. Skal det lykkes å få lønnsomhet i åleoppdrett, må oppdretterne heve sin egen kompetanse når det gjelder drift. Videre må teknologien optimaliseres. Det må også være en forutsetning at veterinærmyndighetene ser om de kan revurdere kravene til behandling av avløpsvann. Dagens krav om oppvarming til 90°C i tre minutter kan ingen åleoppdretter leve med på lengre sikt. En bedre dialog mellom fiskesalgslagene og åleoppdretterne vil også kunne bidra til en raskere utvikling av småskala åleoppdrett. Til slutt kunne en dispensasjonsordning for redskapsbegrensninger for åleoppdrettere, bidra til bedre lønnsomhet for næringen.

### 3. SKJELL



Fra "Kamskjellprosjektet"  
til "Skjellprosjektet"

Gunnar Eiken, Fiskeridirektoratet/Skjellprosjektet og  
Stein Mortensen, Havforskningsinstituttet

Kamskjellprosjektet har de siste fem årene vært det samlende forum for norsk skjellnæring. Ved årsskiftet 1998/99 ble Kamskjellprosjektet avsluttet. Etter en dialog med de næringsutøverne som har vært aktive i prosjektet, og forvaltningsmyndigheter som har deltatt i og brukt prosjektet, ble det besluttet at arbeidet skal videreføres. Skjellprosjektet ble derfor etablert i januar 1999. Prosjektet skal videreføre arbeidet til Kamskjellprosjektet, omfatte alle skjellarter og dekke næringsutvikling på skjell i hele Norge. Det får en prosjektperiode på fire år. Det ligger store utfordringer foran skjellprosjektet, i å videreutvikle de beste elementene fra Kamskjellprosjektet, og oppnå en best mulig koordinert og faglig holdbar utvikling av både forsknings- og utviklingsarbeid.

#### Et lite tilbakeblikk

Kamskjellprosjektet utviklet seg fra starten i 1994 gradvis til en paraplyorganisasjon for det aller meste av FoU-aktivitetene på skjell i Norge. Det er bygget opp kunnskap, formidlet kompetanse og drevet bedriftsutvikling i alle ledd i

verdikjeden. Hvert år ble det gjennomført 10 – 15 FoU-delprosjekter med fokus på yngelproduksjon, dyrking i mellom- og bunnkultur, forvaltning og fellestiltak. Havforskningsinstituttet har vært den sentrale forskningsinstitusjonen, men også Universitetet i Bergen, Norges Teknisk-Naturvitenskaplige Universitet i Trondheim, Allforsk og Veterinærinstituttet har lagt betydelig innsats ned i skjellarbeidet. En rekke bedrifter har gått inn i dette fellesskapet, og nedlagt en svært stor innsats i utviklingsarbeid.

Kamskjellprosjektet har bidratt til å utvikle:

- \* sekretariat og kunnskapsbase i Bergen
- \* bedriftsnettverk med ca 80 bedrifter i åtte fylker
- \* veiledernettsverk med 14 veiledere i seks fylker
- \* skjelldyrkerlag i Rogaland, Hordaland, Sogn og Fjordane og Trøndelag
- \* to årlige nettverkssamlinger der produsenter, forvaltning og FoU-miljøene møtes
- \* WEB-sider på Internett
- \* en rekke utredningsarbeider, som for eksempel rapport om *Prioriterte oppgaver*

*for norsk skjellnæring i årene 1998 - 2003*

Satsingen som har vært knyttet opp mot Kamskjellprosjektet har blant annet resultert i:

- \* en produksjon på ca 2 millioner 15 millimeter kamskjellyngel pr år hos Scalpro AS, kamskjellklekkeriet i Øygarden
- \* prøvedyrking i mellomkultur som har foregått i flere år på 20 - 30 lokaliteter langs kysten av Vestlandet og i Trøndelag, hvor overlevelsen på egnede lokaliteter er kommet opp i ca 90 %
- \* planleggingsarbeid med tre-fire storskala-utsett i bunnkultur
- \* dyrking av blåskjell og østers som pågår med lovende resultater, og det første storskala blåskjellanlegget er etablert i Lysefjorden
- \* man forventer høsting av et par tusen tonn

blåskjell høsten 1999, salget av norske skjell øker for hvert år og prøveeksport av skjell pågår med lovende resultater

- \* mottaksstasjoner for skjell er etablert i flere regioner
- \* interessen for skjell dyrking er økende i Norge, og har blant annet resultert i etablering av flere større skjellselskaper og organisering av produsentnettverk

Fra 1999 overtar skjellnæringen i stor grad styringen av Skjellprosjektet. Prosjektets sekretariat legges til Fiskeridirektoratet. Dette skulle gi et godt grunnlag for å kunne koordinere utviklingen og styrke samarbeidet med det offentlige virkemiddelapparatet som omfatter skjell.

## Kamskjellproduksjon

Øivind Bergh, Sissel Andersen og Øivind Strand,  
Havforskningsinstituttet



**Kamskjellyngel på omlag to millimeter produseres i Norge kommersielt bare ved ett anlegg - Scalpro AS på Rong i Øygarden kommune i**

**Hordaland. Dette er et hypermoderne anlegg i internasjonal sammenheng. Det er i dag utviklet metoder for å produsere kamskjellyngel året rundt, og dermed gi maksimal utnyttelse av personell og fasiliteter på klekkerier. En lang produksjonssesong vil på litt sikt også være nødvendig for å oppnå lavere kostnader per produsert yngel.**

I tillegg til det kommersielle anlegget på Rong, finnes det en produksjonslinje for kamskjellyngel ved Havforskningsinstituttet, Austevoll havbruksstasjon. Dette er først og fremst en forsøksfasilitet for utvikling og utprøving av ny teknologi og nye konsepter for kamskjellyngel-

produksjon, samt studier av kamskjellens biologi. Det er et nært samarbeid mellom Scalpro AS og Havforskningsinstituttet.

Fra yngelen er om lag to millimeter kan den settes i sjø, men bare i en begrenset periode av året. I Norge har dette vært mulig fra ca. juni til oktober, da temperatur og algemengder i sjøen er egnet for kamskjellyngel i denne størrelsen. Det har vært eksperimentert med bruk av poller til kamskjell i denne fasen. Produksjonssesongen er imidlertid også her begrenset. Erfaringsmessig har poller vist seg som så ustabile at det ikke er ønskelig å basere en industrialisering av kamskjellnæringen utelukkende på slike systemer. Perioden før skjellene er rundt 15 millimeter er således relativt kritisk i utviklingen av et dyrkningskonsept for kamskjell.

Når yngelen er 15 millimeter, overføres den til mellomkulturanlegg i sjøen. Den holdes i kasser eller nett som henger fra en bæreline med oppdrift, eller står i innretninger på bunnen. Hos mange dyrkere langs kysten drives det nå utprøving av en rekke ulike typer utstyr. Målsettingen for arbeidet er å øke effektiviteten, tilpasse seg lokale forhold og finne riktige driftsrutiner. Forsøksdyrkingen gjøres i forbindelse med Fiskeridirektoratets ordning med tidsbegrensede prøvedyrkingssesjoner. Mange gode resultater i mellomkultur de siste to årene har sammenheng med gunstige temperaturforhold, og flere dyrkere er blitt gode røkttere.

Kamskjell som fangstes fra ville bestander holdes ofte i bunnkultur for mellomlagring eller viderevekst. Ved blant andre Taroskjell A/S i Trøndelag gjøres dette med meget godt resultat. Selv med store tettheter er svinnet lite, og det er ikke nødvendig med spesielle tiltak mot rovdyr. Ved utsetting av skjell som er mindre enn om lag syv centimeter er det imidlertid nødvendig med beskyttelse mot krabber. Det er forsøkt med inngjerding, og resultatene fra dette arbeidet er lovende. Det planlegges nå utsettinger i innhegninger på flere lokaliteter langs kysten, men

det gjenstår en del utviklingsarbeid. Dyrking av kamskjell fritt på bunnen krever et stort antall skjell, men gjennom vellykket dyrking i mellomkultur de siste årene er det tilgjengelig nok skjell til storskalautsett. De første utsettingene er planlagt i år.

#### Utviklingsarbeid: Eksempel på et landbasert vekstanlegg basert på alger

I et landbasert vekstanlegg som nå blir bygget opp ved Taroskjell A/S på Fosen, er et algedyrkingsskonsept utviklet for kamskjell i fasen fra 2 til 20 millimeter. Kamskjellene skal føres med alger fra sjøen, alger dyrket i kar på land, eller alger dyrket intensivt i tradisjonelle algekulturer. De ulike produksjonsmåtene for å fremstille fôralger vil variere med sesongen. Behovet for å gjøre produksjonen så kostnadseffektiv som mulig, medfører at algene skal produseres i store kar på land med kun sollys når de naturlige forutsetningene tillater det. I perioder med lite lys, særlig tidlig og seint i produksjons-sesongen, vil kulturene bli tilleggsbelyst. For å få tilstrekkelig høy temperatur slik at algeveksten ikke blir begrenset, skal karene bygges inn i plast-drivhus og isoleres. Kulturene skal gjøds-

#### PRODUKSJONSLINJE FOR KAMSKJELL

Alder (mnd.)	Produksjonsfase	Nøkkeldata
	Kondisjonering/ Stamdyr ↓	Karanlegg på land: Kondisjonering i perioden november til mai; tid 6-10 uker
0	Gyting	Februar - mai: 2-20 mill. egg/skjell
1	Larvefase	3 uker ved 18 °C
2	Bunnslår	21-23 dager gammel, 300 µm
3/4	Liten yngel Yngel tilvekst ↓	Opp til 1,8 mm i klekkeri Opp til 15 mm i vekstanlegg
6	Mellomkultur ↓	Sjøanlegg: Str. fra 15-20 mm til 50-70 mm 2-3 mill. skjell i mellomkultur (1998)
1,5-2,5 år	Bunnkultur	I innhegning eller fritt på bunnen
3,5-4,5 år	Høsting	> 100 mm, > 150-200 g



les med fosfor og nitrogen (N/P vektforhold på 1,8) og vannglass (silikatkilde). Produksjonen av alger skal følge en kontinuerlig prosess, hvor mengden sjøvann som pumpes inn i produksjonskaret er lik mengden av produserte alger som renner ut. Denne utskiftingshastigheten skal optimaliseres slik at kulturen får ønsket artsammensetning, og det produseres alger med god næringssammensetning (høyt innhold av lagringsprodukter). Sjøvannstemperaturen på lokaliteten i Fosen er egnet til å gi god vekst hos kamskjellene bare i perioden mai-august. Vannet som pumpes inn til kamskjellene vil i noen

perioder inneholde betydelige førmengder til kamskjellyngelen. Tilgangen på varme og lys er således begrensende for konseptets potensial.

Flere slike vekstanlegg er nå under planlegging på ulike steder langs kysten. Ved Kårstø-anlegget i Tysvær i Rogaland er det under prosjektering et anlegg som blant annet vil utnytte spillvarme i produksjonen av kamskjellyngel. Dette representerer en interessant mulighet for å oppnå økt produksjon av skjell for utsetting i mellomkultur.

## Forskningsnytt kamskjell



Sissel Andersen, Øivind Strand, Hanne Skjæggestad, Geir A. Haugom og Øivind Bergh,  
Havforskningsinstituttet

**Kamskjellproduksjonen er avhengig av en høy og stabil produksjon av yngel fra klekkeri. Vi har imidlertid opplevd manglende stabilitet i gyteresultatene, og tidvis høy dødelighet i enkelte grupper av larver og yngel. Også i 1998 har det vært fokusert sterkt på problemstillinger rettet mot optimalisering av larve- og yngelproduksjonen. Samtidig har en gradvis økning i tilgangen på setteskjell aktualisert viktigheten av å arbeide med vekst og overlevelse også i de neste produksjonsfasene.**

### Kan bedre mat gi flere gode avkom?

Gyteresultatene har særlig vært uforutsigbare i perioden februar-mars. Dette er kanskje den viktigste delen av sesongen i norske klekkerier, hvor man er avhengig av en tidlig start for å utnytte produksjonskapasiteten. Tidlig start er også viktig for at yngelen som produseres skal rekke å få en akseptabel størrelse og god kondisjon før den første overvintringen i sjøen.

Det er kjent at flere faktorer påvirker kamskjellenes naturlige reproduksjonssyklus. Både daglengde, førmengde og temperatur har vist seg å ha effekt på gyteresultatet. I klekkeriet er det vist

at lengden på kondisjoneringen - perioden hvor stamskjellene føres slik at gonaden blir moden - er viktig for et godt resultat. Gonadens tilstand ved starten av kondisjoneringen, er avhengig av tidspunktet stamskjellene er hentet inn fra naturen. Dermed vil effekten av kondisjoneringen også kunne variere, og det er nødvendig å avpasse kondisjoneringen etter årstiden. Kondisjoneringen omfatter føring med en blanding av flere arter encellede alger, ved konstant temperatur og tilførsel av sjøvann.

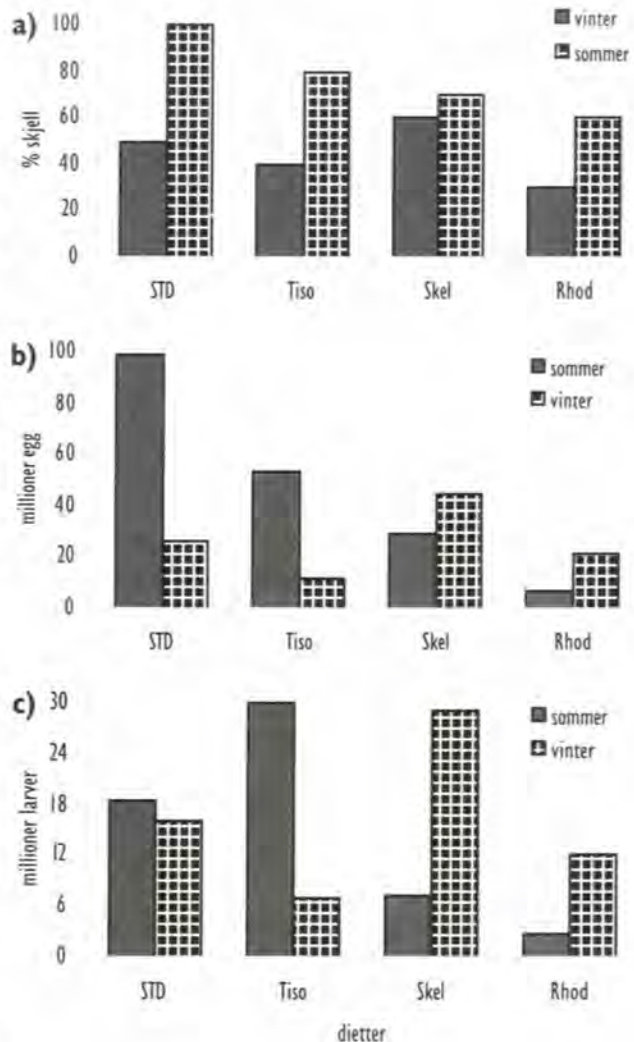
Innledende forsøk ved Havforskningsinstituttet, Austevoll havbruksstasjon har vist at ulike algeblandinger kan ha betydning for resultatet av gytingene. Fire ulike algedietter ble gitt til stamskjell til to ulike tider på året. Diettene var; 1) STD - standard klekkeridiett; 2) tiso - 80 % av en liten flagellat ved navn *Isochrysis galbana*; 3) skel - 80 % av diatomeer (*Skeletonema*); 4) rhod - 50 % av en stor flagellat ved navn *Rhodomonas*, i stedet for diatomeer. Stamskjellene ble tatt inn 28.april og 15.desember og stimulert til gyting etter henholdsvis seks uker (juni) og ni uker (februar). Det var generelt en større andel av gyte-skjellene som ga egg i juni enn i februar (figur 3.1 a). Mens

det ikke var forskjell i andel skjell som ga egg mellom diettgruppene i februar, var andelen noe høyere i STD enn i rhod-gruppen i juni. Ellers var det små forskjeller. Totalt antall gytte egg var høyest i STD-gruppen i juni, men høyest i skel-gruppen i februar (figur 3.1 b). Total mengde egg som ble inkubert fra de fire diettgruppene på til sammen 40 skjell, var henholdsvis 188 og 105 millioner egg i juni og februar, mens larveutbyttet var henholdsvis 59 og 64 millioner larver. På tross av stor eggmengde fra STD-gruppen i juni, ble totalt antall larver høyest i tiso-gruppen (figur 3.1 c) fordi klekkeprosenten der var høyere. I februar ga skel-gruppen flest larver. Standard klekkeridiet syntes dermed ikke å være optimal for larveutbyttet.

Disse forsøkene er begynnelsen på en serie forsøk for å kartlegge om endring i stamskjelldietten kan bedre larveutbyttet og stabilisere gyteresultatet. Gjentatte forsøk med stamskjell tatt inn til ulike tider på året vil kunne gi endelig svar på dette spørsmålet.

### Også bakterier er nyttige her i verden!

I dietten til de første livsstadiene hos kamskjell inngår foruten alger også bakterier, sannsynligvis i form av aggregater av bakterieceller. I algekulturene lever bakterier i samliv med algene, og disse bakteriene blir med når algekulturer tilsettes skjellene som fôr. Riktig sammensetning av bakterier vil dermed være et fôrtilskudd til skjellene. Det kan også tenkes at det opphopes ugunstige bakterier i algekulturene, med redusert vekst og dårlig overlevelse av skjell som resultat. Ved Havforskningsinstituttet har vi derfor satt i gang studier som tar sikte på å finne ut hvilke bakterier som er gunstige eller ugunstige i denne sammenhengen. Gunstige bakterier kan derfor være interessante som fôrtilskudd til kamskjelllarvene, dels fordi de i seg selv er ernæringsmessig verdifulle, og dels fordi de kan bidra til å holde sykdomsframkallende bakterier unna. Når gunstige bakterier blir utnyttet på denne måten, kalles de "probiotika". Dette er en utnyttelse av vanlige økologiske fenomener - bakterier fører kamp mot hverandre - som representerer en miljøvennlig metode for sykdomsforebyggelse.



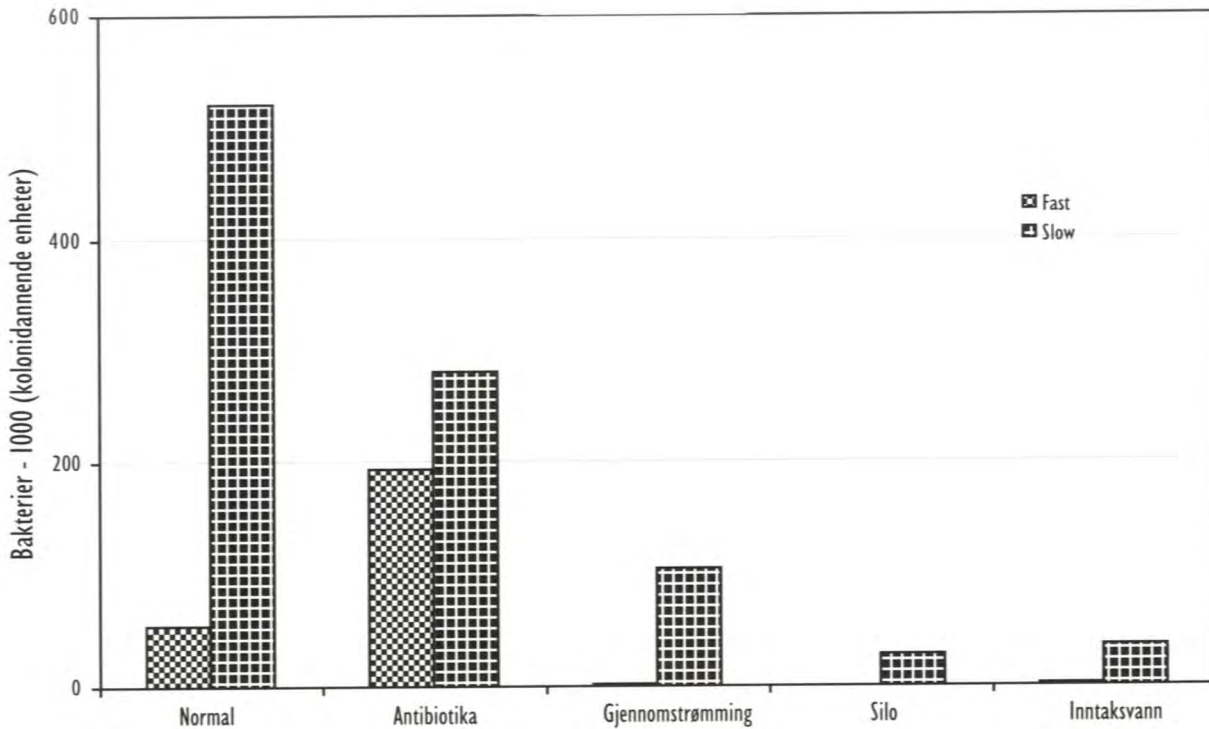
**Figur 3.1**

a) Andelen av gyteskjell som gir gode egg, det vil si egg som er egnet til befruktning og inkubering. Tallene er basert på gytegrupper à 10 skjell. b) Totalt antall gode egg fra gytegrupper à 10 skjell, og c) Totalt antall veliger-larver (tre dager; D3) fra gytegrupper à 10 skjell. Sommer = gytt i juni. Vinter = gytt i februar.

*Effect of different diets on a) relative number of broodstock scallops releasing eggs; b) total number of eggs used for fertilisation, c) total number of veliger larvae at day 3 after fertilisation.*

### Tenk deg en ny tank!

Larvedødelighet forårsaket av bakterier, og behovet for å kunne bekjempe denne uten bruk av antibiotika, har satt fokus på produksjonssystemene. Havforskningsinstituttet, Austevoll havbruksstasjon har prøvd ut et tanksystem, basert på gjennomstrømning. Systemet får vesentlig lavere mengder bakterier i vannet enn



**Figur 3.2** Mengde bakterier i de ulike systemene, målt på såkalt MBA-agar. Normal - standardsystem; Antibiotika - standardsystem tilsatt antibiotika; Gjennomstrømming - 500 liters nedstrøms-system; Silo - 4700 liters oppstrømsystem; Inlet - inntaksvann etter evt. sluttfiltrering. Merk at mengden bakterier i systemene er vesentlig lavere i gjennomstrømnings- og silo-systemene enn i normal- og antibiotikasystemene. Dessuten er gjennomstrømnings- og silo-systemene kjennetegnet ved at det praktisk talt ikke ble funnet hurtigvoksende bakterier i systemene, i motsetning til det som var tilfellet med de to mer tradisjonelle tankene. Vanligvis er høy forekomst av hurtigvoksende bakterier et tegn på høy andel av sykdomsframkallende bakterier i slike systemer.

*Amount of bacteria in the different tank systems, measured as colony forming units (x1000) on Marine Broth Agar. Norm = standard system, Antib = standard system with antibiotics added, Flow = 500 litre downwelling system, silo = 4700 litre upwelling system, inlet = inlet water. Note that the amount of bacteria in the systems is considerably lower in Flow- and Silo systems. Also, these two systems were characterized by a very low number of fast-growing bacteria. Usually a high percentage of fast-growing bacterial strains is associated with high number of pathogenic bacteria in such systems.*

det som er tilfellet med tradisjonelle systemer, der vannet bare skiftes ut hver annen eller tredje dag. Vi har prøvd gjennomstrømmingssystemet både i middels stor (500 liter) og stor skala, i siloer utviklet til kveitelarver (4 700 liter) (figur 3.2). Siloen ga det beste resultatet.

### Er kamskjell glad i mye mat?

I skjelldyrking forsøker dyrkeren å plassere skjellene i et miljø som gir best mulig overlevelse og vekst. Ved å dyrke kamskjell i nett eller kasser kan de plasseres høyere i vannsøylen - og i områder hvor det er høyere temperatur og mer mat

- enn det som normalt finnes på skjellenes naturlige levested.

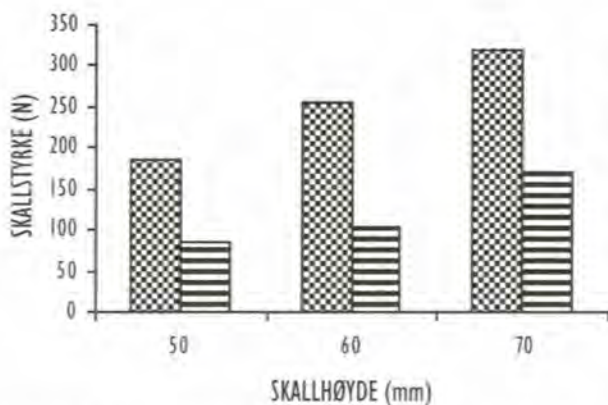
Mulighetene som ligger i å gjødsle sjøen for å øke utbyttet av skjell som beiter på algeproduksjonen, er spennende. Dette kan enten være å gjødsle aktivt, eller dyrke skjell i områder som i utgangspunktet får tilført næringsalter fra land. Under slike forhold bør vi vite noe om hvordan skjellene utnytter et økt mattilbud. I figur 3.3 har vi vist hvordan kamskjell responderer på økt konsentrasjon av en alge som regnes for å være bra føde for disse skjellene. Vi ser at spiseraten øker kraftig når

fødekonsentrasjon øker til et nivå som tilsvarer omlag 30 algeceller per ml. I dette området utnytter kamskjell det økte mattilbud på en meget effektiv måte, mens høyere konsentrasjoner gir en negativ effekt.

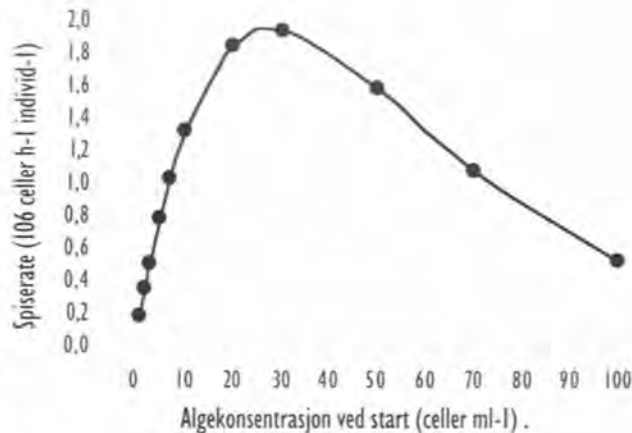
Blåskjell og østers utnytter derimot effektivt fødekonsentrasjoner som tilsvarer mer enn 50-70 algeceller per ml. Disse skjellene lever på grunt vann, ofte i innelukkede områder, og er sannsynligvis tilpasset å kunne utnytte relativt store svingninger og høye fødekonsentrasjoner. Kamskjell lever dypere, hvor svingninger i miljø og fødekonsentrasjon er mindre, og er dermed ikke tilpasset utnyttelse av høye fødekonsentrasjoner når det måtte bli tilbudt.

### Krabben vil ha dyrkede kamskjell!

I bunnkultur med kamskjell har skjelllets størrelse vært et viktig mål for når utsettingen på bunn kan starte. Ved utsettinger av kamskjell i våre farvann er taskekrabben skjellenes viktigste fiende. Kamskjelllets størrelse er definitivt viktig for taskekrabbens muligheter til å knuse eller brette opp skjellet. Ved Havforskningsinstituttet har vi imidlertid vist at skallets styrke kan variere betydelig for skjell som er like store. Skjelllets størrelse alene er derfor ikke et godt nok mål for når kamskjell kan settes ut på bunn.



**Figur 3.4** Skallstyrke målt som punktkraft med simulert krabbeklo (Newton), hos stort kamskjell av forskjellig størrelse. Prikket søyle = ville kamskjell, stripet søyle = dyrkede kamskjell. Shell strength of scallop measured with simulated crab's claw, as Newton (N). Scallops were 50, 60 and 70 mm. Botted columns = wild scallops, lined columns = farmed scallops.



**Figur 3.3** Beregnet spiserate for et 10 mm kamskjell ved 15°C ved forskjellige konsentrasjoner av algen *Chaetoceros gracilis*. Estimated ingestion rate of the algae *Chaetoceros gracilis* by 10 mm scallops at 15 °C.

I forsøk har vi vist at taskekrabbe foretrekker dyrkede kamskjell fremfor ville kamskjell av samme størrelse og alder. Den viktigste årsaken til dette er at ville kamskjell har et skall som er vesentlig sterkere enn skall hos dyrkede skjell (figur 3.4). Resultatene tyder på at skall som har større skallstyrke enn det som tilsvarer rundt 150 Newton punktkraft (simulert krabbeklo) klarer seg mot taskekrabbe. Dyrkede kamskjell må være rundt syv centimeter store for å unngå at taskekrabbe skal kunne brette opp skallet, mens ville kamskjell på fem centimeter klarer seg.

I naturen vil svake dyr bli spist. For kamskjell vil dette i stor grad ramme skjell med svakt skall. Vi kan derfor forvente at kamskjell vi har samlet fra naturlige bestander vil være individer med sterkt skall, - skjell som har overlevd. I dyrking blir skjellene skjermet for rovdyr, og individer med svakt skall overlever inntil de blir stilt overfor taskekrabbe i våre forsøk - eller satt ut i bunnkultur. Hvis dette skal kunne forklare forskjellen vi ser mellom ville og dyrkede kamskjell, må vi kunne forvente at en del av de dyrkede individene er like sterke som de ville. Dette ser så langt ikke ut til å være tilfelle for vårt forsøksmateriale. Vi ønsker derfor å undersøke om forskjeller i vekstmiljø og ernæring under dyrking og naturlige betingelser kan gi forskjeller i skallstyrke.

## Blåskjell

Peter Hovgaard,  
Høgskulen i Sogn og Fjordane, Sogndal



### Optimisme i blåskjellnæringen

Det er stor optimisme og satsing på dyrking av blåskjell i Norge. Fra en produksjon på 400-600 tonn per år i de senere årene er produksjonsplanene fra de viktigste aktørene som følger:

År	1999	2000	2001	2002	2003
Tonn	3210	8185	13080	19070	22820

Tallene er hentet fra; SND – notat nr. 8 – 1998.

Skal disse planene bli en realitet er det mye som skal klaffe, både innen dyrking, høsting, bearbeiding, markedsføring og salg - og ikke minst

innen kvalitetssikring. Det innebærer at vi på fem-seks år skal klare det som andre land har brukt mye lengre tid på. Det tok eksempelvis Canada 16 år (1980-1996) å komme opp i en produksjon på 10.000 tonn blåskjell. I New Zealand tok det ti år å komme opp i 18.500 tonn grønnskjell (1977-1986). Etter denne etableringsfasen gikk det imidlertid raskere, og etter ytterligere 11 år var de kommet opp i 66.000 tonn i 1996. Det er klart at det er etableringsfasen som er vanskeligst, og det er der vi vil være i de nærmeste årene.

På produksjonssiden er det et stort behov for kompetanse. Med en antatt produktivitet på 200-400 tonn per årsverk, er det 50 - 100 dyrkere som skal læres opp - sannsynligvis atskillig flere dersom mange starter opp med små anlegg. Det er viktig å opprettholde kravet om kompetanse

### PRODUKSJONSLINJE FOR BLÅSKJELL

Alder	Årstid	Produksjonsfase	Nøkkeldata
0	April/mai	Gyting Larvefase	Når sjøtemperaturen er ca 10 °C Larvene lever pelagisk i ca én mnd.
1 mnd.	Mai/juni, mindre utover sommere	Bunnslår nær overflaten (0-2 m, ned til 8 m)	Skjelldyrkerne henger ut samlere (tau, notstrimler, plastbånd o.l.)
	Høst	↓	Samlerne tynnes
12-14 mnd. 16-18 mnd. 24 mnd.	Tidl. sommer Høst	Høsting  ↓	Gode lokaliteter Sør-Norge Nord-Norge Årsproduksjon: 605 tonn (1998)

for å få konsesjon. Det er i løpet av året holdt flere kurs. Det er bra, men ikke nok. Den enkelte dyrker er ikke utlært før han eller hun har praktisert på sin egen lokalitet en viss tid og lært de lokale forholdene å kjenne. Forholdene kan variere innen korte avstander, og dessuten vil det også være variasjoner fra år til år. Å begynne i det små er derfor fornuftig.

Det vil ta tid å utvikle effektivt produksjons- og høsteststyr tilpasset lokale forhold om vi begynner med blanke ark. Det er imidlertid ikke nødvendig. Vi kan hente mye informasjon fra andre produsentland. I løpet av 1998 var det mange delegasjoner på studiereiser både til Sverige, Irland, Skottland, Frankrike, Spania, Canada og New Zealand. Utenlandske konsulenter har også bidratt med sin kompetanse i Norge. I forhold til denne kompetansefaktoren er det derfor rimelig grunn til å være optimist og anta at etableringsfasen ikke behøver å ta lang tid.

På salgs- og markedssiden ser det også lyst ut. De store aktørene har knyttet seg tett opp til etablerte fiskeeksportører med stor kompetanse og ressurser innen både salg, transport, logistikk mm. Det er i stor grad de samme kjøperne av norsk fisk på kontinentet som også vil være kjøpere av skjell. Også SND legger i sin nye strategi vekt på at deres støtte er betinget av at produsentene *"har forpliktende samarbeid, eiermessig eller ved avtaler, med eksportører/andre som kjenner markedet det skal satses på"*. Selv om denne strategien ikke synes å støtte de små produsentene som vil være selvstendige, er det neppe noen vei utenom om vi skal komme opp i de store kvanta som nevnt ovenfor.

### Kontrollen med algegifter

Det største hinderet for å bygge opp en norsk skjellnæring, har i mange år vært manglende ressurser til å foreta en riktig og tilstrekkelig omfattende kontroll av algegifter.

Det var et stort fremskritt da den rutinemessige metoden for DSP-gifter i 1993 ble forandret fra kloroform- til eterbasert musetest. I en stor undersøkelse i Sognefjorden i 1996 og 1997, ble ni stasjoner regelmessig undersøkt med begge

metodene. Det viste seg da at med den gamle metoden (kloroform), kunne blåskjell høstes bare ved noen få anledninger på de ytterste stasjonene, ikke i det hele tatt på de indre. Med den nye metoden (eter) kunne blåskjell høstes to-tre måneder på de indre, og seks til ti måneder på de midtre og ytre stasjonene. Forskjellen på de indre og ytre stasjonene gjentok seg begge årene og faller i stor grad sammen med mengden av algen *Dinophysis acuta*. Resultatene faller også sammen med en mindre undersøkelse i 1994, og tidligere undersøkelser på 1980-tallet. Det er derfor grunn til å tro at vi her har med et generelt og relativt forutsigbart fenomen å gjøre, som er grunnlaget for den nye satsingen på blåskjell-dyrking i Sognefjorden. Det er sannsynlig at forholdene er tilsvarende i andre fjorder på Vestlandet.

Det er likevel ingen grunn til å hvile på laurbærene. Resultatene viser bare at vi med hyppig prøvetaking og riktige metoder kan høste mye blåskjell. Dette er imidlertid kostbart, og det eneste kompetansemiljøet vi har på dette området - institutt for næringsmiddelhygiene ved Veterinærhøgskolen - har ikke fått nok midler til å drive rutineanalyser i stor skala. I innstillingen fra Stortingets Næringskomite Nr. 211 (1997-98), foreslås det at Stortinget ber Regjeringen legge til rette for:

- \* en videreutvikling av eksisterende kontrollrutiner i tråd med EUs skjelldirektiv
- \* at det gis nødvendige midler til å finansiere den kompetansen som er påkrevd for at analyser for godkjenning av skjell kan bli gjennomført
- \* at staten i en overgangsperiode må bære en vesentlig del av kostnadene ved kontrolltesting

På tross av denne innstillingen, ble det bare bevilget en halv million kroner for 1999 til Veterinærhøgskolen. I forhold til behovet er dette langt fra tilstrekkelig, og medfører at dyrkerne fortsatt må dekke det meste av kostnadene. For å forstå det reelle behovet, må vi se på hva andre land bruker. For eksempel er det i Spania ansatt et 30-talls personer med kontroll av alger og skjell, selv om det aller meste av dyrkingen foregår i et geografisk sett lite område, med et

dyrkingsareal på om lag 3/4 av Sognefjordens. Det offentlige dekker kostnadene. Da New Zealand fikk problemer i 1993, ble det over en treårsperiode brukt 15 millioner kroner til å etablere et kontrollapparat. Det offentlige dekket det aller meste, selv om de på det tidspunktet hadde en etablert næring.

For å drive en adekvat giftkontroll kreves det en høy kompetanse, både av toksikologer, kjemikere og laboratorieingeniører. Denne kompetansen tar det år å bygge opp, og det er ikke forsvarlig å basere seg på midlertidige prosjekt- og stipendiatstillinger. I et stramt arbeidsmarked er det stor risiko for, og høyst forståelig, at personalet velger å gå over i andre, fastere og tryggere arbeidsforhold.

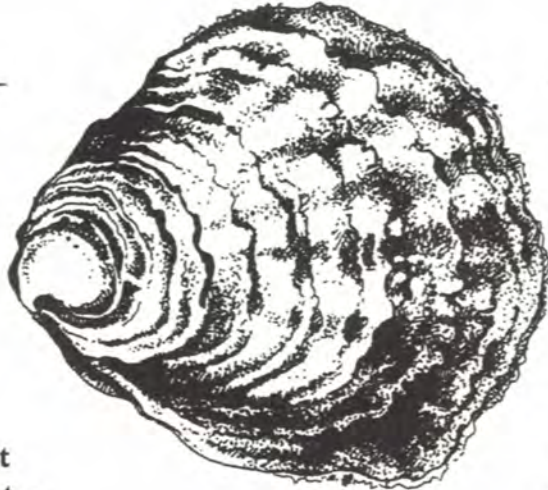
Det er også viktig å påpeke behovet for en spisskompetanse som kan takle nye giftproblemer etter hvert som de oppstår. At de vil dukke opp, er det ikke grunn til å tvile på, det viser erfaringen fra de senere årene. Både i 1995, 1997 og 1998 hadde den irske blåskjellnæringen problemer

med en helt ny gift (KT3). I 1993 dukket det opp nye giftvarianter i New Zealand, men takket være rask etablering av nye kontrollrutiner fikk ikke dette større negative konsekvenser for næringen. Også i den store undersøkelsen i Sognefjorden, som er nevnt ovenfor, tydet enkelte resultater på at det var en ukjent gift til stede. Det verste eksempelet er den såkalte "anamnesic shellfish poisoning", ASP, som forårsaker hukommelsestap. ASP dukket opp i Canada i 1987 og skapte store problemer for en kortere tid. En større forskningsinnsats fra flere fagmiljøer avklarte problemet, og allerede året etter var det etablert kontrollrutiner som dekket næringens behov.

