

FISKEN OG HAVET, SÆRNUMMER 3 - 1997

ISSN 0802 0620

HAVBRUKSRAPPORT

1997

Redaktør

Rune Christiansen

HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Mars 1997

FORORD

Havbruksrapporten beskriver status innen norsk havbruksnæring. Den er ment å gi en oversikt over produksjonen av de forskjellige artene og et innblikk i den forskningen som ligger til grunn for en videre utvikling av næringen. Inkludert i denne oversikten er også arter som i dag ikke er i kommersiell produksjon, men som kan bli det i framtiden. Havbruksrapporten beskriver også helsesituasjonen innen norsk oppdrett, miljøeffekter av denne næringen samt status for utsettingsforsøk med laks, torsk og hummer. I tillegg inneholder den et kapittel med aktuelle temaartikler.

Produksjonstillene er for en stor del hentet inn fra Statistisk Sentralbyrå, Kontali analyse A/S og fra Fiskeridirektoratet, Fiskeriøkonomisk avdeling. Datagrunnlaget for andre arter enn laksefisk er hovedsakelig innhentet direkte fra oppdrettere og er følgelig ikke offisielle tall, men står for den enkelte forfatters regning. Den enkelte forfatter står også ansvarlig for synspunkter som framkommer i temaartiklene.

Årets rapport har, i tillegg til en rekke artikler fra Havforskningsinstituttet, også bidrag fra de fleste andre institusjoner i Norge som driver havbruksforskning. Vi vil takke alle for bidragene til Havbruksrapporten og retter en spesiell takk til forfattere fra utenforstående institusjoner. For å lette videre forespørsel om de emner som er omtalt i Havbruksrapporten, er det nedenfor gitt en liste over disse institusjonene. Forfatterens navn er oppgitt ved hver artikkel.

AKVAFORSK,
6600 Sunndalsøra

Direktoratet for naturforvaltning,
Tungasletta 2, 7000 Trondheim

Fiskeridirektoratets Ernæringsinstitutt,
Strandgt. 229, 5004 Bergen

Hordaland Fylkeskommune, Lars Hillesgt. 22,
5020 Bergen

Hydro Seafood a.s,
Sandviksbodene 66, 5023 Bergen

Institutt for fiskeri- og marinbiologi, Universitetet i Bergen, HIB, Thormøhlens gt. 55, 5020 Bergen

Norges fiskerihøgskole (NFH), Universitetet i Tromsø, 9037 Tromsø

Norsk institutt for fiskeri- og havbruksforskning A/S (Fiskeriforskning), 9005 Tromsø

Statens legemiddelkontroll, Sven Oftedalsv. 6, 0950 Oslo

Veterinærinstituttet, pb. 8156 Dep, 0033 Oslo

Veterinærmedisinsk oppdragscenter (VESO), pb 8109 Dep., 0032 Oslo

Vignettedningene er laget av Stein Mortensen.

Arbeidet med rapporten er blitt ledet av en redaksjonskomité bestående av Rune Christiansen (redaktør), Erik Slinde og Kari Østervold Toft.

INNHOOLD

FORORD	5
SAMMENDRAG	8
SUMMARY	9
Havbruk er matproduksjon	10
Autentisering av sjømat og sjømatprodukter	13
I. OVERSIKT OVER ARTER I NORSK OPPDRETT	
1.1 Laksefisk.....	15
1.1.1 Laks og regnbueørret.....	15
1.1.2 Slaktekvalitet.....	17
1.1.3 Utsetting og gjenfangst.....	21
1.1.4 Miljøeffekter av oppdrett.....	26
1.1.5 Røyeoppdrett.....	27
1.1.6 Helsesituasjonen	28
1.1.7 Lakselus.....	32
1.2 Kveite.....	34
1.2.1 Stamfisk.....	34
1.2.2 Yngelproduksjon	34
1.2.3 Matfiskproduksjon.....	35
1.2.4 Helsesituasjonen.....	36
1.2.5 Forskning på kveite ved AKVAFORSK.....	39
1.3 Piggvar.....	40
1.4 Torsk.....	42
1.4.1 Yngelproduksjon.....	42
1.4.2 Matfiskproduksjon.....	43
1.4.3 Utsetting.....	44
1.5 Flekksteinbit	47
1.6 Lysing.....	50
1.7 Ål.....	52
1.8 Leppefisk.....	54

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

1.9	Hummer.....	58
1.10	Kamskjell.....	62
1.11	Status for andre skjellarter.....	67
2.	TEMAARTIKLER	
2.1	Om fiskefôr - råstoff, produksjon og tildeling	69
2.2	Effekt av sult på vekst, ernæringsstatus og helse hos stor laks	72
2.3	Avlsarbeid - ein nøkkelfaktor i framtidens akvakultur	76
2.4	Genetisk mangfald hos laks er ein ressurs - ikkje eit problem.....	80
2.5	Triploid laks.....	85
2.6	Dverghanner, et økende problem for oppdrettsnæringen	90
2.7	Vaksinering av oppdrettsfisk	97
2.8.	Godkjenning av fiskevaksiner: Hvilke krav stilles til dokumentasjon	103
2.9	Probiotika - hva er det?.....	106
2.10	Bruk av rotenon for å utrydde lakseparasitten <i>Gyrodactylus salaris</i>	109
2.11	Bruk av marine enzymer	114
2.12	Dyrking av tare	117

Denne rapporten refereres slik: *This report should be referred to as:*
Havbruksrapport 1997, Fisken og Havet, Særnr. 3 - 1997

SAMMENDRAG

Norge er fortsatt den største produsenten av atlantisk laks i verden. I alt ble det produsert mer enn 290.000 tonn laks i Norge i 1996, dette er 51% av verdensproduksjonen. Produksjonen av regnbueaure økte med 36%, og nådde 20.500 tonn i 1996. Norsk oppdrettsnæring har greidd å redusere bruken av antibiotika til et minimum. I 1996 ble det bare brukt ett tonn. Sykdomssituasjonen er svært god, ikke minst takket være stor forskningsinnsats som har gitt effektive vaksiner.

Det er fortsatt stor interesse for kveiteoppdrett. Men mangel på yngel har begrenset antall aktører i denne nye næringen. I tillegg har flere anlegg hatt sykdom på kveiteyngelen, noe som har bidratt til at produksjonen bare var på 100.000 yngel også i 1996.

Fôringsstoppen som ble innført høsten 1995 preget laksenæringa også i 1996. Målet om å redusere produksjonen med 40.000 tonn ble nådd. Etter fôringsstoppen har etterspørselen etter laksesmolt gått ned med nærmere 10%. Utsettet av nullåringer ble betydelig redusert høsten 1996. Smoltutsettet har stabilisert seg rundt 100 millioner, noe som kan begrense den raske veksten i næringa mange har ventet. Produksjon av nullåringer er billigere, og derfor ventes det at etterspørselen etter nullåringer vil øke igjen i 1997.

Helsesituasjonen for laksefisk har vært svært god de to siste åra. Det er registrert få sykdomsutbrudd, og antibiotikabruken gikk ned fra fire tonn i 1995 til ett tonn i 1996. Det beste og mest effektive sykdomsforebyggende tiltaket er vaksinasjon. De få utbruddene av kaldtvannsvibriose vi hadde i 1995 kunne alle føres tilbake til utilstrekkelig vaksinasjon. Dette viser at det er viktig å vaksinere selv om det er lenge mellom hvert sykdomsutbrudd. En kombinasjon av gode hygienetiltak og vaksinasjon vil høyst sannsynlig gi oss få problemer med bakterielle sykdommer i norsk oppdrett i framtiden.

Lakselusa koster norsk oppdrettsnæring mellom 100 og 500 millioner kroner i året. Det er påvist at laksen vokser mindre, selv med så lite lus i anlegget at det ikke er vanlig å avluse. Leppefisk er fortsatt et viktig «avlusingsmiddel». I tillegg til de leppefiskartene som allerede er i bruk, ser berggylt ut til å være svært effektiv på stor laks og på groe og lus på nøter.

Det er fortsatt stor interesse for oppdrett av kveite, men sviktende yngelproduksjon har gjort at mulighetene for å etablere seg i næringa er små. Mangelen på yngel skyldes først og fremst mange sykdomsutbrudd, men det har også vært mangel på levende fôr. For lite fôr kan ha svekket larvene og økt dødeligheten. I kveiteoppdrett har vi andre sykdommer enn i lakseoppdrett. I tillegg til bakterielle sykdommer og IPN, har hjerne- og netthinnesyke (VER) vært knyttet til massedødelighet i flere anlegg i 1995 og 1996. Dette er en sykdom som rammer plommesecklarver og yngel og ofte gir 100% dødelighet.

I 1996 ble det produsert 200.000 piggvaryngel i Norge, alt på Tinfoss Akva i Kvinesdal. I Europa øker interessen for å produsere piggvar, og det finnes store markeder både i Europa og Sørøst Asia.

60.000 «salgbar» torskeyngel ble produsert i Norge i 1996. Forskerne har lyktes med å utsette kjønnsmodningen hos torsk ved å bruke lys, noe som kan bidra til at torskeoppdrett blir lønnsomt. I havbeiteforsøk med torsk viser det seg at den utsatte torsken raskt tilpasser seg livet i det fri. Det er bare registrert små forskjeller mellom atferden til vill og utsatt torsk tre måneder etter utsetting.

Høsten 1996 utgjorde utsatt hummer hele 37% av fangstene på Kvitsøy i Rogaland. 66% av undermålsammeren som ble fanget var havbeitehummer. 1990- og 1991-utsettingene dominerer fangsten, men 1992-utsettingen er på veg inn i den fangbare bestanden.

SUMMARY

Norway is still the biggest producer of Atlantic salmon in the world. Totally more than 290.000 tonnes of salmon were produced in Norway in 1996, this counts for 51% of the world's production. The production of trout increased by 36% and reached 20.500 tonnes in 1996. The Norwegian fish farming industry has managed to reduce the use of antibiotics to a minimum level. In 1996 only one tonne was used. The health situation is very good, especially thanks to great scientific efforts that have brought forward effective vaccines.

Still there is a high interest for farming of halibut. However, lack of juveniles has limited the number of farmers in this new industry. Additionally, juveniles in several farms have caught diseases, something that lead to a total production of only 100.000 juveniles.

The stop in feeding that was implemented during the autumn of 1995 strongly influenced the fish farming industry in 1997. The aim was to reduce the production by 40.000 tonnes, a goal that was reached. As a consequence of this, the demand for smolt decreased by near to 10%. The release of 0-group salmon has diminished considerably during the autumn of 1996. The smolt release has stabilised around 100 million something which may reduce the expected rapid growth. The production of 0-group salmon is more cost effective and therefore the demand for these juveniles is expected to rise again in 1997.

The health situation has been very good over the past two years. Few diseases have been registered and only one tonne of antibiotics was used in 1996. Because vaccination is the best and most effective precautionary step to prevent illnesses, every single salmon smolt in Norway is vaccinated against different diseases. It is important to vaccinate even if there has been no illness in the farm for a long time. Good hygienic standards and the vaccination programme will prevent future problems for the industry.

The salmon lice costs Norwegian fish farming industry between 100 and 500 million NOK a year. It is proved that the salmon has lower growth rate even when the amount of lice in the nets is at such a low level that de-licing is not regarded necessary. The wrasse is still an important «de-licing tool». Several species of wrasse are already in use, no the ballan wrasse proves to be very effective on large salmon and lice on the nets.

Still there is a high interest in halibut farming. However, problems in the juvenile production have given few possibilities for people to enter into the industry. The shortage of juveniles first and foremost is caused by several illnesses different from those in the salmon production. Additionally, it has been difficult to get supplies of living feed. Lack of food might have weakened the larvae and increased the mortality. In halibut farming bacterial diseases and IPN has been known for some time, in 1995 and 1996 viral encefalopati and retinopati (VER) was connected to mass mortality in several fish farms. This disease strikes yolk sake larvae and juveniles and usually gives 100% mortality.

In 1996 200.000 turbot larvae were produced in Norway, all of them by Tinfoss Akva in Kvinesdal. In Europe there is an increasing interest for turbot production and there are big markets waiting both in Europe and south-east Asia.

60.000 «sale-sized» cod juveniles were produced in Norway in 1996. The scientists have succeeded in delaying the maturation by using artificial light. This might make farming of cod profitable. Releasing experiments with cod states that the released cod rapidly adjust to the life in freedom. Only small differences are observed between the behavior of wild and released cod three months after the release.

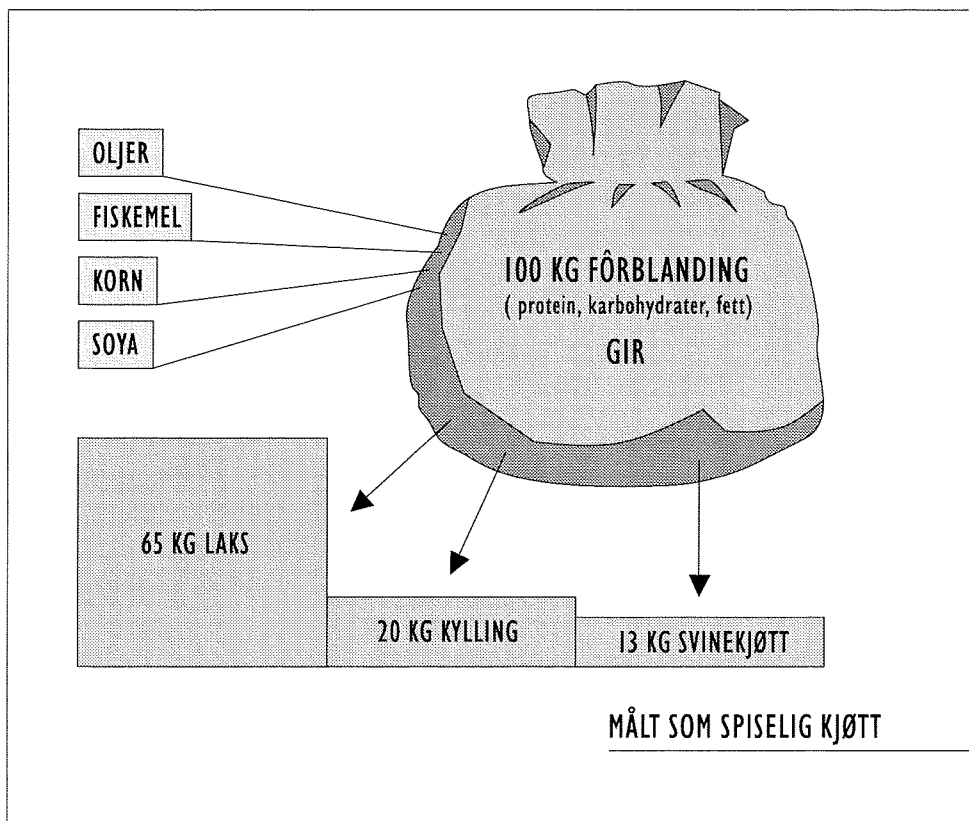
On Kvitsøy the released lobster now counts for 37% of the lobster caught.

Havbruk er matproduksjon, og laks og ørret er våre viktigste akvakulturprodukter. I 1996 regner vi med at det ble produsert ca 0,3 millioner tonn laksefisk i Norge. Sammenligner vi dette med de ca 34 millioner tonn fjærkre som hvert år produseres på verdensbasis, og med de ca 1,6 millioner tonn svinekjøtt som danskene produserer, ser vi at det er snakk om en nisjeproduksjon i verdensmålestokk. Dette betyr at produktet bare er i stand til å dekke et relativt lite marked. For å kunne ta ut høye dekningsbidrag, er det med andre ord viktig å produsere riktig kvalitet til de aktuelle markeder. Det er derfor sentralt at vår produksjon og vår markedsføring er kunnskapsorientert.

Sammenlignet med våre husdyr på landjorda er vår kunnskap om laksefisk begrenset, og vår kunnskap om marine arter er enda mindre. Gjennom målrettet forskning og utvikling vil vi derfor være i stand til å ta ut store gevinster. En økonomisk analyse viser at norsk havbruk fram

til i dag har spart ca 7 milliarder kroner ved å ta i bruk de vaksiner som er på markedet. På få år har fôrfaktoren for laks gått ned fra 2:1 til 1,1:1. Riktig bruk av lys og bedre forståelse av fôr-sammensetning og fordøyelse vil redusere kostnadene ytterligere. Samtidig bedres vårt avlsmateriale, og produksjonen av smolt blir mer kostnadseffektiv. At forskning og kunnskap fortsatt kan bidra til en langt mer effektiv produksjon, forstår en når en får vite at for et kg gris fikk bonden i Danmark 10,10 danske kroner i 1995. Når så 100 kg fôr gir 65 kg spiselig laks og 13 kg spiselig svinekjøtt, forstår vi at her er det mye å hente (figur 1).

Forbrukeren skal ha riktig kvalitet, og det er forbrukeren i de forskjellige markeder som avgjør hva som er riktig kvalitet. Figuren viser forskjellige egenskaper som kan være med å profilere laksefisk. I denne sammenheng vil forskjellige markedssegmenter ha ulike, men ofte spesifikke krav. Det som er vesentlig i denne sammenheng



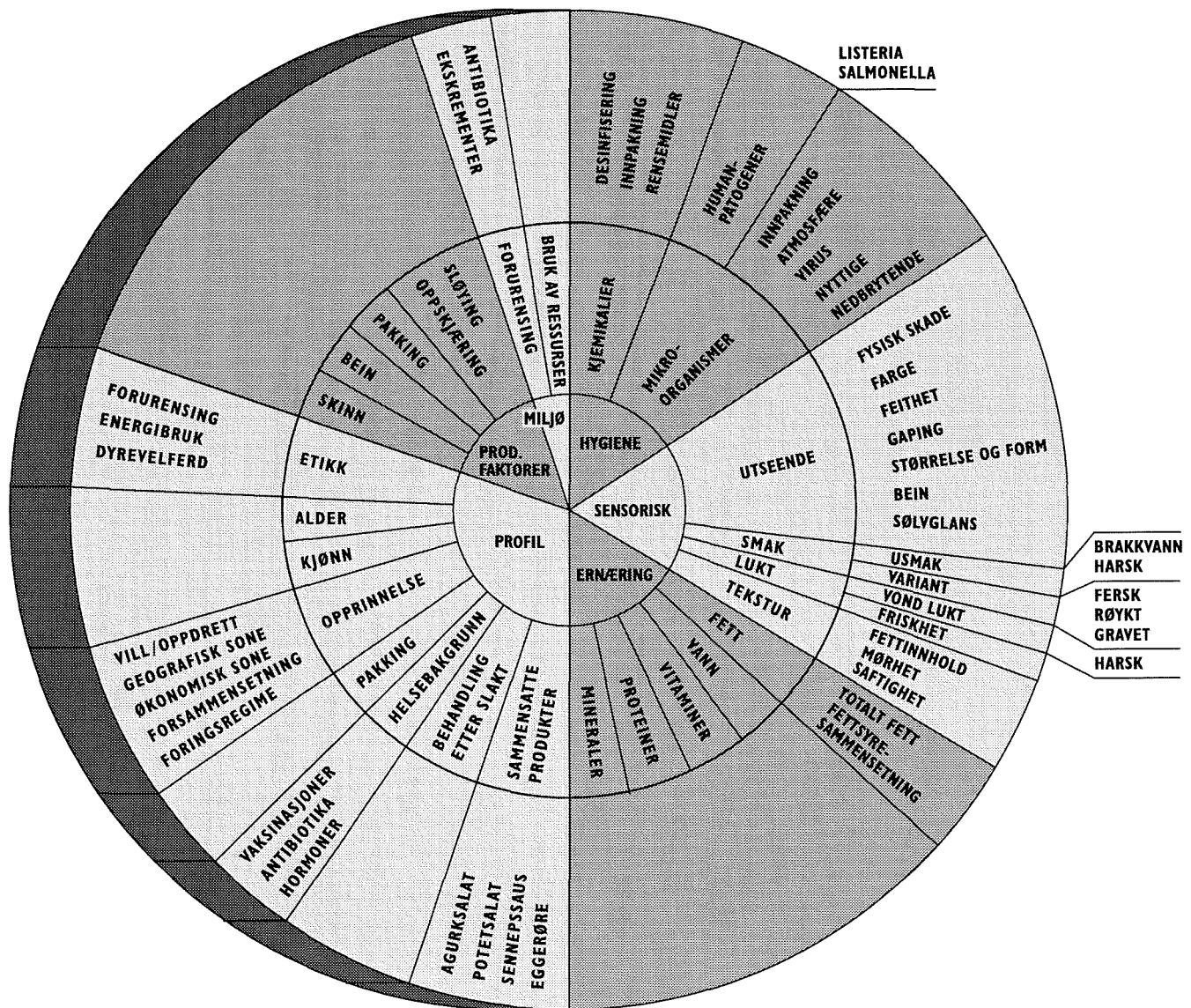
Figur 1 Laks utnytter fôret bedre enn både kylling og gris.
Salmon utilize the feed better than both chicken and pig.

er at kravene kan måles på en objektiv måte, enten sensorisk eller ved å benytte et instrument. To viktige kvalitetsparametre er farge og fett.

Fargen i laksefisk skyldes astaxanthin. Mengden farge i fisk kan måles ved å ekstrahere fargestoffet, eller overflaten kan måles ved at det bestemmes hvor hvit fisken er og hvor stort innslaget er av rødt og gult. Sammenligning med fargestandard kan også benyttes, dersom bakgrunn er den definerte nøytralfarge. I Østen regnes rød farge som symbol for makt, kjærlighet, lykke og hell i flere land. Jo rødere fisk, jo bedre. Derfor er det markedsmessige potensialet

til regnbueørret stort. Laks egner seg bedre til markeder som vil ha lysere fisk. I Norge har vi mye kunnskap om fargestoffet astaxanthin. Men det er i denne sammenheng verdt å legge merke til at fortsatt er opptaksmekanismen og deponering av astaxanthin ikke beskrevet, og fortsatt hviler norsk laksenæring på én leverandør av fargestoffet.

Polyumettet fett eller omega-3-fettsyrer har to gode egenskaper. De er bøyelige, og de er sunne for menneskehjertet. Fisk trenger bøyelig fett, for om vinteren, når temperaturen er lav, blir fett hardt - og stearinlys svømmer som kjent dårlig.



Figur 2 Mulig kvalitetshjul for laks.
Possible quality wheel for salmon.