Disse eksemplene viser at det ennå er et godt stykke igjen før Næringskomiteens forslag om "at det gis nødvendige midler til å finansiere den kompetansen som er påkrevd" er tatt tilstrekkelig alvorlig. Før det blir gjort, er jeg stygt redd for at de ambisiøse målsettingene nevnt innledningsvis ikke blir oppfylt.



**Figur 3.5** Norges største blåskjellanlegg hos Lysefjorden skjell i Rogaland. Et miljømessig mønsterbruk, nesten i ett med vannet og naturen omkring.  
*From Lysefjorden skjell, the largest mussel farm in Norway. The environmentalist dream - almost invisible on the water.*



Norsk østers er et spennende produkt - som det imidlertid både produseres og selges lite av. Det ser ut til at østersnæringen strir med problemer i ytterpunktene av produksjonslinjen. I starten er det knapt med yngel til en langsomt økende produksjon, og i siste ledd ligger det et vanskelig skjæringspunkt mellom pris, kvalitet og tilgjengelighet.

#### Marked

Som for de andre skjellartene rår det også en forsiktig optimisme hos dem som arbeider med

østers. Etterspørselen er langsomt økende, og de bedriftene som nå satser på å oppskalere norsk skjellproduksjon, har også planer for østers. Det foreligger ikke helt pålitelige tall for hvor mye østers som ble omsatt i 1998, men tallet ligger sannsynligvis på en halv million stykk. Det aller meste av dette var stillehavsøsters, mens det i det siste har vært beskjedne volumer av den stedegne flatøstersen på markedene. Det er særlig Oslo-markedet som tar unna skjellene, og det meste omsettes på restauranter.

Markedet er fremdeles lite kresent. Flatøsters og stillehavsøsters omsettes oftest om hverandre.



**Figur 3.6** I Agapollen i Sunnhordland etablerte Bømlo Skjell a/s i 1998 et halvintensivt produksjonsanlegg for flatøstersyngel. Produksjonen er beskrevet i teksten.  
*From a traditional oyster-lagoon (pool) at Aga, south of Bergen, where Bømlo Skjell Ltd during 1998 constructed a semi-intensive production plant for flat oyster spat.*



Forbruker betaler oftest det samme for de to artene, og samme pris hele året, for skjell med ulike opphav; uansett størrelse, matinnhold og smak. Resultatet av mangelen på krav fra markedet, er at skjell som frembys holder svært varierende kvalitet. Ofte er skjellene bra, en gang i blant fremragende, men også tidvis så magre og vandige at de ikke burde ha vært lagt ut for salg.

Det er fremdeles et stykke igjen til salg av østers til privatforbrukere vil øke. Folk flest er usikre på østers. På den annen side blir det gjort lite eller ingen ting for å bedre på dette. Til et norsk publikum som gradvis blir mer og mer bevisst på skjell, skulle det på noe sikt være mulig å finne tilbake til den gamle tradisjonen med å bruke østers som festmat. Starten må være å få:

- \* spredd mer kunnskap og informasjon om østers
- \* bedre tilgjengelighet for den allmenne forbruker
- \* jevnere, mer definert og mer påregnelig kvalitet - og
- \* et fornuftig forhold mellom pris og kvalitet

### Yngelproduksjon av flatøsters- en spennende utvikling

Yngelproduksjon av flatøsters har de siste 110 år skjedd ved gyting av stamøsters og påfølgende yngelinnsamling i ynglepoller. Produksjonen de siste årene har vært både uberegnelig og lav. Kun et par poller har vært i drift, og den totale, årlige

norske produksjonen har vært på under en million setteskjell. I tillegg er det enkelte år produsert i størrelsesorden en halv million yngel av stillehavsøsters. Dette har vært nok til å forsyne de få dyrkerne som har dyrket østers frem til konsumstørrelse, men gir ikke grunnlag for noen økt norsk østersproduksjon.

Skjelldyrkerne er nå begynt å arbeide for å få til en fullskala, pålitelig yngelproduksjon av flatøsters. To initiativer er verd å merke seg:

Det er for det første produsert yngel i klekkeri. Denne arten har vist seg vanskelig å få frem i klekkeri, og vi kan håpe at resultatene fra i fjor representerer starten på et supplement til den tradisjonelle produksjonen i poller.

For det andre ble en av de gamle pollene i løpet av 1998 rustet opp til et moderne halvintensivt anlegg. Som vist på figur 3.6 er det bygd flytende anlegg i pollen. Det omfatter gytekar og gjennomstrømningsanlegg hvor vannet i pollen brukes både som varme- og førkilde.

Produksjonen er som følger: Stamøsters slipper larvene i et kar. Larvene siles fra i utløpet av karet og overføres til svarte plastposer som henger i pollen. Posene tilføres vann fra pollen, som er filtrert slik at det er fritt for rovdyr og fødekonkurrenter. Larvene lever på planteplankton i pollvannet. De pumpes over til siler i et gjennomstrømningsanlegg på flåten før de skal slå seg ned på et fast underlag. Det skjer etter sju til

### PRODUKSJONSSYKLUS FOR FLATØSTERS

Alder	Årstid	Produksjonsfase	Nøkkeldata
0	Sommer	Gyting Larvefase  Veligerlarve Bunnslår Yngelsamling	Avhengig av sjøtemperaturen Larvene er ca én uke i kappehulen hos morøstersen Str. ca 1/10 mm, fritt svømmende Ca 2-3 uker gammel På ulike samlere
3-9 mnd.	Samme høst el. våren etter	Setteskjell ↓	Str. ca 20-30 mm avh. av årstiden Plasseres i kasser, kurver, nett o.l.
3-5 år		Høsting	60 g el. mer Årsproduksjon: 10-20 tonn (1998)

fjorten dager, og ved å observere larvene i et mikroskop kan skjelldyrkeren anslå hvor lenge det er til nedslaget. Larvene fester seg til et kalkgranulat, og står i gjennomstrømningsanlegget til de er tre til fire millimeter. Da overføres de til neste og større gjennomstrømmingssystem på naboflåten, hvor yngelen kan stå frem til den når salgbar størrelse, eller flyttes ut av anlegget og settes på en annen lokalitet.

Dels som "prøvekjøring" av anlegget og dels som tradisjonell polldrift, ble det første sesong produsert mellom en og to millioner yngel. Da vinteren kom, var en del av yngelen ganske liten, så utbyttet må beregnes til våren. Drift og anlegg ser lovende ut, og anlegget bør kunne levere mye av den flatøstersyngelen som trengs de neste årene.

#### **Yngelproduksjon av stillehavsøsters**

I motsetning til flatøstersen lar stillehavsøstersen seg produsere relativt enkelt i klekkeri. I 1998 ble det produsert omlag 400.000 yngel i poser i Espevikpollen ved SEALIFEs skjellanlegg på Tysnes i Hordaland. Yngelen vil sannsynligvis gå inn i bedriftens egen produksjon.

#### **Østersdyrking**

Det dyrkes konsumøsters i en rekke skjell- dyrkingsanlegg langs kysten. Dyrkingen skjer hovedsakelig i tradisjonell hengekultur med kurver eller nett. Den såkalte ATLANTIS-modulen som er utviklet og tatt i bruk ved Bjerga østers i Rogaland, representerer en videreutvikling av de klassiske dyrkingsenhetene. Denne er større enn de gamle enhetene. Prinsippet er tre-fem (flere er mulig) store brett i høyden, hvor hvert Brett er trukket med not for å holde skjellene på plass. Dette gir en fri vannflyt mellom brettene og derav god vanntilførsel over hele brettflaten. Hver brettenehet har plass til 30.000 stk 15 millimeter yngel, eller 3.000 yngel helt frem til konsumstørrelse. Bjergas erfaringer er positive med hensyn til østersens vekst og overlevelse. Gevinsten ligger for det første i at systemet er lett å holde rent, noe som er direkte relatert til skjellenes vekst, og for det andre i at han får færre enheter, og derav lettere oversikt over biomassen i anlegget. Systemet krever imidlertid maskinell håndtering, og utfordringene ser ut til å ligge i å utvikle en optimal håndtering.

## ANDRE SKJELLARTER:

### Små volumer i dag - syssetsetting, inntjening og næring i morgen?

Jan Brødreskift,  
Oppdrettskonsulent på Fosen

Dette kapittelet gir en kort oversikt over aktiviteten på en del arter som er utnyttet i beskjedne grad. Med bakgrunn i at vi har en generelt økende etterspørsel av sjømat - og at vi har et europeisk marked som kan ta i mot alle tenkelige og utenkelige arter - så er det opplagt at vi i Norge har et stort potensial i å bruke mer utradisjonelle arter i konsumsammenheng.

#### Nye tider, nye trender, ny mat

Gjennom større reiseaktivitet hos nordmenn og ved at flere turister kommer hit, får vi et bedre innblikk i de internasjonale mattrendene. Dette bidrar både til at vi utvikler et hjemmemarked for nye råvarer, og at vi blir i stand til å tilpasse våre produkter til internasjonale markeder.

På restaurantbord i Europa finner vi kjente arter fra fjæresteinene her hjemme, som vi opp gjen-

nom tidene kun har sett på som leker for barna. Sannsynligvis inneholder kysten av Norge så store mengder av slike arter at det er et grunnlag for næringsaktivitet.

For at næringsaktiviteten skal bli en realitet må det bygges opp kompetanse innenfor en del grunnleggende områder som ressursforvaltning, fangstteknologi, logistikk, markedskunnskap o.l. På samme måte som for de artene som er omtalt tidligere, er gode og rimelige rutiner for algegifttesting en forutsetning også her.

#### Dagens situasjon

Det er i Trøndelag man har kommet lengst med å prøve ut de lite utnyttede artene, derfor er de anslåtte fangstvolumene i teksten under basert på en spørreunde blant de mest aktive bedriftene i Trøndelag. En spørreundersøkelse blant fiske-

#### HJERTESKJELL (*Cardium edule*)

Fangstet volum er omlag 20 tonn  
Pris til fisker kr 18 per kilo

Hjerteskjell høstes fra naturlige forekomster. Det benyttes i dag manuelle metoder. Jernrive er det mest brukte redskapet ved høsting av hjerteskjell, og en flittig sjel på en god lokalitet kan gjøre seg en bra dagsinntekt med enkle hjelpemidler. Ejektorpumpe for høsting av hjerteskjell er under utprøving hos et par aktører i Trøndelag.

En gårdbruker fra Bjugn betegnet den nye hjerteskjellsankingen som en kulturbærer ved at en holdt "potetgrevet" i hevd på gården.

Hjerteskjell er et godt innarbeidet produkt på de europeiske markedene. De volumer som omsettes i Nederland og Frankrike gjør at Norge knapt



kan regnes som en "miniputtnasjon" i denne sammenhengen. Dette er imidlertid i ferd med å endre seg, da de foreløpige tall fra 1998 viser en svært positiv økning i fangsting av hjerteskjell. Det arbeides aktivt og målrettet med å kartlegge bestandene, effektivisere innhøstingsmetodene og øke den innenlandske omsetningen.

salgslag langs kysten viser også at det bare er i Trøndelag og nordover at det foregår *lovlig* fangst og omsetning av skjell. Det fangstes og omsettes nok skjell også sør for Trøndelag, så

tallene er derfor omtrentlige. For å få et inntrykk av hvor vi befinner oss i dag, kan vi oppsummere situasjonen for en del av de artene som kan ha et potensial på relativt kort sikt.

### **STORT SANDSKJELL (*Mya arenaria*)**

Det høstes kun ubetydelige mengder av stort sandskjell og andre sandskjellarter i Norge. En rekke sandskjellarter er godt innarbeidet i det europeiske markedet, så vi har et potensial om vi klarer å utnytte det ressursgrunnlaget som finnes. Stort sandskjell ligger i sanden, under hjerteskjellene. Det vil si at man må grave relativt dypt for å finne dem, gjerne 20-25 centimeter ned i sanden. Det er ikke gjort noen bestandsundersøkelser verken på stort sandskjell eller andre norske arter, og en kommersiell utnyttelse betinger at effektive fangstmetoder tas i bruk.



### **OSKJELL (*Modiolus modiolus*)**

Anslått volum er 15 tonn. Pris til fisker 5 - 6 kroner per kilo

I dag plukkes det en del oskjell av dykkere, men mer og mer blir fangstet ved skraping. Dette er en gammel metode. Skrapene har en tendens til å skade en del skjell, og resten av bunnfaunaen, men forhåpentligvis utvikles det etter hvert metoder som vil fungere tilfredsstillende. Det er laget en prototype av en grabb utstyrt med kamera, som kan høste skånsomt og selektivt.



Vi har tradisjon for å fangste oskjell på norskekysten, da de tidligere ble benyttet som agn. Tilsynelatende er det store ressurser av oskjell. Den markedsmessige situasjonen tilsier kanskje ikke at det er stor fare for overbeskatning i dag. Årsaken til dette er i hovedsak at det ikke er etablert et europeisk marked for denne skjellarten, og at det vil kreve et møysommelig markedsarbeid for å øke omsetningen i stor grad. Hvis uttaket av oskjell øker, er det sannsynligvis nødvendig med en planmessig forvaltning. Undersøkelsene som ble gjort for mer enn 50 år siden kan da bli svært verdifulle.

### **KUSKJELL (*Arctica islandica*)**

Anslått volum er ett til to tonn. Pris til fisker er ca 10 kroner per kilo.

Fangstingen skjer ved skraping eller ejetorpumpe. Noe plukkes også av dykkere.

Kuskjell har et visst internasjonalt marked og utgjør dermed et potensial for norske aktører. Skjellene finnes mange steder i relativt store mengder. Denne skjellarten har også vært noe benyttet til agn. I den senere tiden har denne



ressursen vært svært lite beskattet. De forekomstene som finnes er preget av at det er en stor andel av gamle skjell i fangstene. Forskjellen på gamle og yngre skjell er så markant at en ikke kommer inn på markedet med svarte og store skjell når det er de yngre, mindre og brune som etterspørres. Gjennom en periode med intensiv prøvehøsting kan vi få klarlagt om man kan endre alderssammensetningen i bestandene, slik at produktet kan bli mer attraktivt for et internasjonalt marked.

#### **KNIVSKJELL (*Ensis ensis*)**

Fangstet volum er ubetydelig. Skjellene blir skrappt/ploget opp av sanden. Ejektorpumpe kan muligens benyttes.

Knivskjell er også en art vi finner på europeiske fiskemarkeder. Volumene som omsettes av denne arten er ikke ubetydelige på verdensbasis. Det er blant annet påvist store forekomster av kniv-

skjell rundt De britiske øyer, og i England drives det kommersiell fangst av knivskjell. I 1997 ble det der fangstet 220 tonn knivskjell til en verdi av ca. kr 500 000. Den relativt tøffe innhøstingen har møtt motstand fra miljøvernensiden, noe som igjen begrenser uttaket. Mange områder rundt De britiske øyer er ikke ulike de vi finner igjen på vår kyst.

Knivskjellet vokser et stykke ned i sanden, og er avhengig av et visst press for å overleve. Dette stiller spesielle krav til innhøsting og pakkeprosess. Så snart skjellene kommer til overflaten, må de omgis med et trykk som man oppnår ved å bunte skjellene sammen og sette et stramt strikk rundt bunten. Skjelldykkere med lang erfaring i bransjen hevder at det også i Midt-Norge finnes store forekomster av knivskjell. Utfordringen vil også for oss bli å finne en skånsom innhøstingsmetode som ikke skader den øvrige bunnfauna.

#### **HARPEKJELL (*Aequipecten opercularis*)**

Ubetydelig høsting og omsetning

Harpeskjell er en lite påaktet art. Dette til tross for at den er meget velsmakende, har et meget tiltalende utseende og er relativt rask å produsere. De forsøk som er gjort med harpeskjell er basert på villfanget yngel i løksekker. Yngelen blir deretter dyrket fram i kurver. Harpeskjella kan være salgbare i en alder på 1 1/2- 2 år. På Møre og i Sunnfjord har dette vært forsøkt i flere år. Arbeidet må følges opp og støttes av myndighetene, skal en kunne få en oppskalering og kommersialisering. Produktets gastronomiske kvaliteter tilsier at man kan opparbeide et marked i takt med en økende produksjon.



**Figur 3.7** Fire kamskjellarter fra norske farvann. Fra venstre: stort kamskjell, urskjell (øverst), harpeskjell og haneskjell.

*Four scallop species found in Norwegian waters. From left: king scallop, black scallop (top), queen scallop and Iceland scallop*

## HANESKJELL (*Chlamys islandica*)

Haneskjell er den skjellarten det landes mest av i Norge. Det registrerte kvantumet av haneskjell i 1998 er på 761.790 kilo. Dette kvantumet er muskel og gonade. Muskel og gonade utgjør ca 20 % av levendevekten. Dermed kan det se ut som den totale fangsten av haneskjell levert i Norge er på 3.800 tonn. Dette er hovedsakelig levert av russiske trålere.

Haneskjella er underlagt den samme toksinkontrollen som dyrkede skjell. Skjella blir rensset og frosset om bord. Muskelen pakkes i kartonger á 15 kilo. Følgende sorteringer brukes: 30-40 stk. per kilo, 40-60 stk. per kilo og 60-80 stk. per kilo. Pris til fisker er ca 70-80 kroner per kilo.

## ANDRE ARTER

Vi har her vært innom noen av de skjellartene vi har forekomster av i våre kystfarvann. Flere utradisjonelle arter har helt sikkert et næringspotensial. I løpet av de kommende årene vil vi få se en svært spennende utvikling på dette området. Det betinger at næringen og myndighetene griper fatt i de utfordringene som ligger der, og at virkemiddelapparatet rettes inn mot dem som så smått har kommet i gang. De bedriftene som gradvis nå omsetter mer og mer av disse "utradisjonelle" skjellartene, arbeider gjerne også med andre ressurser. To spennende arter er verd å merke seg:

## STRANDSNEGLER (*Littorina* sp.)

Fangstet volum er 50 kilo. Pris til fisker ligger på om lag 10 kroner per kilo. Fangst-metoder er plukking eller bruk av ejetor-pumpe



På europeiske fiskemarkeder omsettes strand-snegler i relativt store volumer.

Strandsneglens status i Norge er i beste fall som irritasjonsmoment for badegjester, og leketøy for barn. Kontrasten er da stor når man for eksempel på finere restauranter i Nederland finner igjen sneglene som forret. Strandsneglene står gode og varme i en bolle på bordet sammen med knappenåler som blir benyttet som spiseredskap. Ved besøk hos grossister i Nederland har vi sett at det ble omsatt pallevís av denne arten, og det kom til uttrykk ved at de ikke greide å skaffe nok til sine kunder. Skal vi betjene et slikt marked, er det en betingelse at innhøstingen effektiviseres.

## STRANDKRABBE (*Carcinus maenas*)

Anslått volum ca 1 tonn

Pris til fisker rundt 10 kroner per kilo

Fangstmetode er teiner

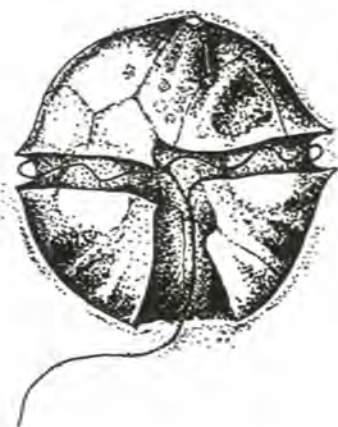
Strandkrabben har også en helt annen status internasjonalt enn den har her hjemme. I Trøndelag er det næringsaktivitet basert på taskekrabbe, og denne aktiviteten er i god utvikling. Ressursgrunnlaget av strandkrabbe er ikke kartlagt. Men enhver som har hatt fiskeredskap stående i sjøen vet at strandkrabben finnes nesten overalt og til tider i svært store mengder. Under skalldyr-festivalen i Oslo sist sommer, ble det satt fram en kasse med strandkrabber, nærmest som en kuriositet. Denne kassen vakte imidlertid stor oppsikt blant innvandrere fra det fjerne Østen. Innholdet i kassen ble gjennomgått med en faglig mine som kunne imponere. Imponert ble de derimot ikke over kvaliteten på krabbene. Krabbene var nærmest uten mat og rogn, og besto for øvrig bare av hannkrabber. Ved å bruke den kunnskapen vi har om strandkrabbens biologi, kan vi kanskje legge grunnlaget for økt utnyttelse av strandkrabbe. Vi har et voksende innenlandsmarked blant innvandrere, og eksport kan absolutt være aktuelt.



## Algegifter i skjell, status 1998

Einar Dahl,  
Havforskningsinstituttet  
Forskningsstasjonen Flødevigen

I regi av Statens næringsmiddeltilsyn (SNT) har det de senere år vært en overvåkning av forekomsten av algegifter i skjell. Målet for virksomheten er å kunne råde allmennheten om plukking av ville skjell langs kysten.



Det dreier seg om et samarbeid mellom mange institusjoner. I 1998 deltok foruten Havforskningsinstituttet også Fiskeridirektoratet ved Fiskerisjefen for Skagerrak, OCEANOR, NIVA, Veterinærhøgskolen og Næringsmiddelkontrollen i Midt-Rogaland i analysearbeidet. Næringsmiddelkontrollen i Trondheim sto for den daglige styringen av prosjektet som i flere år har hatt avgjørende finansiell støtte fra SNT. I 1998 foregikk denne overvåkingen på 27 stasjoner fra svenskegrensen til Finnmark fra slutten av mars til midt i oktober. Prøvene samles og videresendes av de deltagende lokale næringsmiddelkontroller for egen regning.

Overvåkingen baserer seg på ukentlige algeanalyser av vannprøver og håvtrekk med vekt på forekomst av potensielt giftige alger som kan opphopes i skjell, og på kontrollmålinger av giftinnhold i skjell ved bruk av såkalte musetester. Det er i hovedsak to kjente grupper av algegifter som opptrer langs kysten hvert år, men i varierende grad. Det er lammende (paralytiske) gifter og diarégifter. Giftene opphopes i skjellene ved at de spiser giftige alger fra slektene *Alexandrium* og *Dinophysis*. Som grunnlag for varsling utfra algeanalysene er det etablert et sett av faregrenser. Publikum frarådes eksempelvis å plukke og spise skjell fra et område når det registreres flere celler av *Alexandrium* i en håvtrekksprøve eller når antallet av *Dinophysis* i en vannprøve er 1 200 celler per liter eller mer. Et-

ter en advarsel mot plukking av skjell i et område på grunn av algesituasjonen, vil det etter en tid bli sjekket for algegift i skjellene ved musetest. Der som musetesten viser at det ikke er gift i skjellene, og algebildet viser at faren er over, vil advarselen normalt opphøre.

Et problem for rådgivningen er at algene varierer i giftighet. Men av føre var-hensyn går man stort sett ut fra at de alltid er giftige. Det hender derfor ikke sjelden at selv om potensielt giftige alger har vært tilstede i et område over faregrensene, så finner man ikke algegift i skjellene. Til tross for slike svakheter, som i stor grad kan avhjelpes ved økt bruk av ressurser, har programmet vært svært nyttig. Bruken av ville skjell synes økende, men uten at det er dokumentert, skjelldyrkere får verdifull informasjon om alge- og giftsituasjonen langs store deler av kysten, og programmet har over tid generert nyttige data for økt faglig innsikt i giftalgeproblematikken langs vår kyst.

I løpet av 1998 ble det analysert ca 1 500 algeprøver og utført ca 150 gifttester innenfor prosjektet, som fortsetter i 1999. Data blir distribuert løpende til de deltagende næringsmiddelkontroller, som svarer på spørsmål fra publikum. Dessuten kan man lese om giftsituasjonen i skjell på NRK tekst-TV side 388, eller ringe en "blåskjelltelefon", 22 24 62 99. Utdrag av resultatene inngår i en ukentlig "Algeinfo", som i regi av Havforskningsinstituttet blir lagt ut på Internet med adresse: <http://www.efan.no/alger/alg.htm>.

En oppsummering av resultatene i 1998, uke 13-43, fremgår av tabellen Kostholdsrad 1998. Den viser at på strekningen Østfold-Telemark, opptrådte i all hovedsak bare *Dinophysis* i mengder over faregrensen i 1998. De utførte gifttester

på mus registrerte imidlertid ikke diarégift i skjellene noen gang. Utfra algebildet ble publikum advart mot å plukke skjell i opptil 12 av 30 uker.

I Aust- og Vest-Agder var det *Alexandrium* som var årsak til varsler om giftfare om våren og *Dinophysis* om høsten. Der ble påvist paralytisk gift i skjell i uke 21 og 22 og diarégift i uke 40. I 11 av 30 uker ble det advart mot å plukke skjell. I Flødevigen tas mer omfattende og regelmessige algeprøver og gifttester, og overvåkningen går hele året. Resultatene demonstrerer i 1998 - som i tidligere år - at man kan holde oftere åpent for plukking av skjell i Aust-Agder enn i Vest-Agder fordi man bruker mer ressurser på å følge med på situasjonen.

Fra Rogaland og nordover ga forekomsten av *Alexandrium* grunnlag for å advare publikum mot plukking av skjell gjennom våren og tildels sommeren. Fareperioden begynte i store trekk senere på året ettersom man beveget seg nordover. Godt oppe i Nord-Norge oppsto faren først utpå sommeren og så sent som i slutten av august i Øst-Finnmark. Det var imidlertid store lokale forskjeller. På strekningen Rogaland-Finnmark ble det ved Rissa (Trondheimsfjorden) ikke frarådet å avstå helt fra skjell noen gang i hele perioden, uke 13-43, og den gode situasjonen ble jevnlig bekreftet ved musetester. Motsatt var det midt i Sognefjorden (Menes) hvor man ble advart mot å plukke skjell i 22 av 30 uker. Her

må det nevnes at omfattende studier i Sognefjorden har gitt innsikt i store lokale forskjeller, med størst problemer innover i fjorden og lite problemer utover. Sognefjorden var for øvrig det eneste stedet ved siden av Lundsvågen (Rogaland), Cap Clara (Romsdal) og Namdal, på strekningen Rogaland-Finnmark, hvor *Dinophysis* forekom over faregrensen. I Sognefjorden og i Romsdal ble det påvist diarégift i skjell i henholdsvis uke 34 og 20/22. Ellers viste mange musetester at det ikke var paralytiske gifter i skjell selv om de hadde vært eksponert for *Alexandrium* i farefulle mengder. På den annen side fremsto noen lokaliteter, Romsdal, Hitra/Frøya, Brønnøysund og Vadsø, som mer utsatt for opphopning av paralytiske gifter i skjell. Den klart høyeste konsentrasjonen av paralytiske gifter, ca 8000 muse-enheter per 100 gram skjellmat, ble funnet i Romsdal 25. mai (uke 22).

I sum var problemene med skjellgifter langs kysten i 1998 nokså normale, kanskje noe større enn vanlig på Sørlandet og i deler av Nord-Norge. Men for enkelte områder i landsdelen har vi såpass kort erfaring med overvåkning at vi ennå ikke kjenner til hva som er "normalt". Det kan leses mer om giftalger og algegifter i temaartikkel i Havets miljø 1999.

Takk til Statens Næringsmiddeltilsyn for tillatelse til å bruke overvåkingsdata.





## Skjellanlegg - både produksjon og miljøforbedring?

Einar Dahl, Havforskningsinstituttet,  
Forskningstasjonen Flødevigen

**Skjell lever av å filtrere partikler ut av vannet og fordøye partiklens næringsinnhold. Den viktigste maten er havets mikroskopiske alger, planktonalgene, men skjell kan også utnytte andre typer partikler som svever i vannet. Blåskjell er vårt vanligste skjell og lever langs hele kysten. Det finnes ned til et par hundre meters dyp, men vokser hovedsakelig i de øvre to-tre meterne. Det tåler store variasjoner i saltholdighet og temperatur, er tilpasningsdyktig og robust.**

Innmat av skjell er godt, næringsrikt og sunt, og når vi utnytter skjell høster vi fra naturen på en miljøvennlig og rasjonell måte. Dette er i seg selv gode nok grunner til å satse på skjellproduksjon i Norge. Men etablering av flere og flere skjellanlegg langs kysten har også interessante sider av miljø- og forvaltningsmessig betydning, som jeg her kort vil komme inn på.

Det er vel kjent at store, naturlige forekomster av skjell fjerner planktonalger fra sjøen på en effektiv måte og derved "rensar" vannet. Når de spiser alger og andre partikler, tar de opp i seg blant annet det fosfor og nitrogen som algene inneholder. Opptil 70-80 % av algebiomassen i form av klorofyll ble holdt tilbake av blåskjell i noen innledende forsøk vi nylig utførte med blåskjell i kar med gjennomstrømmende vann.

Den samme reduksjonen i klorofyll rapporterte nettopp svenske kolleger i vann som passerte over store, naturlige blåskjellbanker i Øresund. Blåskjellbankene forårsaket en omrøring av det utstrømmende vannet, som bidro til at hele vannsøylen med dens innhold av planktonalger, over en viss strekning, kom i kontakt med skjellene på bunnen. Vannet i Øresund er uvanlig klart på grunn av blåskjellenes filtrering. Skjell skiller imidlertid også ut betydelig med stoffer i form av partikler og oppløste stoffer. I Øresund ble det blant annet beregnet at skjellbankene slapp ut opptil 0,7 tonn ammonium per time, som er viktig næring for algeveksten nedstrøms.

I Øresund, hvor ca 900 000 tonn levende skjell - de fleste mindre enn 4 cm med bare ca 10 % matinnhold - danner store, naturlige skjellbanker som ikke høstes, er skjellenes hovedrolle at de omdanner partikler til oppløst materiale. De fjerner ikke stoff, men gjør vannet lokalt klarere.

I Sverige har man allerede i flere år også utført studier av miljøkonsekvenser av blåskjellanlegg og vurdert slike anleggs potensial i fjordforbedringssammenheng. Eksempelvis har vi beregnet nitrogenomsetningen for et flåteanlegg på 400 m<sup>3</sup> som produserer 50-100 tonn med skjell hvert annet år (levende vekt). Av inntatt partikulært nitrogen på ca 2,8 tonn i løpet av to år, går 1,3 tonn nokså direkte tilbake til vannet, 0,8 tonn synker ned under anlegget i form av partikler, og 0,7 tonn kan høstes. Dersom man slamsuger under anlegget og deponerer slammet på land, vil et slikt anlegg ha en "virkningsgrad" på ca 50 % i forhold til hvor mye nitrogen algene har spist (inntatt).

I 1990 beregnet man at det kostet ca én svensk krone å dyrke og høste ett kilo blåskjell, og slamsuging ble anslått til 0,1 kr per kg. Totalkostnader med å produsere 200 tonn skjell og suge opp 240 tonn slam ble da 230 000 kr. Oppjusterer man tallene for nitrogenfjerning for flåteanlegget over, betyr det at man fjerner ca 3,7 tonn nitrogen når man høstet de 200 tonn blåskjell etter to år, og samtidig fjernet slammet under anlegget. Samtidig fjernet man også drøye 500 kilo fosfor. Til sammenligning kan skytes inn at 1 personekvivalent nitrogen og fosfor er henholdsvis ca 4,4 kg N og 0,6 kg P per år. Med andre ord kan et blåskjellanlegg på 200 tonn, som høstes og slamsuges hvert annet år, i grove trekk balansere nitrogen og fosforutslippet fra ca 400 personer. Dersom det bare høstes og ikke slamsuges, balanserer det utslippet fra ca 200 personer. Prisen på nitrogenfjerning ved bruk av skjell i Sverige i 1990 var konkurransedyktig med prisen ved bruk av mer konvensjonelle

rensemetoder for nitrogenrensing av kloakk, og man satt igjen med blåskjellbiomasse som kunne selges. I "rensesammenheng" i Sverige var likevel skjellanlegg heller sett på som en av flere muligheter til fange opp og utnytte nitrogen som blir tilført våre kyster via elver og diffus avrenning. Det utgjør de viktigste menneskeskapte kildene, som det er problematisk å redusere (Nordsjøavtalen for nitrogen er ikke oppfylt av noen land). Ideen fanget imidlertid ingen stor interesse.

Ved en eventuell anvendelse av skjell til oppsamling/balansering av næringssalter til sjøen via kloakk bør det være en selvfølge å grovrense og organisere selve utslippet av kloakk på en slik måte at man ikke får betydelige primæreffekter. Skjell må ikke dyrkes i sirkulasjonsmessig nærkontakt med utslippet. Da blir de lett infisert med mulige sykdomsfremkallende bakterier, også om et kloakkutslipp er høygradig rensert. En nærliggende løsning er å slippe kloakken ut, under spranlaget, på nokså dypt vann på lokaliteter hvor den hurtig fortynnes uten å trenge opp til overflatelaget. Med kjennskap til de lokale, hydrografiske forhold kan man, blant annet fordi vårt kystvann er utpreget lagdelt, de fleste steder nokså enkelt sikre seg at skjell i overflaten

ikke påvirkes av små, lokale utslipp under spranlaget. Skjellene tar med andre ord ikke opp akkurat de molekyler med nitrogen og fosfor som kommer via kloakken, men noen andre, som kanskje naturlig finnes i overflaten. Poenget blir at man i sitt nærområde samler opp igjen like mye som man slipper ut og ikke belaster naboen nedstrøms.

To, vanlige og uønskede, effekter av eutrofiering er; 1) økt partikkelmengde i sjøen på grunn av økt planktonalgevekst og; 2) økt sedimentering av organisk materiale i sårbare kyst- og fjordbasseng. Skjellanlegg kan direkte motvirke slike effekter ved at det tar opp i seg partikler fra det gjennomstrømmende vannet og konsentrerer sedimentasjonen til området under og like ved anlegget. Dersom anlegget lokaliseres i grunne partier i en fjord, så kan det bidra til å redusere sedimentasjonen til fjordens dypere og mer sårbare deler. Flere fjord- og kystbassenger langs kysten har fått en økt organisk belastning, derved et større oksygenforbruk og et lavere oksygeninnhold i dypet gjennom de siste 20-30 år. Lokalt er til dels betydelige bunnarealer og vannvolumer blitt ødelagt som leveområder for fisk og mange virvelløse dyr.

## SKJELLANLEGG

### Noen positive sider

+ Man produserer på en «økologisk fornuftig» måte en verdifull biomasse med mange anvendelser:

- \* menneskemat
- \* råstoff til dyrefôr (fisk eller andre husdyr)
- \* skall og eventuelt innmat til jordforbedring (kalkholdig)
- \* råstoffkilde til spesielle kjemiske produkter
- + "Rensemetode", fjerner partikler/alger direkte (gir klarere vann)
- + Sedimentasjon kan styres til bunnområder som tåler belastningen, evt. suges opp
- + Metoden er enkel og trolig kostnadseffektiv
- + Anlegg kan enkelt flyttes/fjernes og størrelse kan varieres
- + Rikt dyreliv ved og under anlegget, eksempelvis fisk og skalldyr



### Noen negative sider

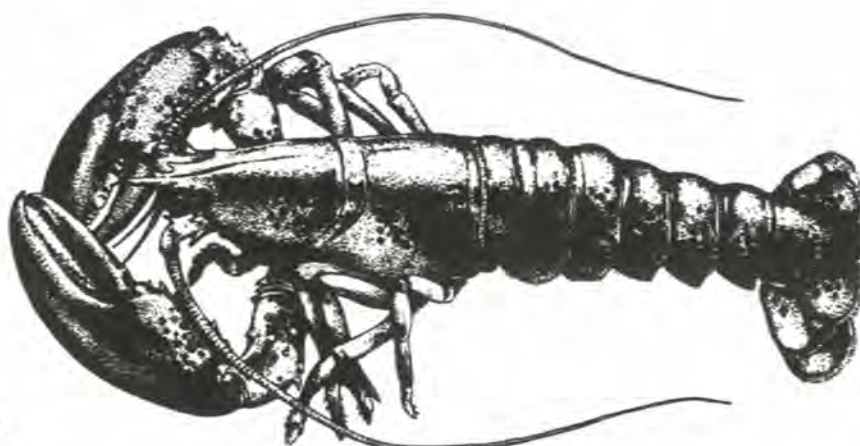
- Fysisk hindring av ferdsel, eventuelt stygt å se på
- Påvirker vannsirkulasjonen
- Økt lokal sedimentering/tilslamming
- Negativ påvirkning dyre- og plantelivet lokalt
- Modifiserer planktonsamfunnet

I Norge er de samlede utslipp av næringsalter fra fiskeoppdrett blitt store, og det er uttrykt frykt for at det kan føre til eutrofieringseffekter. Skjellanlegg kan tenkes brukt til "oppsamling" av slike utslipp. Det er påvist at blåskjell vokser ekstra godt i nærheten av fiskeoppdrett.

Blåskjell kan effektivt filtrere partikler fra 1-2 mikrometer i diameter (bakterier) oppover til mange titalls mikrometer og behøver i prinsippet ikke forandre den størrelsesmessige sammensetningen av planktonsamfunnet så mye. Det kommer imidlertid mer og mer dokumentasjon på at skjellene kan sortere ut partikler i betydelig grad, og det kan tenkes å ha betydning for hvordan de påvirker planktonforholdene i vannmassene.