Se bare på forskjellen mellom tran og smør som oppbevares i eller utenfor kjøleskap. Riktig fett i fôret som oppdrettsfisken spiser og deponerer er derfor av stor betydning, både for fiskens helse og for slaktekvaliteten. Riktig slaktemperatur og hvordan dødsstivhet gjennomløpes, er også svært viktig. Sensoriske parametre som tekstur, saftighet og aroma påvirkes, og utseendet endres i takt med væskeutskillelse og spaltingsgrad av fileten.

I årene fremover vil marine oljer bli viktigere og viktigere på verdensbasis. Det årlige forbruket er i dag på 1.5 millioner tonn. Dette tallet forventes å være konstant i framtiden. I dag benyttes 350.000 tonn til akvakultur, mens det ventes at forbruket vil være på 750.000 tonn i år 2010. Marine oljer lages bare av marine organismer, så allerede nå må forskningen begynne å se etter andre kilder enn de våre tradisjonelle fiskerier tar opp av havet i dag.

Marint fett er sunt året rundt, og fet fisk har god pris i mange markeder. Undersøkelser viser at

forbrukere i den vestlige verden vet dette og handler deretter. Når så astaxanthin sammen med andre carotenoider lanseres som helsebringende for hjertet, kreftforebyggende og som den beste antioksydant vi har, burde også profileringen av laksefisk være enkel. Men hele kvalitetshjulet må tilfredsstilles, fordi markedsføringen ofte ikke er bedre enn det svakeste ledd (figur 2).

Rømt laks fra merd vandrer opp i våre elver og gyter som den mest naturlige ting i verden. Dagens laks har tross alt bare vært i oppdrett i seks generasjoner. Debatten om biodiversitet er i denne sammenheng bare i sin spede begynnelse. Men det er klart at her må forvaltningen kunne forklare hva som er den genetiske forskjell mellom laks i merd og laks i våre elver. Dette er viktig for å beskrive den etiske kvalitet.

Fra de få eksempler som her er gitt, kan en konkludere med følgende: Investering i økt kunnskap vil sikre vår oppdrettsnæring. Norsk oppdrettsindustri må forstå næringsmiddelkvalitet. En må lære å definere og styre næringsmiddelkvalitet.

Samsvarer innholdet i det sjømatproduktet (hermetikk, farse, frysevarer) vi kjøper i butikken med varedeklarasjonen, eller betaler vi for et produkt vi ikke får? Autentisering av matvarer vil si å bekrefte eller avkrefte samsvar mellom varedeklarasjonen og innholdet. Det være seg art, mengde, type og mengde tilsetningsstoffer som er benyttet osv.

Dagens situasjon for de økonomisk viktige fiskeslagene i Nord-Atlanteren gir muligheter for stor økonomisk gevinst for de forskjellige aktørene på veien frem til det ferdige fiskeproduktet. I de senere år har de viktigste kommersielle fiskeriene i europeisk farvann fluktuert og er i noen tilfeller sterkt redusert. I deler av Europa har dette ført til mangel på de tradisjonelt mest populære og økonomisk viktige artene, og dermed til økte priser på fiskeprodukter. Det er denne situasjonen som gir et potensial for økt økonomisk gevinst ved å bytte ut dyre med rimeligere arter. I en undersøkelse av 23 selskaper i Norge og Danmark, ble vannløselige proteiner i frossenfiskeprodukter undersøkt ved hjelp av isoelektrisk fokusering. Selv om det i bare 4 av de 23 undersøkte selskapene ble funnet uoverensstemmelse mellom det faktiske innholdet og varedeklarasjonen (i stedet for torsk ble det funnet arter som Alaska pollack og hyse), viser undersøkelsen at dette allerede er en aktuell problemstilling.

For å påvise faktisk utskifting av art, må den enkelte art identifiseres i de forskjellige sjømatproduktene. Siden de morfologiske parameterne (skinn, hode, finner, skall osv.) som vanligvis kan benyttes til å identifisere artene er fjernet i sjømatprodukt, må det finnes alternative metoder for identifisering. Det er for tiden tre hovedteknikker som kan benyttes til identifisering av arter, protein-elektroforese, immunologiske metoder og "DNA-baserte" metoder.

Protein-elektroforese, inkludert isoelektrisk fo-

kusering, er for tiden den mest anvendelige metoden for identifisering. Det meste av utviklingen innen dette feltet har vært diktert av kunnskap og informasjon fremkommet gjennom vitenskapelig arbeid innen områder som populasjonsgenetikk og populasjonsbiologi. Protein-elektroforese har blitt benyttet i utallige populasjonsgenetiske studier siden tidlig på 60-tallet. Et interessant eksempel på nytten av denne typen analyser, er identifisering av kongekrabbe (*Paralithodes camtschatica*). Ved hjelp av denne metoden ble det fastslått at den kom fra et område som var stengt for fiske og ikke, som det ble hevdet, fra et åpent område (Seeb et al 1990).

Protein-elektroforese er fortsatt det dominerende verktøyet for identifisering, selv om denne metodens forsprang stadig blir mindre i forhold til de DNA-baserte metodene, som er i rask utvikling. Utviklingen innen DNA-teknologi har signalisert at denne typen markører vil være de beste artsmarkørene i fremtiden. DNA-molekyler kan identifiseres selv etter eksponering til tørke, varme (koking, fritering), frysing og preservering i alkohol, og den hurtige utviklingen av teknologien gir muligheter for identifisering både på individ- og populasjonsnivå.

Protein-elektroforese inkludert isoelektrisk fokusering

Molekylargenetiske metoder ble forsøkt benyttet i fiskeriene allerede på slutten av 1950-tallet. Disse innledende studiene omfattet variasjon i blodgrupper (oversiktsartikkel av DeLigny, 1969), og viste tilstedeværelse av genetisk (arvbar) kontrollert variasjon som kunne benyttes i analyse av populasjonsstrukturene. Disse metodene ble imidlertid skjøvet til side av nye og mer revolusjonære elektroforeseteknikker som viste variasjon i vannløselige proteiner (Sick, 1965; Møller, 1966). Disse proteinene finnes blant annet i hvit muskel hos fisk, og har i noen tilfeller den egenskapen at proteinprofilen i forskjellige

arter kan benyttes for en sikker identifikasjon av arten.

Ved hjelp av en annen type elektroforese, såkalt isoelektrisk fokusering, kan man oppnå enda bedre oppløsning fordi proteinene blir "fokusert" i skarpt avgrensede stabile soner. Begge disse metodene kan benyttes for identifikasjon av arter. Til tross for at isoelektrisk fokusering kanskje vil kunne gi bedre separasjon, er ordinær protein-elektroforese (basert på stivelse) mye billigere og vil kunne gi tilstrekkelig informasjon. Det finnes proteiner, som parvalbumin-proteinene, som har stor varmetoleranse for frityrsteking, mikrobølge, koking og damping, forutsatt at varmebehandlingen ikke pågår for lenge. Men de fleste proteinene tåler som regel meget lite varme.

Immunologiske metoder

Når et fremmed molekyl (antigen) går inn i kroppen på et høyerestående dyr, vil dyret reagere med å produsere såkalte antikropper, og hver slik antikropp reagerer spesifikt med, binder seg til, det antigen som induserte antikropp-produksjonen. Denne antigen/antikropp-interaksjonen kan visualiseres ved hjelp av immunoassay. Slike immunoassay er i bruk i dag og har blitt benyttet til å bekrefte eller påvise bruk av ikke-deklareerte varer i rå og prosessert sjømat. Rapportene fra dette arbeidet indikerer et potensial for utvikling av enkle og hurtige analyser for identifikasjon av fisk og skalldyr i sjømat.

DNA-relatert teknologi

Selv om bruk av DNA og DNA-teknikker som regel er mer teknisk krevende og i noen tilfeller kan være dyrere enn både immunologiske og elektroforetiske teknikker, er mengden av mulig informasjon enorm. Den relativt nye PCR-teknikken vil gjøre det enklere å unngå de problemer som kan oppstå i prøver som er prosessert eller lagret. Oppdagelsen av PCR-teknikken har også økt tilgjengeligheten av DNA-teknikkene (Mullis et al., 1986). Dersom det utvikles spesifikke primere (små enkelttrådede DNA-bi-

ter) for hver enkelt art, er det relativt enkelt og raskt å identifisere innholdet i et produkt selv etter prosessering.

Nøkkelen til artsidentifikasjon ved hjelp av DNA-teknologien er spesifikke DNA-"prober", eller såkalte primere i forbindelse med PCR-baserte teknikker. Anvendelige prober og primere må lages, men i det øyeblikk de er tilgjengelig (Taggart and Ferguson, 1990; Prodöhl et al., 1994; Wrigth and Bentzen, 1994), kan de enkelt benyttes til å skille selv nærstående arter. De kan til og med bli benyttet til å identifisere hvor den aktuelle arten opprinnelig kommer fra. Selv om DNA-teknologien er en relativt ny gren på genetikkreet, blir stadig nye prober og primere produsert for flere og flere arter.

Utviklingen av de forskjellige DNA-teknikkene og mulighetene som ligger i disse, gjør dem til de mest lovende identifikasjonsteknikker i fremtiden. For øyeblikket eksisterer metoder for identifikasjon av flere forskjellige fiskeslag som torsk, hyse, sild og laksefisk. Fart og retning innen dette feltet er i stor utstrekning styrt av utviklingen innen genetikk, da spesielt populasjonsgenetikk, og derfor i stor grad fokusert på såkalt økonomisk viktige arter som torsk, hyse, hvitting og laksefisk. Disse eller tilsvarende teknikker, bør imidlertid bli gjort tilgjengelige også for andre arter, og vil kanskje i en ikke så alt for fjern fremtid kunne gi forvalterne et redskap som kan skille mellom "russetorsk", lofotskrei og torsk fra Nordvest-Atlanteren.

Fremtidige forvaltningsstrategier (fredningssoner, fredede arter, kvoter osv) kan se det nødvendig å være i stand til å identifisere eller spore tilbake til fiskemottak eller sogar fiskebåt hvor råvarene i et bestemt produkt kommer fra. Et merkesystem som identifiserer hver landing vil kunne bli et viktig redskap i denne typen forvaltning. Et slikt system blir forsøkt utviklet på oppdrag fra Fiskeridirektoratets Kontrollverk.

Fullstendig referanseliste er tilgjengelig hos forfatter.

I. OVERSIKT OVER ARTER I NORSK OPPDRETT

I.1 Laksefisk



I.1.1 Laks og regnbueørret

Tom Hansen
Havforskningsinstituttet

Lakseåret 1996 har på mange måter vært et dramatisk år som ble preget av de tiltakene som myndighetene satte inn for å redusere produksjonen av laks. Målsettingen med fôringsstoppen som ble innledet i desember 95, var å redusere lakseproduksjonen med minst 40.000 tonn. Beregninger som er gjort i ettertid har vist at dette målet er oppnådd og at effekten kanskje ble betydelig større. Senere på året ble det innført fôrkvoter, en ordning som er blitt videreført i 1997, men med en økning i kvotene på 15%. Den mest umiddelbare effekten av fôrkvoteordningen var et fall i etterspørselen etter laksesmolt på ca 10%. Dette ser ut til å ha redusert utsettene av nullåringer høsten 1996 betydelig. Det totale smoltutsettet for 1996 var derfor ikke høyere enn

i 1995. Smoltutsettet har stabilisert seg nær 100 millioner smolt, noe som kan bli en av de viktigste hindringene for fortsatt rask økning i produksjonen de nærmeste to årene. Fordi produksjonen av nullåringer er mer kostnadseffektiv enn produksjonen av ettåringer, er det forventet at etterspørselen etter nullåringer vil øke igjen i 1997, etter hvert som næringen tilpasser seg fôrkvoteordningen.

Produksjonen er fortsatt dominert av laks (tabell 1.1.1.1). Den positive trenden i næringen med generelt god helsetilstand (kapittel 1.1.6) og lav svinnprosent ser også ut til å fortsette. Til tross for de reguleringer som ble innført, økte produksjon i 1996 til 292.000 tonn. Den kraftige pro-

Tabell 1.1.1.1 Norges produksjon av laksefisk fordelt på år. (Data fra Statistisk Sentralbyrå, Norske Fiskeoppdretteres Forening og Kontali analyse A/S.)
Norwegian production of salmonids by year. (Data from Statistics Norway, Norwegian Fishfarmers Association and Kontali analyse A/S.)

	Matfisk (tonn)			Smolt (millioner)	
	Laks	Aure	Røye	Laks	Aure
1986	45.452	4.288		24,4	6,1
1987	47.198	8.746		35,8	8,2
1988	80.522	9.352		67,7	3,0
1989	115.433	3.845	200	61,9	3,1
1990	158.147	3.528	200	53,4	2,9
1991	155.000	5.655	250	47,1	3,0
1992	141.000	7.400	300	58,0	3,4
1993	171.000	8.000	350	65,0	3,6
1994	207.000	14.000	400	83,0	5,4
1995	249.000	15.000	400	98,0	12,0
1996*	292.000	20.500	400	97,0	8,0

* Prognose

Tabell 1.1.1.2 Verdensproduksjonen av atlantisk laks i tonn fordelt på land.
Data fra Havbrukskalenderen og Kontali analyse A/S
The world production of Atlantic salmon by countries. Source: Havbrukskalenderen and Kontali analyse A/S

	1992	1993	1994	1995	1996*	1997*
Norge	141.000	170.000	207.000	249.000	292.000	317.000
Canada	17.700	21.000	30.000	32.000	34.000	38.000
Chile	19.964	32.000	39.000	59.000	80.000	100.000
Færøyene	16.700	18.000	15.000	8.000	18.000	25.000
Irland	9.400	11.000	14.000	12.000	13.000	13.000
Storbritania	38.000	45.000	64.000	73.000	83.000	96.000
USA	8.500	11.000	14.000	17.000	17.000	18.000
Andre	5.635	7.000	8.000	9.000	11.000	12.000
Totalt	256.899	315.000	391.000	458.000	548.000	619.000
% NORGE	55	55	54	54	53	51

* prognoser

duksjonsøkningen i 1993, 1994 og 1995 har dermed fortsatt i 1996 (en økning på 17%). Myn-dighetenes reguleringstiltak vil imidlertid ikke gi full virkning før i 1997. Pr1roduksjonsestimatene for i år antyder at økningen kun vil bli ca 9%, til 317.000 tonn (kilde Kontali analyse A/S).

Fordi det ikke er innført en førkvoteordning for regnbueaure, er det forventet at denne produksjonen vil øke i årene som kommer. På grunn av problemer med rogn og settefiskproduksjon, sank imidlertid settefiskutsettet til 8 millioner individer i 1996. Dette vil påvirke produksjonen av matfisk i 1997.

Økningen i produksjonskvantum til 292.000 tonn fører til at Norge opprettholder sin andel av verdensproduksjonen av atlantehavslaks (mel-lom 50 og 55%, tabell 1.1.1.2). Verdensproduksjonen av atlantisk laks er anslått til rundt 550.000 tonn i 1996. Markedet er fortsatt preget av lave priser, og til tross for produksjons-økningen er eksportverdien relativt stabil (ca 6.8 milliarder kroner). Hvis vi imidlertid sammenligner dette med eksportverdien for villfanget torsk (ca 4 milliarder kroner), ser vi hvor betydelig den norske lakseproduksjonen er i nasjonal sammenheng. Norge produserer idag mye mer laks enn den totale produksjonen av kjøtt og egg i norsk landbruk.

Tabell 1.1.1.3 En sammenligning av laksefiskproduksjonen (tusen tonn) i Norge og Chile.
(Kilde: Kontali analyse A/S.)
The production of salmon (thousand tonnes) in Norway and Chile . (Source: Kontali analyse A/S.)

	1993	1994	1995	1996	1997
Atlantisk laks	32	39	60	82	100
Coho	25	35	44	55	70
Regnbueaure	20	26	38	45	60
Chile totalt	77	100	142	182	230
Atlantisk laks	170	207	249	292	317
Regnbueaure	9	15	15	20	20
Norge totalt	179	222	264	312	337

Chile er den av de andre lakseproduserende nasjonene som ekspanderer raskest (tabell 1.1.1.3) Denne ekspansjonen skjer både innen produksjonen av atlantisk laks, regnbueaure og coho, en stillehavslaks som ligner mye på regnbueaure. Regnbueaure og coho fra Chile er, ved siden av villfanget stillehavslaks, de viktigste konkurrerende produktene på markedene i Østen. Disse

artene foretrekkes blant annet på det japanske markedet på grunn av sin kraftige rødfarge.

Smoltutsettet i Chile (av alle artene) i 1996 kom opp i 120 millioner individer. Til tross for at chilensk oppdrett har en mye høyere svinnprosent enn den norske, kan totalproduksjonen raskt komme opp i 300.000 tonn.

I.1.2 Slaktekvalitet

Ole J. Torrissen
Havforskningsinstituttet

Det finnes en rekke definisjoner på kvalitet, men generelt sett kan kvalitet likestilles med produktets evne til å tilfredsstille brukerens krav og ønsker. Det betyr i praksis at vi i begrepet kvalitet ofte må forholde oss til en rekke uspesifikke krav eller ønsker. I vårt arbeid med å bedre kvaliteten på norsk fisk, må vi finne spesifikke målemetoder som setter oss i stand til å tallfeste brukerens ønsker og krav. Oppdretts- og fiskerinæringen vil da få klare og konkrete kvalitetsmål som de kan benytte til å gi kunden det kunden ønsker.

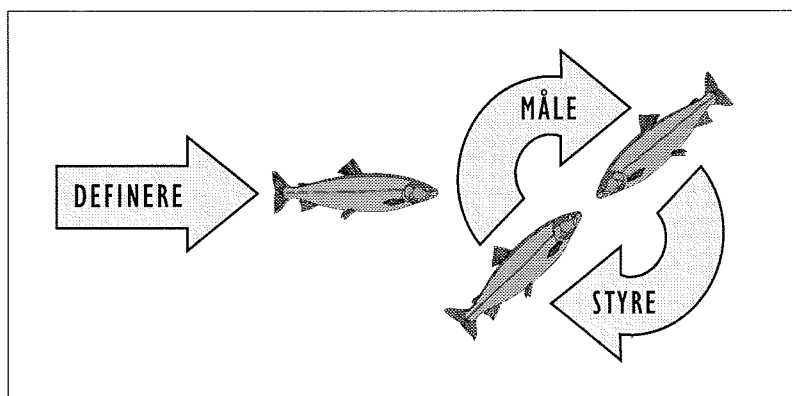
Vi kan illustrere dette med røykeriindustriens påstand om at norsk laks er for feit og at de ønsker en magrere fisk. En rekke undersøkelser viser at det denne industrien oppfatter som "feithet" ikke kan måles som kjemisk fettinnhold i laksefileten. Det som ligger i røykeriindustriens oppfatning av "feithet" har mye mer å gjøre med fiskens fasthet, farge og kanskje fettfordeling enn med filetenes absolutte innhold av fett. Faktisk gir feit fisk et bedre utbytte enn mager fisk fordi en får

mindre uttørring under salting og røyking, og oftest klassifiseres den feitesten fisken som den beste. Vår oppgave er å utvikle målemetoder som tallfester det industrien oppfatter som "feithet". Dette må nødvendigvis bli metoder som består av flere kjemiske eller fysiske analyser og der vi beskriver "feithet" som en funksjon av disse.

Det er gjennomført få undersøkelser på hvilke kriterier markedene generelt sett vektlegger. Den mest omfattende er undersøkelsen gjennomført av Dag Koteng, Fiskerinæringens Landsforening (FNL) i 1992, "Markedsundersøkelse Norsk Laks". Denne undersøkelsen konkluderer med at de fem viktigste kvalitetskriteriene i rangert rekkefølge er:

- 1: Fiskens ferskhet
- 2: Fargen på kjøttet
- 3: Fiskens konsistens
- 4: Røde gjeller
- 5: Fettinnhold.

Rapporten sier også at konsistens, bløgging, fargen på kjøttet, blod/slagmerker og skinnfargen



Figur 1.1.2.1 Kontroll av kvalitet på fisk forutsetter at vi kan: definere, måle og styre. *The control of quality in fish requires that we are able to define, measure and direct.*

er de viktigste årsaker til at Superior Norsk Laks ikke holder forventet kvalitet. Problemet med denne undersøkelsen er at den kun i svært liten grad tallfester kundenes ønsker.

I tillegg til faktorer som går på brukerens oppfatning, vil også produktsikkerhet og ernæringskvalitet komme inn under begrepet slaktekvalitet. I produktsikkerhet ligger en garanti for at produktet ikke inneholder fremmedstoff eller mikroorganismer som gjør at fisken kan være skadelig for konsumenten, mens vi med ernæringskvalitet mener fiskens egenskaper som næringsmiddel for mennesker.

Det er en rekke institusjoner i Norge som arbeider med problemstillinger som dreier seg om kvalitet på fisk. De fleste arbeider imidlertid med problemer knyttet til prosesser, håndtering, produktsikkerhet og ernæringskvalitet. Havforskningsinstituttet konsentrerer sitt arbeid om å utvikle målemetoder for relevante parametre og å styre kvaliteten på fisk gjennom fôr og fôring samt manipulering av miljøparametre (lys, vannstrøm, temperatur o.l.). På lengre sikt ser vi også for oss at vi kan utnytte den kunnskap vi får om faktorer som påvirker kvalitet på oppdrettsorganismer til å kunne forutse kvalitet på vill fisk.

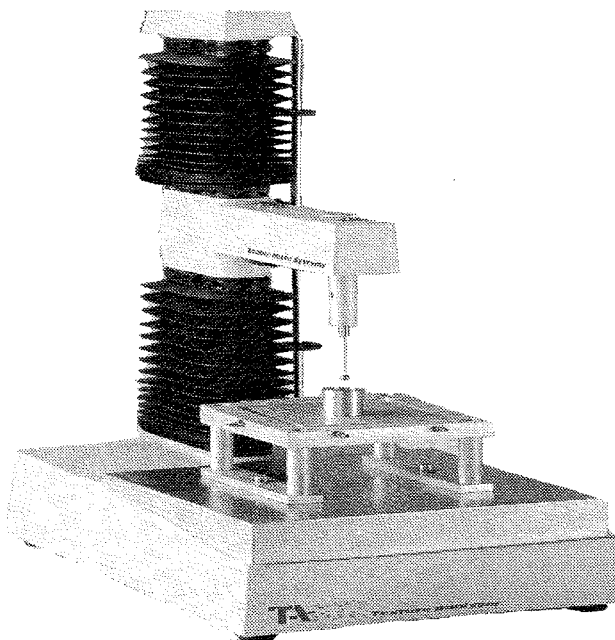
Hvordan bedre kvalitet på fisk

Kvalitetskontroll av fisk forutsetter at vi behersker tre prosesser (figur 1.1.2.1):

- 1: Å definere kvaliteten
- 2: Å måle kvaliteten
- 3: Å styre kvaliteten.