En stikkordsmessig oppsummering av mulige positive og negative sider av skjellanlegg er vist i rammen. Listen kan gjøres lenger. Blåskjell er som nevnt innledningsvis meget vanlig langs kysten av Norge. Langs mange strandlinjer blir det likevel ofte såpass fort dypt at det fra naturens side ikke er plass til så mye skjell. Men vi ser at når vi legger ut bøyer og tauverk så kommer fort påvekst av skjell. Det forteller om et formidabelt produksjonspotensial om man velger å gi skjellproduksjon en høy prioritet. Men av mange årsaker, også miljømessige, bør en øke satsingen gradvis, gjennom et innsiktsfullt samarbeid mellom forvaltning, næring, ulike brukere av kystsonen og en bred fagekspertise.

## 4. KREPSDYR OG PIGGHUDER



**Hummer -  
gjenfangst i Kvitsøyforsøket**

Knut E. Jørstad og Ann-Lisbeth Agnalt  
Havforskningsinstituttet

Hummerfisket har lange tradisjoner i våre kystområder, med årlige fangster i 1930-årene på rundt 1000 tonn. Fram til 1960 varierte fangstene fra 600 til 800 tonn, mens fisket nærmest kollapset på midten av 1960-tallet. De siste tiårene har fangstene ligget på et lavmål rundt ca. 30 tonn. I den beste perioden stod Norge for 40 % av totalfangsten av hummer i Europa, mens vi i de seinere årene faktisk har importert hummer fra Skottland.

Dette var bakgrunnen for at hummer ble tatt inn som en av artene i havbeiteprogrammet PUSH i 1990, og formålet var å undersøke om det var mulig å bygge opp bestanden igjen ved hjelp av kontrollerte utsetninger. I perioden 1990 til og med 1994 ble det satt ut i alt 125 000 merkede hummerunger på Kvitsøy i Rogaland. Et meget effektivt apparat ble organisert sammen med Kvitsøy kommune og de lokale fiskerne for å kontrollere all fangst av hummer på Kvitsøy med merkedetektor, og mer enn 90 % av fangstene dekkes i dag.

De første havbeitehummerne ble registrert i fisket i 1992-93, og andelen utsatt hummer har økt sterkt i perioden fram til i dag. Registreringene under fisket viser også en klar oppgang i antall og andel havbeitehummer i fangstene på Kvitsøy

i 1998 (figur 4.1). I høstfisket i 1998 økte andelen havbeitehummer til hele 60 % av totalfangsten, fra 43 % i 1997. På grunn av værforholdene om våren, fiskes det delvis på andre lokaliteter enn hvor det er satt ut hummer, men også i dette fisket økte andelen havbeitehummer i 1998 til 21%, fra 13 % i 1997.

I tillegg til HIs egne fangstregistreringer fører et utvalg av fiskere nøyaktige fangstdagbøker over de daglige fangstene. Dette gir en mer realistisk fremstilling av utviklingen i fisket. Også fangst (antall hummer) per teinetrekk viser en kraftig økning denne høsten, noe som først og fremst skyldes økningen i fangsten av havbeitehummer.

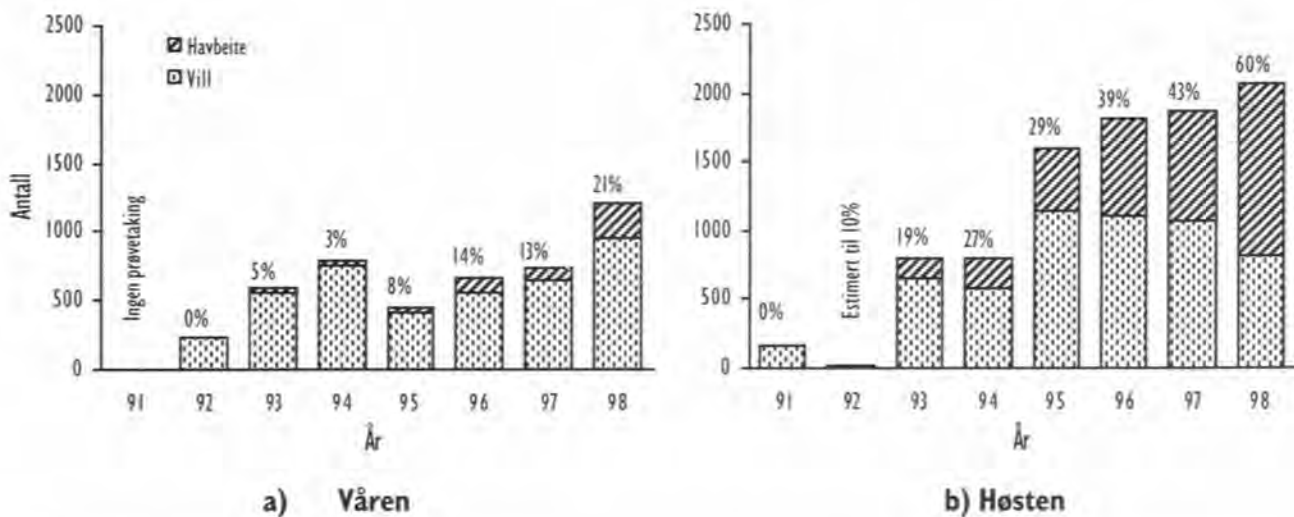
Det finnes i dag ingen sikker metode for aldersbestemmelse av hummer, og omfattende merkegjenfangstforsøk både på vill og utsatt hummer ble satt i gang i løpet av sommeren 1996. I perioden fram til i dag er i alt 868 vill hummer og 1.051 havbeitehummer blitt merket med et individuelt merkenummer. Foreløpig er 395 hummer gjenfanget i de kommersielle fangstene, og det er ventet ytterligere gjenfangster i årene fremover. Gjennom disse undersøkelsene får vi nå grunnleggende kunnskap både om vekst, vandring, kjønnsmodning, bestandsstørrelser og beskatning.

Sammenlignet med utsetningsforsøk med europeisk hummer i andre land, er resultatene fra Kvitsøy unike. De norske gjenfangstforsøkene er de mest omfattende som foreløpig er gjennomført i Europa (tabell 4.1), og gjenfangstperioden er på langt nær fullstendig. Hummer fra de første utsettingene fanges fremdeles, og de siste utsettingene har så vidt begynt å rekruttere til fisket. Til tross for dette, ligger den gjennomsnittlige gjenfangstprosenten på Kvitsøy (3,7 %) langt over tilsvarende tall fra andre utsettinger (1,3–2,4 %). I den største engelske utsettingen i Bridlington ble det totalt gjenfanget 653 hummer. Til sammenligning er det foreløpige tallet fra Kvitsøy på 4 520 hummer.

Selv om gjenfangstperioden på Kvitsøy er ufullstendig, viser resultatene at det er mulig å styrke en lokal hummerbestand ved hjelp av utsettinger.

Økonomiske beregninger viser at total gjenfangst på 12-14 % av den utsatte hummeren vil gi samfunnsøkonomisk balanse, mens 28 % er nødvendig i en privatøkonomisk balanse. Den beste årsklassen til nå (1989) har så langt gitt en registrert gjenfangst på 8.5 %. Beregningene viser også at dersom den utsatte hummeren får lov til å reprodusere minst én gang, vil utbyttet bli fordoblet på lang sikt. Undersøkelsene av kjønnsmodning viser at de utsatte hunnene på Kvitsøy har rogn fra en til to ganger før de når minstemålet på 25 cm.

Resultatene fra Kvitsøy viser at Norge, om ønskelig, kan bygge opp hummerbestandene til tidligere nivå, og at hummerfisket igjen kan få betydning for kystdistriktene. Interessen i distriktene er stor, men det trengs politisk vilje til å utvikle en nasjonal plan for gjenreisning av hummerbestandene.

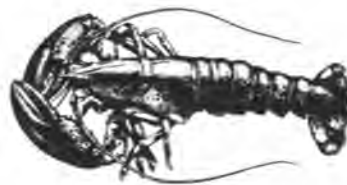


**Figur 4.1** Registrert fangst av vill og havbeitehummer på Kvitsøy i løpet av det kommersielle fisket om a) våren og b) høsten. Prosentandelen havbeitehummeren utgjør i hver fangstsesong er angitt på toppen av søylen. Minste lovlige fangststørrelse ble endret fra 22 til 24 cm total lengde 1. oktober høsten 1992, og ytterligere til 25 cm gjeldende fra og med 1. oktober 1993. *Samples of wild and cultured lobster (Homarus gammarus) in the commercial landings at Kvitsøy during a) spring and b) autumn. The proportion (in percentages) of cultured lobster in each year is indicated above the column. Note that minimum legal size changed from 22 to 24 cm total length October 1, 1992, and a further increase to 25 cm took place October 1, 1993.*

**Tabell 4.1** Hummerutsettinger i andre land. Hummerunger som har vært ca. ett år ved utsetting er blitt merket med et magnetisk mikromerke. Det er kun på Kvitsøy at gjenfangsten fremdeles ikke har avtatt. Størrelsen etter ett år varierer fra 4 til 6 cm total lengde.  
*A summary of release and recapture programs of European lobster (Homarus gammarus) juveniles in Europe. At an age of approximately one year the juveniles have been tagged with a magnetic microtag upon release. Kvitsøy is the only release area where the recapture phase is still on-going. The size at one year of age varies from 4 to 6 cm total length.*

Land	Sted	Utsett. periode	Gjenf. periode	Ant. utsatt	Alder ved uts.	Ant. gjenf.	%gjenf.	Ant. m/rogn
Frankrike		84-87	87-89	25 480	ca. 1 år	22		
"		73-83		1-2 mill.	2-4 uker	?		
Irland	Carna	93-97		292 000	2-4 uker	?		
Storbr.	Bridlin.	83-88	88-93	49 128	ca. 1 år	653	1,3	18
"	Wales	84-88	88-94	19 233	"	453	2,4	20
"	v. Skott.	84-90	85-93	3 044	"	58	1,9	
"	n. Skott.	84-89	85-93	19 520	"	307	1,6	
Norge	Kvitsøy	90-94	92-98	127 925	"	4 687	3,7	735

## Hummerforsøk - grunnlag for ny næringsvirksomhet?



Knut E. Jørstad og Ann-Lisbeth Agnalt,  
 Havforskningsinstituttet  
 Einar Nøstvold, Kvitsøy kommune

Hummerfisket har i Norge flere hundre års historie bak seg, men også når det gjelder hummerforskning har vi viktige tradisjoner å videreføre. I 1889 kom de første forsøkene med kultivering av hummer i gang, da G.M. Dannevig klekket egg og satte ut nylig bunnslått yngel i området rundt Flødevigen. Lignende forsøk ble gjennomført på Kvitsøy av Dr. Appelöf, men yngelen kunne ikke merkes. Dermed ble det umulig å dokumentere gjenfangst. I 1970-årene startet S. Grimsen og prof. J.G. Balchen med å produsere eldre yngel til utsetting. Dette førte til etableringen av TIMAR sitt hummerklekkeri på Kyrksæterøra, med årlig kapasitet på 120 000 hummerunger (ca 6 cm).

Havforskningsinstituttet overtok klekkeriet i 1989. Fram til nedleggelsen i 1994 gikk produksjonen av hummerunger til utsettingsforsøket på Kvitsøy. All utsatt hummer var nå, i motsetning

til tidligere, merket med små innvendige magnetmerker. De gode gjenfangstresultatene som begynte å komme i 1996 økte interessen for å videreføre aktiviteten, også etter at PUSH-perioden var avsluttet. Resultatene har ført til en rekke nye forskningsprosjekter som i stor grad er knyttet til det nye hummerklekkeriet som nå er etablert på Kvitsøy. Samarbeidet mellom Havforskningsinstituttet, Fiskerisjefen i Rogaland (leder av styringsgruppe) og Kvitsøy kommune, har etter hvert ført til ulike forsknings- og forvaltningsaktiviteter som samlet utgjør et hummerforskningsprogram. De viktigste prosjektene innenfor dette er omtalt nedenfor.

### Oppfølgingen av utsettingsprosjektet

Etter at PUSH-perioden var avsluttet i 1997 har Norges forskningsråd gitt støtte til å følge opp registrering av gjenfangst av havbeitehummer i

fisket. Det fokuseres nå i større grad på viktige biologiske forhold som vekst, vandring og kjønnsmodning både hos utsatt og vill hummer. Prosjektet gir en enestående mulighet til å etablere grunnleggende biologisk kunnskap til bruk både innenfor forvaltning, i utsettingsforsøk og for fremtidig oppdrett av hummer.

### **Etablering av lokalt hummerklekkeri på Kvitsøy**

På grunn av de lovende gjenfangstresultatene i 1996, tok Kvitsøy kommune initiativet til å opprette et lokalt hummerklekkeri på Kvitsøy for å videreføre utsettingene. Kvitsøy kommune gikk inn med betydelige midler, men støtte ble også gitt av SND og Norges forskningsråd. Sommeren 1997 ble en prøvesesong i provisoriske kar på Kvitsøy, mens den formelle åpningen av Kvitsøy hummerklekkeri fant sted første helgen i juni i 1998. Klekkeriet utgjør et glimrende utgangspunkt for ulike vitenskapelige forsøk, og er et sentrum for hummeraktivitetene.

### **Produksjon av hummerunger i bur på havbunnen**

Disse forsøkene bygger på undersøkelser i Flødevigen av H. Knutsen, som fant høy overlevelse på hummerlarver satt ut i små bur på havbunnen. I utgangspunktet var dette "Burprosjektet" nært knyttet opp mot etableringen av det lokale hummerklekkeriet og modellen for en distriktstilpasset produksjon av hummerunger. Forsøkene ble støttet av Norges forskningsråd både i 1997 og 1998. Resultatene fra 1997-sesongen viste at både overlevelse og vekst på hummerlarvene var sterkt knyttet til bunntype. I 1998 ble dette videreført, og forsøkene ble spredt på flere lokaliteter. Det ble observert dårligere vekst og overlevelse i 1998 enn i 1997, men temperaturen i sjøen var også betraktelig lavere i 1998. En oppsummering av de ulike forsøkene er under bearbeiding.

### **Hummerforvaltning**

Dette prosjektet startet opp våren 1998 med støtte fra Fiskeridirektoratet, og tar sikte på å teste ut nye forvaltningstiltak på hummer. Prosjektet ledes av Fiskerisjefen i Rogaland og har foreløpig fokusert på fredning av rognhummer. I 1998 ble

all rognhummer som ble fanget i fisket på Kvitsøy kjøpt opp, og foreløpig oppbevart i det nye hummerklekkeriet. Noe rognhummer blir brukt i små vitenskapelige undersøkelser, men hoveddelen ble individuelt merket og satt ut igjen etter at fiskesesongen var avsluttet. På grunn av de høye fangstene i 1998, var det også nødvendig å leie plass til oppbevaring i en overbygd hummerpark. Teoretiske beregninger viser et betydelig bidrag i rekruttering som følge av tiltaket. Det arbeides også med utarbeiding av lokale forskrifter som skal regulere hummerfisket på Kvitsøy.

### **Genetiske effekter - import av skotsk hummer**

Prosjektet startet opp i 1998 og er støttet av Norges forskningsråd. Importen av hummer fra Skottland har foregått i nesten 40 år, og det er uklart om dette har ført til en uheldig genpåvirkning på de norske hummerbestander. Det er lagt ned et viktig arbeid for å kartlegge omfanget av importen av skotsk hummer til Norge, samt de viktigste hummerparkene på Vestlandet som mottok skotsk hummer. Det ble importert et stort antall rognhummer fra Orkenøyene og Skottland i 1984 og 1985 som ble brukt i produksjonen av hummerunger på hummerklekkeriet på Kyrksæterøra. Disse ble senere satt ut over store områder i Norge. I prosjektet vil en bruke mikrosatellitt DNA-analyser til å kvantifisere en eventuell genetisk påvirkning

### **Internasjonalt samarbeid**

Både omfanget av utsettingsforsøket på Kvitsøy og de foreløpige resultatene har vakt internasjonal oppsikt. Dette har igjen ført til utvikling av internasjonale samarbeidsprosjekter hvor delaktiviteter knyttes opp mot den pågående aktiviteten.

Havforskningsinstituttet arrangerte i 1995 et internasjonalt møte på Kvitsøy, "*Lobster Workshop*", med fokus på oppsummering av eksisterende kunnskap om hummer. På grunnlag av diskusjonene ble det utformet et samarbeid som fikk økonomisk støtte fra EU. Prosjektet (*LEAR: Lobster Ecology and Recruitment*) startet opp i 1997, og er et samarbeidsprosjekt mellom Norge



(Havforskningsinstituttet i Bergen), Irland (National University of Ireland, Galway), England (University of East Anglia, Suffolk), Skottland (SEFAS Lowestoft Laboratory) og Italia (Università degli Studi di Bologna, Bologna). Arbeidet er orientert mot å kartlegge hummerlarvenes tidligste bunnstadier. Hovedaktivitetene i Norge gjennomføres med basis i Austevoll havbruksstasjon, men samarbeider også med Kvitsøy hummerklekkeri både når det gjelder forsøksmaterialet og gjennomføring av konkurranseforsøk i bur på havbunnen.

Havforskningsinstituttet deltar også i et nytt EU-prosjekt som startet høsten 1998. Dette prosjektet (*GEL: Genetics of European Lobster*) er et samarbeid mellom Norge (Havforskningsinstituttet i Bergen), Nord-Irland (The Queen's University of Belfast), Irland (National University of Ireland, Galway) og Hellas (Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki). I prosjektet skal det gjennomføre en genetisk kartlegging av europeisk hummer samt genetisk undersøke virkninger av utsetninger. De sistnevnte aktivitetene er knyttet opp mot Kvitsøy-prosjektet, og eksperimentelle studier vil bli gjennomført i tilknytning til hummerklekkeriet. Innledende karforsøk ble satt i gang sommeren/høsten 98 med sikte på utvikling av egnede forsøksopplegg. De første resultatene viser overraskende høy overlevelse og vekst av hummerlarver i karbur med egnet substrat.

## Næringsutvikling

Erfaringene fra utvikling av norsk havbruksnæring viser at ny næring gjerne tar utgangspunkt i pågående forskning og de nyeste resultatene av denne. Når det gjelder hummer, var det lokale initiativ som førte til etablering av Kvitsøy hummerklekkeri, og dette drives foreløpig i kommunal regi. Aktiviteten i dag er i hovedsak basert på oppdrag og undersøkelser knyttet til ulike forskningsprosjekter. Klekkeriet har kapasitet til å produsere større mengder med bunnslåtte hummerlarver, og aktiviteten kan lett utvides dersom det er interesse på det mer private marked.

Med utgangspunkt i erfaringene fra hummerklekkeriet på Kyrksæterøra, har "Norsk hummer A/S" prosjektert et industrielt anlegg i forbindelse med utbyggingen på Tjeldbergodden på Nordmøre. Anlegget tar sikte på å produsere flere millioner hummerunger årlig for salg til havbeite og eventuelt oppdrett av hummer. Det er gjennomført en omfattende markedsundersøkelse som tyder på at det er stor interesse for hummerunger både nasjonalt og internasjonalt.



**Figur 4.2** Hummerklekkeriet på Kvitsøy, et resultat av havbeiteprosjektet på Kvitsøy.  
*The lobster hatchery at Kvitsøy, established during the lobster release project.*

Begrepet "mellomlagring" eller "levende-lagring" brukes om oppbevaring eller fôring av fisk og andre akvatiske organismer, med den hensikt å øke størrelsen, bedre prisen eller endre kvaliteten på det ferdige produktet. Hold av fiskearter som sei og sild i merder har lange tradisjoner i norske fiskerier. Konseptet er i løpet av de siste årene blitt utviklet videre, blant annet med nye arter som kråkeboller og kongekrabber.

Kongekrabbe er en ny art i den norske fauna. På 60-tallet overførte russerne et stort antall krabber til Kolahalvøya fra områdene omkring

Kamchatkahalvøya. Den første gjenfangsten av kjønnsmodne krabber ble registrert i 1974, og i 1976 ble de første eksemplarer fanget på norsk side av grensen. Siden 1992 har krabbebestanden økt drastisk i Barentshavet. I dag har kongekrabbene etablert en betydelig bestand i Varangerfjorden.

Bedriften "Bugøyenes Kongekrabbe as" har i flere år gjort forsøk med mellomlagring av kongekrabbe. Erfaringene viser at fôringen av krabbene er bestemmende for om de skiftet skall eller ikke. Lagrede krabber ble tidligere fôret med



**Figur 4.3** Et tverrsnitt av en legg hos kongekrabbe. Bilde viser hvor mye av skallet som er fylt opp av muskulaturen. Endringer i fyllingsgraden brukes til å estimere veksten hos mellomlagrete krabber. Foto: Børge Damsgård, Fiskeriforskning.

*A cross cut of leg of Kamchatca crab. The photo shows how much of the shell that is filled with muscles. The change in filling ratio is used to estimate growth rates of fed crabs.*

ulikt fiskeavskjær, innvoller og kråkeboller som ble lagt ut i små notposer. Veksten var imidlertid ikke tilfredsstillende, og krabbene hadde en fylling i leggene som var lavere enn hos ville nyfangede krabber.

I samarbeid med Bugøynes Kongekrabbe gjennomførte Fiskeriforskning i 1997 og 1998 et prosjekt om fôring av kongekrabber, finansiert av Landsdelsutvalget. For å oppnå en salgbar kvalitet på krabbene ville vi utvikle et fôrkonsept med følgende egenskaper: Fôret skal være basert på billige, lokale råstoffer, det skal være lett å lage, enkelt å lagre og lett å fôre krabbene med, samtidig som fôret skal gi tilfredsstillende vekst og kvalitet. For å imøtekomme disse kravene utviklet vi et fôr basert på gelatinen i fiskeskinn som bindemiddel. Flere optimaliseringsforsøk i Bugøynes ble gjort for å finne beste innblanding av fett og proteiner. Det viste seg blant annet at kongekrabbene ikke kan nyttiggjøre seg energien i fôr med mye fett, men at fettene kunne avleire

seg i leggene og gi lav fylling av muskulaturen. Preferansen for de ulike fôrtypene ble også testet eksperimentelt ved Havbruksstasjonen i Tromsø. Forsøket viste at mellomlagrete kongekrabber med vårt fôrkonsept hadde en like god vekst som ville kontrollkrabber. Fiskeriforsknings sensorikk-laboratorium undersøkte ved avslutningen av forsøkene smak, lukt og andre kvalitetskriterier på muskulaturen i krabbeleggene. Undersøkelsen viste at krabbene som ble gitt vårt nyutviklede fôr hadde en like god kvalitet som ville krabber.

Prosjektet har vist at oppfôring av mellomlagret kongekrabbe kan være en velegnet måte å utnytte krabber med lav muskelfylling, for eksempel krabber som i dag tas som bifangst ved tradisjonelt fiske. Fôret som er utviklet ved Fiskeriforskning vil snart være kommersielt tilgjengelig og kan trolig også brukes til andre marine organismer som hummer og taskekrabbe.



Ferske kråkebollelegonader er et av de best betalte sjømatproduktene i verden. På det japanske markedet ligger prisen 10 - 20 ganger høyere enn prisen på fersk norsk laks. Råstoffmangel og kvalitetsproblemer med ville kråkeboller har likevel ført til stagnasjon og global nedgang i villfangsten. Samtidig er det registrert økende interesse for å begynne med oppdrett av kråkeboller i de fleste land som har økologiske forutsetninger for slikt oppdrett.

Hittil har mesteparten av interessen vært konsentrert om utvikling av ekstensive oppdrettsteknikker for yngelutsett og oppføring av villfangede kråkeboller. Slike mellomløsninger har bidratt til økt interesse for utvikling av intensive oppdrettskonsepter, som er uavhengige av villfangst og kan imøtekomme markedets krav til kvalitet og stabile leveranser.

Norge har gode naturlige forutsetninger for å utvikle en oppdrettsbasert kråkebollenæring, noe

som kan bli den største nyskapingen i norsk oppdrettsnæring siden laksen ble introdusert som oppdrettsart.

Arbeidet med å innføre kråkeboller som ny oppdrettsart ble startet ved Høgskolen i Bodø for ti år siden. Høgskolen deltar for tiden som nasjonal partner i et EU-finansiert samarbeidsprosjekt om intensivt oppdrett av kråkeboller og kvalitetskontroll av kråkebollelegonader. Ved Sjøanlegget til Høgskolen er det etablert et eksperimentelt kråkebolleklekkeri som har produsert fire kull kråkebollelyngel siden 1996. I 1998 ble det utført forsøk med oppskalering av larveproduksjon, og med startfôring og substratpreferanser hos kråkebollelyngel. Virksomheten er, i tillegg til midlene fra EU, finansiert med støtte fra Landsdelsutvalget og egeninnsats fra Høgskolen.



Store mengder av kråkeboller beiter ned tareskogen langs norskekysten fra Vestlandet og nordover. Den mest vanlige kråkebollen er Drøbak-kråkebollen (*Strongylocentrotus droebachiensis*), som er ettertraktet i Japan. Kråkebollenes gonader er en delikatesse i Japan og er blant den best betalte sjømaten.

I dag er verdensmarkedet for kråkebolle på omkring 80 000 tonn rund vekt og japanerne står for 90% av konsumet. Etterspørselen etter kvalitetsgonader er langt større enn produksjonen. I dag må Japan importere ca 50 %, ettersom Japans egne bestander er sterkt nedfisket. I 1998 utgjorde den norske eksport av Drøbak-kråkebollen omkring 20 tonn rund vekt. Det forventes en kraftig økning i eksporten i 1999.

Villfanget kråkebolle har i utgangspunktet for lavt gonadeinnhold (under 10 %) til å kunne eksporteres direkte. Gonadeinnholdet bør være et sted mellom 15 til 25 % for å oppnå best pris. Kråkebolle har høyest gonadeinnhold sent på høsten og tidlig på vinteren, i en tid på året da vær- og lysforhold reduserer muligheten for fangst. Fiskeriforskning startet i 1995 et prosjekt

for å stimulere til økt næringsvirksomhet rundt oppfôring av villfanget kråkebolle. En av utfordringene har vært å lage et fôr som gir god rognvekst, og samtidig den farge, smak og konsistens på gonaden som markedet vil ha. Vi har i dag utviklet en ny type fôr som innfrir kravene som stilles til fôret. Det nye fôret er blitt utprøvd eksperimentelt og i kommersiell oppfôring av ville kråkeboller. Fôringsforsøk viser at det er mulig å øke gonadeinnholdet fra 10 til 25 % i løpet av to måneder.

Oppfôrete kråkeboller har vært solgt fra to kommersielle kråkebolleoppdrettere, og japanske rognprodusenter har bekreftet at kvaliteten har vært tilfredsstillende. Vi er i ferd med å avslutte et forsøk som har til hensikt å finne frem til en fôringsstrategi og individtetthet som maksimerer gonadevekst i landbaserte anlegg. Det jobbes for tiden med undersøkelser av kråkebollens grunnleggende biologiske krav i et landbasert anlegg. Utarbeiding av tabeller over vannforbruk, appetitt og gonadevekst ved forskjellige temperaturer gjennom en oppdrettsesong er under planlegging. Utprøving av et sjøbasert oppdrettskonsept kommer til å bli prøvd ut inneværende år. For å sikre at informasjon kommer næringsaktører til

gode jobber Fiskeriforskning med å utvikle et såkalt kråkebollenettverk. I nettverket vil vår rolle være å innhente informasjon og bistå med informasjon og forskningsresultater om oppfôring av villfangete kråkeboller.

**Figur 4.4** Rogninnhold i ufôrede og fôrede ville Drøbak-kråkeboller. *Gonads of unfed (left) and fed (right) wild sea urchins (*Strongylocentrotus droebachiensis*).*



# DEN BLÅ REVOLUSJONEN



## Glimt fra det norske lakseeventyret

Dag Møller,  
IFM, Universitetet i Bergen

**F**remveksten av oppdrettsnæringen har vært et moderne eventyr. Først kom pionerene i 1960-årene. De var grepet av en idé. Mange var høytflyvende, og de landet med et brak. Andre var mer jordnære. De gjorde forsøk og diskuterte seg i mellom. I begynnelsen av 1980-årene var grunnlaget lagt.

I de siste tiårene har den årlige produksjonsveksten i gjennomsnitt vært 22,7%. I 1997 produserte Norge 307.757 tonn laks til en verdi av 6,691 milliarder kroner. Årsaken til den sterke veksten er uten tvil de gunstige forholdene for oppdrett av laksefisk i landet vårt. Vi må heller ikke glemme innsatsen fra oppdrettere (pionerene) og ansatte i forskning og forvaltning.

Første gang jeg kom i kontakt med fiskeoppdrettet, var under et møte i en villa i Holmenkollåsen.

Bestyreren ved Sunnaas' sykehjem på Nesodden ville i 1955 starte et ørretanlegg i Kjølebrønn ved Kragerø. Den Norske Amerikalinjen ville sette penger i foretaket.

Senere kom jeg i kontakt med professor Harald Skjervold, blant annet ved besiktigelsen av settefiskanlegget på Dale i 1968. Han var grepet av oppdrettets muligheter, naturlig nok innen fagområdet genetik. Så reiste jeg og familien for to år til Canada. Det var først da jeg kom tilbake i september 1970 at arbeidet innen akvakultur tok av. Dagen etter hjemkomst var Oscar Ingebrigtsen og Erling Osland på døren. De hadde vel vært innom Havforskningsinstituttet og fått høre at jeg sannsynligvis ville fronte instituttet i spørsmål vedrørende den nye næringen. Det ble to nære medarbeidere i en årrekke. Som det går frem av boken til Erna Osland, "Bruke havet ... Pionértid i norsk fiskeoppdrett"

(1990), ble ikke det norske lakseeventyret startet opp av forskere. Inspirasjonen kom fra ørretoppdrettet i Danmark, og spesiell interesse hadde Forsøgsdambruket i Brøns. Enkelte kvinner og menn over det ganske land fattet interesse for noe de hadde tro på. De første som satte laks i sjøen med tanke på næring, var brødrene Karstein og Olav Vik. Avgjørende for utviklingen var det senere samhold blant oppdretterne, og den støtten oppdretterne fikk fra Selskapet til Norges Vel. Næringen ble skapt i distriktene, for distriktene.

### **Turbulente år**

Da jeg returnerte fra Canada var det meningen at Havforskningsinstituttet og Institutt for husdyravl skulle samarbeide om å opprette en stasjon for fiskeoppdrett på Sunndalsøra. Ut over i 1971 ble det imidlertid klarere og klarere at på den stasjonen ville Havforskningsinstituttet spille annenfiolin. I utgangspunktet skulle begge institusjoner drive seleksjon, Institutt for husdyravl på regnbueaure og Havforskningsinstituttet på laks. I begynnelsen av mars 1971 insisterte Skjervold på at Havforskningsinstituttets ansvar måtte være regnbueaure, uten en nærmere begrunnelse for denne forandringen i arbeidsdeling. På et møte i midten av mars ble det klart at en hadde forskjellig oppfatning av reglene for samarbeid. Bruddet var et faktum.

Jeg rapporterte til fiskeridirektør Klaus Sunnanå, og tilføyde at jeg allerede hadde hatt kontakt med Osland med sikte på å bygge en stasjon sammen med hans selskap Eros på Matre. "Hvor mange penger trenger du?", spurte Sunnanå. "400.000", svarte jeg. "Du kan regne med de pengene", sa Sunnanå. Dermed var grunnlaget lagt for Havbruksstasjonen Matre.

Samarbeidet mellom Eros og Havforskningsinstituttet ble døpt "Fisk og Forsøk", som igjen hadde en samarbeidskontrakt med Bergenshalvøens Kraftselskap (BKK). Ingebrigtsen ble driftsleder for samarbeidet på Matre, og arbeidet ble regulert gjennom møter i Styringsgruppen for "Fisk og Forsøk".

I 1977 fikk anlegget stilt diagnosen IPN ved

innsending av fisk. Med denne diagnosen ble det gjort klart at vi ikke kunne utveksle levende materiale med den næringen vi var ment å skulle betjene. Utvexling både av erfaring og materiale var noe av ideen bak arbeidet på Matre. Jeg rådet da Styret for "Fisk og Forsøk" til å desimere bestanden av fisk som vi hadde bygget opp med stor innsats høsten 1971. Det ble vedtatt. Stasjonen kvittet seg med all fisken, den ble desinfisert og lå brakk i måneder. For ikke å miste for mye tid bygget vi opp en ny forsøksbestand på Sævareid. Vi henvendte oss til Forskningsstasjonen for fisk på Sunndalsøra med spørsmål om de kunne hjelpe oss med materiale. Svaret var negativt. Senere fikk vi vite at også Sunndalsøra hadde fått diagnosen IPN. De fortsatte imidlertid sitt arbeid. I ettertid har det vist seg at IPN var vidt utbredt, og at viruset ble funnet i de fleste anlegg som ble undersøkt.

Det ble noen vanskelige år. Stasjonen måtte redefinere sin forskningsinnsats, og tapet av vårt verdifulle avlsmateriale både av laks og regnbueaure var med og skapte gnisninger i "Fisk og Forsøk". Svein Vik-Mo overtok som bestyrer for A/S Fiskekultur. Ingebrigtsen begynte egen konsulentvirksomhet med kontor på Stord, og Ole J. Torrissen overtok driftsansvaret for Akvakulturstasjonen Matre.

### **Sykdom og lakselus**

Arbeidet med sykdom på fisk i det marine miljø ble tatt opp i forbindelse med dødeligheten på sei i årene 1964 - 1965. Havforskningsinstituttet hadde liten mulighet til å undersøke disse forholdene nærmere. En distriktsveterinær i Møre og Romsdal viste interesse for dødeligheten, og vedkommende fikk overlatt alt materiale. Sykdom på fisk i sjø ble en veterinær sak.

Oppdrettsnæringen fikk store problemer med lakselus tidlig på syttitallet. Det var et spørsmål om "å være eller ikke å være". Et hovedfagsarbeid ved Institutt for fiskeribiologi, Universitetet i Bergen, hadde kartlagt lusas livsløp. Gode råd var dyre. Emmy Egidius, Forskergruppen for akvakultur, Havforskningsinstituttet, undersøkte litteraturen, og hun fant frem til et middel som ble brukt mot skalldyrparasitter hos husdyr,

Neguvon®. Forsøk viste at en kunne drepe lusa etter en viss tid i en bestemt oppløsning av stoffet, uten at laksen syntes å ta særlig skade. At organofosforforbindelsen i tillegg ble brutt ned i sjøvann etter en viss tid, var bare en fordel. Luseundersøkelsene ble foreløpig avsluttet etter behandling av fisk i stort volum (60.000 m<sup>3</sup>), Flogøy-Kjølpø, tilhørende A/S Mowi i 1978. Det var så mye annet å ta fatt på.

### **Lysø-utvalget**

"Utvalg oppnevnt for å utrede mulighetene av at klekking og oppdrett av fisk utvikler seg til en levedyktig næringsvei", eller Lysøutvalget, som det ble hetende, ble oppnevnt ved kongelig resolusjon i februar 1972. Utvalget ble retningsbestemmende for næringen, og det ble en stor utfordring for meg. Jeg følte meg ung og uerfaren. Mange av medlemmene i utvalget var tungt inne både faglig og politisk. Tidligere fiskeriminister Nils Lysø var formann. En fin personlighet, men han manglet evnen til å skjære igjen. Resten av utvalget besto av Einar Wøhni, tidligere landbruksminister og på dette tidspunkt direktør for Direktoratet for Naturforvaltning, en hardtslående politiker som utenfor møtene var elskverdigheten selv; Harald Skjervold, forsker som også ble politiker, og som gjorde ordspråket "målet helliggjør midlet" til sitt valgspåk under utvalgsarbeidet; Fritjof Amundsen, kontorsjef ved Fiskeridirektoratet; Olav Gladhaug, veterinær oppnevnt fra Landbruksdepartementet; Sivert Grøntvedt, nestformann og representant fra Norges Fiskerlag og Erling Osland, representant fra Norske Fiskeoppdretteres Forening. Det ble mange strie, vanskelige og følelsesladde møter. Først og fremst fordi det hersket en dyp uenighet om hvilket departement som skulle administrere næringen.

I virkeligheten var det allerede avgjort under tilblivelsen av utvalget. Under en konferanse mellom Fiskeri- og Landbruksdepartementet spurte landbruksminister Torstein Treholt om hvor fremtiden til fiskeoppdrettet ville ligge, om det var på land (ferskvann) eller i sjø. Deltakerne måtte innrømme at fremtiden ville ligge i det marine miljø. "Da er dette en sak for Fiskeridepartementet", erklærte Treholt.

Utvalget fremsatte tidlig forslag om en midlertidig lov om bygging, innredning, etablering og utvidelse av anlegg for klekking av rogn og oppdrett av fisk. Forvaltningen av midlertidig lov ble lagt til Fiskeridepartementet i 1973. På et møte mellom fiskeriminister Trygve Olsen, fiskeridirektør Knut Vartdal og forskere tilknyttet Akvakulturgruppen ved Havforskningsinstituttet, fikk gruppen i oppgave å registrere fiskeoppdrettsanlegg som var i drift før midlertidig lov trådte i kraft. I tillegg måtte gruppen finne frem til en størrelsesbegrensning av anleggene og innhente statistikk.

Dette var en stor sak som skulle få følger for næringen. Etter en dyptgående diskusjon gikk gruppen inn for volumbegrensning. Anlegg, påbegynte anlegg og anlegg på planstadiet ble kartlagt. Ved fastsettelse av oppdrettsvolum var en generelt romslig og rundet av oppover. Høsten 1974 utarbeidet gruppen forslag til nye forskrifter som skulle gis i medhold av loven om fiskeoppdrett.

Endelig utredning fra Lysøutvalget ble avgitt i april 1977. Den er på mange måter ikke helt dekkende for utvalgets meninger, fordi vi i utgangspunktet ble enige om å lage en innstilling som hele utvalget kunne enes om. Vi skulle arbeide oss gjennom kapittel for kapittel, og satte vi punktum for et kapittel, kunne ingen senere forandre på innholdet. Overraskelsen var derfor stor da Gladhaug, Skjervold og Wøhni på det nest siste møte i utvalget gav uttrykk for at innstillingen ikke var blitt så nøytral i spørsmålet om den offentlige administrasjon av næringen som de ønsket.

Flertallet gikk inn for at Fiskeridepartementet skulle administrere oppdrett, mens mindretallet gikk inn for Landbruksdepartementet. I 1981 henstilte Stortinget til Regjeringen om å legge administrasjonen av norsk fiskeoppdrett til Fiskeridepartementet. Men veterinærene ble sittende igjen med ansvaret for fiskesykdommer.

### **Havbruksstasjonen Austevoll**

I 1998 fylte Havbruksstasjonen Austevoll 20 år. Matre skulle dekke ferskvannssiden, og institut-



tet trengte en stasjon som kunne ta seg av forsøk i det marine miljø. Austevoll kommune hadde avgitt et større område til Staten til bygging av fiskerifagskole. Etter forundersøkelse i områdene rundt Bergen fant vi ut at en lokalitet i tilknytning til fiskerifagskolen gav høyest score i undersøkelsen. Fri tomt, fremtidig samarbeid med skolen og kommunens positive holdning veide også tungt. Planene ble lagt, tillatelse til bygging ble gitt, men i oppløpet ringte fiskeridirektør Knut Vartdal og gav beskjed om at stasjonens bygningsmasse måtte halveres. Planene ble omarbeidet, og vi startet byggingen under ledelse av Statens bygge- og eiendomsdirektorat. Direktoratet skjønnte aldri hvorfor vi ikke fikk bygge etter de opprinnelige planene. Men Akvakulturgruppen fikk sin stasjon, og Bjørn Braaten ble tilsatt som styrer. Det ble snart behov for provisorier. Interessen for forsøk var økende. Løsningen ble brakker og egen byggevirksomhet.

Torskevirksomheten i de første årene ble et særmerke for stasjonen. Vinteren 1981/82 var Victor Øiestad med en flokk idealistiske hovedfagsstudenter i full gang med å bygge ut Hyltropolen. Overfor mine foresatte satte jeg min ære i at vi skulle være i mål våren 1983. I dette tilfelle var det ikke bare spørsmål om midler på statsbudsjettet. Øiestad med studenter greidde det. Da Kongen etter stor innsats fra kommunen besøkte Austevoll under Festspillene i 1985, fikk de impliserte mange godord og lønn for strevet.

Behovet for å bygge ut stasjonen fikk vind i seilene. Dessverre var det liten støtte å hente fra foresatte. Jeg måtte bruke kommunen. De var villige til å trå til økonomisk. Men etter et besøk av Stortingets Fiskeri- og Sjøfartskomite' overtok Staten ansvaret. Senere innlöp det melding fra finansminister Rolf Presthus til fiskeridirektør Hallstein Rasmussen om at det var gitt bevilgning til utvidelse av stasjonen. Nybygget ble innviet i 1988.

### Frisk fisk

Programmet "Frisk Fisk" startet etter initiativ fra næringen. Dødeligheten utviklet seg til et alvorlig problem i sjøanleggene i begynnelsen av 80-

årene. Konsentrerte bestander av fisk kan lett føre til en forrykket balanse mellom individ, miljø og smittestoff. Etter ønske fra næringen skulle midlene brukes til å støtte prosjekter innen sykdomsbekjempelse, og forskningsprosjektene skulle koordineres. I denne tiden hadde forskningsinstitusjonene lite eller ingen midler til forskning på årsakene til dødelighet i anleggene. Det var liten kontakt mellom institusjonene, snarere en "hund og katt"-situasjon som følge av dragkampen mellom politiske næringsinteresser.

I de første årene gikk en med stor energi inn for å løse dødeligheten i forbindelse med kaldt vannsvibriose. Programdeltakerne hadde fra første stund delt seg i to grupper. En gruppering hevdet at sykdommen skyldtes et patogen, og en annen gruppe som hevdet at årsaken var å finne i miljøet.

Gradvis fikk en miljøene til å samarbeide, og ved hjelp av midler fra programmet fikk forskerne ikke bare beseiret kaldtvannsvibriose, men forskningen greidde å fremstille vaksiner mot furunkulose og IPN. Gruppen støttet også Veterinæravdelingen med å bekjempe ILA. Etterhvert som forskningsresultatene kom på bordet, ble dødeligheten grunnet sykdom sterkt redusert. Dette har gitt økt utbytte for hver smolt som ble satt ut, og bruken av antibiotika ble sterkt redusert.

### LENKA -

Landsomfattende Egnethetsvurdering av den Norske Kystsonen og vassdragene for Akvakultur, var en stor sak. Prosjektet startet opp i 1987 og sluttrapporten ble levert i 1990. Det var et samarbeidsprosjekt mellom Fiskeri-, Kommunal-, Landbruks- og Miljøverndepartementet. Formålet med prosjektet var:

- \* Å bidra til en fortsatt positiv utvikling og vekst i akvakulturnæringen uten omfattende konflikter med andre bruker- og verneinteresser.
- \* Å bidra til kommunenes og fylkenes planlegging i kystsonen og vassdrag.
- \* Å bidra til saksbehandlingen ved lokalisering av anlegg.

Det knirket i samarbeidet mellom departementene, og den interdepartementale arbeidsgruppen som skulle videreføre LENKA-samarbeidet ble det ikke noe av. Men mange kommuner brukte planleggingsverktøyet i arbeidet med kystsonen. Og LENKA gav støtet til forskning som resulterte i modellverktøy som kan beregne produksjonskapasitet i et område (MOM-matfiskanlegg, overvåking og modellering). Gjennom MOM kan en også beregne bæreevne på lokalitetsnivå.

Fremveksten av oppdrettsnæringen, og dannelsen av forsknings- og forvaltningsenheter i tilknytning til næringen, representerer en ganske spesiell epoke for fiskerinasjonen Norge. Motsetningene til det tradisjonelle høstningsbruket fiske og fangst, er mange. Institusjonene som skulle dannes måtte bygge på det gamle, men samtidig var idégrunnlaget annerledes. Jeg for min del var og er overbevist om at denne nye næringen måtte finne sin plass i fiskerinæringen til fordel for næringen selv. Dessuten ville det tradisjonelle fisket i fremtiden ha glede av det kultursyn og den kunnskap om dyr og planter som oppdrettet bragte med seg.

### **Gode samarbeidspartnere**

I min situasjon var det derfor naturlig å ha god kontakt med næring og foresatte i forvaltningen. Direktør Gunnar Sætersdal og fiskeridirektørene Klaus Sunnanå, Knut Vartdal og Hallstein Rasmussen var gode direktører for meg. Jeg møtte alltid stor forståelse. Det var alltid diskusjon før en beslutning skulle fattes, og jeg bøyde meg lojalt for foresattes endelige avgjørelse. Som oftest gav de meg frie hender. Jeg på min side holdt dem orientert, og jeg underkjente ikke min egen overbevisning. Fiskeoppdrettet var for stort til det. Det var alltid andre veier. Ansatte i avdelingene i Fiskeridirektoratet og Fiskeridepartementet ble kollegaer som det var naturlig å kontakte, og som kontaktet meg.

Jeg tror heller ikke resultatet hadde blitt som det

ble, uten støtten fra mine kollegaer i Forskergruppen for akvakultur, Akvakulturgruppen, og senere Avdeling for akvakultur. Jeg hadde ingen vanskeligheter med tilbakemeldinger enten de nå var muntlige eller av skriftlig karakter, positive eller negative. Det var høy moral. Dette ville de være med på. De følte ansvar for næringen og for gruppen. Flere ble mine venner.

Men støtten til og fremveksten av de nye institusjonene syntes jeg ikke skjedde fort nok. Det var alltid vanskelig å få midler ut av Statsbudsjettet. Jeg hadde en sterk følelse av at Fiskeridepartementet var et lite og ubetydelig underbruk av Finansdepartementet. Uten midlene fra Fiskerinæringens forsøksfond, Olje-/fiskfondet og Norges fiskeriforskningsråd hadde vi neppe greidd å møte utfordringene.

I 1990 tok jeg stillingen som havbruksdirektør. Det ble en kortvarig affære. Jeg gikk tilbake til min stilling ved Institutt for fiskeri- og marinbiologi etter ett år. I de årene jeg har hatt arbeid i tilknytning til havbruksnæringen, har innstillingen til næringen fra fiskeriforvaltningens ledelse vært positiv, men avventende. Årsaken kan være "gjøkungen" som tilsynelatende presser andre grupperinger ut av redet. Grunnen kan også være Fiskeridepartementets plass i det politiske system. De enorme forskjellene i tildelingen på statsbudsjettet mellom for eksempel Fiskeri- og Landbruksdepartementet med henholdsvis 2,01 og 14 milliarder kroner i 1998, sier litt om det.

De store utviklingsmulighetene i Norge ligger på kysten. Kystsonen rommer store muligheter med tanke på utnyttelsesgrad ved kultur i alle dets former og dermed sysselsetting. I dag er havbruksnæringen en av våre største inntektskilder. Hovedansvaret for planlegging og utvikling av havbruket ligger hos fiskeriforvaltningen. Men forvaltningen kan ikke fraskrive seg ansvaret for de negative virkningene slike næringer kan ha og har på miljø og natur. "Føre var-prinsippet" vil alltid koste mye penger.

## OPPDRETT AV KVEITE VED HI - ET 25-ÅRSJUBILEUM Del I - Pionértiden

Per Solemdal,  
Havforskningsinstituttet  
og Victor Øiestad,  
Norges fiskerihøgskole

**K**veite hører til de marine fiskene i våre farvann som oppnår høyest pris. Den har dessuten høy veksthastighet de første fem leveår, og er lett å holde i fangenskap. Engelske forskere mener at kveite vil egne seg utmerket som oppdrettsfisk. Problemet består i å skaffe et tilstrekkelig antall yngel. Ingen har ennå forsøkt å drette opp kveite fra eggstadiet. Dette er formålet ved prosjektet".

Sitatet er hentet fra Havforskningsinstituttets søknad til NFFR for 1974 med Per Solemdal som hovedansvarlig, der en ber om 35.000 kroner. Strategien for denne innledende virksomheten var formulert slik:

"Forsøk med kveite i oppdrettsanlegg kan gjøres på to måter:

1. Innsamling av "vill" yngel. Dette vil være den enkleste metoden.

2. Klekking og oppdrett av kveite til en størrelse som passer i anlegget. Ettersom dette ennå ikke har vært prøvet, er det umulig å antyde vanskelighetsgraden av dette arbeidet. Kveita har store egg (ca. 4 mm i diameter) og de nyklekte larvene skulle ikke ha problemer med å spise Artemia. På den annen side er eggene forholdsvis tunge og ømfindtlige for mekaniske påkjenninger".

Den innleide vesle fiskebåten fra Austevoll la fra kai i Bergen med én forsker ombord og to habile kveitefiskere, med kurs for Sognefjorden. *Det var en drøy jobb å stå ved spillet og kveile 1000 meter tau mens dagen langsomt grydde*



**Figur 5.1** De tre pionerene. Fra venstre Snorre Tilseth, Per Solemdal og Victor Øiestad. (Foto: Løtvedt (1990)).

*The three halibut pioneers. From left: Snorre Tilseth, Per Solemdal og Victor Øiestad.*

## Forløpere for kveitesatsingen i Norge Gunnar Rollefsen - den første kveiteforsker



**Figur 5.2** Gunnar Rollefsen, direktør ved Institute of Marine Research (1948-70), was the first to study the egg development of halibut and took photos of the process already in 1934.

De første tilløp til oppdrett av marine arter i Norge var G.M. Dannevig (1841-1911) forsøk med torsk i Flødevigen i 1885 og Rollefsens flatfiskforsøk i Trondheim i 30-årene. I begge de nevnte tilfeller var oppdrett et ledd i forsøkene på å styrke de naturlige fiskebestandene med utsetting av larver.

Gunnar Rollefsen (1899-1976) var direktør ved Havforskningsinstituttet i perioden (1948-1970) og bygget i denne perioden opp Akvariet i Bergen og Havforskningsinstituttet på Nordnes. Han hadde en visjon om en nær kontakt mellom de to institusjonene.

I europeisk sammenheng var Shelbournes arbeid med masseproduksjon av rødspette i 1960-årene det første storskala forsøk på oppdrett som gjorde nytte av Rollefsens oppdagelse av *Artemia-nauplien* som fôr for de nyklekte larvene. Rollefsen skriver selv om denne oppdagelsen: «*Det var enda mat i blommesekken, men en dag jeg satt og så på den norske flyndreungen og den fremmede Artemia-nauplien, to små liv fra forskjellige himmelstrøk, begge så små at de ville få plass i en vanddråpe, så jeg hvordan flyndreungen la merke til nauplien. Den gjorde en sving og stoppet opp, såg forsiktig frem til passe avstand, krummet halen og skjøt lynsnart frem. Og jeg så hvordan nauplien langsomt gled ned gjennom det gjennomsiktige spiserøret. Jeg reiste meg opp, trakk et lettelsens*

*sukk og begynte å bygge luftkasteller»* (Rollefsen 1940). Oppdagelsen regnes som det viktigste enkeltelementet i moderne marint oppdrett.

Det britiske rødspetteprosjektet ble ingen økonomisk suksess, og engelske forskere begynte å se seg om etter mer verdifulle arter, blant annet tunge, piggvar og kveite. Den siste arten er vanlig langs vår kyst, men fangsten har gått sterkt tilbake i etterkrigstiden. Det ble tidligere stadig funnet nye gyteloholer som ga eventyrlige fangster i noen år. Allerede i 1936 ble det innført fredning i gytetiden på grunn av de nye, effektive kveitegarna. Likevel har den norske kveitefangsten sunket jevnt fra ca 6000 tonn like etter krigen til ca. 500 tonn per år i 1990-årene. Naturen ser altså i øyeblikket ikke ut til å være noen konkurrent for oppdrettskveite, og prisen er god.

Hva visste vi så om kveitas tidlige livsstadier da vi gikk i gang i 1974? Når det gjelder kveite-egg foreligger det ytterst få observasjoner. Desiré Damas, en av Hjorts "gullgutter", fant noen få kveite-egg på 300-400 meters dyp utenfor Møre, og senere er det beskrevet noen få kveite-egg fra håvtrekk.

Rollefsen (1934) foretok kunstig befruktning på kveite-egg fra gytetisk i akvariet i Trondheim og fotograferte hele eggutviklingen. Han fant at larvene var meget ømfintlige for mekanisk påvirkning og at plommesekkstadiet var uvanlig langt. Ingen larver overlevde utover ti dager, så ingen ble startfôret. Eggene sank dessuten til bunns i sjøvann fra havoverflaten. Ut fra de svært få funn av pelagiske kveite-egg, lurte en derfor lenge på om eggene utviklet seg på bunnen. Først da det var utviklet horisontaltgående innsamlingsutstyr med stor filtreringskapasitet, viste det seg at kveite-eggene, for eksempel i Malangen, Troms, var konsentrert i saltgradienten på 100-200 meters dyp (Haug et al. 1986). De var altså pelagiske.

Den eneste pelagiske kveitelarven som er fanget, ble tatt på ti meters dyp i 1986 i Sørøysundet (Haug og Sundby 1987).

Når det gjelder tidlige stadier av metamorfoserte bunnstadier, er det norske materialet like sparsomt. Finn Devold (1902 - 1977), tidligere leder av Havforskningsinstituttets sildeavdeling, arbeidet også med rødspette og kveite. Han refererer et sted til en fangstjournal av Knut Dahl, en annen av Hjorts "gullgutter". Denne rapporterte om tre kveiter på 6 - 8 cm, alle fra 0-3 favners dyp. Devold skriver også at det siden bare er funnet to kveiter under 10 cm i de hundrevis av strandnottrekk som ble foretatt i Nord-Norge. Det foreligger heller ikke nye funn fra etterkrigstiden (Tore Haug, Fiskeriforskning, pers. medd. 1999).

over en stille Sognefjord. Når de første meterne av garnet nådde spillet, overtok de to erfarne fiskerne mens du selv kunne stå ved ripen og speide etter kveiteflak i dypet. Den 1000 meter lange garnlenken hadde da nettopp sluppet fra bunnen og den hang nå som en lett flagrende gardin ned i mørket med sin ennå ukjente fangst av kveite - og håkjerring.

Nye garnsett, uke etter uke, først i Sognefjorden, så i Austfjorden innenfor Mongstad; i lasterommet lå etterhvert et titalls kveite, men de hadde alle blitt plagget forgjeves i gattet før de ble løftet forsiktig inn på dekk før håpefull stryking. En overivrig og uerfaren Øiestad dro riktignok med fly fra Sogndal med det han trodde var ferdigovulerte egg for å få dem befruktet av en hannkveite på Akvariet.

En dag som alle de andre våknet til live, 22. februar 1974; det var nest siste dragning av garnsett denne sesongen. Så falt med ett alt på plass: hunnkveiten med eggsprut og hannfisk med melke. Det er selve fødselsdagen til kveiteprosjektet.

Kveitegruppen på tre, Per, Snorre og Victor, hadde erfaring med egg og larver av rødspette, skrubbe og torsk, og følte seg rimelig godt for-

beredt. Men de neste to månedene ble en leksjon i ydmykhet: eggene sank i vanlig sjøvann og ulike strakstiltak måtte treffes, som inkubering i mørke i termosflasker. Og deretter kom et plommesekkstadium som ingen ende ville ta; noen få larver spiste *Artemia* og det skapte falske forventninger; de fikk dessuten grønn tarm i algevann. Men antallet skrumpet raskt, og etter 60 dager var det slutt, den siste døde uten å ha vist interesse for mat.

For 1974 kom den eneste kvartalsrapporten daterert 3. mai. I brev av 9. oktober heter det: «Kort tid etter at første rapport ble innsendt, døde den siste kveitelarven. Resultatene av forsøkene er derfor dekket av den første rapporten». Det var altså ikke så overveldende resultater fra den første sesongen. Alt i alt var gruppen likevel fornøyd, og rapporterte resultatene til ICES. De ble lagt frem i København under tittelen: «Rearing of halibut I. Incubation and the early larval stages» by P. Solemdal, S. Tilseth and V. Øiestad. Det skulle bli aldri noe «II».

Rapporten demonstrerte de samme problemene som Rollesfsen hadde beskrevet i 1934 (se side 110), med tunge egg, ømfintlige for mekanisk påvirkning og larver med et uvanlig langt plommesekkstadium. Men i motsetning til ham,



**Figur 5.3** Stryking av kveite er en kunst, som krever lang erfaring fra røkerne (Harald Næss, Dronningen (i midten) og Kristel Riple) (Foto: Torfinn Grav).  
*The stripping of halibut roe is an art that demands long experience from the workers.*

## Kveiteforskning under Polarstjernen

Det var altså mange faglige utfordringer når det gjaldt denne «hellige» fisken, både fra felt og på den eksperimentelle fronten, og det ble derfor bestemt å angripe på begge frontavsnitt. Siden Rollefsen hadde demonstrert vanskeligheten med de pelagiske stadier, ønsket vi også å skaffe materiale av naturlig bunnslåtte individer. Disse kunne brukes til å optimalisere oppdrettsmiljøet med hensyn til vekst og overlevelse, parallelt med at vi gjorde våre erfaringer med de hasardiøse yngste stadiene.

Norges fiskeriforskningsråd fulgte opp bevilgningen for 1974 med 43 000 kr til prosjektet i 1975. Nå hadde aktiviteten følgende formål:

1. Innsamling og behandling av stamfisk;
2. Sammenlignende forsøk for å klarlegge om det er forskjell på levedyktighet på egg fra stamfisk og «vill» fisk
3. Føre kveitelarver gjennom metamorfosen
4. Føringforsøk på metamorfoserte larver
5. Forsøk med innsamlet småkveite"

Ambisjonsnivået hadde altså blitt trappet vesentlig opp fra foregående år. Entusiasmen var stor, men det skulle raskt vise seg at det fremdeles var mange skjær i kveitesjøen.

Prosjektet med å bygge opp en stamfiskpopulasjon måtte i denne omgang oppgis, blant annet på grunn av transportproblemer med levende kveite fra garnfisket. På bakgrunn av det begrensede eggmaterialet i 1974, bestemte vi oss for å foreta innsamling av egg og transport til Bergen fra en stor og tradisjonell gytelokalitet i Nord-Norge, på utsiden av Stjernøy, ytterst i Altafjorden. Det ble opprettet avtale med væreier Ingeborg Pedersen, Kvalfjord, Stjernøy, om leie av «Kvalfjord», 60 fot, med fem manns besetning. Fiskeridirektøren ga dispensasjon for fiske i fredningstiden. Fangsten var også her eneste vederlag til båt og mannskap. Solemdal deltok alene i hele perioden fra 28. januar til 18. februar.

Det ble utført forsøk med de nybefruktete eggene under svært primitive forhold, både ombord og i fiskemottaket. Spesielt gjaldt det muligheten for å redusere eggets spesifikke vekt ved å la dem ligge i lavere saltholdighet før befruktning. Med de fløt ikke bedre av den grunn! Av tilsammen 44 hunnkveiter kunne vi bruke eggene fra syv individer, omtrent det normale for en porsjonsgyter i den mest intense gytetiden. Befruktningsfrekvensen og eggutviklingen var bra i starten, men i løpet av den første uken etter transport til Bergen, inntrådte en katastrofal dødelighet i samtlige grupper. Rapporten konkluderte derfor med at transporten var for hardhendt (Anon. 1975).

Gjennomføringen av denne typen undersøkelser bød på spesielle utfordringer. Båten var på feltet fra kl. 03.00 til kl. 20.00. Etter en urolig tur var jeg ikke akkurat den perfekte laboratorieforsker, men arbeidet måtte likevel gjøres. Og så var det å få seg litt søvn og ut igjen. Kort sagt: dette var egentlig en typisk tomannsjobb! Videre så satte det inn med et ukelangt uvær. Mannskapet hadde som sagt bare fangsten som vederlag, og stemningen begynte etterhvert å bli amper. Barna, som gikk på pensjonat-skole på fastlandet, kom seg ikke på skolen. Det ble redningen! For å vinne mennenes sympati, måtte jeg finne på noe som deres koner satt pris på. Jeg begynte som huslærer mens stormen ulte i over en uke. Stemningen snudde gradvis i min favør; så lettet været, barna kom seg på skolen og kveitefisket kunne fortsette, med det gamle, gode humøret!

I 1975 ble det også gjennomført en feltundersøkelse for å kartlegge forekomster av de minste bunnslåtte stadiene av kveite. M/K «Åshild» fra Havøysund ble leid i juli. Fra Havforskningsinstituttet deltok student Tore Strømme. Det ble brukt en liten flyndretrål (håndvad), kledd med finmasket not. Først ble det undersøkt anbefalte lokaliteter i Porsangerfjorden, men uten resultater. Det var erfaringene til flyndrefiskeren Arnulf Amundsen som til slutt førte til et positivt resultat. Ved Geitingen ved sydvestspissen på Hjelmsøy i Finnmark, fikk de tre kveiter på 20-22 favners dyp, alle i størrelse fra 33-90 mm.

Som tidligere nevnt forelå det til da bare fem villfangete kveiter i denne størrelsesgruppen fra norske farvann. Toktet med «Åshild» ga altså en stor prosentvis økning av antallet kveiter i dette stadiet, men ikke nok til å drive forsøk med. Hvor en kan finne disse tidlige stadiene av kveite, er fortsatt et mysterium.

lyktes vi å få tre larver til å spise Artemia. Det var et fremskritt og vi var igang!

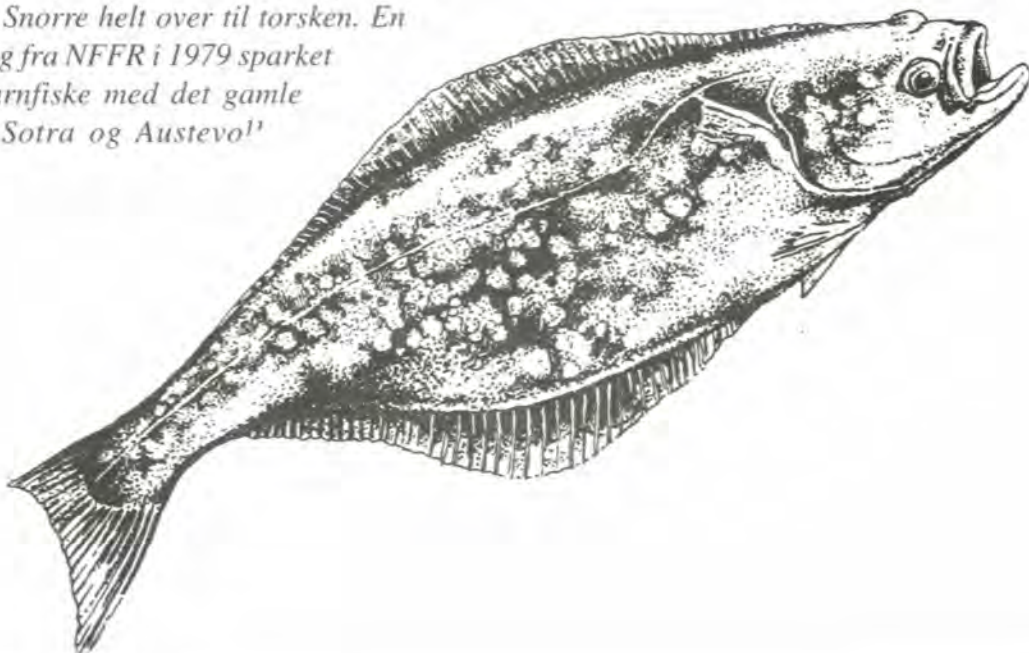
Rapporten beskrev også våre erfaringer når det gjaldt inkuberingsystemer og oppbevarings-systemer på plommesekkstadiet. I dette arbeidet var havforskerassistent Per Bratland uvurderlig. Hybridisering mellom kveite og henholdsvis rødspette og skrubbeflyndre ble forsøkt. De to sistnevnte artene hadde vært hovedfagsfiskene til henholdsvis Øiestad og Solemdal. Flatfiskbastarder var velkjent mellom disse to, men ikke med kveite. Hybridene klekket, men de apatiske larvene døde etter kort tid.

Allerede høsten 1974, etter de magre laboratorieresultatene, prøvde vi å samle opplysninger om forekomster av de minste bunnslåtte stadiene av kveite. Fiskerisjefene i de tre nordligste fylkene tok kontakt med fiskere som drev snurrevad og reketrålfiske. Øiestad foretok en reise til Lofoten, der han fikk gode kontakter for den senere oppbyggingen av en stamfiskpopulasjon av kveite. Vi intervjuet kveiteforskerne i Norge og de øvrige nordiske land, og lot oss intervjuet i nord-norske aviser. Gjennom Norges Råfisklag henvendte vi oss til 61 snurrevadfiskere og 80 reketrålere, fikk svar fra 20 %, som alle var negative. Denne metode for lokalisering av de minste kveitene førte altså ikke frem.

*De neste årene ga ingen framgang og fra 1976 gikk Per og Snorre helt over til torsken. En ny bevilgning fra NFFR i 1979 sparket nytt liv i garnfiske med det gamle teamet fra Sotra og Austevo!<sup>1)</sup>*

*Våren 1980 rapporterte havforskerassistent Harald Næss om en befruktet egg-gruppe. Siden Victor i mellomtiden hadde bygget ut prosjektvirksomhet ved Forskningsstasjonen i Flødevigen, ble de fleste eggene brakt dit, og hovedfagsstudent Arne S. Haugen stelte med larvene som gikk i bøtter i et kjøleskap.*

I Flødevigen fulgte vi to strategier for studier av fiskelarver og -yngel. I tillegg til utsett av fiskelarver av mange arter i de to saltvannsbassengene i Flødevigen siden 1975, hadde vi fra 1977 utviklet en metode med å ha larver i svarte plastposer (4m<sup>3</sup>) som fløt i bassengene fra hver sin «krage». Sammen med de 50 startfôringsklare kveitelarvene ble det tilført en betydelig mengde naturlig dyreplankton til to poser i det øvre bassenget. I tillegg ble 200 larver satt ut i selve bassenget; disse ble aldri ettersporet. Under prøvetaking ble en kveitelarve fanget etter to uker i ene posen - den hadde vokst fra 12 til 16 mm. I begynnelsen av juni kunne vi så slå fast at vi hadde lykket: nær overflaten i samme pose beitet to kveiter som var i ferd med å metamorfosere. Ved avslutning av posen forsvant den ene; den andre ble flyttet til et kar etter et raskt besøk hos fotografen. Forsøket hadde vist at det var mulig å produsere kveiteyngel og at svarte plastposer var et egnet system. Ennå, nesten 20 år senere, produseres så godt som all kveiteyngel i Norge etter samme metode.



Den første kveiten opplevde aldri den glamour som de to neste fra 1985; de ble feiret som celebriteter med sine prangende navn, Hallstein og Viggo Jan. Tvert om, den ble satt sammen med småtorsk og ble funnet død en morgen på gulvet etter et mislykket fluktforsøk. Likevel, fotografiet skulle utløse et skred.

Bestyrer Bjørn Braaten fra stasjonen i Austevoll lånte bildet og viste det under et møte der også folk fra Norsk Hydro var tilstede. I løpet av 1982 hadde vi flere møter med folk fra Oslo-kontoret, der særlig Sigurd Gulbrandsen ble en mangeårig hovedaktør. Ressurser av andre dimensjoner ble stilt til disposisjon fra høsten 1982 og det som i årevis nærmest hadde vært et solospill, tiltrakk seg nå en rekke nye forskere. Etter kontakt med Tore Haug ved Universitetet i Tromsø ble vi anbefalt fisker Nils Andreassen som er habil innsamler av levende stamfisk. I de neste omlag 5-6 årene sendte han henimot 100 nøye utsorterte stamkveiter med Hurtigruten fra Bodø til Bergen, først til Hydro sitt anlegg på Askøy, senere til stasjonen i Austevoll og fra 1986 til det private yngelanlegget LMC, som alene kjøpte 50 fisk; tidlig i 90-årene produserte disse kveitene årlig 200 liter rogn fra naturlig gyting.

*I 1983 publiserte professor J.H.S. Blaxter fra SMBA Dunstaffnage Marine Research Lab sammen med Didrik Danielssen, Erlend Moksness og Victor Øiestad fra Havforskningsinstituttet en beskrivelse av den tidlige larveutviklingen hos kveite, basert på blant annet forsøkene i Flødevågen.*

De første eggene fra «egen» stamfisk, omlag 3 liter, kom våren 1983. De ble sendt til Austevoll fra Mowi-anlegget i Tveitevågen på Askøy, men først i 1986 ble systemer og eggkvalitet slik at vi fikk fram mer enn 200 kveiteyngel, mot bare to i 1985. De gode resultatene sammen med gode resultater ved yngelproduksjon av torsk og piggvar i parallelle prosjekter, utløste en privatiseringsbølge. Storparten av de unge forskerne som hadde deltatt i de såkalte "Poll- og bassengforsøkene", havnet i løpet av 1986 og tidlig 1987 i aktiviteter hos Stolt Sea Farm og i yngelselskapet LMC. Hydro gjennom Mowi hadde også økt sin egen innsats for å lykkes raskere med kommersialiseringen. Men kveiten skulle vise seg å være langt vanskeligere å masseprodusere enn antatt. I 1990 trakk Hydro seg ut; da hadde LMC allerede blitt historie, bare stamfisken deres fikk leve - til 1993.



**D**et ble nødvendig å ta i bruk nye teknikker for å ha gode indikatorer på tilstanden hos en kveitelarve. Dette markerte spranget vekk fra "å telle levende og døde" som absolutt er en økonomisk viktig parameter for kveiteoppdretteren, men som i forskningssammenheng blir noe snevert.

Kveitehistorien fra ca 1987 til i dag er preget av at havforskerens tradisjonelle metoder for yngelundersøkelser blir komplettert med mer avanserte teknikker som blant annet måling av fysiologiske parametre, tetthet, atferd, stofflig innhold, hormoner, organutvikling og mye mer. Videre ble man nødt til å arbeide bredere med hele oppdrettsyklusen. Det ble nødvendig å rekruttere spesiell kompetanse til å utføre denne forskningen, noe som førte til en slags langsom metamorfose av forskningsprofilen og fagmiljøene. I det følgende skal vi se på noen utvalgte trekk.

### **Oppdrettsforskningen manglet kunnskap om naturlig levesett**

Forståelsen av kveitas første leveår i naturen har lenge vært - og er til dels fortsatt - et mysterium. Ufattelige vannmengder ble trålt uten at de rette

eggene eller larvene dukket opp når fangsten skulle analyseres. I et omfattende arbeid utført av Tore Haug, Elin Kjorsvik og allestedsnærværende Per Solemdal i to nord-norske fjorder, ble det funnet kun ett egg nær bunn (5.200.000 liter vann filtrert) mens 278 egg ble funnet flytende pelagisk (i vannlag som hadde en temperatur mellom 4,5 og 7 °C og saltholdighet mellom 33,8 og 35,0 ‰). Her klarte en seg med å filtrere ca 683.000 liter vann per egg!

Først i 1990 var det mulig å skrive en fornuftig oversikt over artens biologi, og det var Tore Haug ved Universitetet i Tromsø som klarte å sette denne merkesteinen. Mye av informasjonen for de yngre stadier har sitt opphav i oppdrettsforsøk. De første forsøkene med klekking og lagring av larver ga en stor andel ikke levedyktige larver med ulike deformiteter. Arbeidet med å forstå årsaksforholdene knyttet til disse problemene stilte forskerne overfor store utfordringer. Ulike årsaksforhold så ut til å gi tilnærmevis like feilutviklingstilstander. Antatte årsaker som bakterielle forhold, oksygenmangel, lav saltholdighet, fysisk stress, høy temperatur samt arvelige egenskaper er blant de meste undersøkte.

### **Figur 5.4**

De tre første oppdrettskveitene fra Austevoll Havbruksstasjon ble startfôret i store plastikkposer i Hyltropolen i 1985. (Foto: Torfinn Grav).  
*The three first reared halibuts from Austevoll Aquaculture Research Station were start fed in large plastic bags in the dammed sea water pond, Hyltropolen, in 1985.*

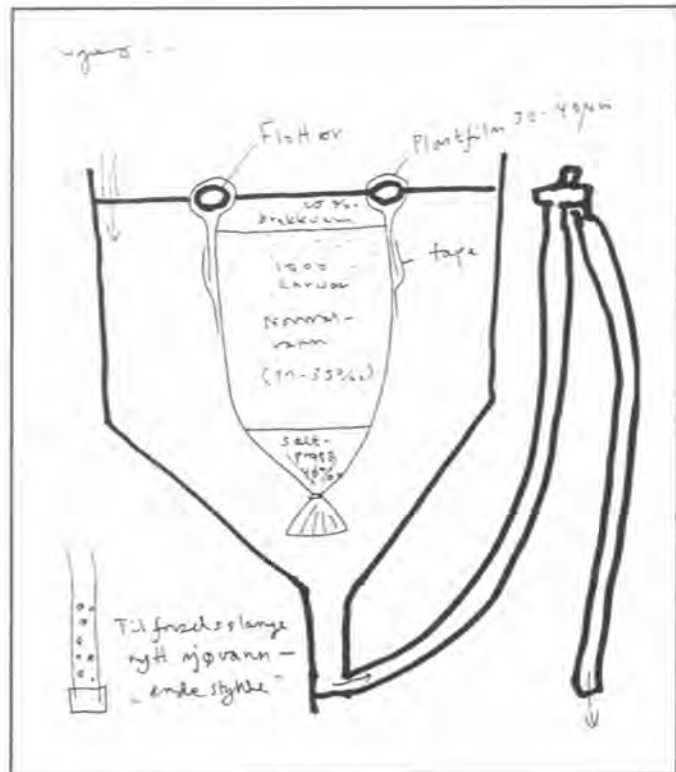


Etter hvert ble egg og larver for videre studier gjort tilgjengelige fra stasjonen i Austevoll. Fiskeribiologen Karin Pittman sendte sin første rapport til ICES i 1987 om utviklingen av kveitelarvens kroppsoppbygging, og i 1991 ble dette temaet grundig beskrevet i hennes doktoravhandling.

Behovet for å øke forståelsen av kveitelarvenes atferd gjorde at atferdsøkologen Anne Berit Skiftesvik startet et meget omfattende videobasert forskningsarbeid. Etterhvert ga dette arbeidet frukter, og hennes arbeid understreket at ulike utviklingsstadier av kveiteegg og -larver er tilpasset ulike dyp og derfor stiller ulike krav til oppdrettsmiljøet. Atferden endrer seg når en fiskelarve er klar for å kunne fange og fordøye sitt første byttedyr. Et annet interessant trekk er at en kveitelarve får redusert aktivitetsnivå og flyteevne tidlig i en bakterieinfeksjon. Arbeidet hennes førte fram til en doktorgrad i 1996.

### Hallstein og Viggo Jan

I 1982 etablerte Havforskningsinstituttet i samarbeid med Hydro/Mowi en stamfiskbestand av innfanget kveite ved MOWIs anlegg i Tveitevågen. Havforskningsinstituttet etablerte året etter sin egen stamfiskbestand ved daværende Akvakulturstasjonen i Austevoll, nå Havforskningsinstituttet Austevoll havbruksstasjon. Akvaforsk etablerte sin egen bestand av innfanget småkveite på Sunndalsøra i 1984. I 1985 hadde stasjonen i Austevoll 16 stamfisk, av disse var ti hunnfisk med en snittvekt på 54 kg. Alle var fisket med line fra den lokale bestanden i Bjørnefjorden. Fisken ga denne våren omlag 39 liter egg. Befruktningsprosenten var over 50 %, men svært variabel. Totalt ble det inkubert 31 liter egg som hadde en klekkeprosent på 31%. Ingen larver kom i vekst i laboratorieforsøk, heller ikke i sirkulerende vann i kar. I stasjonens produksjonspoll Hyltro levde tre kveitelarver fram til metamorfose. I flyteposer på stasjonens sjøanlegg (som januar 1999 er under salg) overlevde ytterligere to larver. Produksjonen i 1985 ga opphavet til kveitene «Hallstein» og «Viggo Jan», oppkalt etter daværende fiskeridirektør Hallstein Rasmussen



**Figur 5.4** Å bringe kveitelarvene helskinnet gjennom den lange plommesekkfasen var vanskelig, men kreativiteten var stor og løsningsforslagene mange.