Definere kvaliteten betyr å framskaffe klare, entydige og målbare kriterier for de enkelte kvalitetsparametre, og å sette grenseverdier for disse. Måle kvalitet er å tallfeste kriteriene i produksjonsprosessen, og styre betyr å iverksette tiltak som gjør at fisken ligger innen de grenseverdier som er satt.

Fersk og røkt fisk er et "levende" materiale som vil gjennomgå store endringer fra produksjonslinjen og fram til konsumenten. Disse endringene vil i stor grad påvirkes av temperatur og lagringstid. Å forstå de prosesser som gjør seg gjeldende, og å kunne forutse effekten disse pro-



Figur 1.1.2.2 Instrument for måling av tekstur
Instrument used to measure texture in fish and other food products.

sessene har på fiskekjøttet, er en forutsetning for å kunne definere kvaliteten basert på respons fra markedene.

Å produsere en fisk etter spesifikasjon fra markedene er derfor en komplisert prosess. En markedsorientert produksjon vil imidlertid kunne gi en betydelig høyere pris. Norge har en fiskeri- og havbruksnæring som er moden for en slik utfordring, og også forskningsmiljøer med nødvendig kompetanse.

Tekstur og autolyse

Det har de siste to årene vært arbeidet med metoder for å kunne bestemme teksturen på fisken ved hjelp av instrumentelle analyser. Flere laboratorier har anskaffet spesielle instrumenter for å måle forskjellige teksturmål (figur 1.1.2.2).

Måling av tekstur i fiskemuskel er vanskelig fordi filetene er så forskjellige. Instrumentene måler teksturen på et gitt punkt på noen mm², mens det vi og industrien er interessert i, er å kunne få fram tall som gir representative verdier for hele fileten. Vi er også interessert i å kunne sammenligne teksturverdiene i forskjellige individer og grupper, og å kunne gi akseptable grenseverdier for industrien. For at dette

skal være mulig, må vi ha reproduerbare mål som ikke nevneverdig påvirkes av ytre forhold eller for eksempel filetenes tykkelse og temperaturen i fileten.

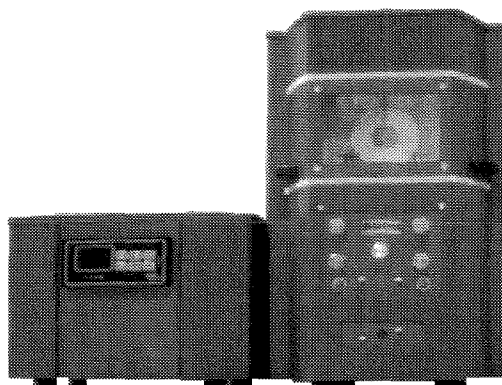
Vi har benyttet to forskjellige metoder for å vurdere tekturen. I den første metoden måler instrumentet kraften som skal til for å trykke en kule ca 10 mm ned i fileten to ganger på samme sted. Vi kan på grunnlag av disse målingene kalkulere flere mål slik som hardhet, elastisitet, tyggemotstand o.l. ved hjelp av TPA (Tekstur Profil Analyse). I den andre metoden stanser vi ut en ca 25 mm tykk cylinder på et definert sted på fiskemuskel. Vi plasserer denne sylindren i instrumentet og måler den kraften som skal til for å trykke en kniv gjennom muskelsylindren. *Generelt sett gir målingen med kniv det mest reproduerbare målet.*

Rå fiskemuskel har en rekke aktive enzymer som bryter ned muskelvevet. Disse autolytiske enzymerne er ansvarlige for de endringer i tekstur vi ser som funksjon av lagringstid og temperatur. Problemet er spesielt stort i produksjon av røkt laks, hvor vi først kan ha en lagring av fersk fisk på is, deretter en salting og røyking ved temperaturer opp til 30° C, og så en lagring ved kjøleromstemperatur i opp til seks uker. Enzymene får her en lang virkningstid, og vil føre til betydelige endringer i fiskens tekstur i løpet av denne tiden.

Vi har gjennomført en rekke undersøkelser på hvilke enzymer som er ansvarlige for disse endringene i tekstur, og vi har også sett på alternative analysemetoder. Så langt mener vi at en generell bestemmelse av autolytisk aktivitet gir det beste målet.

Det er mulig å begrense denne autolytiske aktiviteten ved spesielle fôringsopplegg før slakting, eller spesielle sultopplegg. Vi arbeider med hvordan vi skal kunne minimere den autolytiske aktiviteten i muskelen for å øke holdbarheten på fileten.

Antall muskelfibre i fisk kan påvirkes ved ytre faktorer som temperatur, trim og diett. Inkubasjon og klekking ved lav temperatur gir en yn-



Figur 1.1.2.3 Instrument for måling av dødsstivhet (rigor) hos fisk.
Instrument used to measure rigor mortis in fish.

gel med flere og mindre muskelceller, mens høy temperatur gir færre og større muskelceller. Ved å trimme laksen i strømsystemer kan en få økt størrelsen på muskelcellene. Også fôringsraten har effekt på muskelantall og størrelse, der redusert fôring har vist seg å gi mindre muskelceller. Kunnskap om laksens muskelmikrostruktur kan være med på å øke forståelsen omkring variasjoner i slaktekvalitetsparametre, som filetenes fettinnhold og fettrepresentasjon, fargeinnhold og fargepresentasjon og filetenes tekstur.

Ved Matre havbruksstasjon ble det våren 1996 satt i gang et forsøk der vi vil se om inkubasjonstemperaturen for egg/plommeseckkyngel vil påvirke muskelcelleantallet/ mikrostrukturen frem til slakting. I 1997 vil det bli utført diettforsøk, der en vil undersøke hvordan ulike dietter påvirker muskelmikrostruktur hos yngel og smolt.

Rigor

Rigor (dødsstivhet) har stor betydning for utbytte og kvalitet på laksekjøtt. Utviklingen og rigors styrke vil blant annet påvirkes av stress hos fisken før slakting og også temperatur både under og etter slakting.

Havforskningsinstituttet har startet et større prosjekt der vi ønsker å undersøke sammenheng mellom rigor og kvalitet og utbytte hos økonomisk viktige arter; laks, kveite, regnbueørret og

torsk. Vi ønsker også å undersøke sammenheng mellom muskelspalting ("gaping") og rigorutvikling.

Farge

Farge på filet av laksefisk er i tillegg til å være ett av de viktigste kvalitetskriterier for laks også en betydelig kostnad for oppdrettsnæringen. Faktisk er pigmenteringskostnadene tilnærmet lik kostnadene for arbeidskraft, 8-10% mot 11%. Vår innsats på dette området er konsentrert til fire områder:

1. Biologiske funksjoner av carotenoider i fisk
2. Biotilgjengelighet og pigmentnivå i kjøttet
3. Sammenheng mellom innhold av fargestoff og fargeoppfatning
4. Måling av muskelens farge.

Biologiske funksjoner av carotenoider i fisk

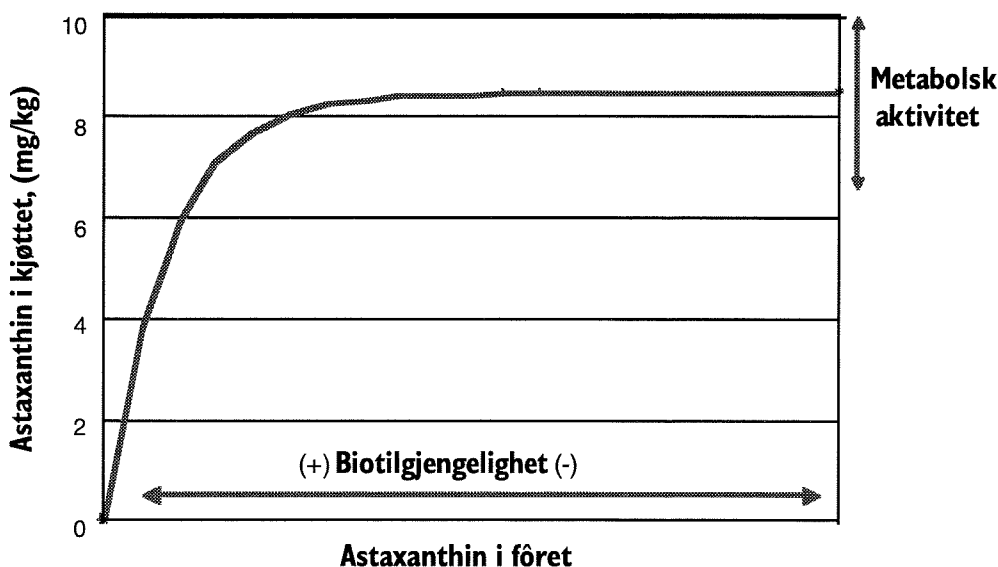
Vi har gjennom en rekke undersøkelser vist at astaxanthin er essensielt for laksefisk, og at behovet for astaxanthin hos yngel av laks ligger på 10-15 mg/kg fôr. Disse undersøkelsene tyder på

at carotenoider er viktige som provitamin A-kilde for fisken, men også at de er viktige som biologiske antioksydanter. Vi tror at de resultatene vi har funnet for laks også gjelder for marin fisk. Det betyr at carotenoider også må tilsettes fôret til marine fiskelarver.

Biotilgjengelighet og pigmentnivå i kjøttet

Det fokuseres på to hovedproblemer når det gjelder tilsetning av astaxanthin i fôr og pigmentering: a) nivå i fôret, b) pigmentmengde i kjøttet.

En generell dose-responskurve er vist i figur 1.1.2.4. Ved lave doser øker pigmentmengden lineært med økende dose i fôret. For høyere doser får vi en avflatning, og normalt oppnås det ingen effekt ved å øke pigmenttilsetningen i fôret ut over 60-70 mg/kg. Verdiene er her hentet fra et fôr som inneholder 20% fett og der en har benyttet Carophyll som pigmentkilde (Hoffmann La Roche). Ved å benytte høyere fettnivå i fôret eller andre pigmentkilder, vil tilgjengeligheten av pigmentet være forskjellig. Høyere fett i fôret gir bedre biotilgjengelighet, og en kan dermed gå ned i dose i fôret og samtidig oppnå samme pigmentering. I motsatt fall, med redu-



sert biotilgjengelighet, må dosen økes. Det er imidlertid viktig å være klar over at det ikke vil være mulig å oppnå særlig høyere totalt pigmentnivå i muskelen enn rundt 8,5 mg/kg, uansett hvor høyt en går i dose i fôret.

Fisken forbrenner en stor del av det pigmentet den inn-

Figur 1.1.2.4

Dose-responskurve for astaxanthin. Endring i biotilgjengeligheten av pigmentet i fôret vil ikke gi høyere maksimalnivå i muskelen. Ønsker vi høyere maksimalnivå i muskelen, må vi inn å påvirke den metabolske aktiviteten.

Dose-response curve for astaxanthin concentration in salmon muscle. Change in bioavailability will not give a higher maximum level in muscle. If we want a higher maximum level in the muscle, we will have to effect the metabolic activity.

tar. Skal vi øke nivået i muskelen må vi regulere forbrenningen av pigment (figur 1.1.2.4).

På litt sikt ser vi det som realistisk at utnyttelsen av pigmentet kan bedres med 100%, mens det totale nivå av pigment skal kunne komme opp i 10-12 mg/kg, eller ca 17 på Roche Colour Card.

Endring i biotilgjengeligheten av pigmentet vil ikke gi høyere maksimalnivå i muskelen. Ønsker vi høyere maksimalnivå, må vi inn å påvirke den metabolske aktiviteten.

Sammenheng mellom innhold av fargestoff og fargeoppfatning

Fargen på laksekjøtt skyldes enten pigmentet astaxanthin eller canthaxanthin. Innholdet av begge disse stoffene kan måles i muskelen. Vi ser imidlertid ofte at det er dårlig sammenheng mellom innhold av pigment og den visuelle oppfatning vi har av fargen på laksekjøttet. Vi har for eksempel vist at både temperaturen i sjøvan-

net fisken ble tatt opp fra og lagrings-temperaturen etter slakting har stor betydning for hvordan vi oppfatter fargen på kjøttet. Det er også en klar sammenheng mellom fiskens feithet og den farge vi ser. Vi ønsker å få en bedre forståelse av de faktorer som påvirker fargeinntrykket for å kunne benytte disse i arbeidet med å få en visuelt rett pigmentert fisk.

Måling av muskelens farge

Vi har i dag gode kjemiske målemetoder for farge. Disse forutsetter imidlertid at vi maler opp fisken. Det er behov for metoder der vi kan måle både fargeoppfatning, og konsentrasjonen av pigment uten å ødelegge fileten. Vi har ved hjelp av et instrument som måler reflektansen på muskelen og multivariat dataanalyse funnet en god sammenheng både mot fargeoppfatning målt som Roche Colour Card-verdier og pigmentnivå målt som mengde astaxanthin i muskelen. Vi har med denne metoden også greid å skille fisk pigmentert med astaxanthin og canthaxanthin.

I.1.3 Utsetting og gjenfangst

Ove Skilbrei
Havforskningsinstituttet

HAVBEITELAKS HORDALAND

Som i tidligere år ble det sendt ut informasjon til fiskerne i Sør-Norge om prosjektet og merke-metoder. Kjøp av ekstra fangststatistikk fra utvalgte kilenøter langs kysten, og det generelle tilbudet om dusør for opplysninger om fettfinneklippet laks i Hordaland, ble derimot ikke gjen-tatt på grunn av den svake økonomiske situasjonen. Vårt eget fiske i Selstøvågen måtte reduseres av samme grunn.

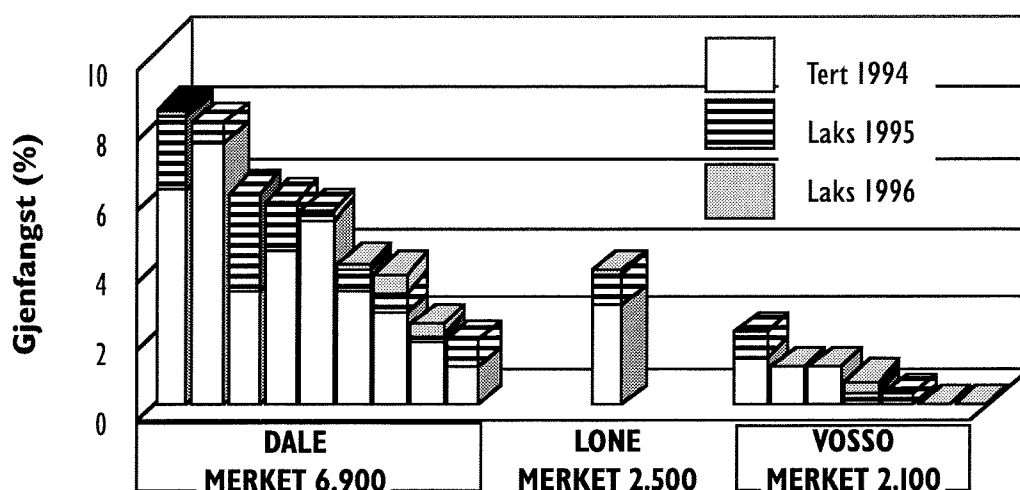
Gjenfangst 1996: Det ble ikke fanget havbeitelaks i Selstøvågen i 1996, men et mindre antall Carlin-merker (15 stk) av laks som hadde vært tre år i havet ble innrapportert fra andre steder. På grunn av den høye alderen var disse fra 5.1 til 12.5 kg. I figur 1.1.3.1 er disse fordelt på sine respektive stammer. Det viktigste resultatet her er at de svake resultatene vi har sett fra stor-

laks-stammen i Vosso, ikke kan forklares med at denne fisken oppholder seg lengre i havet før kjønnsmodning (i disse forsøkene). De burde i så fall ha rettet opp inntrykket i 1996.

SAMMENLIGNENDE SLIPP SELSTØ-NORDVIK

Det ble også fisket i Nordvik pga den mindre utsettingen i 1995 (på Nordvik og i Selstøvågen). Fangstinn-satsen i Nordvik i 1996 ble finansiert med interne midler.

I 1995 ble det sluppet tre år gammel smolt fra Dalestammen og ett år gammel oppdrettsmolt fra Matre i Selstøvågen og på Nordvik. Hensikten var å sammenligne fangstmønsteret mellom de to slippstedene, det vil si om smolten ble bedre preget når den ble sluppet fra Nordvik som ligger lenger fra åpent hav. Denne problemstillingen har også betydning for interaksjoner mel-



Figur 1.1.3.1 Oppsummering av innrapporterte Carlin-merker fra siste utsetting i 1993. Merkene er fordelt på stamme og familie.
Summary of reported Carlin-tagged salmon from the release in 1993. The tags are divided according to strain and family.

lom oppdrettet og vill laks, fordi den belyser hvordan oppdrettsmolten spres i ettertid. Den store treårssmolten fra Dalestammen gav svært lav gjenfangst. Fordi det ble fanget flere av disse i slippåret 1995 enn i 1996, har vi det inntrykket at molten var for gammel og at mange kan ha kjønnsmodnet allerede etter uker og måneder i sjøen. Smolten fra Matre gav bedre gjenfangst i 1996, nærmere 1 %, men datagrunnlaget er foreløpig relativt lite. Denne fisken har blitt avlet for sein kjønnsmodning gjennom flere generasjoner, så vi forventer flere merker de neste årene. Det ser foreløpig ikke ut til å være forskjeller i fangstmønsteret mellom de to slippstedene. Resultatene fra 1996 forsterket mønsteret fra tidligere slipp hvor en vesentlig del av fisken som slippes i dette området, fanges tildels langt sør for Hordaland når de kommer tilbake neste år. Hordaland var det nordligste fylket hvor fisken ble fanget, og over halvparten av fisken ble fanget fra Rogaland til Vestfold.

HAVBEITELAKS VEGA

I 1996 var gjenfangsten fra utsettingen på Vega i 1995 relativt høy (over 3% av 135.000 smolt etter det første året i sjøen), og det ble fanget ca 2900 smålaks på og nær utsettingsstedet (2.1%). Havbeitelaksen var mye mer konsentrert i utsettingsområdet sammenlignet med tidligere år, og også i forhold til andre utsettinger. Flesteparten ble fanget i prosjektets eget garnfiske, men kilenøter og stangfiske bidro også. Fangstene var mye mindre spredd i Nordland enn tidligere, og 75% av innsendte Carlin-merker kommer fra Vega. Toårssmolten fra slippet i 1995 gir høyere gjenfangst enn ettårssmolten, en trend som også er observert i tidligere år.

Praktisk gjennomføring: Det ble sendt ut informasjon med tilbud om dusør til kroggarn og kilenotfiskere i Nordland ved starten og avslutningen av fiskesesongen. Kilenotfiskere i nærområdet til Fersethvassdraget ble gitt dispensa-

Tabell 1.1.3.1 Oversikt over fangster av fettfinneklippet laks med forskjellige redskapstyper i 1996.
Summary of catches of adipose-clipped salmon in different fisheries in 1996

1)	2)	3)	4)	
Kilenøter, kroggarn	Kilenøter, krogg.	Eget garnfiske	Fersethvassdr.	Sum rapport
Nærområdet	Slippsted	Elvefelle, stang.	av fettfinnekl.	Nordland
220 stk. (7%)	835 (27%)	1696 (55%)	316 (10%)	3067 stk

Tabell 1.1.3.2 Oversikt over antall og fordeling av Carlin-merket laks.
Summary of the numbers of captured Carlin-tagged salmon with specification of area of capture.

Fiske i elv	Fiske i sjø	Fiske på	Eget fiske	Fersethvass.,	SUM
Feilvandrerer	Andre steder	Vega - sjø	Vega - sjø	Felle, stang	Carlin
14 (4.5 %)	63 (20.1%)	57 (18.3%)	163 (52.2%)	15 (4.8%)	312 stk

sjon av Direktoratet for naturforvaltning til å fiske uavhengig av fredningsbestemmelsene for laksefisk. Det viste seg imidlertid tidlig i sesongen at fangsteffektiviteten til kilenøtene var for lav, og havbeiteprosjektet organiserte et eget døgnkontinuerlig garnfiske utenfor Fersethvassdraget. I samarbeid med grunneierne ble det satt ut en elveruse i elven for å stoppe oppvandringen av havbeitelaks.

Slippene i 1993 og 1994: Fra slippene i 1993 ble det rapportert 18 Carlin-merker. Selv om slippene i 1993 har gitt relativt få merker, er dette bare to merker mindre enn i 1995. Dette antyder

at en del av fisken av Vefsnastammen først vender tilbake etter tre år i havet. Slippet i 1994 førte bare til ett merke i 1996. Dette var ikke uventet etter uhellet under slippet i 1994 og det dårlige resultatet fra denne årsklassen i 1995.

1) Opplysningene fra fiskerne i hele Nordland er beheftet med usikkerhet fordi fettfinneklippet laks fra andre utsetninger kan komme inn i registreringene. Fangstene var likevel overraskende lave i det regulære fisket i sjøen i forhold til fisket på Vega. Det kan ha medvirket at mye av fisken var under 2 kg og dermed liten nok til å passere redskap. Mesteparten var fisket fra

Tabell 1.1.3.3 Oversikt over gjenfangst av Carlin-merker fra smoltgrupper fra 1995. Kodene står for følgende; LS=Lav strømhastighet, HS=Høy strømhastighet i ferskvannskarene, P=Produksjonsfisk (tilsvarer mesteparten av fettfinneklippet smolt) og HB=avkom etter tilbakevendt havbeite stamfisk.
Summary of recapture of Carlin-tags from smolts released in 1995. The following coding system has been used: LS-low current and HS-high current in the rearing tanks during the freshwater period, P- production fish (most of the adipose-clipped smolts) and HB-offspring from returned Sea Ranch broodstock fish.