*To keep the viability of the halibut larvae throughout the fragile yolk-sac stage is difficult, and suggested solutions of the problems have been many.*

og assisterende fiskeridirektør Viggo Jan Olsen. Dette ble demonstrasjonskveiter som i likhet med sine navneopphav dukket opp på all verdens utstillinger og messer. Men slikt tar på. Kveita «Hallstein» hoppet ut av karet og begikk selvmord, omtrent samtidig som Hallstein Rasmussen gikk av som fiskeridirektør. For øvrig viste det seg visstnok ved obduksjonen at Hallstein var en hunnkveite.

### Store forskningsoppgaver

I en intern oppsummering som omhandlet 1985-sesongen konkluderes det med at innsatsen må konsentreres om: (1) Eggkvalitet, (2) Klekkeresultat, (3) Minimalisering av fysisk stress i plommesekkfasen, (4) Minimalisering av mikrobiell belastning i plommesekkfasen og (5) Starfôr: tid for introduksjon; form, farge og mo-

bilitet; næringsinnhold. Notatet dette er hentet fra er usignert, men er etter alt å dømme forfattet av fiskeribiologen Håvard Rabben som senere stiftet og nå er ansatt av Austevoll Marin Yngel AS (AMY), som produserer kveiteyngel og -matfisk i Austevoll.

I 1986 ble mer enn 100 kveiteyngel produsert ved HI Austevoll havbruksstasjon, og året etter fulgte nok en institusjon med en tilsvarende produksjon. I 1986 var allerede miljøfysiologen Anders Mangor-Jensen i gang med studier av egg og larvers oppdriftsregulering. Oppdrettsmiljøet til morfisken har tydeligvis betydning. Kveiteeggene endrer sin oppdrift etter at de er gytt som et resultat av lysforholdene. Utsettes egg for lys, blir de tyngre. Men også selve klekkingen blir hemmet av lys. Og dette dannet opptakten til en fascinerende oppdagelse som vakte oppsikt i internasjonale kretser. Mer om dette siden.

### Hvordan produsere de beste eggene?

Det var tydelig at behovet for spesiell kompetanse var nødvendig for å forstå kveitas reproduksjon. Hvordan kunne en produsere de beste eggene, og hvordan kunne en lure kveita til å gyte? Disse eksistensielle spørsmål kom sterkt til uttrykk når en klokken to om natten oppdaget at «svinfisken» (og det er faktisk det mildeste uttrykket en finner i stasjonens utallige strykedagbøker) hadde sluppet sine egg 10 minutter før det nyoppståtte strykelagets ankomst. Den kompetansen måtte en til Sverige for å finne. Og svenskehjelpen kom. I 1989 forsvarte Birgitta Norberg sin doktorgrad som omhandlet eggdannelsen hos laksefisk. Hun hadde da allerede vært i arbeid med stasjonens stamkveiter i noen år. I 1991 rapporterte hun og kollega Olav Kjesbu ved HI, Senter for marint miljø, om reproduksjonsfysiologien blant annet hos kveite. I et annet arbeid fra samme år beskrives egggløsningsrytmer og eggviabilitet hos kveite. I 1995 karakteriseres kveitas vitellogenin, et fosfoprotein, som er en viktig byggestein i egg og plommesekk.

Norbergs arbeid er et eksempel på den nasjonale og internasjonale kontaktflaten Havforskningsinstituttets kveiteforskning etterhvert har fått, og at anvendt forskning i høyeste grad kan være grunnleggende. En rekke forskere har søkt samarbeid med stasjonen i Austevoll fordi en her har funnet gode arbeidsbetingelser i form av materiale, metoder og fasiliteter. Havforskerne har søkt ut for å lære nye metoder. Det er mange gode eksempler på fruktbare (!) samarbeid - ikke bare innenfor kveitas kjønnsliv. Nå er egg tilgjengelig til ulike tider av året, både kommersielt og fra forskningsfisk. Og det var med stolthet at fem Austevollsforskere i 1996 kunne publisere resultatene fra den første vellykkede startfôringen av kveitelarver som ble produsert fra en seks måneders forsinket gytegruppe. Eggene ble strøket oktober 1994.

### Lyset regulerer egg og larver på mange måter

En av de betydeligste samarbeidspartnerne for Havforskningsinstituttet har vært Universitetet i Bergen. Topp motiverte hovedfagsstudenter har alltid søkt utfordringer og betydningsfulle problemstillinger ved Havforskningsinstituttet. Et eksempel i så måte er arbeidet med å beskrive kveiteeggets klekkemekanisme og hvordan denne kan påvirkes. Professor Bernt Walther har



**Figur 5.5** Dugnadsånden har alltid vært sterk på Austevoll havbruksstasjon.  
*The employees have done a lot of voluntary work at Austevoll Aquaculture Research Station.*

i en årrekke inspirert studenter til å ta fatt i akvakulturrelaterte problemstillinger. I 1991 disputerte Jon Vidar Helvik på kveitas klekkebiologi. Og for første gang beskrives fenomenet randsone-klekking: Under klekking blir eggskallet åpnet over plommesekken helt bak til larvens nakkeregion. Larvens hode ser ut til å dytte opp "hatten av egget", den øvre delen av eggskallet, det sitter fortsatt fast til resten. Spesielle kjertler som sitter i en ring rundt plommesekken har frisatt et eget klekkeenzym som har åpnet eggskallet. Utsettes egget for lys, hemmes åpningsprosessen. Dette fenomenet kan brukes til å holde igjen og synkronisere klekkingen i en gruppe kveiteegg.

Anders Mangor-Jensen og Kjell Naas fortsatte arbeidet med lysets påvirkning av egg og larver. Når eggene utsettes for lys blir de samtidig tynge, og larvene som klekker vil også være tyngre. Likevel responderer ikke kveitelarver fototaktisk før dag 23. Etter denne alderen svømmer larvene mot lys ved lysstyrker over ca 10 lux, mens de svømmer vekk ved lysstyrker som ligger rundt 1 lux eller lavere. I flere samarbeidsprosjekter med kolleger fra det spanske havforskningsinstituttets senter i Vigo, arbeidet Naas og Ingvar Huse med betydningen av larvenes lysmiljø. Svarte oppdrettskar så ut til å være det av de undersøkte lysregimene som ga mest naturlige lysforhold. Grøntvannsteknikk forbedret lysforholdene for alle karfarger. Turbiditeten som dannes av alger (eller andre suspenderte partikler) øker sannsynligvis fiskelarvens evne til å se eller fokusere på det enkelte byttedyr.

I et samarbeid mellom Jon Vidar Helvik og den unge fiskeribiologen Ørjan Karlsen fra Austevoll, ble lysets innvirkning på kveitelarvens øyutvikling studert. Noe overraskende så det ikke ut til at øyets oppbygging ble påvirket av lysforholdene, heller ikke synsevnen. Et arbeid fra 1998 testet ut påvirkningen av lyskvalitet på utviklingen av aktivitet og vekstrate hos plommesekkklarver, og en fant bare mindre effekter av det sterkeste, hvite lyset. Ørjan Karlsen og Anders Mangor-Jensen har påvist at en kan bruke larvenes evne til å svømme mot lyset som en pekepinn på hvor god larvegruppen er, spesielt hvor godt den vil slå til i startföringen.

## Fysisk stress og bakterier

På midten av 80-årene var det tydelig at den lange plommesekkfasen gjorde larvene utsatte både for bakterier og fysiske skader og stress. Det ble Ingegjerd Opstads oppgave å utforske denne problemstillingen. Hun hadde tidligere arbeidet med hjuldyr (rotatorier) som startföer, først og fremst til torsk og piggvar, og er utdannet marinbiolog (botanikk). Opstad er i dag programleder ved Havforskningsinstituttet med yngeloppdrett som ansvarsområde der hun i dag arbeider med formulert föer til larver.

Innholdet av nukleinsyrer gir et slags øyeblikkelig mål for vekst og vekstevne. Dette var en teknikk som ble tilpasset til slike undersøkelser blant annet i et samarbeid med Arnt Johan Raae og Bernt Walther på Biokjemisk Institutt, samt kollega Per G. Kvenseth. «Pelle» er fiskeribiolog og figurerte som dynamo i mange prosjekter ved stasjonen i den tiden. Han markerte seg først og fremst i etableringen av pollproduksjon av torskeyngel.

I et arbeid med vannutskiftning i siloer (store plommesekkklarve-inkubatorer) fant Opstad i samarbeid med mikrobiologen Øivind Bergh at larvens tørrvekt ved gitt alder sank med økende vannström i siloene, og at antall bakterier akkumulerte raskest i stagnerte systemer eller systemer med sakte utskiftning. Følgelig måtte en balansere hensynet til vekst mot hygienehensyn når utskiftningsraten skulle reguleres. Det skulle etterhvert vise seg at andre faktorer skulle kunne regulere produksjonsresultatet fra en silo.

I 1991 publiserte Øivind Bergh og kolleger en oversikt over bakteriesykdommer hos egg og plommesekkklarver hos kveite. Å delta i forskningen på en art for å tilpasse den til oppdrett er alltid givende for sykdomsforskeren. Også på bakteriefronten førte kveiteforskningen til en nyoppdagelse - *Flexibacter ovolyticus* - en bakterie som ødelegger kveiteegg og -larver (Hansen og medarbeidere 1992). Men også godartede bakterier har vært et viktig arbeidsfelt. Både studier av naturlig forekommende mikroflora i larver under startföring og hvordan denne kan påvirkes har vært viktige spørsmål. Berghs inter-

esse for bakteriefafauna på kveiteegg og -larver, samt de problemer bakteriene skaper førte fram til hans doktorgrad i 1996. Sammen med Anders Jelmert publiserte Øivind Bergh mulige desinfeksjonsregimer i 1996.

### Arbeidet med Austevollmetoden skyter fart

I 1987 rapporterte Håvard Rabben til ICES om stryke metode for kveite, en metode som stort sett er den samme som er i bruk i dag. Dette samme gjelder for egginkubatorene beskrevet av Jelmert og Huse til ICES samme år, selv om oppdatert design og ikke minst prosedyrene for egglagring ble publisert av Mangor-Jensen og medarbeidere i 1998. Grunnleggende trekk ved silometoden ble også rapportert 1987, da av Håvard Rabben, Anders Jelmert og Ingvar Huse. Anders Jelmert er utdannet mikrobiolog som i dag konsentrerer seg om ballastvann og innførsel av uønskede organismer. Ingvar Huse er utdannet fiskeribiolog. Han tok over som styrer ved stasjonen i Austevoll etter Bjørn Braaten og var stasjonsleder fram til 1992. I dag er han i internasjonalt oppdrag i det sørlige Afrika, etter å ha arbeidet som programleder ved HIs Fangstseksjon. Ingvar har hatt mye å si for oppbyggingen av stasjonen i Austevoll, og for at forskningsprofilen framstår som den gjør i dag.

Marinbiologen Torstein Harboe startet sitt arbeid

ved stasjonen i 1988 og skulle få mye å si for forståelsen av miljøforholdene for plommesekk-larver og larver i startfôring. I et samarbeid med SINTEF testes glutaraldehyd ut som desinfeksjonsmiddel som skal hindre at bakterier "henger med" fra egginkubatorer til siloer. Det så ut til at den tydeligste effekten av desinfeksjonen kom når kveitelarvene skulle startfôres. I 1994 beskrives stasjonens silo-konsept, og fire år etter forbedringene som kan oppnås ved å bruke en dynamisk brakkvannsgradient og oksygentilsetning. Bruk av brakkvann når larvene er høyt oppe i vannsøylen kan lett gi feilutvikling, men i moderate mengder bedres overlevelse og driften blir enklere. Oksygen tilsettes i bunnen av inkubatorene for å fordele larvene og å unngå lave oksygentensjoner.

I 1988 ble det etablert et treårig prosjekt, "Intensiv produksjon av kveiteyngel", i regi av NTNf og med oljeselskapet FINA Exploration Norway som bruker. Prosjektet fikk en oppfølger 1991-93 som ble et samarbeid som også involverte Havforskningsinstituttet. Prosjektet fortsatte på mange måter det mer uformelle kveite-samarbeidet som hadde foregått i flere år, og har fortsatt fram til i dag gjennom flere prosjekter. Norges forskningsråd ga Stolt Sea Farm AS en større bevilgning som brukes til samarbeidsprosjektet "Helårlig storskalaproduksjon av



**Figur 5.6**

Bildet viser Knut Senstad under tilrettelegging av det tidligere ferskvannet Svartatjønn for produksjon av marint dyreplankton til fiskefôr. (Den norske *Artemia*). Foto: Torfinn Grav *Transformation of the earlier fresh water lake Svartatjønn to a production pond for marine zooplankton for fish food.*



**Figur 5.7** En fornøyd Havård Rabben, klar for befruktning av kveiteegg. (Foto: Torfinn Grav) *Havård Rabben, from Austevoll Aquaculture Research Station, with newly stripped halibut eggs ready for fertilisation.*

kveiteyngel", 1994-96. Prosjektet "Intensiv yngelproduksjon av kveite" var i 1997-98 et samarbeid mellom HI, Akvaforsk, Fiskeridirektoratets ernæringsinstitutt, Fiskeriforskning og Sintef havbruk, men her var Havforskningsinstituttet prosjektleder. Aktiviteten fortsetter i 1999 i redusert omfang. Og prosjektene har fokusert stadig mer på å finne et egnet fôr til larven som ikke har et fullverdig fordøyelsessystem.

**Fôret er en nøkkelfaktor - og hodepine for forskeren såvel som oppdretteren**

Fram til dag har det vist seg umulig å finne sikre metoder for å startfôre kveitelarver med et formulert fôr fra første dag. Den dagen vi kommer dit, vil antagelig mye kunne falle på plass. Hverdagen vil bli langt enklere for yngelprodusenten.

Tilpasningen av det ernæringsmessige innhold av ørkenplanktonet *Artemia*, slik at det gir full-

god ernæring for kveite, er et arbeid som har holdt på utover hele nittitallet. I 1990 ble det gjennomført det som må kunne kalles en rekke vellykkede startfôringsforsøk i kar. Sivilingeniør (kjemi) Karin Boxaspen og botaniker Lilliann Skjolddal (ingen av dem er i dag aktive i kveiteforskning) stod for en betydelig innsats og analyserte både larver og mageinnhold. I et arbeid fra 1993 viste Tore Næss og medarbeidere at *Artemia* kan brukes som enefôr gjerne i to uker, dersom en gir mer fullgod kost i påfølgende periode. Gir en ikke et slikt "kosttilskudd" stopper blant annet utviklingen av kveitas pigmentceller på øyesiden opp, og vi får en karakteristisk feilutviklet settefisk. Arbeidet med denne sensitive perioden - gjerne kalt feilutviklingsvinduet - har gitt forskerne vesentlig forståelse under uttestingen av fôr og fødeorganismer til kveite. Arbeidet med den rette anrikningen til *Artemia* har fortsatt i samarbeid med Ernæringsinstituttet og SINTEF. Etterhvert ble det også nødvendig å være mer sikker på hvor mye byttedyr larven måtte ha, og fiskeribiologen Terje van der Meeren tok fatt på det møysommelige arbeidet det er å beregne kveitelarvens energibudsjett. En del av dette arbeidet hadde viktige bidragsytere, både tidligere Austevollskollega Ivar Rønnestad og Nigel Finn (begge fra Professor Hans-Jørgen Fyhns gruppe ved Zoologisk Laboratorium ved UiB) har vært viktige.

I 1990-1992 ble det gjennomført et forskningsprosjekt i Austevoll som kom til å bety mye for innretningen av det videre arbeidet. «Bruk av mesokosmos som del av produksjonslinje for kveiteyngel» ble ledet av marinbiologen Kjell Naas som i dag er daglig leder av kveiteyngelprodusenten Risørfisk AS. Prosjektet ansatte også planktonforskeren Tore Næss (kom til stasjonen i Austevoll i 1988) som hadde sin zoologiske utdannelse fra Universitetet i Oslo. Et mesokosmos er i denne sammenheng et oppdrettssystem som er relativt stort, vannet skiftes langsamt ut og biomassen er meget lav i forhold til intensivt oppdrett. Dette gir relativt stabile prosesser. Prosjektet viste at bruk av alger, såkalt "grøntvannsteknikk", økte første førtilslaget og overlevelsen gjennom startfôringsperioden hos kveitelarver. I prosjektets sluttrapport fra 1993 ble det verifisert at *Artemia* er tilstrek-



**Figur 5.8** Deler av klekkeri, stamfisk- og forsøkshaller og andre forskningsfasiliteter på Sauaneset, Austevoll Havbruksstasjon. *Parts of the hatchery, broodstock buildings and other facilities for halibut research at Austevoll Aquaculture Research Station.*

kelig for å oppnå vekst og overlevelse i et mesokosmos, men at disse fôrdyrene ikke er kvalitativt gode nok til å forhindre høy frekvens av feilpigmentering. Bruk av ulike former for mesokosmos, står fortsatt for den vesentligste kveiteyngelproduksjonen i Norge, og er en teknikk som har vært anvendt på flere arter med godt resultat. Rent forskningsmessig har det vist seg å være viktig å kunne kombinere intensive med mer ekstensive teknikker.

En annen del av det samme prosjektet studerte og dokumenterte at det finnes store mengder hvileegg av calanoide copepoder (hoppekreps) i sedimentet av norske pollsystemer. Det er produksjonsmåten som benyttes i pollene som favoriserer disse artene, og slik "Norsk *Artemia*" gir store muligheter for mer stabil tilførsel av høykvalitetsfôr og forlengelse av produksjons-sesongen i slike systemer. En rekke arbeider er publisert om hvileegg. En oversikt over to hoppekrepsarter og deres hvileegg i stasjonens andre produksjonspoll - Svartatjønn - beskrev Tore Næss i 1991.

Studier av økosystemer egnet for marine larver blir en viktig del av Havforskningsinstituttets oppdrettsforskning. Kjell Naas sitt omfattende studium fra Svartatjønn publisert i 1991 sammen med fiskeribiologen Terje van der Meeren og marinbiolog Dag Aksnes fra Institutt for fiskeri- og marinbiologi ved UiB, er et eksempel på dette. Svartatjønn ble brukt til oppdrettsforsøk av kveite i 1991 og 1993, og minst åtte ulike fiske-

arter er oppdrettet i dette systemet. En meget lesverdig artikkel om hvordan systemøkologi og larveoppdrett griper inn i hverandre er sammenfatningen som Terje van der Meeren og Kjell Naas ga ut i 1997.

Overgangen fra et levende til et formulert fôr (weaning) er en kritisk fase i kveiteoppdrett. I et arbeid fra 1995 viste Ingegjerd Opstad at med de tilgjengelige fôrtypene kunne fisken gis tørrfôr direkte ved en størrelse på 0,2 -0,3 g våtvekt. Ved å kombinasjonsfôre med levende *Artemia* kunne en starte ved fisk mindre enn 0,2g. Etterhvert som fôr og oppdrettsenheter ble mer egnet, viste ernæringsbiologen Kristin Hamre sammen med Tore Næss at en kunne flytte grensene ned til rundt 0,07g våtvekt. Men både intensiv bruk av levende såvel som formulert fôr stiller store krav til rengjøringen. Tradisjonell rengjøring med hevert skaper unødige belastninger for larvene. Det var derfor gledelig da Austevollsforskerne sammen med en lokal industribedrift i 1998 kunne presentere en motorisert rensearm på det årlige vitenskapelige møtet i Det internasjonale råd for havforskning (ICES).

Lengdestrømsrennen, vedvarende undersøkt og rapportert av tidligere Austevollskollega Victor Øiestad, nå professor ved Norges fiskerihøgskole i Tromsø, viste seg å bli et nyttig redskap under tørrfôrtilvenningen. Ved meget lave vannivåer øker selvrensingen dramatisk, og fiskens egenbevegelse driver fekalier og fôrspill ut av oppdrettsområdet.

I 1998 publiserte Torstein Harboe og Anders Mangor-Jensen resultatene fra et forsøk som undersøkte tidspunkt for startfôring av kveitelarver. Larver som hadde en alder på 260-290 døgngrader (antall døgn x midlere vann-temperatur), spiste nesten umiddelbart etter overføring, mens yngre larver brukte lenger tid på å komme i gang. Men de eldste larvene hadde minst kroppsreserver, slik at de vil være mindre enn grupper startfôret ved lavere fysiologisk alder. Prinsippet med å vente lengst mulig med introduksjon av fôr brukes også på andre arter for å øke startfôringstilslaget. Også Austevollskaret ble publisert i 1998, et kar med skygge-kant og sentral bobling for å fordele larver og byttedyr. Karet sammenfatter viktige prinsipper både fra ekstensive systemer (poller) og fra intensive prinsipper. Karet ville neppe blitt så vellykket og sett slik ut dersom en ikke hadde hatt denne brede erfaringsbakgrunnen.

Dermed var dagens teknologiske standard, fra stamfisk og stryking til ferdig produsert yngel, skriftlig dokumentert.

### **Oppfôring fra settefisk til slakteklar vare**

Matfiskforskningen har hele tiden operert i skyggen av arbeidet på yngre stadier. En vesentlig del av dette arbeidet er blitt utført av Ernæringsinstituttet og HI i samarbeid. Ragnar Nortvedt fra Ernæringsinstituttet (fiskeribiolog med farts-tid fra HI) og Stig Tuene (siden høsten 1998 ansatt ved Møreforsking) gjennomførte flere store forsøk fra og med 1993. Nortvedt var spesielt interessert i bruk av multivariat statistikk, og i 1995 publiserte de en multivariat evaluering av fôr til kveite. Her ble betydningen av fôrets flyteevne, tørrstoffinnhold og pelletstørrelse belyst.

Tuene introduserte sammen med Nortvedt en ny metode i 1995 som gikk under kallenavnet «Fisk på bås». Ved å merke fisken tydelig kunne en flittig person fôre en gruppe med fisk med noen få pellets i slengen og registrere hvilke individer som spiste. Kjente en vekten per pellet samt fiskens vekt før og etter registreringsperioden, kunne den individuelle fôrutnyttelsen beregnes. Forsøkene viste helt klart at fôrutnyttelsen ble bedre jo raskere fisken vokste. Kveite på rundt 0,5 kg

kunne vokse 1 kg våtvekt på 530 gram tørrfôr. Det er også klare indikasjoner på at ung kveite vokser raskere på kontinuerlig lys, sammenlignet med grupper som opplever naturlige mørke perioder hver natt.

Arbeidet med påvekst i merder har fram til i dag vist at denne teknologien er konkurransedyktig med karoppdrett. Fôringskontroll med ekkolodd er fullt mulig selv om ikke kveita har svømmeblære og således reflekterer lite akustisk energi.

Men matfiskforskning var ikke bare rett fram. Også her opplevde man overraskelser. Sommeren 1997 var stasjonen på nyhetene, og daværende stasjonsleder Jens Chr Holm måtte konstatere at et viktig fiskemateriale gikk tapt etter at sjøtemperaturen var over 19 °C. Også sollyset i seg selv kan drepe kveite, den blir lett solbrent.

Etterhvert fant en ut at kveita, i motsetning til laks, ikke vokser bedre når den svømmer. Den beste trivselen og tilveksten får en når kveita ligger rolig på bunnen mellom måltidene. I de tilfeller hvor fisken tvinges til å svømme, eksempelvis når fisken ligger mer enn i to lag (teoretisk beregnet), så blir vekstraten redusert.

### **Kan vi så lene oss tilbake?**

En forsker er sjelden fornøyd. Og kveita har fortsatt sine gåter, faktisk så mange at kommersielt oppdrett fortsatt er en tornefull vei å gå. Fortsatt er vekst og overlevelse i yngelproduksjonen for lite forutsigbar. Ennå klarer vi ikke å styre sikkert mot en god yngelkvalitet. Fortsatt kan vekstraten forbedres i matfiskproduksjonen. Kjønnsmodningen hos hannfisken må kunne kontrolleres uten at en må betale i form av tapt tilvekst. Og det spennende med denne typen forskning er at når et problem finner sin løsning, når en barriere flyttes, da påvirkes andre resultater og nye utfordringer oppstår. Så en sannhet blir ikke gammel. Neppe mer enn to år. Og historien blir stadig skrevet på nytt.



## HAVBEITE OG KULTIVERING AV VILLE BESTANDER Drømmen om å hjelpe naturen



Terje Svåsand, Ove Skilbrei, Ann-Lisbeth Agnalt og Tore S. Kristiansen, Havforskningsinstituttet  
Jørgen Borthen, Fiskeridirektoratet og Torstein Pedersen, Norges Fiskerihøgskole, UiTø

Ove Skilbrei

**D**rømmen om å hjelpe naturen har eksistert så lenge vi har hatt metoder til å produsere setteorganismer. Utviklingen startet med laks på slutten av 1700-tallet og ble videreført med torsk og andre marine arter 100 år seinere. Sikre metoder for å måle effekter av utsettingsprogram er imidlertid først utviklet de siste 20-årene, med en betydelig satsing gjennom offentlige forskningsprogrammer, med hovedvekt på PUSH (Program for Utvikling og Stimulering av Havbeite), i perioden 1990-97. I denne artikkelen gir vi et kort historisk tilbakeblikk, vurderer status og ser på videre muligheter for havbeite og kultivering av ville bestander.

### Laks og ørret

Kunstig klekking av ferskvannsfisk ble offisielt utviklet av Jacobi fra Tyskland i 1750-årene, men ifølge kilder hadde også en nordmann, Jakob Sandungen fra Eiker, gjort lignende arbeid. Utsettingene i Norge fikk imidlertid ikke noe omfang før i 1850-årene da det ble bygd flere klekkerier, mest for ørret, men også for laks og røye. En viktig grunn for denne ekspansjonen

var offentlig støtte, og at det ble opprettet et eget inspektorat for ferskvannsfiskeriene. Omfanget av utsettinger av lakseyngel økte kraftig etter innføring av en eksportavgift på laks, og var rundt 1940 kommet opp på samme nivå som ørret, 6-7 millioner lakseyngel mot ca 8 millioner ørretyngel. Yngelen ble satt ut kort tid etter klekking, når plommesekken var oppbrukt, fordi man mente at den naturlige dødeligheten på rognen var høy. Hensikten var å stabilisere bestander, øke fisket og få fisk i fisketomme vann.

I USA ble det vanlig allerede på slutten av 1800-tallet å føre laksefisk fram til settefisk for å redusere den naturlige dødeligheten ytterligere. Forbedrede teknikker førte så til økende bruk av settefisk i flere vesteuropeiske land i løpet av første halvdel av 1900-tallet. Norge lå klart etter andre land på dette feltet fram til annen verdenskrig. Oppføringen av laksen før utsetting ble først vanlig i Norge fra 1970-tallet. Å sette ut fisk som er klekket om våren, føret noen måneder og satt ut i løpet av sommeren, var og er mest vanlig. Antall smolt økte fra rundt 250.000 i 1970 til 1 million på slutten av 1980-tallet.

Ved å merke smolten kan effekten av utsettingen evalueres. Resultatene av omfattende utsettinger av yngre fisk er imidlertid mer usikre, og i noen tilfeller nedslående. Fisken har vanligvis vært umerket og ofte satt ut som følge av vassdragsreguleringer, som i Suldalslågen og Vosso, der utsetting av merket sommergammel yngel har avslørt at bidraget til den voksne bestanden er nær null. Dersom bestanden er lav, kan uttaket av stamlaks fra elven i seg selv bli en trussel, og myndighetene har inntatt en mer restriktiv holdning til fiskeforsterkningstiltak der effekter og biologiske flaskehalsar i elven ikke er godt kjent. Biotopforbedringer og endringer i kraftverkets kjøreplaner kan være naturlige alternativer i noen elver. Det kan nevnes at forsøk med utplanting av øyerogn har vist seg å gi høy tetthet av yngel på strekninger uten naturlig gyting. Det er således ironisk at den feilaktige oppfatningen av at egg har høy dødelighet i naturen, var en av årsakene til oppstarten av utsettingene i Norge for snart 150 år siden.



Mens utsettingene i Norge hovedsakelig ble foretatt i elver med eksisterende vill bestand av laks i forbindelse med fiskeforsterkningstiltak, så ble det i andre land fokusert mer på andre typer utsettingslokaliteter og formål. På Island ble en forskningsstasjon for havbeite med laks startet på 1960-tallet, med utgangspunkt i en liten elv uten naturlig laksebestand. Det ble bygd opp en "havbeite-stamme" som på 1980-tallet ble brukt til å produsere settefisk for kommersielle utsettingsprosjekter tilknyttet svært små vannkilder. I påfølgende år var gjenfangstene høye på utsettingsstedet, og 5 til 15 % gjenfangst ble rapportert fra flere anlegg. Gjenfangstene sank av ukjente årsaker betydelig på 1990-tallet, og prisene på laks fulgte samme vei. I dag er havbeiteindustrien på Island så godt som nedlagt.

I Norge er det gjennomført et stort antall forsøk med merking og utsetting av laksesmolt. Forsøkene inkluderte blant annet studier av preging og vandring med base på Norsk Institutt for Naturforskning (NINA) sin forskningsstasjon på Ims på 1980-tallet. Denne kunnskapen, de positive resultatene på Island på samme tid, samt sta-

dig forbedret smoltproduksjon, førte til et ønske om å prøve ut havbeite med laks i ikke-lakseførende vassdrag. Gjennom PUSH-programmet (1990-97) var både Havforskningsinstituttet og NINA engasjert i ulike prosjekter, som dekket utsettinger fra svært små vannkilder til store lakseførende elver.

Gjenfangstprosjekter og feilvandring til andre vassdrag viste seg å variere betydelig. Faktorer som utsettingsår, lokalitet, smoltalder, kjønnsmodningsstatus, avstamning, produksjonsforholdene før slipp og utsettingsmetodene hadde alle innflytelse på overlevelse og gjenfangst. Gjennomsnittlig gjenfangstprosent, korrigerte for merketap, var på 3-4 % for hele årsklasser, men med en betydelig variasjon mellom ulike forsøksgrupper, fra nær null til over 10 % gjenfangst. Introduksjon av liten yngel i øvre ikke-lakseførende del av Vefsna bidrog til å øke fangsten og produksjonen. I de andre prosjektene ble

det etter hvert klart at utsettingsmetodikken var den viktigste enkeltfaktoren. I to av prosjektene ble lave gjenfangster mer enn 10-

doblet etter at det ble laget et ferskvannslag øverst i vannsøylen i merdene der smolten ble holdt før slipp. Slepning av merdene utover i fjorden før slipp økte også gjenfangstene, sannsynligvis fordi smolten ble transportert forbi områder med høy predasjonsfare.

Økonomiske analyser konkluderte med at det ikke var grunnlag for å anbefale havbeite. Det er mange årsaker til at havbeiteprogrammet på laks i så henseende ikke ble vurdert som vellykket. Når kommersielle havbeiteprosjekter på Island trengte 7 % gjenfangst på utsettingsstedet for ti år siden for å komme på plussiden, er det flere faktorer som ikke er sammenlignbare med dagens situasjon i Norge. Fangst av laks er ulovlig i sjøen på Island, mens en vesentlig del av havbeitelaksen i Norge ble fanget i sjøfisket under vandring. Den islandske fisken ble solgt til høye priser som ikke lenger anses som reelle. Overlevelsen til laks i havet gjennom 1990-årene har vært på et historisk lavt nivå, spesielt på Vestlandet.

I Havforskningsinstituttets Sotra-prosjekt finnes det indikasjoner på at lakselus har medført økt

dødelighet. Havbeiteprosjektene ble også avsluttet før de positive resultatene kunne utvikles videre.

Erfaringene fra programmet tilsier at dersom potensialet for havbeite med laks fra ikke-lakseførende vassdrag skal utnyttes i framtiden, så er følgende momenter viktige. Det må gjennomføres forsøksutsettinger med fisk fra flere laksestammer på den aktuelle lokaliteten, og utsettingsmetoden må vektlegges. Utsettingene må legges til områder med lav predasjonsfare, og det geografiske feilvandringmønsteret må kartlegges på grunn av potensielle konflikter med ville bestander. Stedet bør også være attraktivt for sportsfiskere slik at verdien på fisken kan økes.

### Sjørøye

Blant laksefiskene er det også gjennomført stor-skala havbeiteforsøk med sjørøye, som vandrer ut i sjøen om våren og vender tilbake til hjemvassdraget etter 30-50 dager. Dersom en røye vandrer ut gjentatte ganger, kalles den veteranvandrer. Andelen røye som vandrer til sjøen (anadrom del) varierer mellom vassdragene, og det er fortsatt svært uvisst hvilke faktorer som påvirker dette forholdet.

Havbeite med røye baserer seg på utsetting av ungfisk som vandrer ut i sjøen i mai -juni og ernærer seg på naturlig føde, før den fanges i eller nær utsettingsstedet. I motsetning til laks, oppholder sjørøye seg stort sett inne i fjordsystemene under sjøoppholdet, samt at den foretar sjøvandringene både som umoden og moden fisk.

PUSH bevilget midler til fire forskjellige prosjekter som har utført forsøk med utsetting av røyemolt, både oppdrettet og innfanget og oppfôret villrøye. I tillegg er det gjort registreringer av sjøvandring, smoltifiseringsprosess og sjøvannstoleranse samt overlevelse relatert til produksjonsmetoder og smoltkvalitet. Det ble etablert feller i prosjektvassdragene som gjorde at all fisk som passerte fellene på vandring opp og ned vassdragene kunne registreres. Villfisk som ble

tatt i fellene, ble også registrert og individmerket for å ha sammenlikningsgrunnlag.

Totalt ble det satt ut over 120 000 røye, fordelt på oppdrettet smolt (ettårssmolt, toårssmolt og presmolt) og oppfôret villrøye. Gjenfangst varierte mye for de ulike utsettingsgruppene. Registrert villrøye på vandring hadde en gjenfangst på 12-55 %. Overlevelsen var sterkt korrelert med fiskens størrelse (alder). Karakteristisk for oppdrettet røye var at første sjøopphold gav liten tilvekst og liten gjenfangst. Ved andre sjøopphold hadde røyen bedre tilvekst og bedre gjenfangst. Ingen av forsøksgruppene av førstegangsvandrerer gav større biomasse (antall x vekt) tilbake fra saltvann enn det som gikk ut til saltvann.

Dårlig overlevelse og liten vektøkning hos førstegangsvandrende røye forklares ved flere faktorer. Av disse kan nevnes overgang fra kunstig fôr til naturlig byttedyr, liten fisk er mer utsatt for predasjon enn større fisk, og at merkedødeligheten er større for mindre fisk. En undersøkelse i 1992 og 1993 av mageinnhold i sjørøye fra Altafjorden og Laksefjorden viste at fra Altafjorden var andelen tomme mager hos sjørøye 50 % og magefyllingen var på omlag 30 %. Tilsvarende tall fra Laksefjorden var henholdsvis 0-5 % og 70-90 %. Disse to fjordsystemene er relativt like, men tettheten av fisk var mye større i Altafjorden hvor havbeiteprogrammet med sjørøye har pågått. En sannsynlig årsak til den dårlige veksten hos førstegangsvandrende oppdrettet røye kan være dårlig næringstilgang i Altafjorden, og dermed redusert bæreevne som følge av det store antall fisk som ble satt ut.





**Figur 5.9** G.O. Sars oppdaget i 1864 at torsken hadde pelagiske egg.

*The Norwegian biologist G.O. Sars discovered that the Atlantic cod had pelagic eggs in 1864 and learned to hatch eggs in the laboratory, and suggested that artificial hatching and releases of larvae could increase the cod recruitment.*

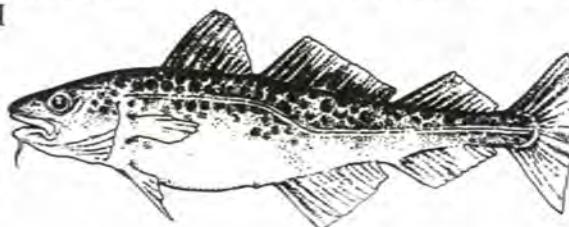
### Torsk

«Kunde man nu ved Kunst her hjælpe paa Naturen og bevirke, at større Masser af Rogn kom til Udvikling paa Steder, hvor den kunde være sikret for den skadelige Indflydelse af Strøm og Veir, synes man berettiget til at kunne haabe, at dette ikke vilde være uden gavnlige Indflydelse paa de fremtidige Fiskerier.»

Sitat fra: Sars, G.O. 1879. Indberetninger til Departementet for det Indre fra Dr. G.O. Sars om de af ham i aarene 1864-1878 anstillede undersøgelser angaaende saltvandsfiskerierne. Christiania 1879.

### Utsettinger av plommeseckklarver

Sammenlignet med laksefisk er de fleste marine artene mye vanskeligere å kultivere og har svært små egg og larver. I 1864 oppdaget G.O. Sars at torsken har pelagiske egg, og han greide å klekke eggene i laboratoriet. Sars foreslo (se sitat ovenfor) at



en kunne hjelpe naturen med kunstig klekking av eggene i beskyttede omgivelser, en idé som ble tatt opp av sjøkaptein G.M. Dannevig som grunnla Flødevigen Klekkeranstalt i 1882. De første plommeseckklarvene ble satt ut i 1884, og helt fram til 1971 pågikk det stort sett årlige utsettinger av millioner av plommeseckklarver i fjordene på Sørlandet. Tilsvarende aktiviteter startet også samtidig i USA og Canada. Motivasjonen for å starte kultivering var delvis politisk betinget. Utvikling av nye motordrevne fiskefartøy med tyngre fiskeutstyr resulterte i økt fiskepress i Nordsjøen og det nordlige Atlanterhavet på slutten av 1800-tallet. Både politikere og fiskere ble bekymret for konsekvensene, og bygging av klekkeri og utsetting av larver ble sett som en mulighet for å bøte på dette. "Klekkeribevegelsen" varte i nesten 90 år, selv om en aldri klarte å bevise effekter av utsettingene.

Å dokumentere virkningene av å sette ut umerkede larver er vanskelig. Det er store naturlige variasjoner i antall klekte larver fra år til år, samt at disse er utsatt for høy naturlig dødelighet. I seinere år har en målt overlevelsen til utsatte larver ved bruk av genetisk merking. I 1995 ble det satt ut ca. 18 millioner genetisk merkede larver i Heimarkspollen på Austevoll. Etter ett år var bare i overkant av 100 individer i live. Dette viser at hundre år med larveutsettinger sannsynligvis ikke har hatt noen effekt på de ville bestandene.

### Utsettinger av yngel

Fra midten av 1970-årene kombinerte Havforskningsintituttet basseng- og feltstudier for å studere torskens tidlige livssyklus. Bassengforsøkene startet ved Statens biologiske stasjon Flødevigen, og det viste seg tidlig at fiskelarver hadde høy overleving i bassenger uten predatorer. Fra 1980 ble denne metoden videreutviklet ved Austevoll havbruksstasjon, og i 1983

lyktes en med å produsere 60.000 torskelyngel i en avstengt sjøvannspoll (Hyltropolen). Vel 20.000 av disse

ble merket med ytre merker og satt ut i Austevollområdet, og utsettet gav til dels høye gjenfangster. Dette markerte starten på en ny epoke med havbeiteforsøk, men denne gang med stor torskeyngel. I 1985 ble "torsk i fjordprosjektet" satt i gang gjennom Norges fiskeriforskningsråd, med delttagelse fra Havforskningsinstituttet, Universitetet i Bergen og Norges fiskerihøyskole (Universitetet i Tromsø). Arbeidet ble siden videreført og oppskalert under PUSH-programmet.

I perioden 1983-95 ble det totalt satt ut mer enn 1 million merket torskeyngel fra Risør i sør til Troms i nord. Alle torskprosjektene brukte stamfisk som var fanget i utsettingsregionen. Den oppdrettede torsken syntes godt tilpasset til et liv i det fri, og i likhet med tidligere forsøk ble det dokumentert at kysttorsk er stedegen. Det ble observert en svak trend i økt vandring langs en sør-nordgradient, og økt vandring med økende størrelse, samt at oppdrettet torsk sprer seg noe mer enn vill torsk av samme alder.

Torsk vokser hurtigere i åpne kystområder enn inne i fjorder, noe som er i samsvar med prediksjoner fra økologiske modeller. Åpne kystområder har en større tilgang av potensiell torskeføde. Bæreevnen for torsk (maksimal biomasse torsk per km<sup>2</sup>) er høyere i Nord-Norge enn lengre sør. Videre ble det oppnådd høyere vekst i sørlige områder sammenlignet med nordlige områder. Dette kan delvis forklares av en synkende middeltemperatur nordover langs kysten. Når en senker temperaturen, går de biologiske prosesser saktere, inklusiv vekst.

I de fleste av de undersøkte områdene er det funnet en nær sammenheng mellom overlevelse og størrelse ved utsetting. Når torsken vokser blir det færre og færre predatorer som er i stand til å spise den. Det er også store forskjeller i total dødelighet mellom de ulike områdene langs kysten på grunn av ulik fødetilgang og tetthet av predatorer. Forskjeller i gjenfangstprosent mellom utsettingsområder kan også tilskrives forskjeller i fiskepress og størrelsesseleksjon i fisket, samt andel av gjenfangstene som blir rapporterte.

Forsøkene med torsk viste at naturlig rekruttering vanligvis er stor nok til å nytte den føden som er tilgjengelig. I tillegg er torsk en utpreget kannibal, noe som betyr at en kan få en negativ tilbakekobling på grunn av økt kannibalisme på liten torsk ved oppbygging av en større torskebestand. Basert på de økologiske forhold langs norskekysten i 1980- og 1990-årene, og de gjennomførte havbeiteforsøkene, konkluderte PUSH-programmet med at utsetting av torskeyngel ikke vil bidra med økte torskefangster i betydelig grad. Ingen av de gjennomførte utsettingsforsøkene ble vurdert som lønnsomme, basert på de økonomiske rammebetingelser, dagens kunnskap og teknologiske løsninger.

### Hummer

Drømmen om å kultivere hummer har vært levende i mange år i Norge så vel som i andre land i verden. G.M. Dannevig klarte i 1885 å klekke egg fra europeisk hummer og å få overlevelse fram til det første bunnlevende stadiet (ca. fire uker) ved Flødevigens Utklekningsanstalt ved Arendal. Samme år ble også egg klekket for første gang hos den nær beslektede amerikanske hummeren i Woods Hole, Massachusetts, USA. Interessen for kultivering hadde blitt vekket i Canada og USA på midten av 1800-tallet, og tidlig på 1900-tallet var en rekke klekkerier etablert på østkysten. Som en kuriositet kan det nevnes at klekkemetoden som ble benyttet i den tidlige fasen, ble patentert av den norske fiskeriksperten Adolf Nielsen i 1893. Mellom 1885 og 1903 ble 880 millioner larver i det første frittlevende stadiet klekket og satt ut. Det var derimot vanskelig å påvise noen effekt på bestanden siden larvene var umerket, og utsettingene opphørte i 1917.

I Norge fremkalte den sterke nedgangen i hummerbestanden i 1880-årene spørsmålet om hvorvidt man kunne hjelpe bestanden, og Stavanger filial av Selskabet for de norske Fiskeriers Fremme, bevilget i 1891 midler til Dr. Appeløf til å bygge en hummerpark på Kvitsøy i Rogaland. Et stort antall rognhummer skulle samles for å klekke eggene. Det ble konstatert store forekomster av yngel i det første frittlevende stadiet, men ikke i andre stadier. Til tross for at noen

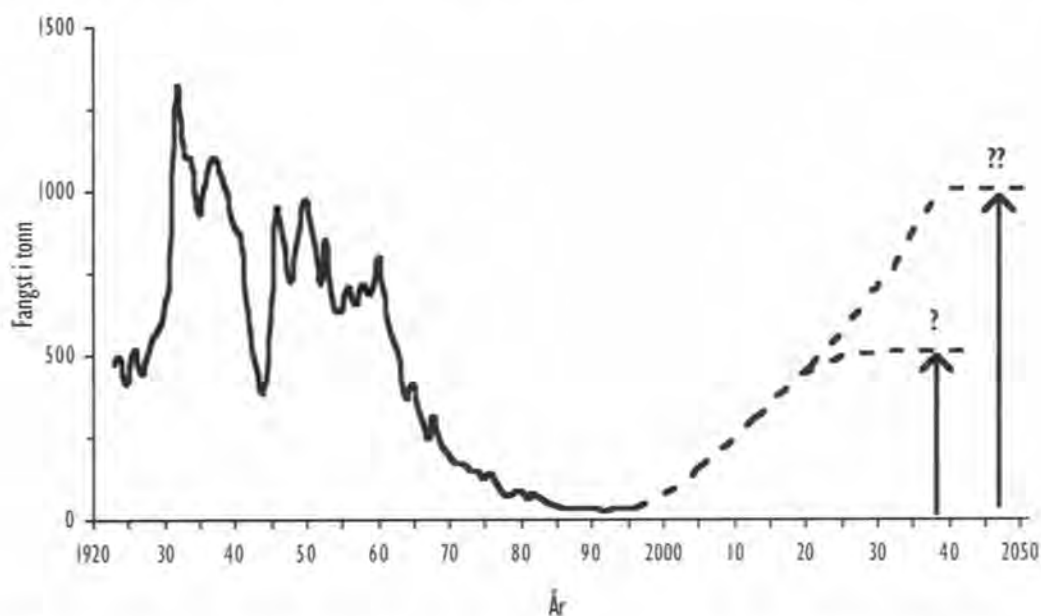
ungdyr ble fanget i parken fire-fem år seinere, de hadde etter all sannsynlighet vokst opp i parken, ble konklusjonen at dette ga få målbare resultater. Mye av innsatsen ble så lagt ned i å prøve ut ulike klekkemetoder, men først i 1923 lyktes det å utvikle en metode som kunne brukes til å masseprodusere larver frem til det første bunnlevende stadiet. I 1932 ble et hummerklekkeri bygd i Flødevigen. I Europa ble flere hummerklekkerier opprettet i begynnelsen av 1900-tallet, hovedsakelig i England og Frankrike. På grunn av at den kultiverte hummeren ikke kunne gjenkjennes i naturen, har det ikke vært mulig å evaluere effekten av noen av utsettingene.

Neste kapittel som ble skrevet tok til i 1970-årene. I Canada ble ideen om kommersielt oppdrett realisert ved at flere private selskaper ble etablert, men ingen hummer er til nå blitt produsert for kommersielt salg. I Norge startet S. Grimsen og professor J.G. Balchen opp med et pilotforsøk i Flødevigen, og målet var å produsere opp mot ett år gammel yngel til utsettingsformål. Det resulterte i en prøveutsetting i Trondheimsfjorden, som igjen la grunnlaget for at Tiedemanns Tobakksfabrikk bygget et stort hummerklekkeri på Kyrksæterøra i Trøndelag

med en kapasitet på 120 000 hummerunger hvert år. I perioden fra 1981 til 1986 ble det satt ut flere hundre tusen ett år gammel hummer flere steder langs norskekysten. Disse kunne etter fem til åtte år gjenkjennes i det kommersielle fisket fordi de fleste hadde utviklet to sakseklør under kultiveringsprosessen. Identifiseringen er imidlertid noe usikker fordi forskjellen mellom saks- og knuseklo varierer, særlig hos mindre dyr og hos hunnene. Etter utsagn av fiskere utgjorde de en vesentlig del av fangstene i enkelte områder.

I England ble det på midten av 1980-tallet utviklet merkemethoder (mikromerker) som var egnet for hummerunger. Dermed lå forholdene til rette for å kunne vurdere effekter av utsettinger. I 1989 overtok Havforskningsinstituttet Tiedemanns hummerklekkeri på Kyrksæterøra, og året etter ble hummer en av de fire artene i PUSH-programmet. Fra 1990 til 1994 ble det satt ut 125 000 merkede hummerunger (ett år gamle) på Kvitsøy i Rogaland. Hovedmålet var å øke den totale rekrutteringen ved å sette ut hummerunger, samt å kartlegge potensialet for kommersielt havbeite. Lignende forsøk ble også utprøvd i Storbritannia og Frankrike.

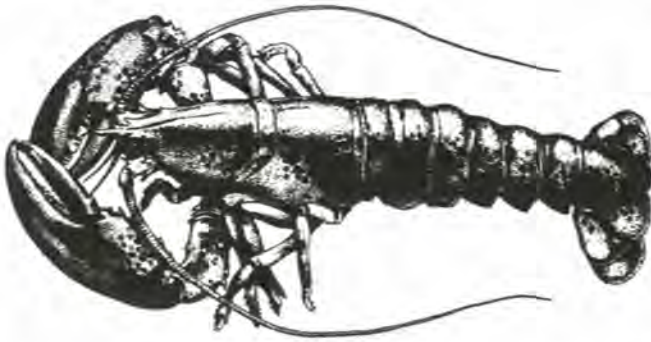
Det er blitt dokumentert at utsettingene på



**Figur 5.10** Kan kultivering og forvaltning sammen oppfylle drømmen om store fangster av hummer? Med dagens fangstnivå må det drastiske tiltak til for å oppnå tidligere kvanta.  
*Is it possible that joint forces of cultivation and management can fulfil the dream of catching large quantities of lobster? Drastic actions must be taken in order to achieve previous levels of landings.*

Kvitsøy virkelig har bidratt i fangstene, og at hummerbestanden sannsynligvis er styrket. I det kommersielle høstfisket 1998 utgjorde utsatt hummer 60 % av den totale fangsten. Foreløpige tall for total fangst av hummer per enhet innsats viser også en kraftig økning høsten 1998, noe som først og fremst skyldes økningen i fangsten av havbeitehummer. Fangstene av vill hummer per enhet innsats har vært tilnærmet stabil gjennom hele forsøksperioden, noe som tyder på at den utsatte hummeren ikke fortrenger vill hummer, men kommer som et tillegg og en reell økning i bestanden (jfr. "Gjenfangst og status i Kvitsøyprosjekt").

På bakgrunn av de lovende gjenfangstene av havbeitehummer, tok Kvitsøy kommune i 1995 initiativ til å etablere et lokalt hummerklekkeri.



Dette ble utformet i samarbeid med Havforskningsinstituttet, og i løpet av sommeren 1998 var klekkeriet en realitet. Formålet er hovedsakelig å føre videre utsettingene på Kvitsøy, men innsats blir også lagt ned i å utvikle og utbedre klekke- og oppvekstmetoder. Kvitsøyprosjektet har også stimulert til andre aktiviteter med hummer, blant annet innen genetikk. Se forøvrig "Hummerforsøk i Norge" for mer informasjon.

### Veien videre

Hvor går så veien videre etter flere tiår med sporadiske forsøk og nærmere sju år med storskala kultiveringsforsøk? Det er lett å bli pessimistisk når de økonomiske analysene presenteres. Imidlertid bør man huske at den intense forskningen som pågikk innen PUSH-programmet faktisk var det første kontrollerte i større skala på fire ulike arter, og at merkeforsøk for første

gang ble fullt ut benyttet til å vurdere reelle effekter av utsettingene. På mange måter har denne forskningen vært preget av en slags "prøve- og feilemetodikk", og sju år er en alt for kort periode for å klarlegge de økologiske og fysiologiske faktorene som er avgjørende for de utsatte organismenes vekst og overlevelse i naturen. Fokuseringen på gjenfangsttall har en tendens til å glemme det faktum at viten om de optimale forhold med hensyn til utsettingssted og tidspunkt, kvalitet av utsettingsdyrene etc. ikke eksisterte på begynnelsen av 1990-tallet. Tildels eksisterer den ikke i dag heller.

Allikevel kan man med den kunnskapen som nå er etablert i Norge kort oppsummere enkelte momenter som må være oppfylt, eller vil være kritisk for den arten som skal kultiveres. Arten bør ha en høy kilopris ved gjenfangst, høy overlevelse, en hurtig vekst og være lett tilgjengelig for fangst. Dersom målet er å bygge opp en bestand, som hos hummer, må en også vurdere fremtidige bidrag til gytebestanden.

Det må være tilgjengelig bæreevne i utsettingsområdet, slik at de utsatte individene ikke reduserer produksjonen av naturlige artsfrender. Ledig habitat og føderessurser kan finnes dersom det er «flaskehals» i rekrutteringsprosessen. Forhold eller faktorer som spiller inn, kan være lav temperatur kombinert med lav fekunditet og lav gytebestand, som hos norsk hummer, lav saltholdighet som hos torsk i Østersjøen, begrensede gyte- og oppvekstområder som hos laks, eller høy tetthet av predatorer i oppvekstområdene for ungfisk. Dersom en bestand er kontrollert av predatorer på tidlige livsstadier, kan det være en mulighet med oppdrett i kontrollerte omgivelser for utsetting i naturen ved en størrelse hvor individene ikke er så sårbare for å bli spist. Her må ekstrakostnadene ved å holde setteorganismene i kultur vurderes mot gevinst i økt overlevelse i naturen.

Et alternativ kan også være å kontrollere predatorer. Slike tiltak vil imidlertid ofte være kostbare og lite praktiske. Ved utsetting av kannibalistiske arter som torsk, må en også vurdere konsekvensene av å bygge opp en predator-

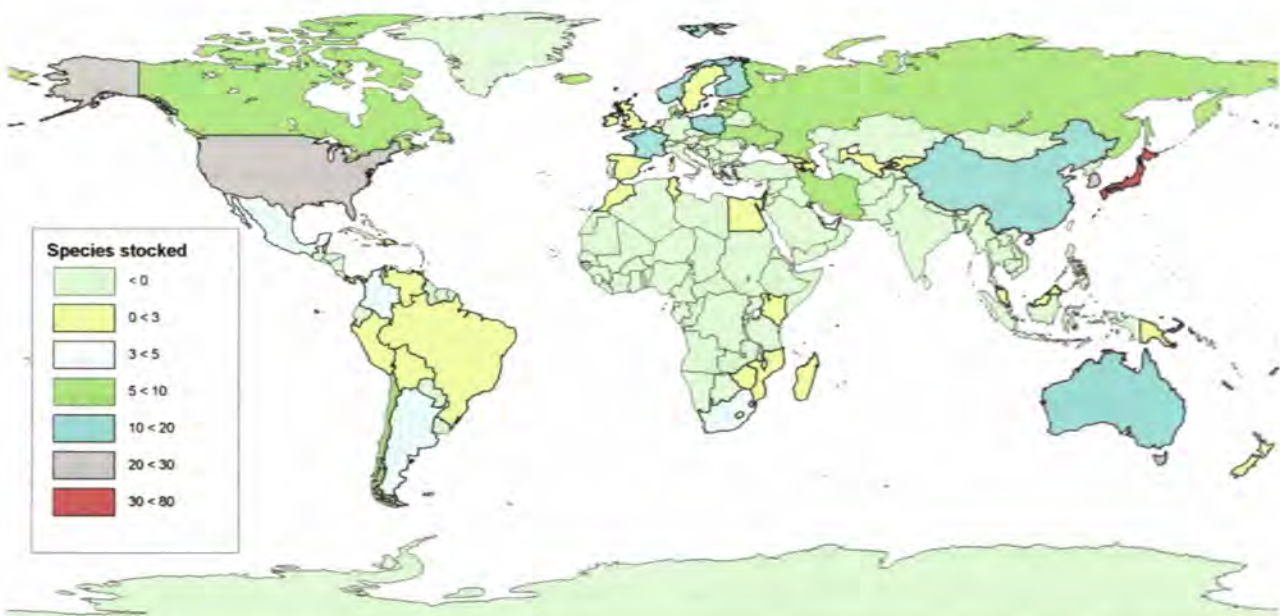
bestand som kan øke dødeligheten på mindre fisk, inklusiv torsk. Ved utsetting av kannibalistiske arter, bør en velge bestander som har adskilte gyte- og fødeområder. Tilgjengelig føde og habitat kan også bare være flaskehals i deler av livssyklusen. Laksebestander kan for eksempel være fødebegrenset og tetthetsbegrenset under oppveksten i elvene, men vil deretter ha en betydelig rikere fødetilgang, og et nærmest ubegrenset habitat under oppvekst i Norskehavet.

Et sterkt fiskepress og rekrutteringssvikt over flere år kan resultere i at bestanden kollapser. Her kan utsetting fremskynde bestandsoppbygging, men utsettingene må følges opp med forvaltningstiltak. At dette virker har en et klart eksempel på fra hummerutsettingene på Kvitsøy.

Det er viktig å poengtere at den kunnskapen som nå er etablert i Norge på laks, røye, torsk og hummer har stor vitenskapelig verdi, ikke bare som grunnlag for å vurdere kommersielt havbeite, men også som ny økologisk kunnskap som er med og danner grunnlag for å bedre

forvaltningen av de ville bestandene og gjøre oss bedre i stand til å løse oppdrettsrelaterte problemstillinger. Forskningen som ble gjennomført under PUSH-programmet har for eksempel nå medvirket til at matfiskoppdrett av torsk er nær kommersialisering. Dersom de økonomiske rammebetingelsene endrer seg i fremtiden, kan havbeite på enkelte arter igjen bli aktuelt, og da vil det «biologiske grunnlaget» være essensielt.

Internasjonalt pågår det årlig tusenvis av utsettingsoperasjoner, som involverer milliarder av fisk og skalldyr av en rekke arter, og utvikling av effektive metoder for masseproduksjon av yngel har ført til økende interesse for kultivering. Dr. Devin Bartley fra FAO (Food and Agriculture Organisation of the United Nations) foretok en global oversikt over kultiveringsprogrammer og prosjekter. Mellom 1984 og 1995 rapporterte hele 68 land utsettinger av arter som tilbrakte deler av sin livssyklus i sjøen eller kystnære farevann. En betydelig del av innsatsen i utsettingsprogrammene er imidlertid lagt på klekkeridrift, oppfølging etter utsetting er ofte mangelfull eller helt fraværende.



**Figur 5.11** Oversikt over omfang av utsettinger av oppdrettet fisk i verden i dag. Fargekodene angir antall arter som produseres og settes ut. Kilde Devin Bartley FAO ([http://www.efan.no/was/WAS\\_ranch.html](http://www.efan.no/was/WAS_ranch.html))  
*Overview over stocking activities in the world today. The colour codes indicate number of species stocked in each country. Source: Devin Bartley, FAO ([http://www.efan.no/was/WAS\\_ranch.html](http://www.efan.no/was/WAS_ranch.html))*



I tillegg er utsettingsdyrene i de fleste forsøk umerkede, og en nøyaktig vurdering av effekter blir derfor vanskelig. Utsettinger har også i stor grad skjedd uten å ta hensyn til økologien i utsettingsområdene. Konsekvenser av utsettingene for ville artsfrender og andre arter av de mange utsettingene i stor skala, har høstet sterk kritikk spesielt i Nord-Amerika. Dr. Bartley etterlyser en global standardevaluering som også bør kunne benyttes ved oppstart av nye havbeiteprogrammer. Kunnskapen som er etablert de siste tjue årene i Norge vil både kunne ha stor verdi for å evaluere pågående havbeiteprogrammer og i planlegging av nye internasjonale programmer.

Til slutt vil vi konkludere med at drømmen om å hjelpe naturen gjennom kultiveringstiltak fortsatt lever. I Norge har vi fått positive erfaringer fra hummer, og delvis fra laks, og i utlandet arbeides det med flere lovende arter fordelt på alle

verdensdeler (se figur 5.11). Det er likevel viktig å understreke at utsettinger aldri kan erstatte naturlig produksjon, og at en bærekraftig forvaltning av de naturlige ressursene og deres livsmiljø må komme i første rekke. Videre må utsettingen bygge på sunne økologiske prinsipper, og ikke bli utført kun som avlat for skader påført de naturlige bestandene på grunn av menneskelig aktivitet.

#### **Sluttrapporter fra PUSH-programmet**

For mer opplysning om havbeite i Norge, les sluttrapportene fra Havbeiteprogrammet PUSH, Norges forskningsråd, 1998:

Styrets sluttrapport

Havbeite med laks - Artsrapport

Havbeite med røye - Artsrapport

Havbeite med torsk - Artsrapport

Havbeite med hummer - Artsrapport

## Marine arter i oppdrett - en slumrende gigant våkner

Victor Øiestad,  
Norges fiskerihøgskole

**V**isste du at flekksteinbit egentlig er en fredelig og vennligsinnet fisk? Ikke nok med det, denne skremmende "havets leopard" er en intens maratonelsker. Kurtisen strekker seg over flere dager. Hannfisken med sin miniatyrpenis lykkes til slutt i å befrukte eggene inne i hunnfisken for deretter å stille opp i tre måneder for å passe på felles avkom. En enestående prektig far! Forskerne ved Norges fiskerihøgskole har riktignok fratatt hannfisken alle sine krevende oppgaver bortsett fra at den fortsatt må bidra med litt melke. Hver høst siden 1993 har forskerne lyktes med det ingen andre institutter har fått til: befrukte egg av flekksteinbit og føre opp den yngelen som etter tre måneder bryter igjennom eggskallet.

Dette er den siste bragden til norske forskere som arbeider med marine arter i oppdrett. Betydningen av nyvinningen begynner nå å demre for næringslivet. I det hele tatt er det en økende interesse for den siden av oppdrett som hittil har vært forsømt: oppdrett av marine arter.

### Gundefisken som oppdrettsfisk

Suksessen med flekksteinbit kom svært raskt, og noen venter at denne arten vil kunne bli viktigere i oppdrett enn den andre suksessarten, kveite. Innsatsen på kveite begynte for 25 år siden, i 1974. Det skulle ta seks år før den første yngelen kunne vises fram, og nye seks år før de første hundre ynglene kunne feires i 1986 ved Havforskningsinstituttets havbruksstasjon i Austevoll. Den langsomme framgangen hadde sine årsaker. Kveiten har en vrien biologi som gjør at den stiller i førstedivisjon når det gjelder forskningsmessige hårnålssvinger. Norge har orket dette løftet. Det er vel kanskje den viktigste grunnen til at Norge fortsatt ligger langt foran andre nasjoner på kveite, selv om særlig Island og Storbritannia puster oss i nakken, med Canada og Chile i raskt trav bak dem.

Havforskningsinstituttet som utførende institu-

sjon "løste billetten" for villfanget levende stamkveite på opptil 100 kg som ble sendt med hurtigruten fra Bodø til Bergen. Det var i samarbeidet med Hydro mye av grunnlaget ble lagt, men fruktene kom sent, for sent. Hydro holdt ut på banen fram til 1990, da de følte de hadde nådd smertegrensen. Stolt Sea Farm hadde heldigvis en mer sporty holdning og kunne derfor i 1998 selge mer enn 250 tonn kveite til hyggelige priser på rundt 70 kroner kiloet. Norske oppdrettere vil om få år selge mer oppdrettskveite enn det fiskes i Norge! Gundefisken fra oppdrett får det beste skussmålet fra kundene, og vil i løpet av de neste 10 årene kunne passere en omsetning på 1 milliard kroner.

En milliard kroner høres kanskje beskjedent ut, men la oss ikke glemme at laksenæringen hadde en 20-årig vekstperiode fra midten av 1960-årene fram til 1982 før den produserte 10.000 tonn og passerte en omsetning på én milliard i 1998-kroner. Oppdrettsnæringen omsatte i 1998 omlag 340.000 tonn laks og 45.000 tonn regnbueørret til en samlet verdi av omlag ti milliarder kroner, og hadde da en total sysselsettingseffekt på omlag 15.000 mennesker. Dette er resultat av en mangeårig massiv innsats på mange fronter. Liknende resultater vil kunne tikke inn for de nye artene i et marked som vil være i økende manko på superfersk kvalitetsfisk.

### Fra husflid til industriell bioproduksjon

Havbruksforskere er opptatt av mer enn selve fisken. De er opptatt av å utvikle kostnads-effektive landbaserte anlegg for å gjøre oppdrett til industri. Her er det oppnådd forbausende resultater på kort tid. Bakgrunnen er kanskje at de har stilt seg det enkle spørsmålet: hvordan kombinere maksimal trivsel med maksimal ressursutnytting. Svaret mener de å ha funnet i den grunne lengdestrømsrennen. Hva gjør denne så spesiell? Den kan stables i høyden i reoler, ja, for den saks skyld i ti etasjer, og vannet kan med

letthet brukes på nytt i hver av etasjene. Denne gjenbruken blir særlig viktig når en skal ta i bruk spillvarme. Eksempelvis vil metanolfabrikken på Tjeldbergodden kunne levere varmtvann til en årlig produksjon av 20.000 tonn piggvar til en verdi av 1 milliard kroner ved å ta i bruk denne teknologien; med standard teknologi vil de måtte nøye seg med å produsere 1000 tonn - og bruke et like stort areal. Norge synes å ha skaffet seg et teknologisk forsprang som setter oss i stand til å produsere fisk langt mer rasjonelt enn kanskje noen annen nasjon. Vi er derfor i posisjon til å innkassere et nytt havbrukseventyr på linje med det for laks.

### Ta Norge i bruk!

Et mangfold av havbruksaktiviteter i lokalsamfunn som i dag har en svært beskjeden plattform for verdiskaping, vil kunne realiseres. Det store korpset av forskere og institusjoner innen havbrukssektoren vil kunne tilføre lokalt næringsliv de nye oppdrettsartene og nye former for næringsaktivitet. Slik vil vi som nasjon kunne tilby det internasjonale markedet en spennende handlekurv, bugnende av havets frukter. Tempoet i utviklingen for disse nye artene vil fra nå av kunne økes kraftig dersom vi også lykkes i markedsarbeidet. For kveite brukte vi 20 år på å produsere de første 100.000 yngel. I 1999 vil vi trolig etter kun fem års innsats passere det samme tallet for flekksteinbit. Når vi kommer i gang med blåkveite og rognkjeks med sin etterspurte kaviar, vil vi kunne surfe på kunnskaper fra andre arter. Noen av de nye aktivitetene vil kunne knyttes til rekreasjon og turisme. Det vil blant annet være tilfelle med utsetting av dressert fisk av mange slag der disse kan kalles "hjem" med en liten kjenningsmelodi når mat serveres.

### Gamle røtter skyter friske skudd

Det kanskje mest positive med denne utviklingen, er at kystnæringen vil få et skikkelig fundament for sin verdiskaping. Den nye vekstkraften vil bringe tilbake optimismen og gi økt prestisje til sjøbaserte aktiviteter. Norge er en

kyststat, og det er havets ressurser som direkte og indirekte vil bestemme vår nasjons velstand i overskuelig framtid.

Vi vet fra laksenæringen at enkelte regioner i Norge har et solid forsprang på andre. Vi vil kunne få noe tilsvarende for marine arter. Forskjellen vil nå være at kunnskapsterskelen er høyere, og det kreves mer spesialkompetanse. Regioner med et sterkt forskningsmiljø vil kunne høste store fordeler og være i en posisjon til å sikre seg en têtposisjon.

Det er evnen til å skape dynamiske koblinger mellom forskning og næringsliv som trolig blir det avgjørende kriteriet for hvor utviklingen vil skyte fart. Regioner som ser denne muligheten og legger betydelige ressurser i nettverksbygging, vil kunne sikre sin region et ettertraktet forsprang. Ikke minst viktig blir det å knytte til seg innovative personer og gi disse inspirerende rammebetingelser. Vitalt blir det også systematisk å bygge opp en stor bredde av fagfolk som kan fungere som nøkkelpersoner under den eksponentielle vekstfasen av både FoU- og næringsvirksomhet.



### Vil giganten våkne?

Vi vil kanskje snart oppleve at de store industri-selskapene trer inn på havbruksarenaen for å "riste liv i giganten". Den nye landbaserte teknologien ligger kanskje særlig til rette for dem, og den gjør det mulig for disse selskapene å bygge opp industrielle produksjonssentra for sjømat med en produksjon av 5.000 til 50.000 tonn oppdrettsfisk på ett sted. Samtidig vil hvert senter kunne være landingsplass for lokalt oppdrettet marin fisk, for oppdrettslaks fra merder, for villfanget fisk, for mellomlagret levende fisk og for fisk fra dressur. Senteret får dermed et bredt og solid ressursgrunnlag. Det gir helt nye muligheter for foredling og for framvekst av en raskt ekspanderende bioindustri, basert på avansert bio-teknologi. Framveksten av en "cluster"-struktur knyttet til bruken av havets ressurser i vid betydning, vil kunne gi denne næringen den styrke, dynamikk og fleksibilitet som for eksempel kjennetegner nord-italiensk industri.

Før stadig flere begynner det å demre hvilke overraskende muligheter som ligger i forlengelsen av dagens oppdrettsnæring. Samtidig må en undres over den mangel på visjoner som synes å prege det ansvarlige fagdepartementet og andre departementer med ansvar for å sikre norsk vekstkraft. Politikerne snakker fortsatt lettvtint om havbruk som en vekstnæring som skal matche den reduserte inntjeningen fra olje- og gasssektoren, en nedgang som egentlig skal starte rundt 2005, men som på grunn av prisfall har kommet uventet brått og gitt oss en forsmak på

problemene. Like fullt synes politikerne å tro at denne sektoren vil vokse fram ved ordmagi. Savnet av en sentralt plassert talsmann for den nye havbruksnæringen merkes tydeligere etterhvert som vi nærmer oss tidspunktet for innfrielsen av de fiktive forventningene.

Kanskje må de regionene som primært skal leve av kystnæringen, selv ta affære. For nå kan det virkelig begynne å bli både spennende og lønnsomt å være først blant aktørene innenfor Norges nyeste havbrukseventyr.

**J**va gjør vi om ti år, om tyve år, i norsk havbruksnæring? Jeg skal her forsøke å gi mitt syn på hvordan utviklingen kan gå. Oppdrettsnæringen har i dag et "image"-problem. Den blir av mange sett på som en stor miljøsynder med en likegyldig holdning til natur og miljø. Men næringen er nå begynt å arbeide seriøst med dette, og i løpet av de neste ti årene vil problemet være løst. Vi vil bli sett på som en av de maritime næringene. Alle vil synes havbruk er en naturlig og aktverdig næringsvirksomhet som hverken forurenses eller ødelegger mer enn annen virksomhet. Vi vil være akseptert. Det samme vil våre produkter være. Det er klart at næringen er kommet for å bli, og at den bare vil bli en sterkere og mer naturlig del av marin og akvatisk næringsvirksomhet. På norskekysten er havbruk om noen år den viktigste enkeltnæringen; viktigere enn tradisjonelt fiskeri.

### Stamfisk av laks

Stamfisken holdes som i dag, men vi har bedre metoder for å avgjøre hvor stort antall som blir kjønnsmodne og kan på et tidlig stadium skille hanner og hunner ved gentester. Strykingen skjer som i dag og vil fortsatt være en "kunst". Vi vil se bedre rognoverlevelse, opp mot 95 %, mot 80-90 % i dag. Naturen slår oss fortsatt, med 99 % overlevelse.

Avlsarbeidet vil fortsatt være basert på familieavl, men dette er supplert med bruk av mikrosatelitter slik at avlsarbeidet tar inn flere egenskaper og gjør langt større fremskritt per generasjon enn i dag. Mens Norsk Lakseavl A/S til nå har snakket om 10-12 % fremgang i tilvekst per generasjon, vil vi i fremtiden se enda bedre resultater og i tillegg fremgang for en rekke andre egenskaper som for eksempel sykdomsresistens, pigmentopptak, fôrutnyttelse, slakteutbytte, fettinnhold osv.

Men vi vil også ha valget mellom "laksestammer" med ulike egenskaper. Denne utviklingen

har allerede begynt. Norsk Lakseavl A/S tilbyr rogn med ulike egenskaper hos laksen som klekker fra denne rognen. I tillegg har vi fått:

- \* transgen laks
- \* triploid laks, "all female".

Men jeg tror også at vi har fått flere selskaper som driver avlsarbeid. Ved hjelp av moderne molekylærgenetikk er dette blitt enklere å utføre uten å måtte holde grupper atskilt i lang tid. Gruppene blandes som rogn og slektskapet bestemmes senere, før avlsfisken plukkes ut. Dette gjør avlsarbeidet mindre ressurskrevende, og flere aktører er kommet med.

### Settefisk og smoltproduksjon

Rognen vil bli kjølt ned og er tilgjengelig året rundt. Dette vil være langt billigere enn lysmanipulering av stamfisken. Klekking skjer også i mange anlegg året rundt. Om tyve år vil over 50 % av smolten produseres i resirkuleringsanlegg. Resirkuleringsanleggene gir total kontroll med miljøparametre som: vannkvalitet, temperatur, lys, strømhastighet og innhold i avløpsvann.

Fisken sorteres og vaksineres nesten automatisk. Dataprogrammer styrer anleggene. Resirkuleringsanleggene er på grunn av sykdomsrisiko og risiko for mekanisk feil, bygget i moduler. I modulene kan temperaturen senkes med mekanisk kjøling (spillvarmen brukes til å varme opp andre moduler) slik at overgangen til liv i åpen merd i sjøen blir liten. Fra øyerogn til smolt går det fire-seks måneder. Dette oppnås ved Høgskulen i Sogndal i dag. Hver modul kjører to (evt. tre) produksjonssykluser per år. Avløpet blir 100 % renses og det er drikkevannskvalitet på avløpsvannet.

Nye anlegg bygges på kysten hvor vindkraft og bioenergi (slammet fra anlegget) brukes til å lage den kraften anlegget krever. Blir elkraft en knapphetsfaktor? Dersom dette skjer får settefisknæringen en utfordring, da det brukes

betydelige energimengder til oppvarming og pumping i resirkuleringsanlegg.

Vi vil se betydelige endringer i anleggenes størrelse. I 1970-årene var 500.000 smolt sagt å være for stort og gi for høy risiko ved sykdom. Myn-dighetene gav ikke konsesjon for mer. I en pe-riode var 1 million smolt maksimum. Nå er gren-sene høyere. Det er betydelige fordeler med storskaladrift innen settefisknæringen. Vi vet at store anlegg produserer smolt billigere enn små anlegg. Denne utviklingen vil bare fortsette.

Med resirkulering (hvor det er lite behov for nytt vann) og 100 % avløpsrensing, ser jeg for meg at hele konsesjonsordningen som den er i dag, er tatt bort for nye anlegg om ti år. Kan "gamle" gjennomstrømningsanlegg rense avløpsvannet, kan disse også produsere ubegrenset antall smolt. Kun én kontroll av kvaliteten på avløpsvannet er igjen.