Utsettings- dato	Smolt alder	Kode	Antall utsatte merker	Eget fiske Vega	Andre Vega	Fiske i sjø Andre steder	Fiske i elv Feilvandrerer	Gjenfangst prosent
10. juni 95	2 år	LS	1960 stk	15 stk	9 stk	4 stk	0 stk	1.43 %
	1 år	LS	960	0	0	1	0	0.10 %
	2 år	HS	1955	16	3	3	0	1.12 %
	1 år	HS	965	2	1	0	0	0.31 %
21. juni 95	2 år	LS	1965	22	7	3	0	1.63 %
	1 år	LS	990	6	5	1	0	1.21 %
	2 år	HS	1930	12	7	4	0	1.19 %
	1 år	HS	960	2	1	2	1	0.73 %
	2 år	P	1790	30	14	15	7	3.69%
	2 år	P	970	17	5	10	0	3.30 %
	2 år	P	960	17	9	7	1	3.54 %
03. juli 95	2 år	P	1975	21	4	11	3	1.97 %
	1 år	HB	990	3	5	2	2	1.21 %

Brønnøy til Gildeskål (2/3), og 1/3 ble fanget fra Saltenfjorden til Lofoten. Ca 75% var under 3 kg og sannsynligvis 1-sjøvinter laks.

2) Bortsett fra en kilenot på sydspissen av Vega, ligger de andre kilenøtene som fisker med utvidet løyve på eller rett ved slippstedet. Kilenøtene fisket dårlig i forhold til garn, og tallet på 835 havbeitelaks inkluderer også tilleggsfangst med garn.

3) I prosjektets eget garnfiske ble det, foruten 1696 havbeitelaks, også fisket 21 små villlaks og åtte oppdrettslaks. Fangsten av havbeitelaks ble dominert av hannfisk, så få hunnfisk hadde kjønnsmoet etter ett år i havet.

4) Opplysningene fra Fersethvassdraget skiller dårlig mellom vill-, oppdrettet- og havbeitelaks, men det aller meste er sannsynligvis havbeitelaks. Fisket med stang foregikk i hovedsak i brakkvannsområdet utenfor elveosen, nær prosjektets egne garn, og mellom osen og fellen i elven i tillegg til fiske med dorg i sjøen. Av 316 laks ble 61 tatt i fellen i elven. Etter prøvofiske om høsten er det også inkludert 14 havbeitelaks som ble fjernet fra gyteområdene.

Tabell 1.1.3.1 ovenfor indikerer at en meget høy andel (over 90%) av fisken er fanget på Vega. Dette anslaget er nødvendigvis for høyt fordi det ikke inkluderer andre fylker, sportsfiskere etc. En fordeling av Carlin-merkene gir derfor et riktigere bilde av fordelingen (tabell 1.1.3.2).

Eget fiske Vega - sjø er i brakkvannsområdet/nærområdet utenfor elven. Vårt eget fiske overlapper delvis med *Fiske i sjø - Vega*. Mesteparten av denne fisken er fanget inntil to kilometer fra elvemunningen. Minst fem av merkene fra sportsfiskerne er også tatt i brakkvannssonen nær slippstedet. Prosjektets eget fiske tok rundt halvparten av alle registrerte Carlin-merker, og 75% av alle Carlin-merkene er fisket på Vega.

Den Carlin-merkete smolten har hatt lavere overlevelse enn fettfinneklippet, ca 70% sjanse for å komme tilbake i forhold til fettfinneklippete. Carlin-merkene indikerer at ca 4500 havbeitelaks vendte tilbake fra utsettingen i 1995 etter

det første året i havet, noe som tilsvarer 3.4% av smolten som ble sluppet (135.000). Dette er et nøkternt minimumsanslag fordi det ikke er tatt hensyn til underrapportering. Overlevelsen fra slippet i 1995 er dermed betydelig høyere enn tidligere slipp, og en mye større andel av fisken ble fanget på Vega. Selv om årsaken(e) til forbedringen er ukjent, antar vi at endringen i utsettingsmetodikk i 1995 (3.5 m dyp presenning rundt hver merd med egen ferskvannsledning) har hatt betydning. Dessuten må overlevelsen i havet ha vært relativt høy, men dette er overraskende på bakgrunn av det dårlige innsiget av vill smålaks til elvene i 1996.

Gjenfangsten av smålaks i 1996 var imidlertid også påvirket av andre faktorer. Tabell 1.1.3.3 oppsummerer gjenfangsten til ulike smoltgrupper fra 1995. Tallene i tabell 1.1.3.3 er ikke korrigert for ekstra merkedødelighet etc.

Tabell 1.1.3.3 viser at forhold som smoltalder, utsettingstidspunkt og forhistorie påvirker gjenfangsten etter ett år i havet. All ettårssmolten som ble sluppet var Carlin-merket, så ettårssmolten utgjør en liten del av slippet i 1995. Resultatene antyder at ettårssmolten har hatt en større ulempe enn toårssmolten når de ble sluppet tidlig (10 juni). Ettårssmolten som ble sluppet den første utsettingsdagen (10.06.95) gir like lav prosentvis gjenfangst (0.10-0.31%) som ettårssmolt som har blitt sluppet i tidligere år.

De beste resultatene kommer fra grupper av toårssmolt som ble sluppet den andre slippdagen, med godt over 3% innsendte Carlin-merker. Denne toårssmolten kommer fra ulike kar på settefiskanlegget. Årsakene til forskjellen mellom gruppene kan være flere; så som forskjeller i karmiljø og genetisk sammensetning av fisken i karene. Fordi toårssmolten som ble sluppet på den siste slippdagen gir lavere gjenfangst kan dette bety at slippdato medvirket også her.

Feilvandring: Carlin-merkene i tabell 1.1.3.2 og 1.1.3.3 antyder en lavere feilvandring enn tidligere fra utsettingen i 1995. Flere av feilvandrerne er fisket i mindre elver i nærheten av Vega. For den større laksen fra utsettingen i 1993 er bildet et annet. Av totalt 18 Carlin-merker er tre tatt i

fremmed elv, og to på Vega. Fordi denne fisken var fra 5-11 kg er det naturlig at flere går i redskap før de når slippstedet, men den geografiske spredningen av merkene minner likevel om tidligere resultater fra dette slippet. Forskjellene mellom slippene i 1993 og 1995 kan som tidligere nevnt antyde en sammenheng mellom slippemetodikk, pregning og gjenfangstmønster. Det ble foretatt forsøksfiske i ulike elver i Nordland høsten 1996. Dette gav få laks. John Haakon Stensli, som er delengasjert i prosjektet, har koordinert innsamlingen av skjellprøver fra ulike kilder i Nordland. Deler av dette materialet vil bli avlest ved NINA for havbeiteprosjektet. Resultater av undersøkelsene blir rapportert når materialet er opparbeidet. I en nærliggende elv der det er rapportert inn to Carlin-merker er det kommet inn skjellprøver fra ca 15 havbeitelaks. De 14 merkene som foreløpig er kommet inn fra fiske i elver burde tilsvare ca 200 fettfinneklippete havbeitelaks på avveie når det er tatt hensyn til merkedødelighet.

'STERIL LAKS'

Diploid (normal) og triploid (steril) fisk blir sluppet for å simulere rømning fra merd. Hensikten er å vurdere eventuelle interaksjoner mellom triploid fisk og villaks. I denne sammenhengen vil det si å sammenligne gjenfangstmønstrene til diploid og triploid laks. Fordi den triploide laksen ikke er forplantningsdyktig, kan den ikke påvirke villaksens gener, men dersom den likevel vandrer opp i elver kan den eventuelt lage kluss under den naturlige gytingen. Fordi det antas at den begynnende kjønnsmodningen er en viktig årsak til at trangen til å vandre tilbake fra storhavet utvikles, så er det uklart om triploid fisk som har nådd oppvekstområdene i Norskehavet vil vende tilbake til Norge. Denne muligheten er mest aktuell for hunnfisken, mens hannfisken som utvikler sekundære kjønnskarakterer muligens kan ha et mer naturlig vandringsmønster.

Vandringsmønster og -motivasjon kan som nevnt være forskjellig mellom diploid og triploid fisk, men vil også være en konsekvens av tidspunkt for utsetting. Når fisken slippes på smoltstadiet om våren/forsommeren, er det forventet at den

tar opp det naturlige vandringsmønsteret og går direkte mot Norskehavet, for så å komme tilbake etter ett eller flere år. Dersom den slippes i en senere fase, og på en annen årstid, er det mer usikkert om den legger ut på lengre vandring. I prosjektet blir det derfor sluppet fisk på ulike tidspunkt; både smolt, postsmolt (tiden fram til første vinter i sjøen) og voksen laks. Den større laksen kan være kjønnsmodnende når den blir sluppet. I slike tilfeller burde vi forvente at den går fort opp i ferskvann.

Smoltslipp: I begynnelsen av juni ble det sluppet over 6000 smolt fra merd ved Havbruksstasjonen Matre. Før slippet var all smolten merket med ytre individmerke (T-barmerke). Smolten ble overført til merd ca fem dager før slipp. Smolten var relativt stor, ca 130 gram i snitt. Slippgruppene var inndelt i ulike familiegrupper, og flere av disse var igjen inndelt i diploide og triploide helsøsken. Det er ikke blitt rapportert inn merker fra dette slippet. Vi antar derfor at smolten, både diploid og triploid, har vandret ut i havet.

Postsmolt-slipp: I oktober ble det merket 800 postsmolt, herav like mange diploide og triploide. Fisken var rundt halvkiloet i snitt, men med individer på opptil 1 kg. Fisken ble sluppet fra sjøanlegget i Matre i begynnelsen av desember (04.12.96). Neste dag ble det fanget 14 stk på garn i Matre. De neste dagene, opptil en uke etter slipp, ble det tatt fem fisk på garn lenger ute i Masfjorden, alle i nærheten av Andvikgrend. Deretter er det bare blitt rapportert ett merke, stangfisket ved kraftstasjonen i januar 1997. Dette er foreløpig lite data, men det nevnte mønsteret og fraværet av flere fangster fra den indre fjorden etter utsettingen, gir et inntrykk av at mesteparten av fisken har beveget seg utover fjorden, vekk fra slippstedet. To av fiskene fra området ved Andvikgrend er imidlertid tatt på bunngarn, den ene på 70 meters dyp, så vi kan ikke utelukke at fisken også kan gå dypere og dermed være lite fangbar. Av totalt 20 merker (2.5%) fra dette slippet var sju fisk diploide og 13 triploide. Dette gir foreløpig ikke grunn til å tro at den sterile fisken oppfører seg annerledes enn den diploide.

Belastningen på oppdrettslokalitetene øker med økende produksjon, samtidig som det er vanskelig å finne nye lokaliteter. I denne situasjonen er det viktig at vi både kan utnytte produksjonspotensialet på de enkelte lokaliteter og hindre at den blir overbelastet. Havforskningsinstituttet startet derfor i 1993 utviklingen av et system som kan brukes til å justere miljøvirkningen av oppdrettsanlegg etter bæreevnen på lokaliteten. Arbeidet er utført på oppdrag fra Fiskeridepartementet og Miljøverndepartementet.

Systemet kalles MOM, en forkorting av Model-
lering - Overvåking - Matfiskanlegg. Hoved-
prinsippene er at en regulerer påvirkning i ste-
det for utslipp, og at en integrerer de tre nødven-
dige elementene i en styringsprosess i én enhet.
Grunnet denne koblingen av flere elementer kal-
ler vi MOM et system. Elementene er: grense-
verdier for tillatt påvirkning (miljøstandarder),
verktøy for kontroll av påvirkning (overvåk-
ningsprogram) og verktøy for beregning av ef-
fekt (simuleringsmodell). Videre er overvåknin-
gen avpasset etter påvirkningen, og MOM er
bygget opp av moduler som kan skiftes ut uav-
hengig av hverandre.

MOM representerer en ny tenkemåte for regule-
ring av miljøpåvirkning, konseptet er generelt
og kan brukes når det er en direkte og kvanti-
fiserbar sammenheng mellom dose og respons.
Innen fiskeoppdrett vil MOM kunne yte et ves-
sentlig bidrag både med hensyn til å sikre fisken
reint vann og at påvirkningen omkring anleg-
gene er akseptabel for andre som vil nytte disse
områdene.

Miljøstandardene i MOM skiller mellom fire
ulike grader av påvirkning, der de tre laveste er
akseptable og den fjerde er uakseptabel. Som

nevnt er overvåkingen avpasset etter påvirk-
ning, og til hver av de tre laveste påvirknings-
gradene er det et tilsvarende overvåkningsnivå.
Overvåkningsnivået er den overvåking som er
nødvendig for å sikre at påvirkningen ikke blir
uakseptabel. Overvåkningsprogrammet er satt
sammen av tre typer undersøkelser, A-, B- og C.
Alle tre undersøkelsene inngår i hvert
overvåkningsnivå, men med ulik hyppighet.

I 1996 er MOM testet ut i fullskalaforsøk ved
31 oppdrettsanlegg fordelt på Nordland, Nord-
Trøndelag, Hordaland og Vest-Agder. Utprøvin-
gen hadde tre mål; å prøve ut utstyr og felt-
prosedyrer, å gi grunnlag for å vurdere hvor
omfattende opplæringskurs som er nødvendig og
å teste samsvaret mellom de ulike måle-
parametrene i B-undersøkelsen. På et møte etter
utprøvingen ble erfaringene oppsummert og jus-
teringer drøftet.

Av de lokaliteter som ble undersøkt var omkring
15% overbelastet. De lå alle i innelukkede om-
råder, dette bekrefter tidligere observasjoner av
at slike lokaliteter er følsomme for belastning.
På dype lokaliteter med sterk strøm var forhold-
ene derimot gode, selv om produksjonen i an-
leggene var meget stor. Utprøvingen viste ellers
at MOM fungerte etter hensikten, og at det bare
er nødvendig med mindre justeringer.

Etter nødvendige endringer vil en revidert ut-
gave av MOM foreligge våren 1997. Den vil
inneholde beskrivelser og veiledninger for ulike
deler av systemet slik at den kan tas i bruk. Ar-
beid pågår med å utrede hvordan MOM skal
nyttes. Systemet vil trolig inngå som et element
i avgrensningen av anlegg, andre bruksområder
er kystsoneforvaltning og miljødeklarasjon for
oppdrettsfisk.

Sammenlignet med det store kvantum av atlantisk laks som produseres her i landet, utgjør røya en svært så beskjeden del av vår samlede produksjon av laksefisk. Årsproduksjonen av matfisk er nå fordoblet siden slutten av -80 tallet, og den totale produksjonen for 1996 er estimert til rundt 350 tonn. Dette er fisk som slaktes fra porsjonsfiskstørrelse (0,3 kg) og opp til 1,5 kg. Gjennomsnittstørrelsen ligger mellom 0,5 og 0,8 kg. Fylkesmessig fordeles produksjonskvantumet seg med ca 60 % i Nordland, 30 % i Møre og Romsdal, 7 % i Troms og 3 % i Finnmark. Ifølge Fiskeridirektoratet var det pr. 30.06.96 på landsbasis registrert totalt 38 matfiskkonsesjoner for røye. I tillegg har noen oppdrettere konsesjon for oppdrett av røye knyttet til laksekonsesjonen. I dag er bare noen få av disse konsesjonene aktive. Rundt 70 % av røya som produseres blir eksportert til utlandet. Oppdretterne har imidlertid problemer med å oppnå tilfredsstillende pris på fisken, og fortjenesten er i dag marginal. Markedssituasjonen må derfor sies å være en flaskehals for en videre utvikling av røyeoppdrett som næringsvei.

Det meste av røya som produseres i dag stammer fra sjøvandrende røyebestander (hovedsakelig stammen som lever i Storvatnet i Hammerfest) og omtales derfor som sjørøye. Det oppdrettes imidlertid også noe røye som genetisk sett har sin opprinnelse fra rene ferskvannslevende (ikke vandrende) bestander. Naturlig nok har sjørøya vist seg å være bedre egnet til oppdrett i sjøvann enn fisk fra rene ferskvannsbestander. Sjørøye kan imidlertid også produseres frem til slaktestørrelse i ferskvann. Det benyttes i dag flere ulike produksjonsstrategier hvor en kombinerer bruken av ferskvann, brakkvann og sjøvann på forskjellige måter. Strategi velges ut fra fiskens behov, og tilgangen en har på de ulike vannkvalitetene. Selv sjørøya har en be-

grenset evne til å trives og vokse i sjøvann hvor saliniteten overstiger 25 ‰. Dersom saliniteten i vannet er høyere, vil fisken trives og vokse optimalt bare i et par måneder på sommeren. Dette skyldes at røyas sjøvannstoleranse varierer gjennom året. Produksjonen av røye er derfor i større grad enn lakseproduksjonen knyttet til land, eller til lukkede og delvis lukkede systemer som flyter i sjøen. Slike systemer gir en mulighet til å kontrollere saliniteten ved å blande ferskvann og sjøvann. En kan da holde fisken i fullt sjøvann gjennom et par måneder om sommeren, og resten av året i ferskvann eller brakkvann. Bruk av landbaserte/lukkede systemer til produksjon av matfisk er imidlertid et dyrere produksjonskonsept sammenlignet med produksjon i tradisjonelle sjømerder.

Ser en bort fra røyas begrensninger i saltvannsoppdrett, er denne fisken en meget enkel art å holde i kultur. Fisken er robust, tåler håndtering og trives og vokser godt selv ved svært høye tettheter, forutsatt at vannkvaliteten og fôrtilgangen er god. Selv om noen sykdommer er påvist på oppdrettet røye, utgjør disse i dag et ubetydelig problem for oppdretterne. Røya kjønnsmodner imidlertid tidligere enn laks og regnbueørret. Dette gjør at den må slaktes ved en relativt lav kroppsvekt (< 0,8 kg), noe som øker produksjonskostnadene pr. kilo matfisk. Resultater fra nyere undersøkelser har imidlertid vist at det er en betydelig variasjon i alder/kroppsvekt ved kjønnsmodning når en sammenligner ulike røyestammer i oppdrett. Røye fra Svalbard vokser like bra, men kjønnsmodner ett-to år senere enn Hammerfestrøya. Disse resultatene tyder på at røyeoppdretterne har mye å vinne på å gjøre et riktig valg av oppdrettsstamme. Det er også sannsynlig at en kan øke alder ved kjønnsmodning ytterligere gjennom et målrettet avlsarbeid.

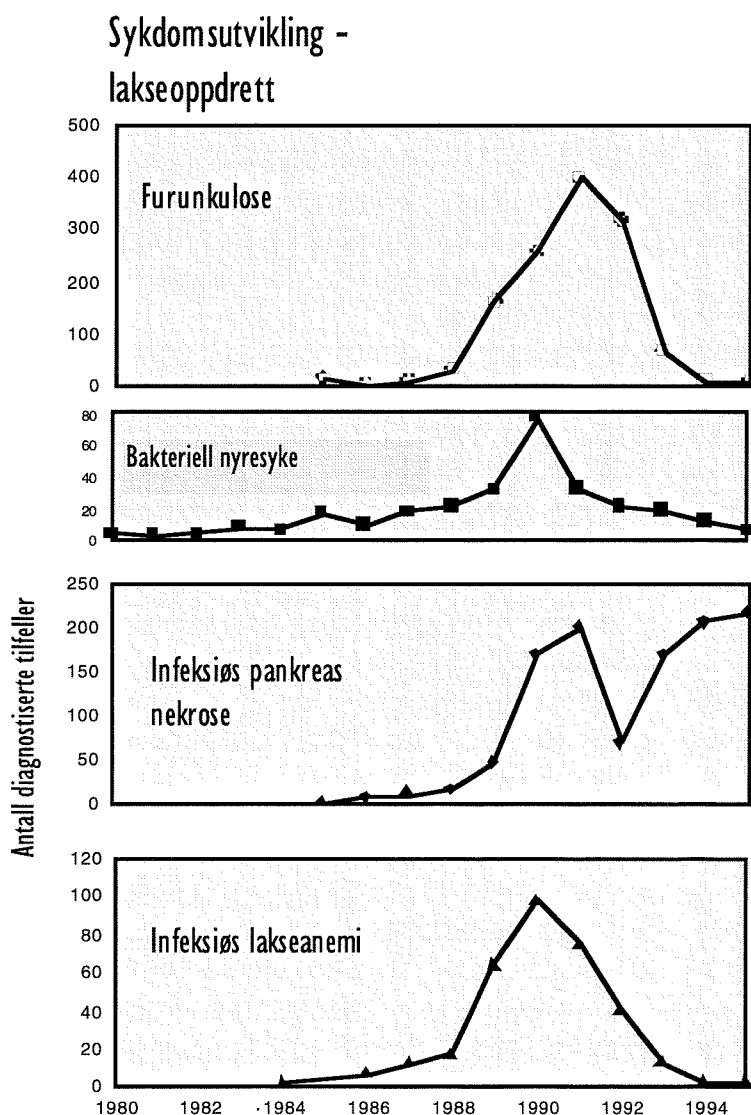
1.1.6 Helsesituasjonen

Johan Glette,
Havforskningsinstituttet

Helsesituasjonen for laksefisk var også i 1995 meget god. Til tross for en betydelig økning i lakseproduksjonen, har det vært få utbrudd av sykdommer de siste årene. Figur 1.1.6.1 viser utviklingen når det gjelder utbrudd av de hyppigst forekommende sykdommene fra 1980 fram til 1995.

Tallene for 1996 foreligger ennå ikke, men alt tyder på at også disse er lave. Det var i likhet med de to foregående år også i 1995 en økning i antall utbrudd av infeksjøs pankreas-nekrose (IPN) i sjøvannsfasen. Økningen var imidlertid langt mindre enn den var i de to foregående år. Dette kan ha sammenheng med at store deler av

smolten som ble satt ut var vaksinert mot denne sykdommen. For å bevare den gode helsesituasjonen vi nå har, er det viktig at det arbeides med forebyggende tiltak. Det må vaksineres med de til enhver tid beste vaksiner, parallelt med at det utvikles nye vaksiner og at de eksisterende forbedres. Det er også viktig at de råd som gis innenfor hygiene og vaksinasjonsprosedyrer følges.



Figur 1.1.6.1 Utviklingen for en del viktige sykdommer i norsk lakseoppdrett. Dataene er stilt til disposisjon av Tore Håstein, Veterinærinstituttet. *Incidence of the most important diseases in Norwegian salmon culture in the period 1980 to 1995. (Data from Tore Håstein, Veterinærinstituttet)*

SYKDOMMER SOM FORÅRSAKES AV BAKTERIER:

Furunkulose

Furunkulose forårsakes av bakterien *Aeromonas salmonicida*. Sykdommen ble første gang påvist i Norge på midten av 80-tallet, og antall anlegg hvor sykdommen ble påvist økte og spredte seg geografisk fram til og med 1990. Etter den tid har antallet gått ned, og i 1995 ble det påvist furunkulose i sju anlegg. Dette er en nedgang fra ti i 1994. Nedgangen av furunkulose har flere årsaker. Den største og viktigste er uten tvil bedre vaksiner og vaksinasjonsprosedyrer. Oljebaserte vaksiner gir bedre beskyttelse mot sykdom enn de vannbaserte som ble benyttet tidligere. I og med at det nå er så få utbrudd av sykdommen er også smittepresset gått ned. Ved utbrudd benyttes antibiotika.

Bakteriell nyresyke (BKD)

BKD er forårsaket av bakterien *Renibacterium salmoninarum*. Antall anlegg med bakteriell nyresyke har ikke endret seg i perioden 1980-1995, bortsett fra en topp i 1990. I 1995 ble det påvist BKD i 12 anlegg. Det finnes ingen vaksiner mot BKD, og sykdommen er vanskelig å behandle med de tradisjonelle antibiotika. Bakterien vokser sakte, og det kan ta lang tid fra fisken smittes til den blir syk. Smitte kan overføres både horisontalt og vertikalt. Ved sykdomsutbrudd er nedslaktning og brakklegging det mest effektive tiltaket.

Vibriose og kaldtvannsvibriose

Vibriose og kaldtvannsvibriose forårsakes av bakteriene *Vibrio anguillarum* og *Vibrio salmonicida*. Kaldtvannsvibriose førte til store tap for næringen i 1987 - 1988. Etter at effektive vaksiner ble tatt i bruk, har forekomsten av utbrudd avtatt. I 1993 og 1994 var det imidlertid en økning i utbruddene igjen på visse deler av kysten. Dette har sannsynligvis sammenheng med at vaksiner ikke er gjennomført etter de anbefalte prosedyrer. Vaksiner mot disse sykdommene benyttet på riktig måte er nær 100% effektive. Ved sykdomsutbrudd benyttes antibiotika.

SYKDOMMER SOM FORÅRSAKES AV VIRUS

Infeksiøs lakseanemi (ILA)

Dødelighet på laks i 1984 viste seg senere å være ILA-utbrudd. Det ble satt igang forskning på ILA umiddelbart, først og fremst for å karakterisere smittestoffet og utvikle diagnostiske tester. Fra 1988 og fram til idag er det publisert flere artikler som omhandler ILA. Hos syk fisk er det beskrevet et eller flere av følgende funn: Utstående øyne, væske i buken, blodmangel, forstørret lever og milt og blødninger i indre organer, spesielt i fettvev. Smittestoffet er vist å være tilstede i flere organer, og celletyper hos syk fisk og ser ut til å spres ved kontakt mellom fisk og/eller gjennom vannet.

Det er nå slått fast at smittestoffet er et virus. Dette er vist både ved hjelp av elektronmikroskop og i laboratorieforsøk. Hovedmålet med forskningen er å utvikle diagnostiske tester

hvor en kan påvise viruset, komponenter av viruset eller antistoffer mot viruset i fisk. Den første forutsetning for utvikling av slike tester er at viruset kan dyrkes i cellekultur. Dette er nødvendig for å produsere så mye virus at redskapene som skal benyttes til diagnostikk kan lages. Det har vært arbeidet med flere cellelinjer i denne forbindelse som ser lovende ut. Det er også laget antistoffer som ser ut til å gi god reaksjon med viruset, i alle fall i cellekultur. I tillegg arbeides det med genteknologiske metoder for å karakterisere viruset. Innenfor alle disse felter er det også i 1996 gjort framskritt mot målet.

Det ble diagnostisert to nye tilfeller av ILA i 1995. Også i 1996 har det vært påvist ILA i noen få anlegg. Situasjonen ser med andre ord ut til å være stabil. Dette skyldes først og fremst den nedslaktings- og brakkleggingsstrategien som ble satt i verk for noen år tilbake. At det dukker opp noen få tilfeller av ILA hvert år, viser at viruset som forårsaker sykdommen fortsatt er tilstede. Dette forsvarer uten tvil at en fortsetter å bruke penger på forskning med det mål å forebygge og bekjempe utbrudd av sykdommen. ILA lar seg ikke behandle med antibiotika. For at den gode ILA-situasjonen skal beholdes, er det derfor viktig at oppdretterne følger de pålegg myndighetene setter i verk. Det er også viktig at generelle hygieneregler følges.

Infeksiøs pankreas-nekrose (IPN)

Sykdommen forårsakes av infeksiøs pankreasnekrosevirus (IPNV). Dette er den eneste infeksiøse sykdom som har vist en økning i antall diagnostiserte tilfeller de siste årene, og økningen er først og fremst registrert i sjøvannsfasen. Viruset settes i sammenheng med såkalt smoltdødelighet. Den fulle og hele årsaken til smoltdødelighet er imidlertid fortsatt ukjent. Mye tyder på at denne dødeligheten har en sammensatt årsak, og at det er mer enn tilstedeværelse av virus som er nødvendig for å framkalle dødelighet. Sannsynligvis finnes viruset i de fleste anlegg. Et negativt resultat ved testing kan ha sin årsak i at tilgjengelige metoder for påvisning er for lite følsomme. Inntil 1988 var tapene forårsaket av IPNV moderate. Antall anlegg med IPNV-diagnose økte kraftig i 1993 og 1994. Det ble også registrert en økning i 1995 i forhold til

foregående år, men denne var mindre enn tidligere. Dette kan ha sammenheng med at en del smolt er vaksinert mot IPN og at dette har gitt en beskyttelse mot sykdomsutbrudd. Tapene i forbindelse med utbrudd varierer fra anlegg til anlegg. IPN-utbrudd lar seg ikke behandle med antibiotika, og det iverksettes ingen tiltak i forbindelse med utbrudd.

BRUK AV ANTIBIOTIKA

Det blir alltid fokusert mye på bruken av medisiner og kjemikalier i oppdrettssammenheng. Dette har flere årsaker: For det første er det viktig at fisken ikke inneholder medisinrester ved slakting. I tillegg er det viktig å unngå spredning av medisiner og kjemikalier til miljøet. Det er også klart at sykdom og mye bruk av antibiotika nedsetter kvaliteten på produktene. Dette kan igjen føre til problemer både på det innenlandske og utenlandske markedet. Høy kvalitet er uten tvil et godt kort å ha på hånden i kampen om markedene.

Bruken av antibiotika var på topp i 1987 (figur 1.1.6.2). Dette skyldes utbrudd av kaldtvannsvibriose. Etter den tid var forbruket tilnærmet det samme både når det gjelder totalforbruk og forbrukt antibiotika pr. kg fisk til og med 1992. I 1993 sank forbruket til 6,1 tonn totalt og ytterligere til 1,4 tonn i 1994. I 1995 var det igjen en oppgang i forbruket til ca 4 tonn. Dette har sin årsak i den økningen i utbrudd av vibriose og kaldtvannsvibriose som er omtalt ovenfor. Til tross for at økningen er beskjedent, må den ikke bagatelliseres. All økning i forbruk av antibiotika må tas alvorlig, og forebyggende tiltak må gjennomføres. Forbruket har i 1996 igjen gått ned til ca. 1 tonn. Dette er en bekreftelse på at vaksinasjon og forebyggende helsearbeid tas alvorlig. Forbruket av antibiotika til fisk utgjorde en ubetydelig del av det totale forbruk av antibiotika i Norge (ca. 3%).

HVA ER UTFORDRINGENE FRAMOVER?

Utbrudd av sykdommer kan raskt få alvorlige konsekvenser for en næring i hurtig vekst. For det første kan tapene på grunn av dødelighet bli høye. I tillegg vil sykdommer forringe kvalite-

ten på produktene. En økning i bruken av antibiotika er også en negativ følge av sykdomsutbrudd.

De alvorligste sykdommene forårsakes av bakterier og virus. Dette er smittestoffer som spres direkte gjennom vannet, eller ved at villfisk sprer det fra anlegg til anlegg. Noen kan overføres med egg og melke (kjønnsprodukter) fra foreldregenerasjonen til avkom. Det kan også tenkes at smittestoffer overføres fra anlegg til anlegg med persontrafikk og transportmidler (biler, båter etc), selv om dette sannsynligvis ikke er det vanligste.

Den beste måten å bekjempe sykdommer på er gjennom forebyggende arbeid, ikke ved å behandle med antibiotika. Når det gjelder forebygging er det flere måter å angripe problemene på. God hygiene er alltid viktig for å hindre spredning av både virus og bakterier. Her er desinfeksjon av utstyr, begrensnng av persontrafikk, innføring av hygienesoner og destruering av dødfisk og avfall blant de viktigste tiltakene. Også nedslakting og brakklegging som settes i verk ved sykdomsutbrudd går inn under hygienetiltak det er viktig å følge opp.

Det er ingen tvil om at de fleste, for ikke å si alle sykdomsframkallende bakterier og virus spres med villfisk og direkte gjennom vannet. Disse forhold er det lite å gjøre med gjennom generelle hygienetiltak. Det finnes imidlertid forskjellige systemer for desinfeksjon av vann (UV- og ozonanlegg), som kan benyttes i smoltanlegg og som gir gode resultater.

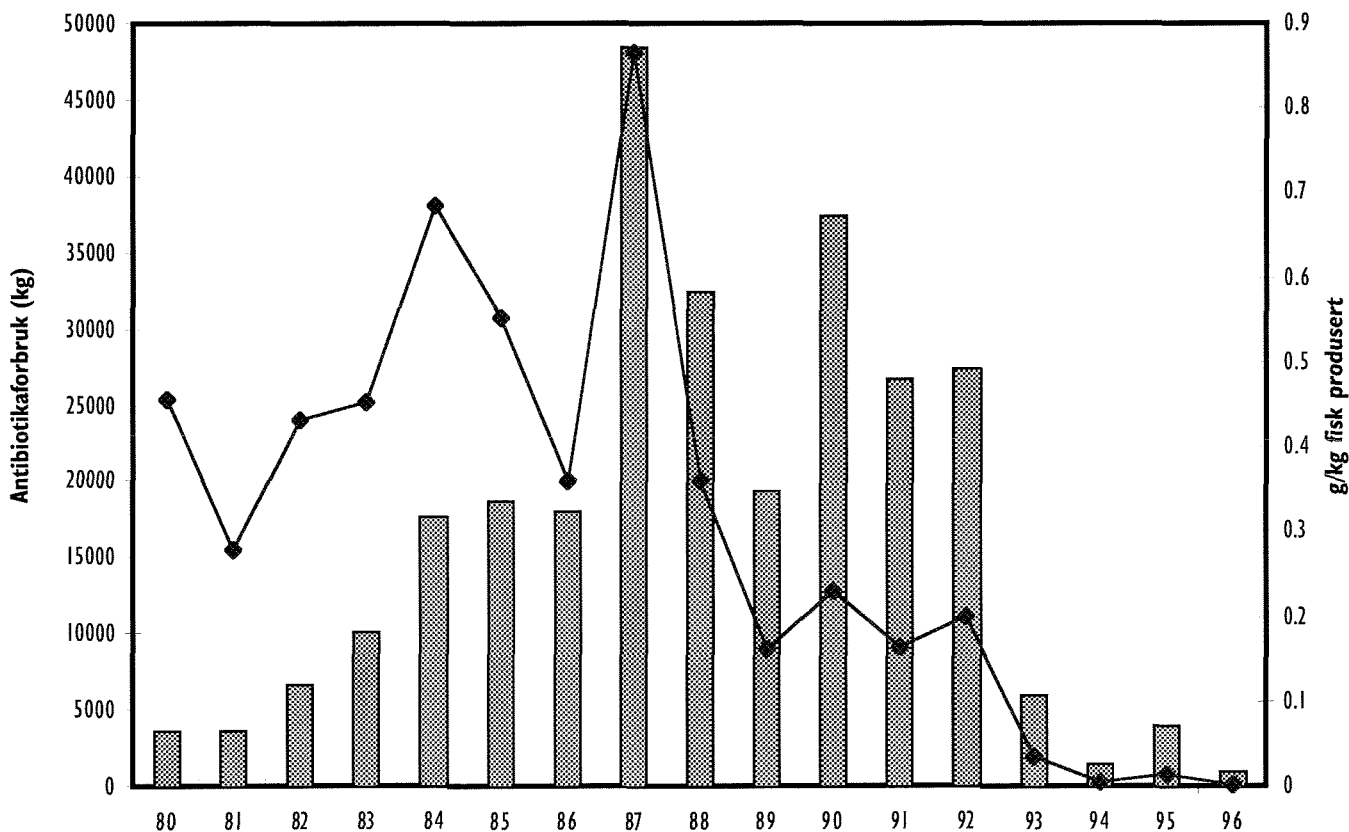
Det beste og mest effektive sykdomsforebyggende tiltak er vaksinasjon. Det finnes idag gode vaksiner mot de sykdommer som forårsakes av bakterier. Dette er hovedårsaken til at disse sykdommer stort sett er under kontroll. I 1995 var det imidlertid flere utbrudd av kaldtvannsvibriose som helt klart kunne føres tilbake til utilstrekkelig vaksinasjon. Dette viser at det er viktig å vaksinere selv om en ikke har hatt utbrudd av sykdommen på lang tid. Dersom generelle hygienetiltak gjennomføres og en vaksinere fisken etter de prosedyrer som anbefales, er det grunn til å anta at de kjente sykdommer som

forårsakes av bakterier ikke vil skape de store problemer innen norsk fiskeoppdrett i framtiden.

Den store utfordringen både for forskere og oppdrettere er å begrense utbrudd av sykdommer som forårsakes av virus. Etter mer enn ti års forskning er det nå utviklet en vaksine mot IPN som gir beskyttelse. Utviklingen av vaksinen og produksjonen er basert på såkalt rekombinant DNA-teknologi. Det dreier seg om en første-generasjons-vaksine som ikke gir like god beskyttelse som vaksiner mot bakteriesykdommer. Dette betyr at den har et betydelig forbedringspotensial. Det er også utviklet en IPN-vaksine basert på drept virus. Hvilken av disse vaksiner som gir den beste beskyttelsen er usikkert på det nåværende tidspunkt.

Det er betydelig mer ressurskrevende å utvikle gode vaksiner mot virussykdommer enn det er mot bakteriesykdommer. Dette har flere årsaker. For det første er det forskjeller i måten fiskens immunsystem responderer på når det blir utsatt

for virus i forhold til bakterier. For det andre forandres virus raskt i forhold til bakterier. Dette betyr at dersom det utvikles en god vaksine mot én variant av et virus, er det ikke sikkert at den er like effektiv mot varianter med små forandringer i arvestoffet. Denne unike evnen til forandring hos virus gjør også at det kan oppstå nye varianter av virus som kan gi sykdom hos fisk. I tillegg til dette er mange virus vanskelige å dyrke i laboratoriet, noe som ytterligere begrenser mulighetene for å studere virus og utvikle gode vaksiner. Det kreves grundige kunnskaper innenfor fiskeimmunologi for å kunne utvikle effektive vaksiner. I tillegg blir det satt store krav til kunnskaper innenfor generell virologi og ikke minst innenfor molekylarbiologi. Dette er forskning av grunnleggende natur. Slik forskning er tidkrevende, og en snakker ofte om tidsperspektiv på 10 - 15 år fra en ny virussykdom oppdages til en har utviklet gode diagnostiske metoder og vaksiner.



Figur 1.1.6.2 Forbruk av antibakterielle midler i norsk havbruksnæring. Søylar=totalforbruk; kurve=forbruk pr. kg. fisk produsert.
The total usage of antibacterial agents in Norwegian aquaculture industry.
Bars=total; curve=consumption per kg. fish produced.

Lakselus er fremdeles den største enkeltstående tapsfaktoren i oppdrett av laks. Beregninger viser at fra 100 til 500 millioner kroner går tapt hvert år for norsk oppdrettsnæring totalt. Enklest å beregne er utgifter til behandling i form av kjøp av leppefisk eller kjemikalier, utstyr samt arbeidstimer. Mer vanskelig å estimere er faktorer som redusert vekst, sekundærinfeksjoner med mulig påfølgende sykdomsutbrudd og nedklassing på grunn av skade på laksen. Det er for eksempel dokumentert redusert vekst selv ved lave infeksjonsnivåer av lus hvor det ikke er vanlig å avluse. Hvor stor vekstreduksjonen blir er avhengig av allmenntilstand hos laksen og totalt antall lus, men dette er ikke tallfestet. Muligheter for sekundærinfeksjoner er påvist, og nedklassing er et faktum som alle oppdrettere er kjent med.

Utvikling av lakselus

Lakselus har en relativt enkel livssyklus med tre stadier som lever fritt i vannmassene (nauplius I/II og copepoditt), fire stadier som sitter fast på laksefisken med et frontalfilament (chalimus) og tre stadier som beveger seg rundt på laksen (preadult I/II og voksen). Etter befruktning er det så langt dokumentert at den voksne hunnen kan legge ut opptil sju par med eggstrenger. Formeringspotensialet er en viktig faktor når det diskuteres hvor og hvordan lusa sprer seg. Både vill- og oppdrettslaks har lakselus, men det er vanskelig å estimere hvor mye lus som sitter på villfiskpopulasjonen til enhver tid. Det gjøres derimot mye for å få oversikt over antall lus i oppdrett. Disse dataene vil være viktige byggesteiner for et varslingsystem rettet mot stadiene som lever fritt i vannmassene samt intelligent og planmessig bruk av avlusningsmetoder.

Spredning av lakselus i og mellom anlegg

Noen av faktorene som styrer formeringspotensialet hos lus kan den enkelte oppdretter

kontrollere direkte. Hvor mange lus med eggstrenger som finnes på laksen til enhver tid er en slik faktor. Det er enklere og bedre på lang sikt å bekjempe lusa på et tidlig stadium og før den når det kjønnsmodne stadiet. Smitten i dette tilfellet av frittlevende lakselus, kan komme fra egne laks med lus, eller utenfra. Det være seg fra villfisk med lus eller fra andre oppdrettsanlegg. Oseanografiske forhold som strømmønster og vindforhold som kan sette opp overflatestrømmer, vil antagelig kunne forklare en del av det spredningsmønsteret vi begynner å se konturene av. Hvilken måte et bestemt anlegg blir infisert på er derimot ikke kartlagt, men registrering av lus på mange anlegg sammenholdt med faktorer som strøm og lakselusas adferd skal kartlegges i et samarbeidsprosjekt mellom Veterinærinstituttet og Havforskningsinstituttet over de neste år. Det vil kunne gi et bedre redskap for å forutsi påslag av lus, planlegge behandling og på lengre sikt bekjempe lusa.

Hvor fort eggene og de frittlevende lusene utvikler seg, er hovedsakelig en funksjon av temperatur, slik at tidsperspektivet for spredning av lus styres av dette. Forsøk utført ved Austevoll havbruksstasjon viser at eggstrenger kan klekke helt ned i sjøtemperaturer på 2°C, og at det da tar ca. 46 dager fra hunndyret legger ut eggstrengen til selve klekkingen. Det er ingenting som så langt tyder på at lakselus har en hvilefase ved kalde temperaturer. Tiden til klekking er vist for et bredere spekter av temperaturer i figur 1.1.7.1.

Ved en konstant temperatur på 2°C under hele utviklingstiden klekket kun få av eggstrengene, men allerede ved 4°C klekker de fleste strengene. Det viser seg også at eggstrengene kan klekke vekk fra mordyret i små systemer (5 ml) uten vannutskiftning. Det er vist at mange vanlige avlusningsstoffer (dichlorvos, pyrethrum, hydrogenperoksyd) ikke påvirker klekkesuksessen til eggstrenger, og det er derfor grunn

til å tro at de fleste eggstrenger som er lagt ut vil kunne klekke selv om mordyret blir drept i en kjemisk behandling. Det er derfor påkrevet at en begynner å undersøke mulighetene for å samle opp og destruere lus etter en kjemisk avlusning.

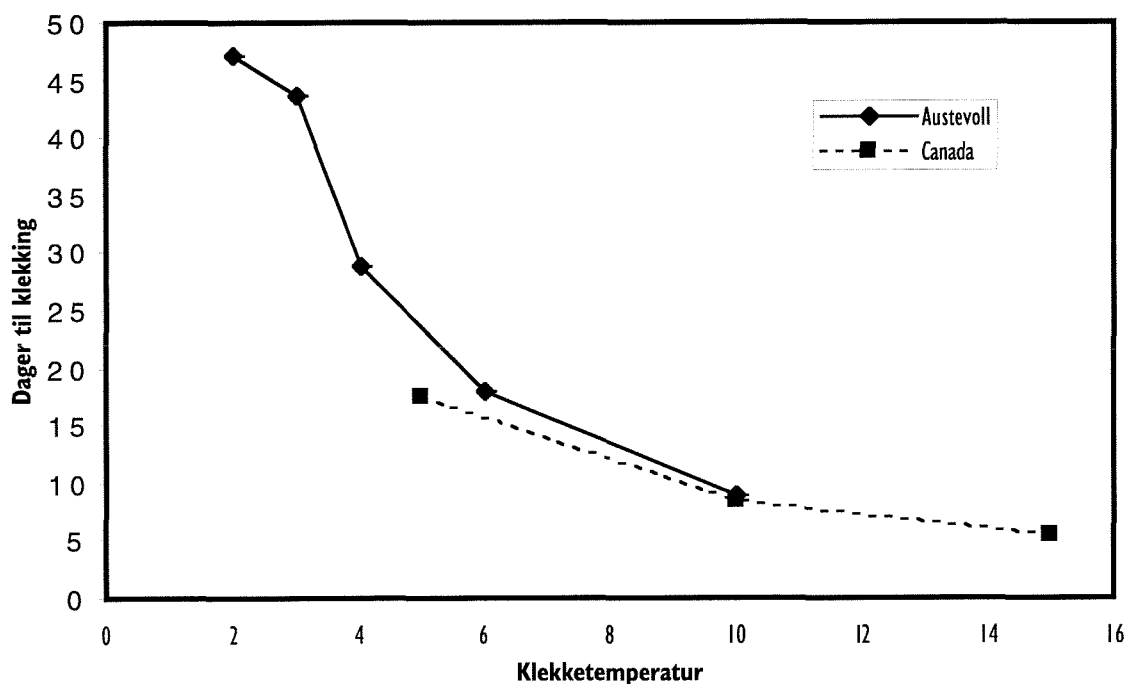
Tiltak mot lakselus

Registrering: Ved å registrere lus med jevne mellomrom, for eksempel delt i tre grupper: fastsittende, bevegelige og lus med eggstrenger, vil en kunne planlegge videre strategi og eventuelt kjemisk avlusning før luseproblemet tar overhånd. Store mengder med fastsittende stadier vil før eller siden gi store mengder med bevegelige lus og potensielle eggstrenger. En behandling rettet mot disse stadiene er på sin plass. Hvis en har mye halv voksne og voksne stadier bør en vurdere å behandle innen kort tid.