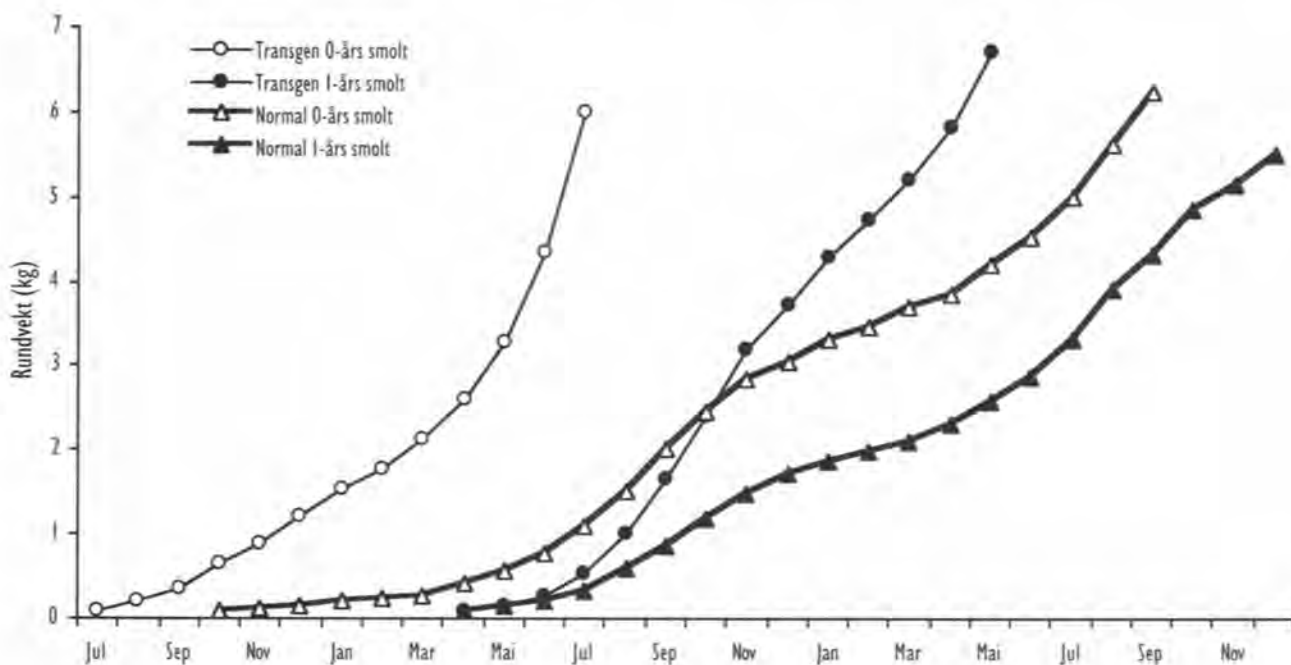
Mange av anleggene vil produsere to-fire millioner smolt per år. Vi vil ha "smoltfabrikker" der fabrikkdriften krever kompetanse og vel kvalifiserte operatører, og vi vil få se færre, men større aktører. De som behersker denne teknikken

og har kapital, vil vokse. Dette vil igjen bli en spesialisert del av havbruksnæringen. I tillegg vil smoltnæringen i Norge være regionalisert. Hver region produserer den smolten det er behov for. Produksjonen vil i stor grad være kontraktsproduksjon fordi kunden forlanger smolt som gir de egenskapene matfiskoppdretteren har kontraktsforpliktet seg til å selge. Det kan være krav til størrelse, fettinnhold, pigmentinnhold osv. Transporten av smolt vil gå som i dag, med bil eller brønnbåt innen regio-nen. Slik reduseres faren for smittespredning.

Hva er smoltbehovet om ti år? Dersom vi forut-setter at det i 1998 ble brukt 110 millioner smolt for å produsere 350.000 tonn rund laks, så vil smoltbehovet i år 2004 være omkring 172 mil-lioner smolt om vi året etter skal slakte 550.000 tonn. Det forutsettes her at hver smolt gir 3,2 kg laks. Det vil om fem år være et felles smolt-marked i Europa.

### Matfiskoppdrett

Det er opp gjennom årene blitt utviklet et stort antall ulike systemer for oppdrett av laks i sjøen, blant annet flytende rør, plattformer i alle



**Figur 5.12** Sammenlikning av vekst mellom genmodifisert og normal (standard) laks under skotske forhold.  
*Comparison of growth between gene-modified and normal salmon in Scottish waters.*

fasonger og ombygde båter. Fantasien har ikke satt grenser. Har disse ukonvensjonelle konstruksjonene noen fremtid? Mitt svar er nei, de er alle for kostbare å bygge og drive. Det vil fortsatt være merder i ulike former som brukes til oppdrett av laks i sjøen de neste ti årene. Lavere kostnader vil fortsatt være drivkraften. Prisene til produsent vil også være lave i årene som kommer.

Fôrfaktoren må bli lavere; i dag er den ca. 1,3, men bør komme ned i 0,7-0,6. Jeg tror på en halvering av dagens fôrfaktor. Grunnen vil være bedre fôr, bedre fisk og bedre fôringsteknikker.

Det vil ikke bli mangel på råvarer til fiskefôr. Blir fiskemel og marine oljer for dyre, vil de bli helt eller delvis erstattet av billigere alternativer. Vi ser allerede nå hvordan trusselen om mangel på råvarer har satt i gang forskning og utvikling på dette feltet. Encelleproteiner fra olje eller naturgass er også alternative erstatninger. Et gigantisk fiske etter krill i Antarktis kan også avhjelpe eventuell mangel på råvarer til dyrefôr og til fiskefôrindustrien. Fôret vil i enda større grad enn i dag bli levert med båt til flytende silo eller fôringsflåte ved merdanlegget. Fôret vil bli blåst inn fra fôringsbåten, eller via store containere bli overført til fôrsiloen. Man sparer sekker, og alt som er mulig vil bli gjort for å hindre fôrspill i form av støv.

Håp om lavere kostnader vil fortsatt være drivkraften i all nyutvikling. Merdanleggene vil bli større. Ikke selve merdene, men antall merder i hvert anlegg vil øke. Dette er fordi vi nå ser styrings- og kontrollproblemer med større merder. Noen merdanlegg vil bli flyttet lenger ut i mer værharde områder hvor forholdene for oppdrett vil være bedre på grunn av bedre vannutskifting. I noen områder av verden vil vi ha flytende byer av anlegg. Her vil folk bo og arbeide på skift i sju-fjorten dager som på oljeplattformer i dag. Folk og fisk fraktes ut og inn med havgående katamaraner. Vi ser fra avisene at havgående katamaraner kanskje blir tatt i bruk i oljeindustrien. Da er ikke veien lang til vår næring, siden båtfrakt helt klart vil bli billigere enn helikopter. Havbruksbyen kan bli et stopp på veien til/fra oljeinstallasjonen.

Jeg har ingen tro på at oljeplattformer kan brukes til oppdrett. Flytende betongstrukturer som er bygget til oppdrettsformål vil være billigere og mer egnet. Store merder til for eksempel tunfisk vil da komme i tillegg til merdene for laks. Men vi vil fortsatt ha plast- og stålanlegg i fjordenes ytre deler. Store stålanlegg vil bli mer vanlige enn i dag. I min krystallkule ser jeg ingen landbaserte anlegg for oppdrett av laks.

Nøtene har til nå vært det svakeste leddet i oppdrettssystemene. Jeg tror vi vil se dyrere nøter laget av Kevlar og andre "moderne" fibre som vil gjøre nøtene nesten rivefrie. Dette vil i tillegg være en svært billig forsikring mot at fisk rømmer fra oppdrettsanlegg. Tap av fisk på grunn av "hull i not" vil bli eliminert. I tillegg vil nøtene være groefrie; groe på nøtene er som vi alle vet et problem. Sten Knutson gjorde forsøk på Havbruksstasjonen i Austevoll i 1970-årene, og siden er lite blitt gjort. Etter det jeg kan se har forskningsinnsatsen på problemet vært minimal. Problemet er forsøkt løst ved bruk av mer kobberholdig antigroemiddel. Dette gjøres til tross for at næringens miljømål er å redusere bruken av kobberstoff. Her har vi en interessant oppgave for forskerne. Finnes naturlige, marine stoffer som holder nøtene groefri? Bakterier eller enzymer i fibrene?

Når larver og algersporer fester seg, spiser bakteriene organismen som slår seg ned. Eller det brukes enzymer som gjør at de marine organismene aldri får festet seg på trådene i nøtene.

Energibehovet kan bli et problem når oljeprisen går opp. Men anleggene ligger på havet, og vindmøller og bølgekraft vil være naturlige energikilder til drift av fôringsanlegg og båter.

Når det gjelder selve produksjonen, vil styring og kontroll med biomassen og fôringen være bedre. Utviklingen av Dopplerteknikk og Aquasmart vil kontrollere fôringen. Fôrspillet vil være lite eller ikke-eksisterende. Vi vil ha bedre styring av produktkvaliteten. Forskningen som pågår gjør at vi om få år vil være i stand til å styre produksjonen og kvaliteten langt bedre enn i dag. Men laksenæringen vil ha en rekke produktkvaliteter og en markedsstilpasset produksjon:

## Framtidas laksetyper?

### Villfisk-typen

Kostbar, lavt fettinnhold i fôret, lav tetthet i merdene. Svakt pigmentert.

### Organisk dyrket

Spesialfôret, ingen tilsetninger eller behandlinger. Lav tetthet. Naturlig pigmentert.

### Superior, fersk

Genmodifisert, triploid "all female" fisk, 3-6 kg. Standardprodukt. Fersk omsetning. Pigmentert, asta/cantha.

### Superior, røkt

Genmodifisert, triploid "all female" fisk, 3-6 kg, asta.

### Industrifisk

Genmodifisert, hunnlig triploid fisk uten pigmentering, billig å produsere, 4-6 kg. Selektert for hvitt kjøtt (ikke grått). Erstatte torsk og sei i filéproduksjon.

### Stor superior

Genmodifisert, hunnlig triploid fisk, 7-20 kg. For spesielle markeder.

Smolt produseres som nevnt på fire-seks måneder. Matlaksen vil være 6 kg etter ni måneder i sjøen (figur 5.12). Genmodifisert laks og bedre selektering av stamfisk vil være årsaken til denne fremgangen. Kjønnsmodningen er eliminert ved bruk av hunnlig triploid fisk. Fordi den genmodifiserte fisken vil vokse så hurtig at den høstes før kjønnsmodningen begynner å få effekt på kvaliteten, vil problemene rundt tidlig kjønnsmodning være løst.

### **Blir næringen enda mer vertikalt integrert på grunn av de ulike produktkvalitetene?**

Vi vil i alle fall se mer spesialisering i produksjonen og mer kontraktproduksjon, og da kontrakter som dekker helt fra rogn til ferdig oppdrettet fisk. Ingen kan for eksempel produsere "industrifisk" uten å ha en avtale med en kjøper.

## Sykdom

De kjente sykdommene vi har i dag er eliminert ved seleksjon av resistent fisk og vaksinasjon. Vi vil også kunne vaksinere fisk mot lakselus. Men vi vil ser mer av produksjonsrelaterte sykdommer, og vi kan her sammenligne med kyllingindustrien hvor dette i dag er et problem.

### **Priser og volum**

Prisene vil holde seg akkurat over kostpris slik at de dyktige tjener penger, de andre ikke. Øker prisene, vil produksjonen raskt øke og deretter vil prisene minke. Men vi vil ha noen gode år imellom bunnårene. Om ti år oppdretter Norge minst 550.000 tonn laks. Går min spådom om produksjon av "hvit industrilaks" i oppfyllelse, vil en i tillegg produsere minst 200.000 tonn mer. I år 2010 vil 1 million tonn være fullt mulig, men hvor er markedet? På spotmarkedet vil laks bli omsett via Internett.

### **Oppdrett av marin fisk**

Av marin fisk kan vi med økonomisk lønnsomhet bare oppdrette arter med høy verdi. I våre farvann vil dette først og fremst være flatfisk. I tillegg vil vi ha nisjeprodukter som lyr, torsk, hyse, steinbit, lysing og rognkjeks. Dette vil være en liten produksjon for ferskfiskmarkeder som kan betale en høy pris for god kvalitet og sikker leveranse. Rognkjeks produseres for å utnytte rognen og eventuelt andre biprodukter. Flatfiskene vil delvis bli oppdrettet i landbaserte resirkuleringsanlegg. Dette er billigere enn å pumpe nytt vann og gir bedre muligheter for temperatur- og miljøkontroll. Det gjør at en slik produksjon vil bli mulig å gjennomføre nær de store byene i Oslo, Göteborg, Stockholm, Paris, Brussel osv. Vi vil se fiskefabrikker (som smoltanleggene) for marine arter. Det "konsentrerte" avløpsvannet vil bli 100 % rensset. Stamfisken vil kreve rent vann og årstidsvariasjon i lys og temperatur.



**A**kvakultur vil bli viktig i framtidig matvareproduksjon. I dag produserer landbruket det meste av maten til menneske i verda. Auka effektivitet har vore ei drivkraft i utviklinga av matproduksjonen i landbruket. Det same vil bli tilfelle innan akvakultur. Ein finn mange eksempel på at det har vore gjort feil i utviklinga av landbruket. Likevel har hovudtrekka i utviklinga vore avgjerande for at jorda i dag brødfør fleire menneske enn nokon gong. Det vil òg bli gjort feil i utviklinga av akvakultur. Men det er viktig å halda fast på ein visjon om at akvakultur skal gje eit viktig og nyttig bidrag til matforsyninga. Så får vi lage oss eigna verktøy til både å utvikle akvakulturen og å oppdage og redusere eller fjerne uheldige biverknader.

### Treng vi produkt frå akvakultur?

Dei fleste menneske på jorda set pris på kjøtt i kosthaldet sitt. FAO fører statistikk over relativ prisutvikling på ulike kjøttvarer. Gjennom dei siste 20 åra har den relative prisen på kjøtt frå kylling, gris og storfe auka med 50 - 80 %, medan fisk har auka med over 300 %. I den grad ein kan nytta prisutvikling i marknaden som uttrykk for behov, er det tydeleg at fisk er mangelvarer. Prisutviklinga på fisk har vore særleg sterk dei ti siste åra, medan fangsten av vill fisk har stagnert. Utsiktene til å auka årleg avkastning av villfisk frå havog ferskvatn stort utover 100 millionar tonn i verda, er små om ein ikkje oppnår betre forvaltning. Den auken som har vore i fiskeproduksjon i verda i seinare år kjem i hovudsak frå akvakultur, i første rekkje frå karpe i ferskvatn i Kina. Potensialet for å auka akvakulturproduksjonen frå sjø og ferskvatn er stort.

Landbruket er totalt dominerande for matproduksjonen i verda. Meir enn 95 % av all menneskemat kjem frå plantar og dyr vi aler opp i kultur i landbruket. Auka effektivitet i landbruket slår difor sterkt ut på matproduksjonen. Men

også for landbruket er mange nøkkelressursar høgt utnytta. Kjøttproduksjon på stor- og småfe utnyttar 50 % av landarealet i verda til beite. Produksjonsveksten i landbruket held ikkje lenge tritt med auken i folketalet. For å få til auka matproduksjon er det nærliggjande å gå over til kulturproduksjon i havet på same måten som vi historisk har gjort det i landbruket.

### Grunnar til å produsere mat i kultur

Menneske har lang tradisjon for samlekultur og jakt. I dag er fangst av villfisk den viktigaste forma for jakt. For matproduksjonen på land har jakt lite å seia (i Norge rundt 1%). Dette kan gje oss viktige indikasjonar på kvifor menneske for lenge sidan starta ein massiv overgang til kulturproduksjon av mat i landbruk og no i akvakultur.

- \* Det gjev sjanse til å auke produksjonen av mat
- \* Energikostnadene ved å leita opp, samla og bringa heim mat vert reduserte
- \* Stabiliteten i matproduksjonen aukar og ein veit meir kva ein kan vente seg
- \* Sikker tilgang gjer det lettare å bu seg på å lagre eit overskott
- \* Kvaliteten på maten kan stabiliserast og forbetrast

Men kulturproduksjonen krev ofte ein kapital, eit lager å tære på medan ein investerer tid, arbeid, kunnskap, organisasjon og andre ressursar for å få mest mogeleg ut av neste avling.

### Utviklinga av kulturproduksjonen

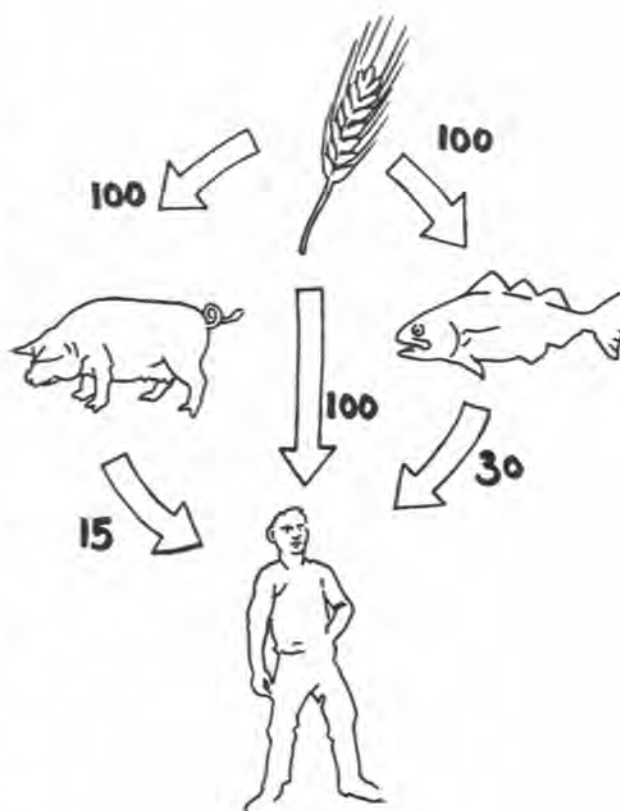
I ekstensiv kulturproduksjon av kjøtt har husdyra i stor grad levd på fôrressursar som ikkje kunne nyttast direkte av menneske, gras for drøvtyggjarane og gras pluss matavfall for fjørfe og gris. Men etter kvart som produksjonen av kulturplantar vart meir effektiv, vart òg meir av

plantar som til naud kunne brukast til menneskemat, meir bruka til dyrefôr. I dag vert store delar av åkerlandet nytta til produksjon av fôrvekstar, og meir og meir av kjøtproduksjonen er på dyr (fjørfe og gris) som konkurrerer med oss i matfatet om kulturvekstane. I dag er det marknaden som avgjer bruken av fôrressursane, kva foredling som gjev best betalt. Dei mest effektive husdyra vil oftast kunne betale mest for fôret.

I ferskvatn har ekstensiv akvakultur ein lang tradisjon, fleire tusen år for karpe i Kina, her i landet med utsetjing av fisk i fisketomme vatn. Munkane bygde jorddammar for karpe i Nidaros for meir enn 500 år sidan. Omfanget har likevel vore lite og utviklinga i effektiviteten langsam. I akvakultur er det nytt å ta hand om dyret i heile livssyklusen og gjere det fullt ut til eit kulturdyr. Alle plantar og dyr som er viktige i matproduksjon frå landbruket er slike som er foredla for å trivast og gje høg avkastning i kultur. Avlsarbeid slik vi kjenner det frå landbruket, vart først introdusert i akvakultur med avlsarbeid på norsk laks. Akvakulturproduksjonen i ferskvatn vart i 1985 for første gong større enn fangsten av vill ferskvassfisk i verda. Sidan den tid er akvakulturproduksjonen meir enn fordobla medan villfangsten har vore stabil. Det er i denne samanhengen interessant å sjå i kor liten grad ferskvassressursane er tekne i bruk til akvakulturføremål i Norge. I sjøvatn er akvakulturproduksjonen i verda framleis berre på rundt 1 % av villfiskfangsten. Det er såleis langt att til intensivt oppdrett i havet når det omfanget det bør få og kjem til å få.

### Effektiviteten i ulike kjøtproduksjonar

I tradisjonelt husdyrhald har nok produktiviteten utvikla seg relativt sakte i tidlegare tider med ekstensive driftsformer. Men etter at ein starta med moderne husdyravl, har utviklinga gått raskt. Vekstpotensialet i dyra har auka, samstundes som ein har utvikla fôr og fôring, miljø og stell i ei meir balansert, total forståing av dyret i kultur. Produktiviteten har frå 1940 og til i dag auka med rundt 200 % for eggproduksjon frå høns og mjølkeproduksjon frå storfe, og med rundt 150 % for kjøtproduksjon på gris der avlsarbeidet kom verkeleg i gang noko seinare. For



**Figur 5.13** Alternativ bruk av mat-/fôrressursar. *Alternative use of food resources for meat or fish production.*

laks der avlsarbeidet starta i 1972, er framgangen rundt 100 % og rundt 85 % for tilapia der avlsarbeidet tok til så seint som 1989.

Det er interessant å samanlikne effektiviteten i kjøtproduksjon på laks med dei mest effektive kjøtproduksjonane i landbruket. I lakseproduksjonen finn vi att om lag 30 % både av proteinet og energien frå fôret i den etande delen av fisken. Dette er rundt det dobbelte av utnyttinga ein oppnår i gris og kylling (figur 5.13). Det er verd å leggje merke til at i løpet av den korte tida vi har drive oppdrett av laks i Norge, har vi gjort det til den mest effektive kjøtproduksjonen i verda.

### Bør matfiskene kome frå oppdrett eller fiskeri?

Primærproduksjonen av plantar er litt større på land enn i havet, litt over respektive under 100 milliardar tonn organisk materiale i året. Kvifor får vi langt meir menneskemat av det som vert produsert på land enn av det som vert produsert

i havet? Det er to viktige grunnar. I havet haustar vi langt oppe i næringspyramiden etter mange trinn med store tap (90 %) på kvart trinn. På land haustar og et vi direkte ein vesentleg del av primærprodusentane (plantar). I tillegg et vi kjøt frå primærkonsumentar (grasetarar). Desse grasetarane får dessutan rikeleg tilgang på mat slik at dei slepp å forbruke det meste på arbeid med å skaffe seg meir mat, men i staden bruker maten til å vekse av. Likeins må vill fisk til tider gå lenge med liten tilgang på mat medan oppdrettsfisk kan ete seg mett slik husdyr gjer. Det burde vere potensial for å få langt meir ut av næringskjeden i havet, særleg når vi veit at laksen utnyttar føret meir effektivt enn våre tradisjonelle husdyr.

I 1996 hadde stammen av vill arktisk torsk ein biomasse på 2 millionar tonn. Vi kunne fange 0,7 millionar tonn og av det få rundt 0,25 tonn filet (figur 5.14). For at vi skulle få dette utbyttet, konsumerte torsken 6 millionar tonn fôrdyr. Brukar ein tilsvarande mengd fôrdyr til å lage fôr til oppdrettslaks, kan ein produsere 2 millionar tonn laks eller 1,3 millionar tonn laksefilet. Det vil nok ikkje vere verken ønskjeleg eller mogeleg å utrydde torsken for så å fange fôrdyra og gje til laks i oppdrett. Dette kan likevel vere ein illustrasjon på dilemma vi kan stå overfor i framtidig ressursforvaltning i havet. Det vil heller ikkje representere ein heilt ny situasjon for oss. I landbruket har vi utvida produksjonsareala etter behov og fortrent mykje av det kjøtproduserande viltet. No driv vi til og med forvaltning av dette viltet etter kjente prinsipp frå husdyrhaldet for å auke viltavkastinga.

### Utviklinga i effektivitet

Norsk lakseoppdrett er eit godt eksempel på kor fort ein intensiv akvakulturproduksjon kan utviklast. Det er tidlegare nemnt kor viktig avlsarbeidet har vore for å utvikle vekstpotensialet og andre sentrale produksjonsegenskapar i fisken. Målet for ein kjøtproduksjon i kultur, er å omforme næringsstoff i fôrmiddel til eit høgare verdsett produkt, eksempelvis etterspurd laks med høg næringsverdi. I 1972 bruka norsk lakseoppdrett 1,9 kg animalsk protein for å produsere 1 kg laks som inneheld 0,18 kg protein, det vil seia at utnyttinga (retensjonen) var 9 %. I 1996

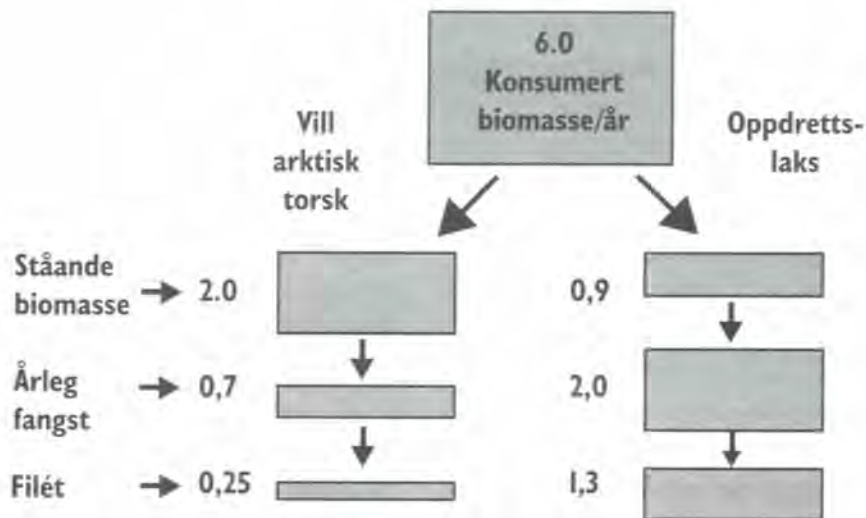
gjekk det med 0,4 kg protein til å produsere ein kg laks. Utnyttinga var såleis auka til 45 %. Når produksjonen fungerer optimalt kan resultatet vere endå betre. I forsøk har ein funne at i fisken heilt opp i 66 % av fôrprotein. Dette er den mest effektive utnytting av fôrprotein ein har funne i nokon kjøtproduksjon. Sjølv med villfanga kveite har ein oppnådd proteinutnytting på 46 %. Det kan vere lettare å sjå perspektivet i forbetringa som er gjort om vi snur på flisa og spør: Kva ville ressursbehovet vore utan utviklinga i fôr og fôring? Norsk laksefiskproduksjon ville årleg trengje ekstra proteinfôrmidlar (til dømes fiskemjøl) tilsvarande proteinbehovet til 40 millionar menneske. Reduksjonen i ressursbehov har samstundes resultert i tilsvarande redusert utslepp av næringsstoff per kilo produsert fisk. Den totale effektivitetsforbetringa har sjølvstegle kraftig ut på både produksjonskostnad og pris. Kostnaden er redusert til det halve dei ti siste åra (frå 46 kroner i 1985 til 19 kroner i 1995) og er no berre ein tredel av det han var for 15 år sidan. Laksekjøt er det rimelegaste kjøtet vi produserer i kultur i Norge i dag.

### Kvifor er laksen så effektiv?

Generelt for dyr i oppdrett har vi at dei kan ete seg mette og slepp bruke opp energien til å få tak i mat. Men det er fleire grunnar til at laksen nyttar føret effektivt. Han har samla eit lavt varmetap ved at han ikkje brukar energi på å halde jamn kroppstemperatur. Fisk har òg ein mindre energikostnad enn varmblodige dyr har med å kvitte seg med overskottsnitrogen frå protein som vert nytta som energikjelde. Fisk har i tillegg svært mange avkom per kg foreldredyr som må til for å rekruttere produksjonen. Kua får berre ein kalv i året. Gjennom å forbetre og utnytte vekstpotensialet til fisken, oppnår ein at ein mindre og mindre del av førenergien vert borte i ulike tapspostar og meir og meir vert netto som kan nyttast til vekst.

### Skal vi produsere kjøtetarar?

Det vert reagert på at vi brukar fiskeprotein for å produsere fiskeprotein. I landbruket haustar vi ikkje kjøt frå drøvtyggjarar til å fôre opp rovdyr



**Figur 5.14** Fôrutnytting hos vill arktisk torsk ut fra konsum av fôrdyr, ståande biomasse, årleg fangst og filetutbytte med effektiviteten ein oppnår når tilsvarende mengde fôr vert gjeve til oppdrettslaks (verdiar i millionar tonn).

*Food consumption of NE Arctic cod and harvested biomass and fish meat weight (filets), compared to theoretical production of farmed salmon given the same food (values in millions of tonnes).*

med, for deretter å konsumere rovdyra – eller kva? Det er dei tradisjonelle husdyra våre som så langt har vore hovudavtakarane for fiskemjølproduksjonen i verda. I lakseoppdrettet har vi oppnådd å få til ein meir effektiv kjøtproduksjon grunna på fiskemjølressursen og ein større verdiauke enn ved anna bruk av denne ressursen. Totalt i verda går det framleis meir næringsstoff til spille frå bifangst og fiskeavfall som ikkje vert nytta enn det som vert foredla til fiskemjøl. Så lenge vi får mest ut av fôrressursen gjennom å produsere rovfisk, er det fornuftig å bruke fiskemjølet til dette føremålet. Vi bør likevel vere på leiting etter nye artar som kan vere meir effektive og meir fleksible i forhold kva fôrressursar dei kan utnytte. Sjølv til rovfisk som laks kan vi bruke langt meir planteprotein. Til laks har så mykje som 75 % av fiskemjølproteiniet vore erstatta av soyaproteinkonsentrat. I det tilfellet produserte laksen dobbelt så mykje animalsk protein som han brukte i fôret. Til regnbogaure har ein i forsøk erstatta alt fiskemjølet med soyaproteinkonsentrat. Det er såleis mogeleg å foredle plantefôrmiddel slik at dei vert utnytta mest like effektivt av kjøtetatarar som av planteatarar. Vi kan på ein måte flytte rovfisk nedover i næringspyramiden til å nærme seg primærkonsumentar. Dette er det motsette av det vi har gjort når vi gjev drøvtyggjarar fiskeprotein.

### Kan vi oppnå betre ressursutnytting?

Vi kan altså oppnå mykje med å gjere rovfisk meir effektive og flytte dei nedover i næringspyramiden. I tillegg ligg det store utfordringar i å utnytte produksjonen lavt i næringspyramiden i havet. Det vil òg bli snakk om å forstå og kontrollere straumen av næringsstoff i havet godt nok til at produksjonen kan styrast, kontrollrast og aukast heilt frå primærproduksjonen. Omfanget av planteproduksjon og av primærkonsumentar i kultur vil kunne bli vesentleg.

I tillegg har vi ei enorm potensiell proteinkjelde i naturgassen som kan tene som råstoff for eincelleprotein etter prinsippa ein nyttar ved den nye fabrikkjen for eincelleprotein på Tjellbergodden. Dette proteinet er egna til bruk både i laksefôr og til tradisjonelle husdyr.

I landbruket vert nær all matproduksjon utført på forelda dyr og plantar som er temd og tilpassa kultur fordi dette er meir effektivt. All økonomisk viktig produksjon går føre seg på materiale det vert drive moderne avlsarbeid på. Av akvakulturproduksjonen er det framleis berre 2 % som vert utført på selektert materiale. Her ligg eit stort potensial.

## Kan vi produsere meir?

Ein del fôrressursar kan vere mindre godt egna til dei artane som generelt vert rekna som dei mest effektive. Produksjonsvolumet kan nok aukast med å omfordele ressursbruken både av åkerland og av fôrressursar på ein måte som er meir optimal. Andre artar og artsfordeling kunne gjeve høgare produksjon. I ein del ekstensive kulturar brukar ein gjødsling eller tilleggsfôring som ikkje er optimal i forhold til nokon einskild art. Der vel ein å setje saman fiskekulturen av fleire artar som utfyller kvarandre i utnyttinga av fôrdyr og tilleggsfôr. Dette prinsippet for polykultur kan ein tenkje seg å snu litt på i godt kontrollerte, intensive kulturar. Då kan ein framleis bruke fleire artar som supplerer kvarandre, men heller oppdretta dei i sekvensiell produksjon enn alle blanda. Der kan ein stegvis optimalisere kulturen for kvar art, samstundes som ein ser på det som er avfall frå ein produksjon som ressurs inn i eit neste trinn, men òg fjernar eventuelle uønskte avfallsstoff. Prinsippet har vore prøva i Israel med godt resultat og tilsvarande system er planlagt i Norge. Men kunnskapen om slike system er enno mangelfull i forhold til å få etablert slike løysingar i stort omfang i kommersiell skala.

## Uheldige biverknader

Fordi vi treng hus, byggjer vi hus, sjølv om det inneber brannfare. Det at vi produserer mat har på same måte sine konsekvensar. Utfordringa er å meistre, løyse eller minimalisere dei problem vi ser. Til det må ein setje av ressursar så ein både har kunnskap og handlekraft til å ta seg av problema.

Frå den korte historia til lakseoppdrettet, kjenner vi til at det ikkje er problemfritt å starte ein ny kulturproduksjon. Det oppstår nye problem og konflikhtar. Realistisk sett bør vi vente oss problem av liknande karakter som det vi har sett i utviklinga av kulturproduksjon på land. Landbruket har sett eit dominerande preg på landareala over alt der det vert produsert mat i vesentleg omfang. Det har stor innverknad både på kva artar og kva biomasse ein finn av dei einskilde artane i verda. Dette gjeld både på

areala der ein driv kulturproduksjon og i randområda ikring.

Innan lakseoppdrettet og oppdrettet av andre artar har ein og vil ein få nye, vesentlege problem som krev si løysing. Samstundes har ein svært gode eksempel på at samordna innsats frå næring, byråkrati og politisk side kan løyse vanskelege problem. Utviklinga i ressursbruk, helsetilstand på fisk og medisinbruk er gode eksempel. Frå 1988 til 1998 har lakseproduksjonen gått frå å vere den kjøtproduksjonen som kravde mest bruk av antibiotika til å bli den som brukar minst, langt mindre enn til dømes svineproduksjonen i Norge som elles vert rekna som svært rein i europeisk samanheng. Antibiotikabruken per kg produsert fisk er faktisk redusert med 99 % på desse ti åra.

## Mat til kven?

Produksjonen av laks er ikkje produksjon av protein til dei som treng det mest. Men laks var eit høgt verdsett kjøt som har vorte tilgjengeleg for langt fleire og til langt lavere pris. Dette er parallelt til det ein har sett frå utviklinga av dei tradisjonelle husdyrproduksjonane. Men kulturproduksjon innan landbruk eller akvakultur vil i ein marknadsøkonomi vere avhengig av forbrukarar med betalingsevne som er viljuge til å betale produksjonskostnadene pluss ei nødvendig fortjeneste. Så lenge kjøpekrafta til mat er ulikt fordelt, vil ressursbruken i matproduksjonen vere eit spegelbilete av dette. Biomassen av menneske er så stor at vi er avhengig av kulturproduksjon for å skaffe nok mat. Men vi produserer heller ikkje meir mat enn det det er kjøpekraft til. Fordeling av kjøpekrafta er difor den viktigaste faktoren for å avgjere fordeling av matproduksjonen. Likevel er utvikling av meir effektive måtar å produsere mat på eit viktig bidrag til å lette presset på ressursane. Både det at vi lettar presset på innsatsressursane (fôrmidlane) og at vi kan produsere meir mat til lavere kostnad, minskar konfliktane og gjer oss meir tid til å finne politiske løysingar. Det er ei utfordring og eit ansvar for Noreg som både har føresetnader og ressursar, til å vere eit lokomotiv i utviklinga av akvakultur.

**B**are det faktum at vi stiller spørsmål om hvorvidt vi har et etisk forsvarlig havbruk, er interessant. For ikke mange år siden ville dette vært sett på som en ganske irrelevant problemstilling for både forvaltning, produsenter og forbrukere. Man produserte fisk, slaktet fisk, og solgte fisk, og ferdig med det.

Der er mange årsaker til ny åpenhet og nye krav til oppdrettsnæringen. Samfunnet, med medier og forbrukere i spissen, er blitt både mer nysgjerrig og mer kritisk enn tidligere. Særlig mediene har meget stor makt og innflydelse, og intet tyder på at den blir redusert i tiden fremover. Folk vil i prinsippet vite litt om hvordan dyr har vært behandlet også før de havner på slaktebenken. Alle forskere som nylig har gjennomgått de obligatoriske kurs i forsøksdyrlære, har sikkert fått en del å tenke på når det gjelder hensyntagen til dyr, og planlegging av behandling av dyr, slik at kursene bør ha gitt forskerne en ny og bedre begrunnet holdning overfor dyr helt generelt. Vi blir jo stadig mer innsiktsfulle og kunnskapsrike også når det gjelder fisk, selv om det ofte kan gå irriterende sakte å generere solid, ny kunnskap.

To forhold er sentrale i spørsmålet om vi anser moderne fiskeproduksjon for å være etisk forsvarlig. Hva innebærer egentlig moderne oppdrett for fisken? Hva skal man sammenligne disse forholdene med? - Litt grovt sagt er oppdrettsforhold preget av gode, skjermete forhold for fiskene, med få større, ytre fiender, alltid nok fôr, og stort sett rent friskt vann. I tillegg er fiskene så heldige å bli vaksinert mot diverse sykdommer. Men på den annen side må det sies at det stort sett er tette bestander i merdene, relativt høy sykdomsrisiko (vaksinene til tross), og begrensede mosjonsmuligheter. Fiskene berøres dessuten mekanisk i flere omganger, det gjelder transporter, vaksinerings, stryking for de fiskene som er så heldige å oppleve det, og til slutt avliving. Langvarig kultivering og særlig

bevisst genmanipulering kan dessuten føre til permanente forandringer i fiskestammene.

Hvordan tar dette seg ut i sammenligning med de naturlige forhold for vill fisk? Dessverre er vår kunnskap om fiskeatferd i naturlige omgivelser temmelig begrenset. Men vi vet at mange arter trives best i tette stimer, de liker å ha slekt og venner tett innpå. Vi vet også at sykdomsfremkallende sopp, bakterier, virus og parasitter ligger på lur overalt. Det har sikkert samtlige norske oppdrettere bare altfor god erfaring med, så det at fisk blir syk eller parasitert er ikke noe sært for livet i merdene. Vi må kanskje ellers anta at mange fisk har et generelt mosjoneringsbehov. Men igjen vet vi ikke så mye spesifikt om det, og vi vet derfor heller ikke om det er en plage for fisk ikke å kunne rase fritt rundt i vannmassene. Når det gjelder mekaniske påkjenninger i naturen, er det nok klart for de fleste at ihvertfall en svømmetur motstrøms opp en gjennomsnittlig norsk lakseelv knapt er mulig uten at det blir noen spark og slag underveis.

Så kan man spørre seg: Gir dette grunnlag for å mene noe om hvorvidt vi behandler fiskene på en etisk forsvarlig måte? Dette går i flere retninger: Forsvarlig overfor loven, forsvarlig for røkerne, for forbrukerne - og selvsagt for fisken selv (alle vet jo hvem som kommer minst til orde).

At oppdretterne holder seg innen lovens regler når det gjelder dyrebehandling, må være klart. Dyrevernloven er jo stort sett entydig i formuleringene, og det er interessant at der gjøres små forskjeller innen hvirveldyrene, det vil si fra fisk til pattedyr. Essensen ligger i § 2, som sier at vi skal fare pent med dyrene, vise hensyn til deres instinkter og naturlige behov, og sørge for at de ikke lider unødvendig. Dyrene skal ha stor nok plass, og der skal være nødvendig tilsyn.