Leppefisk: Bruk av leppefisk er en behandlingsmetode samtidig som det er et forebyggende tiltak. Ved å spise av lus kontinuerlig vil leppefisken kunne holde lusebestanden på et akseptable

belt nivå i store deler av produksjonsåret. Når forholdene er på topp for lakselus som i sommerhalvåret, greier dessverre ikke leppefisken alltid å holde unna, og andre tiltak må brukes. Det samme gjelder på de laveste temperatuere om vinteren når leppefisken naturlig vil være i en passiv periode.

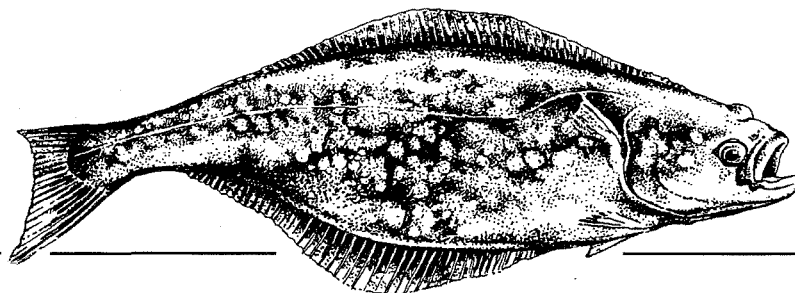
Synkronisert behandling: I seinere tid har det vært fremholdt at høst-, vinter- eller våravlusning bør gjennomføres, og da helst synkront innen en region. Tanken bak er å desimere populasjonen av lus før temperaturen stiger om våren. Ved registreringer om vinteren er det i hovedsak voksne hunner som dominerer. Disse vil gi den første generasjonen av lus om våren og hvis disse blir slått ned vil dette gi en forsinket fremvekst av lus utover våren. Dette vil ikke virke hvis ikke alle oppdrettere innenfor en naturlig region behandler samtidig. Det er blitt diskutert hva en naturlig region er, men dokumentasjonen på dette foreligger ikke ennå. Et «føre-var-prinsipp» bør brukes, og regionene gjøres større enn man i utgangspunktet kan tenke seg som et smitteområde for lusa.



Figur 1.1.7.1

Dager til klekking av lakselus som funksjon av temperatur. For sammenligning er data fra canadiske forsøk lagt inn (stiplet linje hentet fra Johnson and Albright, 1991). *Days to hatching of salmon lice as a function of temperature. Data from Canadian studies have been included (dotted lines) for comparison (from Johnson and Albright, 1991).*

1.2 Kveite



1.2.1 Stamfisk

Birgitta Norberg,
Havforskningsinstituttet

Innsatsen på stamfisk av kveite har i hovedsak vært konsentrert om to områder: optimalisering av stamfiskhold og helårig produksjon av game-ter. Selv om en har etablert metoder for stryking og håndtering av stamfisken som tilsynelatende gir optimal tilgang på levedyktige egg, vet vi ikke hvordan håndteringen påvirker fisken på lang sikt. Siden stamfisk av kveite er kostbar, både i anskaffelse og hold, er denne kunnskapen meget viktig. En forandret årstidsoppfatning hos stamfisken, gjennom å manipulere lysperioden, har vist seg å være en enkel og sikker metode for å få stabil, helårig tilgang på egg og larver av

god kvalitet fra en rekke fiskearter. Dette har også vist seg å gjelde for kveite. Ved Austevoll havbruksstasjon har en gruppe kveiter fått seks måneders forskjøvet årsrytme siden 1987, og de første forsøkene på å produsere levedyktige larver ble gjort i 1992, to år etter at fisken hadde vært kjønnsmoden for første gang. En stabil, lav vanntemperatur viste seg å være nødvendig for produksjon av levedyktige larver. Etter at man har fått kontroll på vanntemperatur er både eggutbytte og larvekvalitet på høyde med det man oppnår ved en normal gytesesong.

1.2.2 Yngelproduksjon

Ingegjerd Opstad,
Havforskningsinstituttet

Stabil yngelproduksjon er i dag den viktigste begrensning for et kommersielt kveiteoppdrett. I yngelproduksjonen er startfôringen den største flaskehalsen. Startfôring av kveite er idag avhengig av levende byttedyr som fôr, innsamlet dyreplankton fra høyproduktive poller eller fra sjøen, og/eller anriket *Artemia*. Produksjonen av kveiteyngel har økt fra de første to i 1985

frem til en topp i 1994 på 350 000 yngel. Dette førte til et overskudd av yngel på markedet. Forventningene om stabil yngeltilgang, samtidig som det ble presentert lovende resultater fra oppdrett av kveite i merd, førte til stor interesse blant potensielle oppdrettere foran 1995-sesongen. Dessverre opplevde man en nedgang i yngelproduksjonen. De to siste årene har antall yngel

Tabell 1.2.2.1 Produksjon av kveiteyngel (antall yngel i tusen) i årene 1988 - 1996.
(Kilde: Oppdrettere)

Norwegian production of halibut juveniles (number of juveniles in thousands) during the period of 1988 to 1996 (Source: fry producers).

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Antall yngel	2	4	8	35	50	175	350	100	100
Antall produsenter	4	8	5	5	4	4	4	5	4

produsert vært 100.000, og dette har ikke vært høyt nok til å dekke etterspørselen fra oppdrettere som ønsker å starte med matfiskoppdrett av kveite. Mye av årsaken til de dårlige resultatene har vært knyttet til sykdom. Dette er trolig en av årsakene, men i tillegg til sykdom har vi også andre faktorer som medvirker til den lave produksjonen av kveiteyngel. Både i 1995 og 1996 er det rapportert problemer med tilgang på levende fôr. Mangelfull fôring kan ha bidratt til generell svekkelse hos larvene og påfølgende dødelighet.

Hovedtyngden av den produserte kveiteyngelen har blitt startfôret i poser eller i store kar ved hjelp av innsamlet dyreplankton. Anriket *Artemia* er ennå ikke god nok ernæringsmessig til å erstatte zooplankton helt. Yngelproduksjon basert bare på anriket *Artemia*, fører til en høy andel av feilpigmenterte yngel og et høyt innslag av yngel med ufullstendig øyenvandring. Forsøk har imidlertid vist at normalt pigmentert kveiteyngel kan bli produsert på *Artemia*, dersom man fôrer med copepoder i 7-11 dager før larvene har oppnådd en muskelhøyde på 2,5 mm.

Den klart viktigste begrensningen ved å benytte innsamlet zooplankton er den skiftende og årstidsavhengige tilgjengeligheten av dyreplankton. Vi har liten kontroll over mengde og tidspunkt. Dessuten bør det også nevnes at dyreplanktonet kan overføre parasitter og sykdommer.

Fordelene med *Artemia* er først og fremst at bruken av denne fôrkilden er uavhengig av tid og sted. I tillegg er *Artemia* lettere å fange for

kveitelarvene enn de voksne stadiene av naturlig dyreplankton. På grunn av at vi har fått en årstidsuavhengig produksjon av kveiteegg, er det viktig å utvikle et fôr som også er årstidsuavhengig. Det arbeides med denne problemstillingen fra flere vinkler. I tillegg til å forbedre *Artemia*-kvaliteten, undersøker vi også om det er mulig å gjøre produksjonen av dyreplankton i poller mer kontrollerbar.

Det arbeides også med problemstillinger som er knyttet til å utvikle et mikropartikulært fôr til marine fiskelarver som helt eller delvis erstatter det levende planktonet. Vellykket startfôring av fiskelarver avhenger av et stort antall faktorer og inkluderer fôrakseptering og optimale fysiske faktorer, foruten kvantitative og kvalitative egenskaper ved det spiste fôret. Vi mangler fortsatt grunnleggende kunnskap om larveutvikling og fôrformulering, for å kunne lage et tørrfôr som gir like god vekst og overlevelse som levende fôr.

Etter at kveitelarvene har bunnslått (0.2 gram våtvekt) blir det levende fôret (dyreplankton) skiftet ut med tørrfôr. Det er viktig at yngelen ikke blir overført til tørrfôr for seint. Små yngel ser ikke ut til å ha kompensasjonsvekst, derfor fører sein overgang til et betydelig veksttap. Høyest overlevelse og vekst oppnås ved en overgangsperiode hvor det fôres både med tørrfôr og levende byttedyr. Ved overgang til tørrfôr er det oppnådd overlevelse på 90 % og en daglig spesifikke veksthastighet på 6,9 % ved 12°C. I 1995 var det hovedsakelig i denne fasen man hadde stor dødelighet og viruset VER ble påvist.

1.2.3 Matfiskproduksjon

Birgitta Norberg,
Havforskningsinstituttet

Interessen for matfiskoppdrett av kveite er stor, men sviktende yngelproduksjon de to siste årene har gitt lave innsett i eksisterende anlegg, og trolig forhindret potensielle aktører fra å starte opp. Yngelprisene har vært høye som følge av underdekningen. Stolt Sea Farms landbaserte kveite-

matfiskanlegg på Eggesbønes er i særklasse det anlegget som har mest fisk i landet (og verden). De har forutsigbar vekst og slakter fisk hver uke, hele året. De har etablert markeder for sin fisk, og oppnår gode priser. Stolt Sea Farm har også knyttet til seg flere andre oppdrettere gjennom

avtaler om leveranser. Ved årsskiftet 96/97 var det som ved forrige årsskifte ca 15 aktører som hadde kveite i merder. Merdanlegg finnes langs kysten fra Vestlandet til Troms, og både plastringer og stålanlegg er i bruk som oppdrettsenheter. Fiskerimyndighetene har ikke videreført ordningen med samlokalisering av laks og kveite i samme anlegg. Denne ordningen gav mulighet for at flere kunne sette i gang med matfiskoppdrett av kveite, men i dagens situasjon er interessen stor nok og begrenses av yngeltilgangen. Det arbeides flere steder med å optimalisere fôr til kveite, og det ser foreløpig ut til at en kan bruke like fett fôr til stor kveite som det en nå gir til stor laks.

Veksten til kveite i merd ser foreløpig ut til å være lik vekst i kar på land, men i merd svinger veksten mer gjennom året. Den kalde vinteren 95-96 gjorde at fisken i mange anlegg vokste dårligere enn en hadde håpet. Det er stor spredning i størrelse og vekst hos kveite, og det synes å være mye å vinne på et avlsprogram for ras-

kere vekst. Men en vet foreløpig ikke i hvilken grad veksthastigheten er en arvbar karakter hos kveite. Det er aktuelt å bruke oppvarmet vann til småkveite, spesielt hvis yngelproduksjonen foregår seint på året. Sein yngelproduksjon vil føre til at en har en liten fisk ved inngangen til den kalde årstiden (desember). For merdoppdrett er det antageligvis en fordel å kunne bruke en stor settefisk. Ved å starte med en settefisk på 500 g i mai/juni kan kveiten slaktes ved en vekt på 5 kg etter ca. to år i merdene. En vil også oppnå mindre spredning i størrelse ved å starte med en stor og jevn fisk, og det gir også bedre muligheter for å skille årsklassene. En kan tenke seg en tredeling av produksjonen av kveite som skal tilbringe matfiskfasen i merd: Yngelanlegg som tar fisken fram til en vekt på 5 g, settefiskanlegg som bringer fisken fram til 500 g og merdanlegg som tar fisken fram til slaktevekt. Det er påtenkt flere settefiskanlegg for kveite, basert på spillvarme fra kraftkrevende industri. Også her er det usikkerheten i leveranse av yngel som bremser etableringene.

1.2.4. Helsesituasjonen

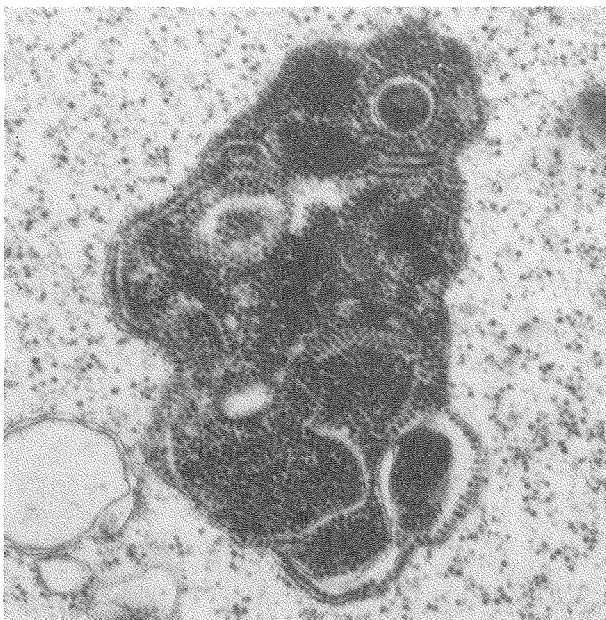
Sindre Grotmol,
Havforskningsinstituttet

En av de største utfordringene innen oppdrett av kveite har vært å oppnå høy overlevelse i de tidlige livsstadier. Å sikre kveitelarvene riktig ernæring ved startfôring og ved overgang til tørrfôr har vært et av hovedproblemene, men også smittsomme sykdommer har ført til dødelighet. Bakterielle sykdommer forårsaket av ulike *Vibrio*-arter og visse stammer av *Flexibakter* er kjent i kveiteoppdrett. Infeksiøs pankreasnekrose-virus (IPNV) har også vært funnet ved forøket dødelighet i flere anlegg, og viruset fremkaller også sykdom ved smitteforsøk. Ulike parasittinfeksjoner er beskrevet hos kveite i oppdrett, men den økonomiske betydningen av disse er uklar.

Virus angriper kveitelarvens øyne og nervesystem

Parallelt med utvikling av kveiteoppdrett har det oppstått nye sykdomsproblemer. Både i 1995 og

1996 har viral encefalopati og retinopati (VER, viral hjerne- og netthinnesyke) vært knyttet til massedød i flere anlegg. Virussykdommen VER er rapportert fra flere områder av verden, og den er i løpet av de siste seks år beskrevet hos 19 marine beinfiskarter i oppdrett. Typisk for sykdommen er at den rammer plommeseklarver og yngel, og gir ofte høy dødelighet (nær 100%). VER på voksen fisk er beskrevet hos noen få arter. I Norge og Danmark er VER tidligere beskrevet hos piggvar. Sykdommen forekommer også hos havabbor (sea bass), og gir betydelige problemer i oppdrett av denne arten i Middelhavet. I Australia er VER beskrevet hos barramundi og i Sørøst-Asia er sykdommen påvist hos en rekke arter. I Japan regner man VER som det største sykdomsproblemet i oppdrett av marine beinfisk, og VER er til nå kjent fra 13 arter. Sykdommen er av japanske forskere særlig godt beskrevet hos fiskearten striped jack, hvor man



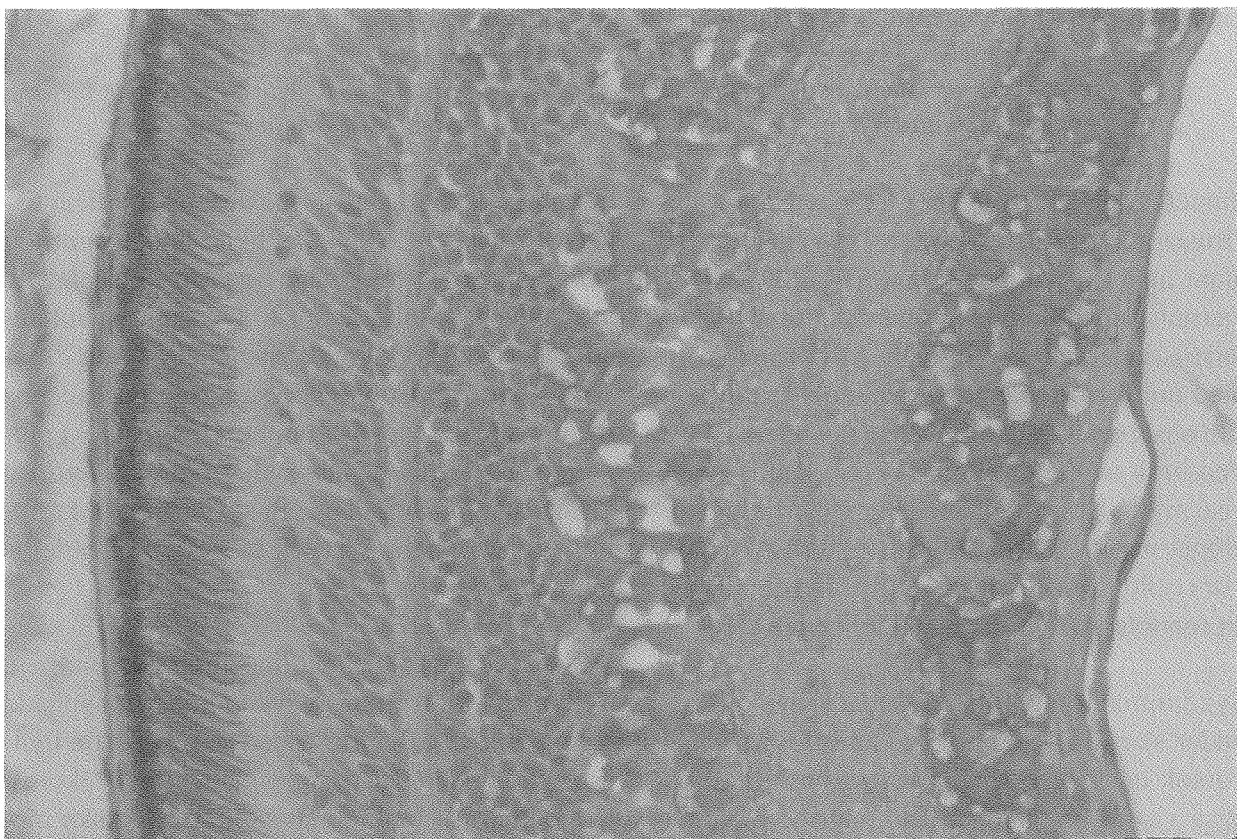
Figur 1.2.4.1 Elektronmikroskopisk bilde av et aggregat av nodavirus i en infisert nervecelle.

Electron microscopic picture of an aggregate of noda virus in an infected nervecell.

har funnet at virusoverføring fra virusbærende stamfisk til deres avkom er den viktigste smitteveien. Slik vertikal smitte er også vist å forekomme hos en japansk flyndreart (barfin flyn-

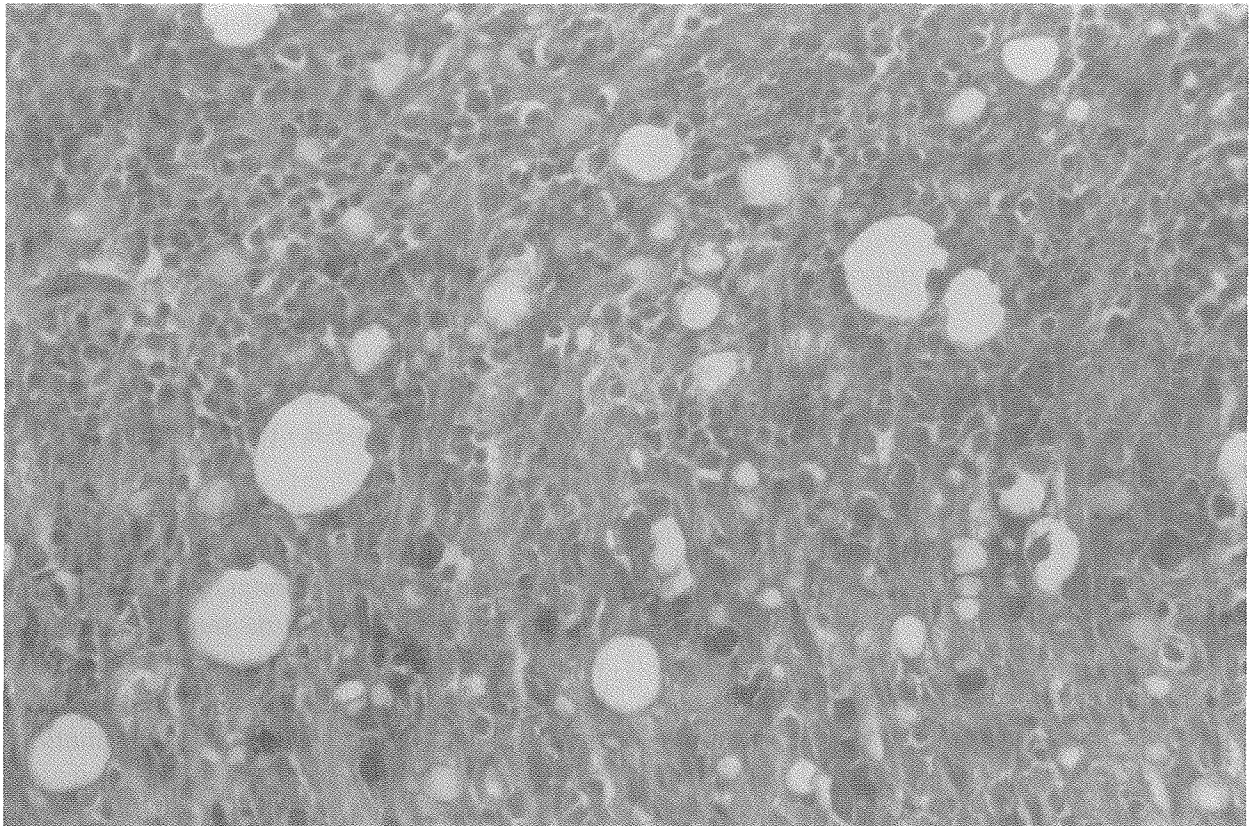
dre) og hos havabbor. VER er oppført av World Organization for Animal Health (Office international des epizooties, OIE) på listen over betydningsfulle fiskesykdommer. I Norge er sykdommen plassert i gruppe-B i fiskesjukdomsloven.

Viruset som forårsaker sykdommen er isolert fra fiskeartene striped jack, havabbor og barramundi og er klassifisert som tilhørende nodavirusfamilien. Nodavirus er blant de minste kappeløse virus (ca. 25 nm, 1 nm = 1/1 000 000 000 m) og har arvestoff som består av enkelttrådet RNA / figur 1.2.4.1). Nært slektskap er vist mellom nodavirus hos ulike fiskearter, og viruset som angriper kveite er nærmest identisk med virus



Figur 1.2.4.2 Immunohistokjemisk farging av netthinnen fra kveitelarve med VER. Rødfargingen viser forekomst av nodavirus i vevet. Man kan også se blæredannelse (vakuolisering) i nerveceller.

Immunohistochemical coloured halibut larvae retina infected with noda virus (VER). The red colouring indicates occurrence of nodavirus. Notice the vesiculation in the nerve cells.



Figur 1.2.4.3 Immunohistokjemisk farging av hjernen til en kveitelarve med VER. Mek blæredannelsen i nerveceller. Rødfargen indikerer forekomst av virus.
Immunohistochemical coloured halibut larvae brain infected with VER. Notice the vesiculation in the nerve cells. The red colouring indicates occurrence of virus.

funnet i Stillehavet. Sykdommen oppstår ved at viruset trenger inn og formerer seg i nerveceller blant annet i øyets netthinne (figur 1.2.4.2), i hjernen (1.2.4.3) og i ryggmargen. Infeksjon fører til at nerveceller raskt går til grunne, ofte med uttalt blæredannelse (vakuolisering) som kan observeres ved mikroskopisk undersøkelse. Ved bruk av elektronmikroskopi, kan man påvise myriader av nydannede viruspartikler i angrepet nervevev. Hos kveite, er virus også påvist i celler som kler innsiden av blodkar og hjertet (endotel), samt i noen andre celletyper.

Sykdommen har blitt påvist hos kveitelarver under startfôring og hos metamorfosert yngel. Forsøk utført ved Havforskningsinstituttet har også vist at infeksjonen kan angripe plommesekkklarver før startfôring. Sykdomstegn er tydeligst hos noe større yngel og er knyttet til adferdsforandringer som følge av nervevevsskade. Angrepne plommesekkklarver av kveite er ubevegelige og kan ha krummet kropp, trolig på grunn av unormale muskelsammen-

trekninger. VER i startfôringsfasen fører til at fisken blir lysere med bleike, hvite hoder samtidig som man kan se tom mage og tarm som følge av at larven har sluttet å spise. Unormal svømmeadferd med “korketrekkerbevegelser” og “looping” kan også observeres. Symptomene hos metamorfosert yngel er opphørt matlyst, økt pigmentering, tydelig unormal svømmeadferd og muskelsammentrekninger med vedvarende krumming av kroppen. Syk fisk blir ofte liggende på bunnen med buken opp.

Det finnes ingen behandling mot sykdommen. Vellykket forebygging av sykdommen er oppnådd i oppdrettssystemer for striped jack og barfin flyndre ved å undersøke rogn og melke for forekomst av nodavirus ved hjelp av genteknologiske metoder (RT-PCR). Ved kun å bruke kjønnsprodukter fra virus-negative stamfisk, har man effektivt redusert sykdomsproblemene. Ved Havforskningsinstituttet kartlegger man smitteveiene for nodavirus hos kveite i håp om å kunne anvende en lignende strategi for å forebygge VER.

1.2.5 Forskningen på kveite ved AKVAFORSK

Ståle J. Helland og Barbara Grisdale-Helland,
AKVAFORSK

AKVAFORSK startet med forskningen på stamfisk/ungelproduksjon av kveite i 1984. I 1987 ble dette arbeidet utvidet til å inkludere forskning på innfanget matfisk av kveite. På dette tidspunkt var bare et begrenset antall fisk tilgjengelig, og forsøkene ble lagt opp til å dekke så mange ernæringsmessige problemstillinger som mulig. En del av de vanskelighetene vi hadde i starten kan sannsynligvis relateres til at det ble brukt heterogene grupper av villfanget fisk. Etter hvert som tilgangen på oppdrettet yngel ble bedre, økte også utbyttet av forsøkene. Dette gjenspeiler seg blant annet i at vi nå sjelden observerer sturing i forsøkene. Sturingen ble observert som vekststagnasjon på grunn av lavt fôrinntak, og var et meget omfattende problem i de første årene.

En stor forbedring i forsøkene ble oppnådd da vi utviklet en enkel og rimelig metode for måling av fôrinntak. Med dette systemet er det fiskenes appetitt i de foregående fôringene som bestemmer hvor mye fôr de skal få. Muligheten for å følge med fra dag til dag i fiskenes tilvenning til et nytt fôr eller fôringsregime, har gitt oss et nytt kraftig verktøy i forskningen. Dette, sammen med AKVAFORSKs metode for å måle fôrpreferanse ved bruk av forskjellige markører i fôrene, har gitt interessante resultater.

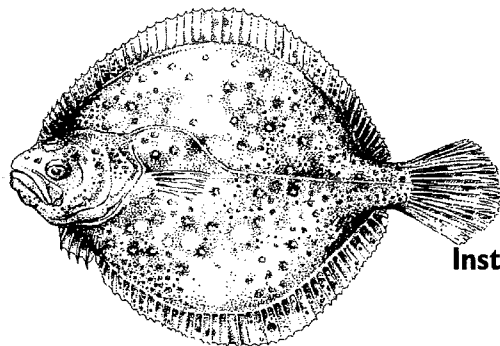
Forskningsinnsatsen på matfisk kveite ved AKVAFORSK har vesentlig vært konsentrert omkring to hovedtemaer de siste fem årene - fôringsteknologi og ernæring. I arbeidet med fôringsteknologi har vi blant annet sett på hvordan kveitene har tilpasset seg forskjellige fôringsfrekvenser og preferanse for pelletstørrelser. Vi har vist at 20 g kveite kan vokse og utnytte fôret like godt om den fôres én eller opp til 72 ganger per dag. For halvkilos fisk så vi at det var optimalt å fôre annen hver dag. Fiskene hadde ikke bedre tilvekst enn de som ble fôret hver dag, men de utnyttet fôret bedre. Både vi og andre har observert at kveitene til tider kan trenge lang tid før de aksepterer et nytt fôringsregime eller en ny type fôr. I et preferanseforsøk

med pelletstørrelser til kveite på et par kilo demonstrerte vi at fiskene som fikk tre forskjellige pelletstørrelser i kombinasjon tok til seg fôret raskt, mens de som ble tilbudt en kombinasjon av to av pelletstørrelsene trengte en lengere tilvenningsperiode.

Vårt andre hovedsatsingsområde innen forskning på matfisk kveite er optimalisering av energi og hovednæringsstoffene (fett, protein og karbohydrat) i fôr. I enhver husdyrproduksjon utgjør fôrkostnadene største delen av de variable kostnadene. I tillegg til den økonomiske gevinsten av å optimalisere fôrsammensetningen, er det en klar sammenheng mellom fôret og den miljømessige påvirkningen denne produksjonen har. Den tredje viktige grunnen til denne optimaliseringen er at kvaliteten på det salgbare produktet er påvirket av fôrsammensetningen, og hvordan fôret brukes. For noen år siden ble det publisert to arbeider som konkluderte med at kveite har et meget høyt behov for protein og en lav toleranse for fett og karbohydrater i fôret. Da protein representerer den dyreste komponenten i fôret, ville et oppdrett basert på disse prinsippene bli både dyrt og lite miljømessig forsvarlig. Vi har i en rekke forsøk vist at kveite over 100 g tolererer både fett og karbohydrater i fôret bra, og at de sannsynligvis ikke har et større proteinbehov enn laksefisk. For de små kveitene som veier under ca 100 g, ser det ut til at våre resultater med hensyn til proteinnivået i fôret er mer i overensstemmelse med de to tidligere nevnte publikasjonene.

I de senere årene har det blitt atskillig triveligere å forske på matfisk av kveite. Dette både fordi vi har tilgang på bedre fiskemateriale og at den, på grunn av den tidligere så brysomme vekststuringen, er sterkt redusert i omfang. Basert på det økende kunnskapsnivået om ernæring, fôringsteknologi og mer avansert forsøksoppsett, er det mulig å gjennomføre forsøk som gir mer utfyllende svar. Dette er selvsagt også relatert til kunnskapsarven som vi har fra forskning på laksefisk og andre husdyrarter.

I.3 Piggvar



Albert K. Imsland,
Institutt for fiskeri- og marinbiologi,
Universitetet i Bergen

Piggvar har et stort utbredelseområde som strekker seg fra Trøndelag og Island i nord, ned til Marokko i sør og rundt hele nordkysten av Middelhavet mens den er sjeldnere ved sørkysten av Middelhavet. Den er også vanlig helt inn i Finskebukta i Østersjøen. Men selv om arten er utbredt i Europa, har merkeforsøk, blant annet ved Forskningsstasjonen i Flødevigen vist at den normalt er stasjonær og ikke foretar lange vandringer (A. Folkvord, pers. medd.). Nyere forskning ved Universitetet i Bergen har også indikert at det finnes flere atskilte populasjoner av piggvar i europeiske farvann.

Oppdrett av piggvar baserer seg i dag hovedsakelig på intensiv produksjon av yngel og matfisk. Generelt kan vi si at norsk innsats innenfor piggvaroppdrett hovedsakelig har dreid seg om larve- og yngelfasen. Matfiskdelen er mer vanlig i andre deler av Europa som for eksempel Irland, Danmark, Nederland, og spesielt Frankrike og Spania.

Piggvar - yngelproduksjon

Tidligere ble en del piggvar oppdrettet i poller og basseng. Yngelen ble da føret med naturlig dyreplankton gjennom hele larveperioden mens tørrfôr ble brukt etter metamorfose. Her i Norge var det den vanlige oppdrettsmetoden, og man oppnådde til dels høy produksjon av yngel ved bruk av denne metoden (tabell 1.3.1).

Mesteparten av denne yngelproduksjonen var basert på eksport av yngel til andre europeiske land der yngelen ble brukt i matfiskproduksjon. Etter hvert som andre land ble sjølforsynte med yngel, forsvant dette markedet, og antall produsenter i Norge avtok kraftig. I dag er det kun ett anlegg (Tinfos Aqua A/S i Kvinesdal) som står for mesteparten (200.000 stk. i 1996) av den norske produksjonen. Dette anlegget er lokalisert ved et smelteverk og henter ut energi fra dette til oppvarming av vann. Anlegget benytter en intensiv produksjonsmetode i startfôringen av larvene, dvs. at larvene føres med dyrkede bytte-dyr (*Brachionus*, *Artemia*) i stedet for naturlig zooplankton. Dette er også den mest brukte metoden rundt om i Europa.

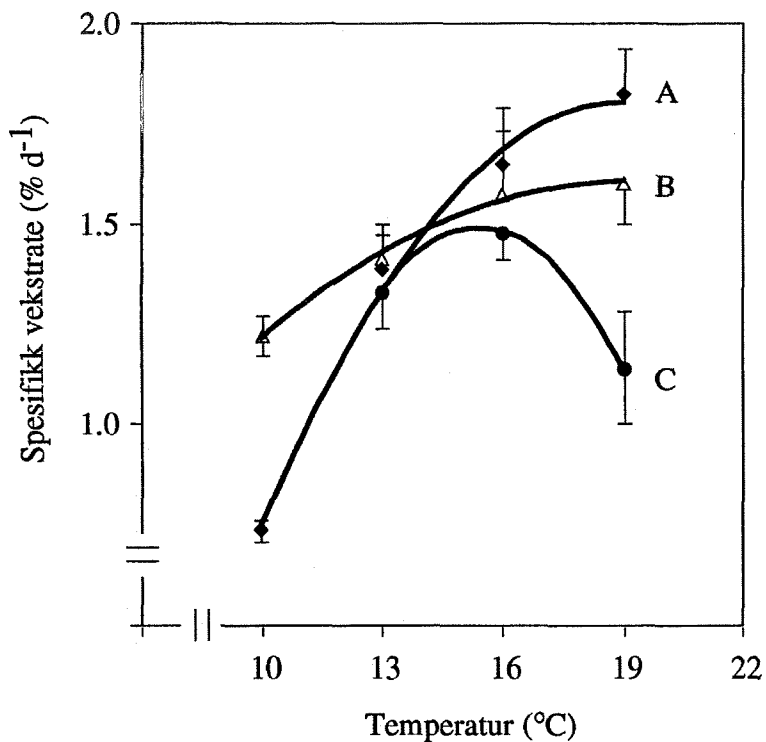
Piggvar - fra yngel til matfisk

I løpet av det siste tre årene er det blitt gjort en del forsøk ved Institutt for fiskeri- og marinbiologi (IFM), Universitetet i Bergen, rettet mot produksjonsoptimalisering, for eksempel effekt av sortering på vekst og overlevelse, optimal temperatur for vekst for forskjellige størrelser av fisk, effekt av lys (daglengde) på vekst og kjønnsmodning, undersøkelse av genotype (hemoglobin) spesifikk vekst og oksygenaffinitet, foruten en mer grunnleggende studie av populasjonsgenetikk hos piggvar i europeiske farvann.

Denne forskningen har blant annet vist at tem-

Tabell 1.3.1 Produksjon av piggvaryngel i Norge (antall yngel i tusen), 1987-1996. (Kilde: yngeloppdrettere)
Norwegian production of turbot juveniles (numbers in thousands), from 1987 to 1996. (Source: fry producers).

	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Antall yngel	150	352	430	615	350	510	380	460	250	210
Antall produsenter	2	4	10	4	6	6	3	2	1	2



Figur. 1.3.1 Forandring i optimumstemperatur for vekst for juvenil piggvar. A= 25 g fisk; B=50 g fisk; C=75 g fisk (tatt fra Imsland *et al.*, 1996)
Changes in the optimal temperature for the growth of turbot juveniles.

peraturoptimum for vekst synker raskt med økende fiskestørrelse (figur 1.3.1) og at temperaturoptimum for piggvar er lavere enn det som hittil er antatt. Optimumstemperatur for vekst er høyest i tidlig yngelfase (ca. 18-19°C), men synker så raskt ved økt yngelstørrelse. En yngel på 25 g har optimumstemperatur ved ca. 18°C (figur 1.3.1), mens en ungfisk på 200 g vil vokse best mellom 13 og 16°C.

Tidlig kjønnsmodning: et problem i piggvaroppdrett

Under gode betingelser i oppdrett når piggvar optimal markedsstørrelse (> 2 kg) etter to år. Tidlig kjønnsmodning av 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 1-2 kg mens hunnene blir modne tre-fem år gamle og er da 2-4 kg. I motsetning til hannfiskene, vokser hunnfiskene videre selv om veksten stopper i den delen av året da kjønnsmodning inntreffer. Innledende forsøk gjort ved Universitetet i Bergen har vist at en kan utsette kjønnsmodning hos hannene ved å oppdrette dem under konstant lys i yngelfasen.

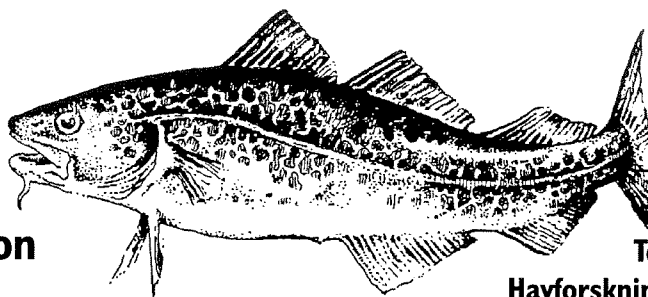
Ved flere kommersielle anlegg brukes også lys for å styre modningstidspunkt. Ved hjelp av en slik styring kan en få til gyting hele året rundt (J. Stoss, pers. medd).

Matfiskoppdrett - hvilke muligheter har Norge?

Når det gjelder matfiskoppdrett av piggvar er mesteparten produsert i Frankrike og Spania. Norge produserer nesten ikke matfisk i det hele tatt. Unntaket er Tinfos Aqua som produserte i fjor 57 tonn årlig (J. Stoss, pers. medd.). I fjor var produksjonen av matfisk rundt 3000 tonn i hele Europa og hadde da vokst fra fire tonn i 1984. Det er i dag en voksende interesse i mange europeiske land for å øke produksjon av piggvar. Foreløpige markedsanalyser tyder på at produksjon 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 sjøtemperaturen er under 12-13°C. Det finnes i dag planer om matfiskproduksjon av piggvar blant annet knyttet til metanolfabrikken på Tjeldbergodden (L. M. Sunde, pers. medd.).

1.4 Torsk

1.4.1 Yngelproduksjon

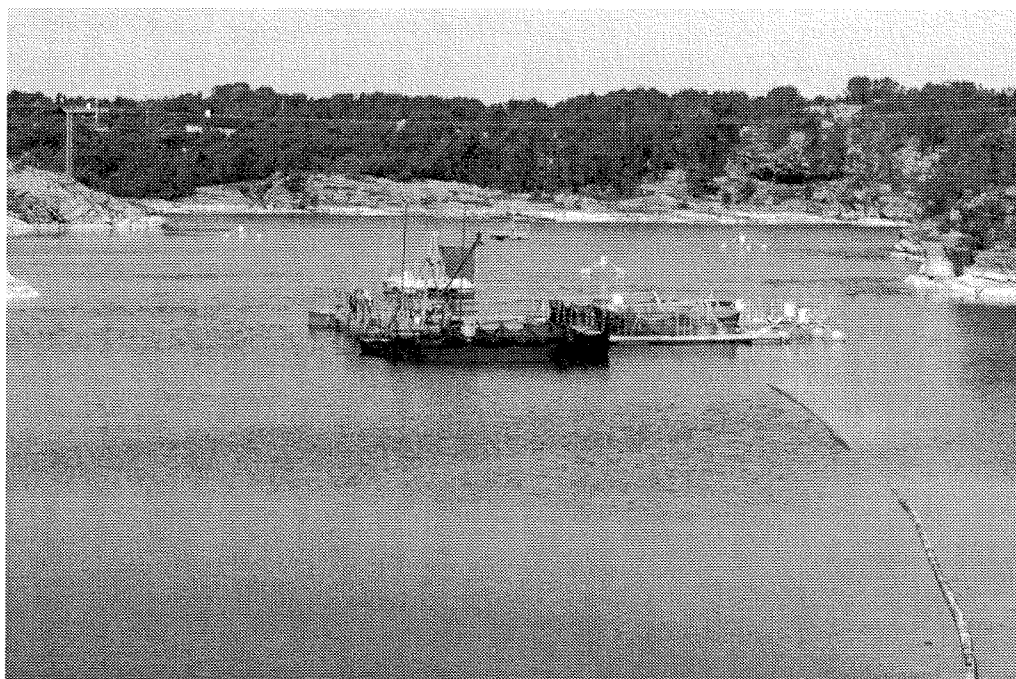


Terje Svåsand,
Havforskningsinstituttet

Metoder for produksjon av torskeyngel har sine røtter i forsøk utført ved Forskningsstasjonen Flødevigen i slutten av 1970-årene og i Hyltrollen, Austevoll havbruksstasjon fra begynnelsen av 1980-årene. Relativt gode produksjonsresultater førte til stor interesse for yngeloppdrett av torsk, og flere kommersielle firma startet produksjon. Det ble også satt i gang storskalaforsøk med utsetting av yngel til havbeite. Uventede problemer, blant annet med oppskalering til kommersiell skala dukket opp i slutten av 80-årene. Sammen med svikt i etterspørselen av torskeyngel førte dette til at de kommersielle anleggene gikk konkurs eller la ned produksjonen. I perioden 1990-1994 var de fleste operative yngelanleggene støttet av PUSH-programmet, og produksjon av torskeyngel for utsetting var hovedformål med produksjonen. Nyere forskning hvor en har lyktes å utsette kjønnsmodning hos torsk i merd ved

lysstyring, har vist at oppdrett av torsk kan bli lønnsomt. De tre siste årene har derfor produksjon av yngel til oppdrett hatt hovedfokus. Tabell 1.4.1.1 oppsummerer status for de viktigste yngelanleggene som har vært i drift. Totalt er det produsert over 2.8 millioner «salgbar» torskeyngel, og Havforskningsinstituttets produksjonspoll i Parisvatnet i Øygarden (figur 1.4.1.1) har bidratt med nærmere 1.2 millioner yngel i perioden 1986-96.

Produksjon av torskeyngel basert på naturlig plankton i poll og poser, er de metodene som til nå har gitt best resultater. Yngelproduksjon i basseng og ved teknikker for intensiv fôrproduksjon (rotatorier og *Artemia*) har vært prøvd med varierende hell. Det har ikke lyktes å drette opp torskelarver bare på formulert fôr. Dagens yngelproduksjon baserer seg på tilførsel av naturlig plankton i større eller mindre grad, og tilgang på



Figur 1.4.1.1

Parisvatnet - Havforskningsinstituttets produksjonspoll for torskeyngel lokalisert på Nautnes i Øygarden kommune. Størrelse: 50.000 m², 270.000 m³.

Parisvatnet a field station of the Institute of Marine Research were cod fry have been produced since 1987 (Size: 50.000 m² 270.000 m³).

dyreplankton er den største flaskehalsen i yngelproduksjon av torsk. Pollenes egenproduksjon av plankton har ikke vært tilstrekkelig for å oppnå lønnsom produksjon. Samtidig er dagens teknikker for konsentrering og filtrering av dyreplankton kostbare og påvirket av naturlige variasjoner i planktontettheten ved lokalitetene. Kultivering av levendefôr av tilfredsstillende kvalitet i stor skala, har vært vanskelig å oppskalere.

Sluttrapporten *Yngelproduksjon av torsk - Hva har resultatene vist?* konkluderer med at yngelens overlevelse kan økes og produksjonen bedres, ved å redusere varighet av den kritiske perioden hvor yngelen er avhengig av levende fôr.

Arbeid med utvikling av formulert fôr til metamorfosert yngel, med riktig nærings sammensetning og fordøyelighet, smak og konsistens bør derfor intensiveres. Produksjonsutstyr og teknologi må også forbedres, og det er viktig at kompetansen hos de som har drevet yngelproduksjon blir tatt vare på.