Heldigvis har produsentene på sett og vis felles

sak med fiskene; det gjelder som ellers i landbruket at dyr som får godt stell både trives bedre, vokser bedre og gir bedre avkastning enn dyr som er dårlig behandlet. Det gir også et bedre forhold til arbeidet for alle som direkte arbeider i oppdrett. Men også hensyn til tredjepersoner er stadig mer viktig: forbrukere og øvrighet ellers. Både nasjonalt og internasjonalt vil konsumentene i økende grad være opptatt av hvilken behandling dyr har vært gitt før de havner på slaktbordet. Diskusjonen om bruk av antibiotika i oppdrettsnæringen har med all ønskelig klarhet vist dette; markedet godtar ikke hva som helst.

Hva så med fisken? Kan vi så si at oppdrettsfisk lider, kan de være utilpasse eller nedtrykte? Det kan jo tenkes at de føler smerte av direkte påvirkning, eller at de lider ved å mangle eller savne noe. Her kommer vi dessverre ikke særlig langt i søken etter svar, og det hele blir hengende i løse luften på grunn av mangel på sikker kunnskap. Problemet er rett og slett at vi ikke vet så mye om de naturlige instinkter og behov hos fisk. Men det er fortsatt lov å anvende sunt skjønn, og da kan man ihvertfall noenlunde sikkert se når en fisk har det direkte vondt: Der er klassiske signaler som man ikke trenger opplæring for å tolke, det vet alle som har arbeidet med dyr.

Når det gjelder etiske spørsmål i forbindelse med behandling av fisk, er det interessant - og etter mitt syn relevant - å sammenligne merdlivet med

forholdene innen fiskeriene. Tenker man på dyrevernavlovens § 2 og studerer detaljene, sakte og nøyaktig og sett fra fiskens side - av linefiske, sportsfiske, trålfiske og garnfiske, så blir situasjonen faktisk en smule eiendommelig. Tradisjonelt fiskeri representerer former for dyrebehandling som vi skal være glad vi slipper å evaluere rent etisk; for der er det mye som kommer i kategorien for "nødvendig lidelse" på det området. Også visse aktiviteter innen moderne landbruk innebærer en del såkalt nødvendig lidelse for dyrene, men det er en annen historie.

Hva blir så svaret på spørsmålet i overskriften? Mitt inntrykk er at dyrevernavloven gir gode føringer for virksomheten innen fiskeoppdrett. Etisk forsvarlig overfor loven må man ihvertfall kunne si norsk fiskeoppdrett er. Mitt inntrykk er også at oppdretterne har en god holdning overfor dyrene, noe som i det daglige virke er med på å hindre 'unødvendig lidelse'. Men både produsenter og forskere har et sterkt behov for mer kunnskap om og mer innsikt i fiskenes naturlige atferd og behov. Sannheten er at vi på enkelte felt vet skremmende lite. Først når denne mangelen er avhjulpet, kan forvaltningen gi sterkere begrunnelse for regelforandringer, og det vil også gi en bedre arbeidsdag for oppdretterne. Sannsynligvis vil det også gi mer fornøyde fisker.

**G**enetisk foredling av planter og husdyr har vært et viktig grunnlag for framveksten av den menneskelige sivilisasjon og kultur. Dette foregikk i tusenvis av år, uten at menneskene hadde innsikt i det vitenskapelige grunnlaget for denne menneskestyrte evolusjonsprosessen. Potensialet for denne aktiviteten blir synliggjort ved for eksempel å bla i en bok som viser all verdens hunderaser.

Tidlig på 1900-tallet ble det vitenskapelige grunnlaget for moderne husdyravl lagt, og fra ca 1940 ble det utformet avlsprogram for de ulike husdyr. En vesentlig del av produktivitetsøkningen i husdyrbruket etter den tid kan tilskrives seleksjonsavl. Grunnlaget for de norske avlsprogrammene for atlantisk laks og regnbueørret ble lagt i begynnelsen av 1970-åra ved opprettelsen av AKVAFORSK, og dette avlsarbeidet videreføres i dag av Norsk lakseavl AS (NLA). Generelt kan det dokumenteres at investering i avlsprogram gir svært god avkastning på investert kapital. Produktivitetsøkningen per år som følge av seleksjonsavl har vært større for laks og andre fiskeslag enn for tradisjonelle husdyr.

Bioteknologiske metoder som for eksempel fermentering av melkeprodukter ble sikkert tatt i bruk ikke lenge etter at ville dyr ble temmet og foredlet som husdyr. Men bioteknologi som vitenskap er enda yngre enn moderne husdyravl, og har vokst fram i løpet av de siste få tiår parallelt med den eksplosive utvikling innen biokjemi, celle- og molekylærbiologi.

Da norske avlsforskere begynte å forske på laksefisk, var det primært fordi fisk var godt egnet som forsøksdyr med tanke på utvikling og testing av avlsteorier. Dette først og fremst fordi fisk har svært store avkomstgrupper og fordi det med ytre befruktning lett kan lages halvsøsken-grupper. Fiskens spesielle biologi gjør den også på mange måter velegnet for bioteknologiske

studier og anvendte metoder. Det foregår derfor svært mye bioteknologisk forskning og utvikling på fisk. Denne artikkelen skal begrense seg til å berøre temaer som allerede har eller sannsynligvis vil få praktisk anvendelse på laksefisk i oppdrett, og som kan være et supplement til eller erstatning for tradisjonelt avlsarbeid (figur 5.15). Seleksjonsavl har som viktigste formål å frambringe husdyr med best mulige produksjonsegenskaper. De som forsker innen bioteknologi ønsker å oppnå det samme som et supplement til tradisjonelt avlsarbeid eller som en alternativ snarvei.

Vi kan trygt hevde at Norge er det land som har kommet lengst i seleksjonsavl på fisk. Som det vil framgå av det følgende, har mange andre land kommet lengre enn oss når det gjelder bioteknologisk forskning og anvendelse av bioteknologiske metoder innen akvakultur. Dette inngår i det som på engelsk kalles "broodstock management", noe som det vel ikke finnes noen god norsk oversettelse for.

### Kontrollert kjønnsdifferensiering

Produksjon av bare hunnfisk - *all female* - er svært vanlig og kanskje dominerende i oppdrett av regnbueørret i de fleste land unntatt Norge. Hovedhensikten med slik produksjon er å redusere problemet med kjønnsmodning før fisken når slaktemoden størrelse. Dette problemet er størst på hannfisk - altså er det en fordel å produsere bare hunnfisk. Hannfisk er generelt mer aggressiv enn hunnfisk og derfor kan *all female*-produksjon gi mindre stress og sykdom på fisken. I noen land, for eksempel Danmark, er rogn som næringsmiddel et viktig biprodukt i ørretoppdrettet, og *all female* i den sammenheng er derfor en viktig forutsetning for lønnsomheten.

I prinsippet kan *all female* lages på flere måter. Den metoden som har kommersiell anvendelse



tar utgangspunkt i hormonell funksjonell kjønnsreversering av foreldregenerasjonen. Omkring startfôringsstadiet bades yngelen flere ganger i en løsning av a-methyltestosteron, eller samme stoff tilsettes fôret i en kortere periode. En del av de genetiske hunnfiskene vil utvikle gonader som produserer melke. Disse genotypiske hunnene/ fenotypiske hannene produserer spermier med X-kromosom istedenfor Y-kromosom. Når disse brukes til å parre vanlig hunnfisk, blir avkommet *all female*. Produksjonen går over to generasjoner, og det er bare foreldregenerasjonen som blir direkte hormonbehandlet. I Norge, hvor vi i utgangspunktet har et svært negativt forhold til bruk av hormoner i næringsmiddelproduksjonen, kan vi undre oss over hvor lite motforestillinger denne storstilte hormonbaserte ørretproduksjonen tilsynelatende har. Er det fordi markedet er uvitende, eller er det fordi markedet ikke bryr seg, bare maten er god og billig? Det må understrekes at *all female* fisk er helt "normal", og at produksjonsfisken ikke er hormonmanipulert. Det er foreldrefisken, som jo ikke har noen anvendelse som næringsmiddel, som på et tidlig stadium blir kjønnsreversert ved hjelp av mannlig kjønnsormon.

I den senere tid er det kommet en ny metode for kjønnsdifferensiering uten bruk av hormoner. Ved hjelp av såkalt flow cytometry kan sædceller med X-kromosom og Y-kromosom skilles i to ulike fraksjoner fordi spermier med Y-kromosom inneholder mindre DNA enn spermier med X-kromosom. Metoden er fortsatt på utviklingsstadiet, men er påvist å kunne fungere på flere dyrearter. Det gjenstår å se om metoden kan få praktisk anvendelse innenfor akvakultur.

### Produksjon av steril fisk

Steril fisk kan lages ved å gjøre den triploid. Vanlig fisk har to kromosomsett og kalles diploid, mens triploid fisk også har et tredje kromosomsett. En måte å produsere triploid fisk på, er å sjokkbehandle nylig befruktede egg med varme eller trykk for å hindre avstøtning av andre pollegemer under den innledende celledelingen. Egget vil da få tre kromosomsett, ett fra spermien, ett fra eggkjernen og ett fra det andre pollegemet, og zygoten vil utvikle seg til

en triploid fisk. Slik fisk er steril, men hannfisk utvikler hormonproduserende gonader og ytre kjønnsstegn. Dersom hensikten med triploid fisk skal være å redusere ulempen med tidlig kjønnsmodning, må triploidisering derfor kombineres med *all female* produksjon. Triploid fisk utvikler seg tilnærmet normalt, men det kan være større innslag av deformiteter og katarakt enn på diploid fisk. Den triploide hunnfisken vil kunne vokse etter at den normalt ville ha blitt kjønnsmoden, men den får ikke den økte vekstintensiteten ved begynnende kjønnsmodning.

Det har vært og blir fortsatt forsket mye på triploid fisk, og det er utviklet trykk-kammer for storskalaproduksjon. Ved AKVAFORSK ble det allerede i en tiårsperiode fra midten av 1970-åra forsket på triploid laks, men metoden ble den gang ikke anbefalt for norsk oppdrettsnæring. Havforskningsinstituttet deltar i et EU-finansiert europeisk samarbeidsprosjekt for å finne ut om triploidisering er aktuelt i dagens lakseoppdrett. Dette prosjektet er nå i ferd med å bli avsluttet.

Det foregår en god del triploidisering av regnbueørret innen kommersiell akvakultur, men dette har ikke slått gjennom i kommersiell lakseproduksjon. Sannsynligvis har det sin årsak i at en i laksenæringen er usikker på hvordan marked/opinion vil reagere på slike inngrep (både hormonbruk og kromosommanipulering). Dessuten er det vel også knyttet en viss usikkerhet til den kommersielle kost/nytte-effekten av en slik produksjon.

Det er to andre hensyn som kan bidra til at triploidisering innen lakseoppdrett kan få en viss utbredelse i framtida:

- \* De som forvalter vill-laksen er bekymret for den genetiske interaksjonen som skjer mellom rømt oppdrettslaks og ville laksestammer. Det har fra den kanten kommet signaler om at påbudt sterilisering av oppdrettslaksen kan være en aktuell løsning på dette problemet.
- \* Produksjon av steril fisk kan være aktuelt for avlsselskap som ønsker å beskytte avlsmaterialet mot kopiering.

Ved eventuell framtidig produksjon av genmodifisert laksefisk vil begge disse hensyn bli svært viktige.

Med dagens kunnskap om og erfaring med triploid laks er det lite sannsynlig at lakse-næringen frivillig vil satse på slik produksjon. Ensidig norsk eller nordatlantisk påbud om bruk av triploid laks, vil kunne skape skjeve konkurranseforhold. For eksempel Chile har ikke naturlige bestander av laks og vil neppe få slikt påbud, noe som kan utnyttes både markedsmessig og kostnadmessig i produksjonen.

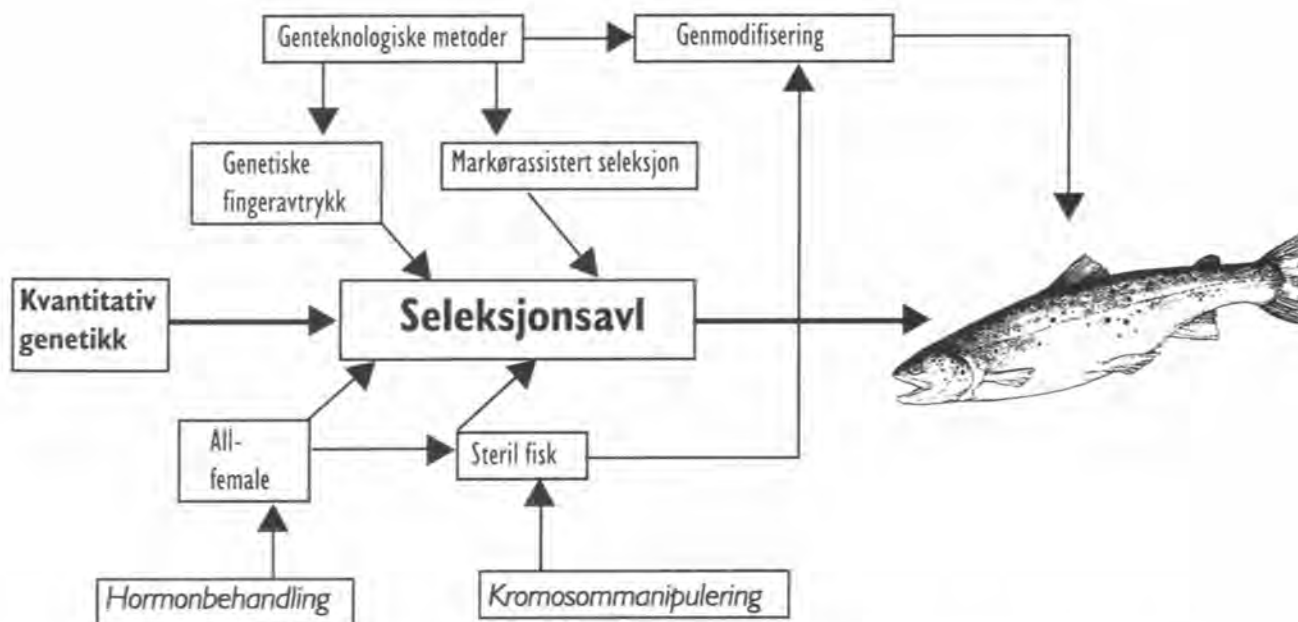
Produksjon av *all female* og triploid fisk kompliserer og fordyrer eggproduksjonen, og vil i et avlsopplegg øke den genetiske avstanden mellom avlskjernen og den rogn som frambyes for kommersielt salg.

## Genteknologi

Genteknologi er en spesialisert del av bioteknologien der det arbeides på gennivå. Det er viktig å være klar over at bruk av genteknologiske metoder ikke automatisk medfører flytting eller modifisering av gener.

### Genkartlegging og markørassistert seleksjon

For de fleste husdyrarter og mennesket selv foregår det for tiden et intenst forskningsarbeid for å kartlegge genenes plassering på kromosomene. Dette arbeidet er for en stor del basert på internasjonalt samarbeid. I perioden 1997-1999 pågår det et EU-finansiert forskningsprosjekt som går ut på å konstruere et genkart for atlantisk laks, regnbueørret og brunørret. I dette SALMAP-prosjektet, som er et samarbeid mellom fem europeiske land og Canada, har norske genetikere en sentral posisjon.



**Figur 5.15** Seleksjonsavl har vært og er den dominerende måten å foredle laksefisk på i norsk oppdrett. Figuren viser supplerende og alternative bioteknologiske metoder innen "broodstock management" som er i bruk i utlandet eller som det forskes på. Det arbeides aktivt for å få genmodifisert laks introdusert innen kommersielt oppdrett.

*Breeding by selection have been and is the dominating way in Norwegian salmon breeding. The figure shows supplementing and alternative biotechnological methods within broodstock management, which is used commercially or in research experiments in other countries. Commercial interests are trying to introduce gene-modified salmon into the fish farming industry.*

Det er bare ca 2 % av DNA i laksens kromosomer som koder for proteiner. Det øvrige DNA oversettes ikke til proteiner, men har reguleringsfunksjoner, og til dels ukjente oppgaver som muligens gir arvestoffet en struktur som påvirker dets funksjon. Også disse delene av DNA kan ha stor arvelig variasjon, og slike markørgener kan brukes i mange sammenhenger. I SALMAP-prosjektet skal en blant annet forsøke å finne ut om slike markørgener kan være tett koblet til gener på kromosomet som styrer avlsmessig viktige egenskaper. De aktuelle gener eller genområder (loci) må ha effekt på viktige produksjonsegenskaper som tilvekst, sykdomsresistens, slaktekvalitet m.m. Disse egenskapene er styrt av mange gener og kalles kvantitative egenskaper (*quantitative traits*). Viktige eller "dominerende" gener som styrer slike egenskaper benevnes derfor *quantitative trait loci* (QTL). Når denne QTL-kartleggingen har kommet tilstrekkelig langt, ser en for seg muligheten for å plukke ut gode avlsdyr ved hjelp av en gentest. Før dette eventuelt er mulig, gjenstår mye forsknings- og utviklingsarbeid. Selv de mest optimistiske tror ikke at dette i overskuelig framtid kan erstatte familiebasert avlsarbeid, slik det drives av for eksempel NLA. Mest sannsynlig vil såkalt markørassistert seleksjon (MAS) kunne bli et supplement til tradisjonelt avlsarbeid der en etter å ha testet søsknene til de potensielle avlsdyr også kan plukke ut de beste individer innen en familie.

MAS vil være mest effektivt for egenskaper som styres av ett eller noen få gener. Et eksempel på førstnevnte er det såkalte halothangenet hos gris som nå er avlet bort, takket være en kanadisk patentert gentest. Mer generelt kan også sykdommer tenkes å være dominert av et mindre antall gener. I mange år nå har det vært kjent at motstandskraft mot infeksjonssykdommer i ganske stor grad styres av en gruppe gener som koder for proteiner som finnes på overflaten av cellene. Disse proteinene hjelper immunforsvaret til å kjenne igjen bakterier, virus eller andre fremmedelementer. Jo mer variert dette *Major Histocompatibility Complex* (MHC) er, jo bedre er motstandsevnen mot infeksjonssykdom. Mange ser på MHC som den mest interessante kandidaten som QTL for økt sykdoms-

resistens. NLA deltar i et EU-finansiert forskningsprosjekt sammen med norske og et hollandsk forskningsmiljø, for å finne ut om MHC kan nyttes som QTL for sykdomsresistens hos atlantisk laks. Også Universitetet i Lund, Sverige, forsker på det samme på NLA's avlsmateriale.

### **Genetiske fingeravtrykk**

Alle levende vesener har sine unike "fingeravtrykk" som kan avleses ved å teste genetiske markører på DNA-nivå. Etter hvert som analysemetodene er blitt bedre, er det blitt mulig å gi både enkeltindivider og populasjoner genetiske profiler. I husdyravlen er disse metodene i ferd med å avløse blodtyping og proteinanalyser for å bekrefte riktig avstamning. I fiskeavlen er "fingerprinting" tatt i bruk av skotske og canadiske forskningsmiljøer i samarbeid med kommersielle avlsselskap, som erstatning for individmerking med tradisjonelle metoder. Dette gjør det mulig å blande familier helt fra klekketidspunkt og enda tidligere. Enkeltindivider kan senere ved genanalyser med relativt stor sikkerhet identifiseres til de riktige familiegrupper. I NLA er vi avventende til hvor anvendelig denne metoden er i praktisk avlsarbeid. Kostnadene med og den praktiske gjennomføringen av gentestene, er fortsatt en hindring for kommersiell anvendelse i stor skala.

Genetiske fingeravtrykk kan også brukes til å studere genetisk variasjon innen en laksepopulasjon og måle genetisk distanse eller slektskap mellom ulike populasjoner, for eksempel elvestammer av laks eller ulike avlslinjer. Ved individavl uten familieinformasjon til enkeltindivid kan genanalyser brukes for å hindre paring mellom nære slektninger. Dette vil også være nyttig ved nyetablering av ei avlslinje på grunnlag av individer med ukjent innbyrdes slektskap.

### **Genmodifisering**

Genmodifiserte eller transgene dyr har fått tilført ett eller flere gener på en kunstig måte. Genet eller transgenet kommer fra samme art, fra en helt annen organisme eller er syntetisk framstilt i laboratoriet. Rent teknisk egner fisk seg godt for genmodifisering. Det er relativt

enkelt å produsere et stort antall avlsdyr, og derfor er problemstillingen eller mulighetene (?) mer aktuell innen oppdrettsnæringen enn innenfor andre husdyrproduksjoner. Den første hurtigvoksende transgene fisken var karpe som var blitt tilført gener fra mus og menneske av kinesiske forskere i 1986. Ca 20 fiskearter er hittil blitt genmodifisert i ulike laboratorier rundt omkring i verden; først og fremst i USA, Canada, Storbritannia, Frankrike, Spania, Japan og Cuba. For å unngå reaksjoner fra opinionen har det i den senere tid vært overført hovedsakelig gener fra fisk.

Som ved markørassistert seleksjon er det en forutsetning at den egenskapen som ønskes endret blir regulert av ett eller noen fåtall gener. Dessuten må genene være karakterisert på molekylært nivå. Det største potensialet ligger sannsynligvis i kvalitetsegenskaper og bedre sykdomsresistens. Hittil har det vært forsket mest på regulering av vekstegenskapene ved å lage ekstra kopier av veksthormongenet eller øke veksthastigheten ved og toleranse for lave vann-temperaturer. Det siste er tenkt oppnådd ved å overføre et antifrys-proteingen (AFP) som finnes i noen kaldtvannsarter som ishavsflyndre (*Pleuronectes americanus*), men ikke hos laksefisk. Dette genet produserer et protein som hindrer krystalldannelse i blodet ved lave temperaturer, og gjør at fisken kan overleve vann-temperaturer under 0°C. AFP-genet er overført til atlantisk laks, men ble mislykket da den transgene laksen produserte bare 1 % av den AFP-mengden som naturlig finnes i ishavsflyndre. Manglende evne til å tolerere svært lave vinter-temperaturer er en begrensning for sjøoppdrett på østkysten av Canada.

Og det er vel nettopp i Canada de har kommet lengst med å introdusere genmodifisert laksefisk. Et kanadisk datterselskap til det Boston-baserte firmaet A/F Protein Inc. driver aktiv markedsføring av *AquAdvantage bred'* laks. På denne fisken er regulatorgenet (promotor) for AFP - genet som slår produksjon av AFP av og på - satt inn i laks og en har fått det til å regulere veksthormongenet. Veksthormon produseres vanligvis i hypofysen, men fordi AFP-promotoren vanligvis fungerer i leveren, blir veksthormon også

produsert i dette organet, også ved lave vann-temperaturer. Det er derfor økede konsentrasjoner av veksthormon i fisken ved lave vann-temperaturer som er hemmeligheten bak *AquAdvantage bred'* laks. Denne effekten kom fram under forsøkene på å lage en frysetolerant laks, og viser vel hvor slumpmessig denne forskningen er, i alle fall foreløpig.

I følge A/F Protein har de aktuelle godkjenning-myndigheter i USA, Storbritannia og Canada gitt laksen positiv vurdering med tanke på framtidig godkjenning, og næringsmiddelmessig skepsis har det visstnok vært lite av. Det planlegges å starte lisensiert produksjon innen et par års tid. Den største skepsisen går på konsekvensene ved eventuell rømming av genmodifisert laks. A/F Protein forutsetter derfor at laksen skal holdes i rømmingssikre landbaserte anlegg, eller at den skal være steril. Det siste er tenkt gjort ved hjelp av triploidisering. (Andre har forsket på å framstille steril laks ved genmodifisering.) A/F Protein reklamerer med at *AquAdvantage bred'* laks vokser 400 % hurtigere enn ikke-genmodifisert kontrollfisk, og at den forbedrede tilveksten vil kunne gjøre landbasert drift økonomisk lønnsom. Den mest hurtigvoksende fisken har større innslag av skjelletdeformiteter, noe som også ses hos mennesker med akromegali, som skyldes en veksthormonproduserende svulst i hjernen.

Representanter for A/F Protein har gitt uttrykk for at de ikke i nær framtid regner med å få innpass for den transgene laksen i enkelte europeiske land, særlig Norge og Tyskland. De vil prioritere markeder som verdsetter god og billig mat og som legger mindre vekt på etiske sider ved matproduksjonen. I januar 1996 ble historiens første transgene laks fra A/F Protein satt ut i et kommersielt akvakulturanlegg i Loch Fyne, Skottland.

NLA ser ikke på det som hittil er frembrakt av *AquAdvantage bred'* laks som en seriøs konkurrent til laks som er foredlet ved tradisjonelt avlsarbeid. NLA kan også vise til mangedobling av veksten sammenlignet med villfisk. Å frambringe en ny genmodifisert laks tar også flere laksegenerasjoner før det ferdige produktet kan sendes ut på markedet. Forbedret tilvekst er noe

av det som det er mest effektivt å gjøre noe med hjelp av seleksjonsavl. Dette er også vist på andre fiskearter enn laks. Og i motsetning til ved transgene teknikker, oppnår en ved seleksjonsavl avlsmessig framgang i hver ny generasjon.

### **Blå revolusjon eller styrt evolusjon?**

Verdens fiskerier har avtatt etter toppåret for ti år siden, og overfiske foregår på de fleste store fiskefeltene. For å imøtekomme behovet for fiskeprotein, særlig i utviklingsland, har blant annet Verdensbanken gått ut med anbefaling om at det innføres bio- og genteknologiske metoder innen akvakultur. Dette blir lansert som en slags blå revolusjon, en parallell til den grønne revolusjon innen planteforedling, som hadde positive - men også mange negative - følger for land i den tredje verden fra 1950-åra og utover. Disse visjonene blir forsøkt omsatt til handling i et utall forskningslaboratorier rundt omkring i verden, og risikovillig kapital settes inn fra store multinasjonale konsern.

Norge er størst innen lakseoppdrett, men er små i internasjonal akvakultur. Laksen har en slags "kongestatus" blant fiskene, og oppdrettslaks forsyner et kresent og følsomt marked. Norske oppdrettere har kanskje derfor hovedsakelig et negativt eller avventende forhold til bioteknologi innen akvakultur, og forskningsmessig er det også i Norge relativt liten aktivitet på de områder som er beskrevet i denne artikkelen. Denne passive holdningen skyldes derfor hensynet til opinion og marked, men også at norske oppdrettere ikke ser store behov for å ta i bruk bioteknologiske metoder. Dette henger ikke minst sammen med at Norge i over 25 år har hatt et målrettet og velfungerende avlsprogram som AKVAFORSK med overbevisning i den

senere tid også har eksportert til store deler av den tredje verden for bruk på andre arter enn laksefisk. Ikke desto mindre er det behov for at vi har en åpen diskusjon omkring nye bioteknologiske metoder, og at vi er åpne for å ta i bruk nye hjelpemidler som et supplement til tradisjonelt avlsarbeid; metoder som er etisk forsvarlige og ikke er i strid med en bærekraftig utvikling innen norsk akvakultur. Dette forutsetter at vi også har en åpen dialog med utenlandske forsknings- og akvakulturmiljøer, og at vi selv bygger opp bedre kompetanse. En mer offensiv holdning på dette området kan anses som en viktig beredskap for konkurransekraften til norsk oppdrettsnæring i framtida.

Av det som er nevnt ovenfor, er genetiske fingeravtrykksanalyser og markørassistert seleksjon helt uproblematisk ut fra en etisk synsvinkel. Hvor nyttig disse metodene blir som supplement til tradisjonelt avlsarbeid, stiller vi oss foreløpig åpne, men avventende til. Hormonbasert kjønnsdifferensiering og sterilisering ved hjelp av kromosommanipulering har hittil ikke vært satt på dagsorden i Norge, men kan bli etterspurt senere. Dette er metoder som anvendes av våre utenlandske konkurrenter i dag, og som i prinsippet bør kunne tas i bruk også i vårt land dersom næringen finner det formålstjenlig. Den store, etiske utfordringen kommer dersom vi en gang i framtida må velge mellom tradisjonelt avlet laks og transgen laks. De transgene teknikkene representerer et revolusjonerende kvantesprang innen biologien, men inntil det motsatte er bevist, vil vi hevde at genetisk forbedring ved hjelp av tradisjonelt avlsarbeid supplert med andre bioteknologiske metoder vil gjøre en blå revolusjon mer bærekraftig både i rike og fattige land. Men den diskusjonen er vi ikke ferdige med!

**K**unnskapsbasert industri er til enhver tid avhengig av relevant forskning for å kunne ta ut gode dekningsbidrag. Økonomiske analyser av forskningens betydning for industriutvikling viser at det å investere i forskning er det som kan gi størst avkastning på investert kapital. Men dette er et omdiskutert emne fordi det, som alltid ellers, er basert på hvilket utgangspunkt en har. Innen industriområder hvor det er kort vei fra forskning til implementering, viser økonomiske analyser at investering i forskning gir høy og rask avkastning. Det er også slik at det selskap som har størst kompetanse, og makter å implementere denne, er den økonomiske vinner.

Innen oppdrett har for eksempel inntjeningen til vaksineselskapene vært avhengig av kunnskapsnivået i selskapene, og i hvilken grad de har hatt evne til å implementere kunnskapen i sine produkter og gi relevant markedsinformasjon. Videre har den enkelte oppdretter deretter kunnet ta ut inntekter ved bruk av riktig vaksine og vaksinasjonsteknologi.

Implementering av kunnskap i produksjonen av smolt har på samme måte bidratt til en bedret økonomi, liksom fôr faktoren er blitt bedre og bedre år for år. Derved har en oppnådd å redusere produksjonskostnadene. Mange av disse vinningene i kunnskap er imidlertid ikke tatt ut i markedet, men har ført til en generell reduksjon i lakseprisen. Også her er det likevel store variasjoner fra selskap til selskap, noe som ligger i kunnskap om det markedet en opererer i og den tilpasning en klarer å få til.

Den innsatsfaktor innen havbruk som har klart å opprettholde sin pris i alle år er fargestoffet astaxanthin. Stoffet tilsettes fôr og gir laksefisk rød farge. Dette har vært et patentbeskyttet produkt hvor forskningen har fokusert på best mulig utnyttelse innen dagens fôrproduksjon. Her har forskningen gitt maksimal avkastning fordi den har vært ett selskaps eiendom. For å opp-

rettholde overtaket mot eventuelle konkurrenter når patentbeskyttelsen går ut, brukes forskning og effektiv markeds- og konkurrentforståelse.

I China er rød farge tegn på makt, velstand og kjærlighet. Den siste retten som serveres i et selskap er en hel fisk som ønsker gjestene et langt liv. Da burde en rød regnbueørret være det optimale fiskevalg. Markedsforskning og forståelse vil her kunne åpne for betydelig omsetning.

Samfunnsmessig vil den fortsatte veksten innen laksefisk bidra til ytterligere inntekter til Norge. Men en ny primærnæring som ikke har samme tradisjoner og kunnskap som landbruksbasert industri, må være forberedt på at det stilles spørsmål ved driften. Oppdrettsnæringen opererer i direkte vekselvirkning med naturen. Markedsmessig blir den derfor sårbar, fordi den mangler kunnskap. Dårlige driftsformer gir tap av fisk, i tillegg til rømt fisk. Også lus som ikke blir bekjempet godt nok er til stor belastning, og fører til redusert image og ubehagelige spørsmål i markedet. Vi er alle enige om at markedsføring er nødvendig. Manglende kunnskap om varen en produserer og innsatsfaktorene, kan lett bli ødeleggende for den tiltro kunden har til produktet.

Forventningen til marine arter har vært stor. Investeringsanalyser lik dem vi kjenner for laks, og sammenligninger med villfiskpriser i markedet, har vært relativt lette å sette opp. Men det en ikke har sett nok på, er hvor mye det må investeres i grunnleggende kunnskap. Uten nok biologisk informasjon til å kunne produsere fisken etter de spesifiserte betingelser, vil det ikke bli inntekter. Det er relativt lett å beregne produksjonspris og kostnad for en torskeproduksjon i merd. Det er betydelig vanskeligere å forutsi hvordan forskning kan bringe frem resultater som gjør en slik produksjon lønnsom. Siden vår kunnskap om de marine arter er relativt liten, er investering i forskning en nødven-

dighet; først for å få det hele til, og deretter gjøre det hele lønnsomt. Når en mangler grunnleggende kunnskap om hva et fôr skal inneholde for å gi best mulig vekst, eller hva som plutselig gjør at kjønnsmodning starter og veksten uteblir, da blir det heller ikke økonomi i produksjonen. Den dagen vi forstår litt av dette hos for eksempel torsk, blir den en kommersiell art som vil kunne gi gode dekningsbidrag. Både for kveite, torsk og kamskjell har samfunnet påtatt seg å være næringsutvikler. Den biologiske kunnskap som er nødvendig for å løse denne oppgaven er det ikke investert tilstrekkelig i, og derfor er heller ikke forventningene innfridd så langt.

1998 var det året da to større firma gikk inn i skjellnæringen. Noen har altså regnet ut at det vil bli mulig å få gode dekningsbidrag. Men spørsmålet er om det offentlige investerer sin del innen forvaltningsrettet forskning for å få det til. Skjellmat er relativt ukjent i Norge, og en satsing rettet direkte mot det internasjonale markedet krever at vi har et forskningsmiljø som er konkurransedyktig internasjonalt. Vi skal både ha nok kunnskap om næringsproblemer og om forvaltningsproblemer for å være konkurransedyktig.

Ved etableringer innen ny matindustri, er det ikke alltid spørsmål om direkte lønnsomhetsbetraktninger i første omgang. Det er faktisk spørsmål om å ha et kunnskapsnivå som gjør at en er i stand til å delta i det internasjonale markedet. Dette betyr å innfri de lover og regler som må følges når en skal selge mat. Dette er et nasjonalt ansvar som det må investeres i, først da lønner det seg for næringslivet å investere i forskning som skal gi nye produkter og nye markedsmuligheter.

Potensialet langs den norske kysten er stort når det gjelder å dyrke og høste. Foredlingspotensialet er like stort. Men dagens industri er kunnskapsbasert. Råvarene må høstes på riktig måte, foredles ved å tilføre kunnskap og tilpasses det marked som skal ha dem. Næringsutviklingsmulighetene i havet langs Norge er stort, men det må investeres i kunnskap for å kunne realisere potensialet og gi landet inntekter.

## OVERSIKT OVER INSTITUSJONER SOM DRIVER HAVBRUKSFORSKNING I NORGE:

### AKVAFORSK

P. b. 5010  
1432 Ås  
Tlf: 64 94 95 00  
Faks: 64 94 95 02  
<http://www.akvaforsk.no/>

### AQUAPLAN NIVA AS

Polarmiljøsentret  
9005 Tromsø  
Tlf: 77 75 03 00  
Faks: 77 75 03 01  
<http://www.akvaplan.niva.no/>

### FISKERIDIR. ERNÆRINGSINSTITUTT

Strandgaten 229  
P. b. 1900 Nordnes  
5024 Bergen  
Tlf: 55 23 80 00  
Faks: 55 23 80 95

### FISKERIFORSKNING

Breivika  
9005 Tromsø  
Tlf: 77 62 90 00  
Faks: 77 62 91 00  
<http://www.fiskforsk.norut.no/>

### HAVFORSKNINGSINSTITUTTET, SENTER FOR HAVBRUK

P. b. 1870 Nordnes  
5817 Bergen  
Tlf: 55 23 85 00  
Faks: 55 23 63 00  
<http://www.imr.no/>

### HØGSKOLEN I BODØ AVD. FOR FISKERI- OG NATURFAG

Mørkvedtråkket 30  
8002 Bodø  
Tlf: 75 51 73 50  
Faks: 75 51 73 49  
<http://www.hibo.no/>

### HØGSKULEN I SOGN OG FJORDANE

P. b. 133  
5801 Sogndal  
Tlf: 57 67 60 00  
Faks: 57 67 61 00  
<http://www.hisf.no/>

### HØGSKOLEN I ÅLESUND

P. b. 5104 Larsgården  
6021 Ålesund  
Tlf: 70 11 12 00  
Faks: 70 11 13 00  
<http://www.hials.no/>

### NIVA

P. b. 173 Kjelsås  
0411 Oslo  
Tlf: 22 18 51 00  
Faks: 22 18 52 00  
<http://www.niva.no/>

### NORDLANDSFORSKNING

Mørkvedtråkket 30  
8002 Bodø  
Tlf: 75 51 76 00  
Faks: 75 51 72 34  
<http://www.nordlandsforskning.no/>

### NORGES FISKERIHØGSKOLE

Universitetet i Tromsø  
9037 Tromsø  
Tlf: 77 64 60 00  
Faks: 77 64 60 20  
<http://www.nfh.uit.no/>

### NTNU - TRONDHJEM BIOLOGISKE STASJON

7034 Trondheim  
Tlf: 73 59 15 80  
Faks: 73 59 15 97  
<http://www.ntnu.no/~jmork/tbs/tbsE.html>

### SINTEF - MARINTEK

P. b. 4125 Valentinlyst  
7002 Trondheim  
Tlf: 73 59 55 00  
Faks: 73 59 57 76  
<http://www.marintek.sintef.no/>

### VESO, VIKAN AKVAVET

Ålhusstrand  
7800 Namsos  
Tlf: 74 28 43 31  
Faks: 74 28 43 66  
<http://oslovet.veths.no/VESO/default.html>



## OVERSIKT OVER FØRFABRIKANTER:

### BIOMAR AS

Sommarøy  
8430 Myre  
Tlf: 76 11 92 00  
Faks: 76 11 92 29  
<http://www.biomar.no/>

### EWOS AS

1471 Skårer  
Tel: 67 92 32 00  
Faks: 67 92 32 01  
<http://www.fishlink.com/ewos/>

### FELLESKJØPET FISKEFOR

Tlf: 51 88 70 00  
Faks: 51 58 42 22

### LEKA FISKEFOR

7900 Rørvik  
Tlf: 74 39 21 27  
Faks: 74 39 21 96  
<http://graficonn.no/terra/leka-fiskefor/index.html>

### SKRETTING - NUTRECO

P. b. 319  
4001 Stavanger  
Tlf: 51 88 59 00  
Faks: 51 58 57 68  
<http://www.skretting.no/>