Markedet for torskeyngel vil avhenge av lønnsomheten i havbeite og oppdrett, samt behov for torsk til forskningsformål. I dag synes spesielt merdoppdrett interessant i og med at en har klart å utsette kjønnsmodningen ved bruk av lysstyring. Havforskningsinstituttet vil også i 1997 produsere torskeyngel for videre uttesting av merdoppdrett av torsk

Tabell 1.4.1 Produksjon av torskeyngel av salgbar størrelse (tørrfôrtilvendt og vaksinert yngel over 10 gram våtvekt) fra anlegg som var i drift i perioden 1986 til 1996, alle tall i tusen. Telleenheten er forsøkt standardisert. Tabellen er tatt fra sluttrapporten "Yngelproduksjon av torsk - Hva har resultatene vist?" fra PUSH-programmet. Data fra 1995 og 1996 er innhentet i tillegg. *Norwegian production (numbers in thousands) of marked sized cod juveniles (weaned and vaccinated, larger than 10g WW). (Source: final report from the project "Fry production of cod", PUSH program supplied with collected data from 1995 and 1996)*

Produksjonsmetode	Lokalitet og institusjon	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	Total
Poll	Hyltropolen, HI ¹	50	60		45	10							165
	Parisvatnet, HI		3	190	130	55	270	5	80	230	170	50	1183
	Kvernapollen, LMC		70	100									170
	Selvågpollen, SeaFarm		125	20	26								171
	Tunsbergpollen, - " -			65	110	200							375
	Makkjosen, NFH		8	17	59	4							88
	Voiepollen, Lofilab				10								10
	Meøypollen, Lofilab								40	20			
Basseng	Nærøysund Yngelfarm				8	25	28	9	60				130
Poser i poll	Makkjosen, NFH							40	65				105
	Meøypollen, Lofilab									90	52	10	152
Poser i sjø	Selvåg Fisk				80								80
	Blom Fiskeoppdrett			50	30	10							90
	Unik AS				15								15
	Barmen Produkter					26	92						118
Intensivt/kar	Bessaker, BP Nutrition							1	10				11
Total		50	266	442	513	330	390	95	235	320	222	60	2923

¹ Hyltropolen var i drift fra 1980, med en total produksjon på ca. 250.000 yngel talt opp ved innfanging. Beste år var 1985 med en produksjon på 110.000 yngel, eller ca. 2 yngel pr. m³ pollvolum. I 1989 ble pollen overtatt av private interessenter.

1.4.2 Matfiskproduksjon

Geir Lasse Taranger,
Havforskningsinstituttet

Matfiskoppdrett av torsk kan enten baseres på oppdrettet yngel eller på innsamlet villfisk. I 1996 var Havforskningsinstituttet eneste produsent av torskeyngel i Norge, og 30.000 yngel ble solgt til kommersielle oppdrettere. Det er bare et fåtall som driver med matfiskproduksjon av torsk. Dette skyldes i hovedsak relativt lave priser, dårlig vekst grunnet tidlig kjønnsmodning og variabel kvalitet. Vanligvis vil 100% av torsken bli moden etter 2 år fra klekking ved oppdrett i merd. Kjønnsmodningen fører til at torsken slutter å vokse på en størrelse på ca. 1,5 kg, og den kan ha negativ tilvekst i perioden januar til mai. Den tidlige kjønnsmodningen henger sannsynligvis sammen med det gode mattilbudet og den gode veksten i oppdrett. Torsk som er oppdrettet i merd får normalt svært stor lever (over 12% av rundvekt) i forhold til villfisk (vanligvis under 6%). Torsken lagrer mesteparten av fett i leveren, og en stor lever tyder på at torsken har et energioverskudd. Det er indikasjoner på at oppdrettstorsk som går i kar med relativt høy vannstrøm får en leverstørrelse mer på linje med villfisk. Forsøk ved Matre havbruksstasjon viser at torsk som blir mosjonert i kar

kan lysstyres slik at kjønnsmodningen utsettes med mer enn ett år. Dette innebærer at en kan få torsken opp i en markedstørrelse (2-4 kg) før modningen inntreffer. På basis av dette er det utført forsøk med lysstyring i merd for å forsøke å utsette kjønnsmodningen. Forsøkene er utført ved Tveit Oppdrett AS i Hordaland, og har vist at lysstyring av oppdrettstorsk i merd utsetter kjønnsmodning med ca. 5 måneder og gir bedre vintervekst. Lysstyringen medfører også at torsken opprettholder positiv tilvekst gjennom modningsperioden, mens fisk på naturlig lys taper vekt i løpet av modningen. Den lysstyrte torsk vokste til ca. 2,9 kg i løpet av en periode på 26 måneder fra klekking, mens torsk på naturlig lys var ca. 2 kg på samme tidspunkt. Torsken synes å være av god kvalitet, og er godt mottatt i markedet. Produksjonskostnadene for torsken ligger rundt 18 kr pr. kg (levende vekt) basert på lysstyring og kommersielt tørrfôr for torsk. Det har vist seg mulig å oppnå en salgspris som kan forsvare disse kostnadene ved salg av relativt små mengder av torsk. Det er imidlertid antatt at produksjonskostnadene må ned hvis en skal kunne produsere større mengder oppdrettstorsk.

1.4.3. Utsetting

Terje Svåsand,
Havforskningsinstituttet

Ønsket om å øke utbyttet fra naturen ved utsetting av kunstig produserte individer går tilbake til forrige århundre. Etter en feltstudie i Lofoten i 1864, lanserte Georg Ossian Sars ideen om å stabilisere utbyttet fra torskebestandene ved utsetting av oppdrettede individer. Denne ideen ble satt ut i livet av sjøkaptein Gunder Mathisen Dannevig som grunnla Flødevigen biologiske stasjon i 1882, og den første utsettingen av

plommeseckklarver fant sted to år seinere. Samtidig ble det også startet en tilsvarende klekkeriaktivitet i USA. Det ble satt ut milliarder av larver i Norge og USA. I USA stanset utsettingene i 1952, mens de i Norge fortsatte til 1971. Det lykkes ikke å påvise effekter av disse utsettingene. Larver har en svært høy dødelighet i naturen, og det er store variasjoner i årsklassestyrke. Når en i tillegg satte ut

umerkede individer, er det lett å se at muligheten til å påvise eventuelle positive effekter var små. Forskere ved Havforskningsinstituttet har nå krysset fram en genetisk merket torsk, og det ble i 1995 satt ut over 20 millioner genetisk merkede torskelarver i en liten fjord. Her lyktes en for første gang å påvise overlevelse fra utsatte plommesekkklarver til 1-gruppe torsk i naturen. Forsøket viser at kun et fåtall (ca 100) av de utsatte larvene var i live ett år etter utsetting.

I 70-årene ble det igangsatt kombinerte felt- og bassengforsøk, som la grunnlaget for yngelproduksjon av torsk og utsetting av torskeyngel som har et langt større overlevelsespotensial sammenlignet med torskelarver. Bassengforsøkene startet ved Forskningsstasjonen Flødevigen, og ble videreført ved Austevoll havbruksstasjon fra 1980. De første utsettingsforsøkene ble gjennomført ved Flødevigen i 76 og 77. I 1983 lyktes en å produsere 70.000 torskeyngel i en sjøvannspoll (Hyltropolen) på Austevoll. Samme året ble over 20.000 torskeyngel merket og satt ut i ulike områder på Vestlandet. Denne aktiviteten ble oppskalert i 1985 da NFFR besluttet å initiere programmet *Torsk i fjord*, med utsettingsforsøk på Sørlandet, Vestlandet og i Troms. Fra 1990 ble disse utsettingsforsøkene innlemmet i PUSH-programmet. Utsettingsforsøkene på Sørlandet ble avsluttet, mens nye forsøk ble igangsatt i Nord-Trøndelag og i Lofotregionen. Totalt er det satt ut over 1.0 million merket 0- og I-gruppe torsk i Norge i perioden 1976-1996.

I perioden fra 1983 til 1996 har Havforskningsinstituttet merket og satt ut over 870.000 oppdrettet torsk på Sørlandskysten, ulike fjord- og kystområder på Vestlandet og i Nord-Trøndelag. (figur 1.4.3.1). Forsøkene i Nord-Trøndelag er organisert av fiskerisjefen i Trøndelag med Havforskningsinstituttet som faglig ansvarlig. Fiskerihøgskolen i Tromsø (UiB) har merket og satt 146.000 yngel i fjorder i Troms, mens Lofilab A/S har satt ut 27.000 yngel i Lofoten/Nord-Salten området.

Viktige resultater

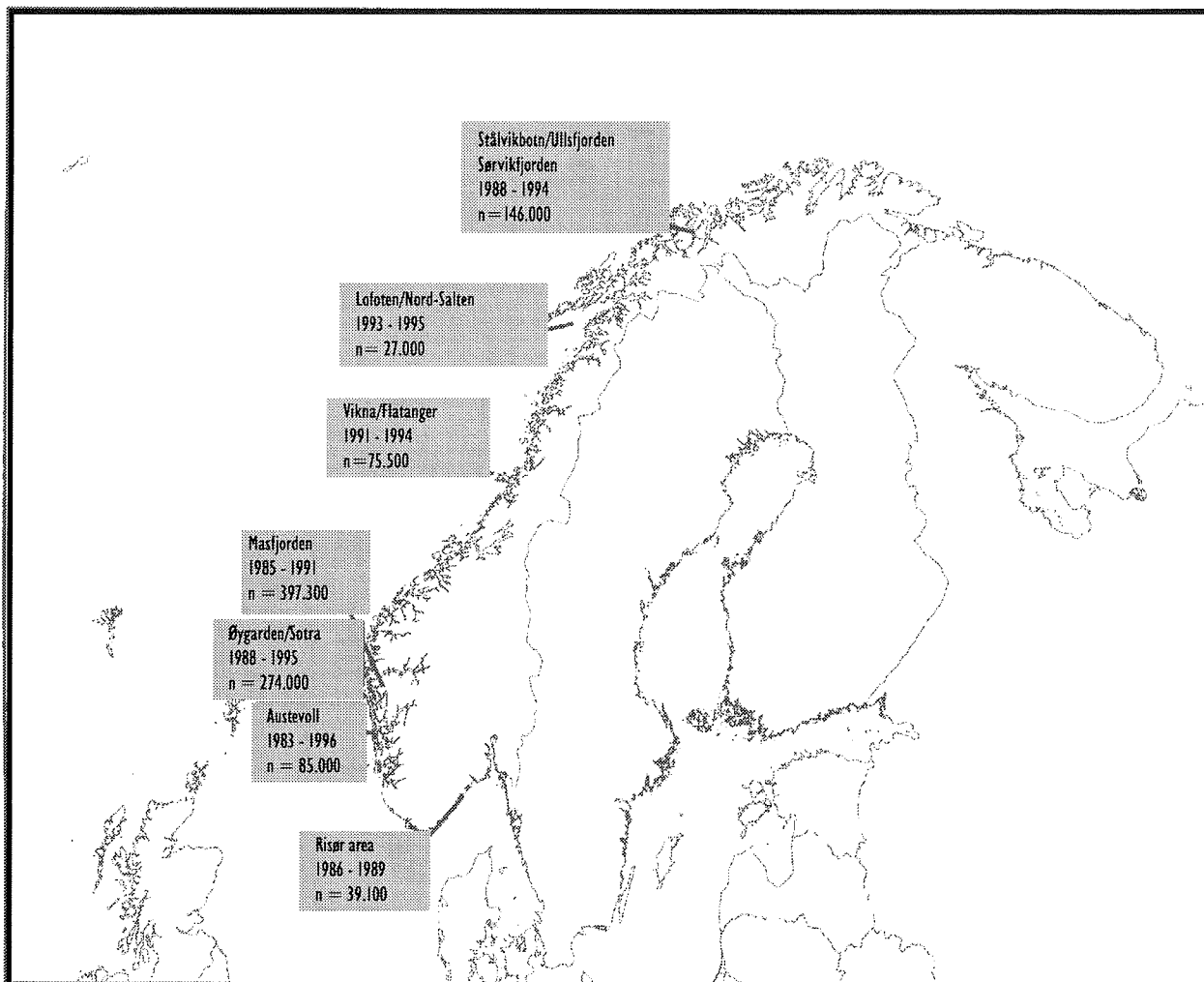
De første ukene etter utsetting oppfører oppdret-

tet torsk seg ulikt vill. Den oppdrettede torsken tilpasser seg imidlertid raskt til et liv i det fri, og bare små forskjeller er funnet etter tre måneder i sjøen med hensyn på atferd, vekst og overleving. Polloppdrettet torsk synes dermed å være godt egnet for utsetting til havbeite. En viktig forklaring er bruk av semi-naturlig oppdrettsmiljø, og føring med naturlig plankton. Dette gir et oppdrettsmiljø som har mange likhetstrekk med torskens naturlige oppvekstmiljø, og kan medvirke til en naturlig utvikling av morfologi og atferd.

Gjennom utsettingsprogrammet har en utviklet effektive merkemethoder for massemerking av torsk (genetiske markører, kjemiske merker). Til studier av vandring, og hvor en trenger informasjon fra fiskere, benyttes fortsatt ytre plastmerker (Floy anchor tags, T-tags).

Oppdrettet torsk som er satt ut som umoden, vandrer lite. Dette er i samsvar med resultater fra merkeforsøk på vill torsk av samme størrelse.

Trange fjorder synes å ha et begrenset potensial for produksjon av torsk. Økologiske modeller som er utviklet av forskere ved Institutt for fiskeri- og marinbiologi ved Universitetet i Bergen, viser at åpne kystområder har et høyere potensial for produksjon av torsk. På Vestlandet er derfor utsettingsforsøkene nå videreført til et åpent kystområde i Øygarden. Her har torsken hatt bedre vekst og høyere kondisjonsfaktor. Gjenfangstprosenten er imidlertid lavere enn i lukkede områder. Dette kan skyldes flere forhold. Torsk som blir satt ut i ytre kyststrøk kan spre seg til områder med lite fiskepress. Nyere forsøk har også vist at skarv er en effektiv predator på spesielt 0- og I-gruppe torsk, og det er rapportert mange gjenfangster fra hvileplasser for skarv. I samarbeid med eksperter fra NINA, Tromsø Museum og UiB, arbeides det med å avklare betydningen av predasjon av skarv for utsatt og vill torsk. Havforskningsinstituttets utsettingsforsøk med torsk blir koordinert med andre utsettingsforsøk gjennom en faggruppe i PUSH-programmet. Dette programmet skal avsluttes i 1997, og målet er da å kunne gi svar på hvilket potensial som ligger i havbeite med torsk.



Figur 1.4.3.1 Hovedutsettingsområder for torskeyngel i Norge i perioden 1976 - 1996. (Se teksten for nærmere beskrivelse.)
The main release areas of tagged reared cod in Norway in the period 1976-1996.

Viktige delmål for Havforskningsinstituttets havbeiteforsøk er:

- Undersøke om et økosystem (område) er i stand til å produsere mer torsk enn det som blir produsert naturlig.
- Finne kriterier for gode torsk lokaliteter hvor utsatt torsk vokser godt og har lav dødelighet.
- Klarlegge hvilke konsekvenser utsetting av torsk har på andre deler av økosystemet.
- Utvikle optimale utsettings- og gjenfangststrategier i samarbeid med lokale fiskarlag.

Høsten 1993 ble en ny side i norsk oppdretts-historie skrevet: de første eggene av flekksteinbit ble vellykket befruktet med utgangspunkt i egen stamfisk. Da hadde en riktignok lyktes i flere år med gråsteinbit, men den var og er en "stunt" i påvente av "flekken". Våren 1994 klek- ket så eggene. Nå da fiskene er omlag 3 år gamle, har de 400 gjenlevende flekksteinbitene nådd en vekt på mellom 1 og 3 kg med enkeltfisk opp i 4-5 kg. Heldigvis blir flekksteinbit først kjønns- modne når de har passert 5 kg. Er vi forskningsmessig underveis eller er vi i mål?

Flekksteinbit i oppdrett er en gammel drøm som er i ferd med å realiseres. Moksness hentet yngel fra Barentshavet i 1980-årene til Flødevigen forskningsstasjon for å studere tilveksten i opp- drett og hans BP-prosjekt konkluderte med at "flekken" var en sterk oppdrettskandidat. Rundt 1990 bygget Midling ved Fiskeriforskning opp en stor stamfiskbestand i Tromsø parallelt med hans innsats for å introdusere skinn av flekkstein- bit til bruk ved produksjon av moteplagg. Hans innsats på stamfisk ble videreført av Inger-Britt Falk-Petersen og resulterte i gjennombruddet høsten 1993. Siden da har forskerne ved NFH hvert år befruktet stadig flere eggballer.

"Man tager..."

Flekksteinbit er på samme tid enkel og vanske- lig. La oss begynne med det enkle. Ferdig ovulerte hunnfisk har en adferd og et utseende som gjør at de kan identifiseres, bedøves (!) og strykes. Eggene i sin ovarievæske kan lett befruktes med sperm fra én eller flere hannfisker. Utfordringen er å skvise sperm ut av de smålåtne hannene; de har lite å gi. Sjøvann tilsettes på et sent tidspunkt da en hele tiden simulerer indre befruktning; sjøvannet vil dessuten deaktivere spermen. Tilsetting av sjøvann aktiverer derimot klebestoffet på egget, og nå må en passe på å få eggene best mulig spredt slik at døde egg senere kan fjernes uten tap av levende egg. Det arbei-

des med å finne fram til et tilsetningsstoff som gir "singelegg". De neste 3 til 4 mnd. går eg- gene i oppstrømsinkubatorer nærmest som lakseeegg. Ukentlig blir døde egg fjernet og hver annen uke blir eggene vasket i glutaraldehyd for å dempe bakterievekst. Selv i grupper med 100% befruktning, kan en miste 70-90% av eggene. Gradvis trer yngelen fram inne i egget og etter 800-900 døgngader bryter den eggeskallet og kan overføres til startføringskammeret. Der vil den etter 3-5 dager ha brukt opp plommesekken og søker fra da av aktivt i vannmassen etter de nyklekte naupliene av *Artemia* som den tilbyes de neste 3-5 ukene.

Yngelen burde hatt større mat enn *Artemia*, men vi har ennå ikke lyktes med å utvikle et godt selv- rensende system til bruk for tørrfôr i denne fa- sen. Etter 5 uker tåler yngelen bedre utfordrin- gene i et system med daglig rengjøring og bruk av tørrfôr. Gradvis blir systemet dessuten selv- rensende.

Den grunne lengdestrømsrennen som brukes et- ter klekking, ble utviklet for gråsteinbit fra som- meren 1991 basert på villfanget yngel på 3 cm fra Porsangerfjorden. Høsten 1992 ble flytefôr introdusert. Det er langt enklere for fisken å snappe fôret fra overflaten enn å lete på bunnen som er tettpakket av steinbit. Steinbit virkelig- gjør sangteksten "Laying back in the arms of someone" i form av en vedvarende Woodstock- festival (figur 1.5.1). Bare musikken mangler - hittil! Flekksteinbiten har fra første dag nydt godt av utviklingsarbeidet på gråsteinbit. Den grunne rennen har vist seg å være svært velegnet og flytefôret snapper "flekken" villig fra overfla- ten. På grunn av den lave vannstanden er det ikke uvanlig med fisketettheter på over 500 kg pr. m³.

Flekksteinbit er langt mindre nervøs enn grå- steinbit; den driver dessuten ikke med øye- snapping og den blir sjeldnere angrepet av hud- parasitten *Trichodina* sp. Den synes å være helt

uten reaksjon på ytre forstyrrelser annet enn på mat og sterke lysforandringer. Er den sulten, vil den sverme mot enhver person som nærmer seg karet. Den spreller når den blir tatt ut av vannet, men er helt rolig når den blir holdt rundt under vann, og en kan uten risiko stryke den på hodet under vann. Om den holdes ved for lav tetthet, vil den avgi åpne områder der det fort vil danne seg ansamlinger av faeces. Trolig trives den godt med relativt høye vannhastigheter (10-20 cm/sek); i forsøkene ved NFH opplever den normalt bare 1-3 cm/sek.

Motbakker underveis

De vellykte resultatene ved NFH henger delvis sammen med at stamfisken har blitt tilbudt lave temperaturer hele året. På sensommeren når sjøtemperaturen imidlertid 10°C, og årlig har en da hatt utbrudd av atypisk furunkulose. Problemene med relativt høy sommertemperatur trekker en med seg i arbeidet med eggene ettersom disse befruktes på sensommeren og høsten. Eggene bør ikke oppleve mer enn 8°C. Høsten 1996 ble de fleste eggballene i perioder under inkubasjonen utsatt for mer enn 8°C med dramatisk negative konsekvenser for overleving. Potensielt hadde forskerne omlag 100.000 befruktete egg; den manglende muligheten til å løse temperaturproblemet på en egnet måte, reduserte eggmengden til 20.000. Yngelproduksjonen i 1997 vil således bli langt lavere enn planlagt. Med sin nåværende infrastruktur er HiT således lite egnet for annet enn lab-skala-aktiviteter.

Det er svært ressurskrevende å frambringe befruktete eggballer. All den "bortkastete" innsatsen høsten 1996 kan medføre at framtidig innsats på stamfisk i hovedsak vil skje på Rubbestad.

Strategisk partner på "flekken"

NFH har hatt et nært faglig samarbeid med Akvaplan-Niva AS som bedriftspartner. En betydelig del av FoU-ressursene i 1996 har således vært brukerstyrte midler fra Landsdelsutvalget for Nord-Norge og NFR.

Forskningen på flekksteinbit lider fortsatt under

at havbruksnæringen sorterer under et departement som hittil har lagt stor vekt på at markeds-kreftene skal peke ut innsatsområder. Det har således vært lite innstilt på å markere vilje til utvikling og har derfor hatt beskjedne visjoner og få konkrete planer for havbruksnæringens videre differensiering. Kanskje kunne en ha oppnådd en raskere kommersialisering om myndighetene hadde etablert et strategisk selskap med kapital og kompetanse.

Et strategisk selskap ville kunne ha etablert de nødvendige strukturer i **fullskala** for å bringe arten inn i kommersielt oppdrett og samtidig starte arbeidet som kan bidra til at flekksteinbit har et godt betalende marked tidlig i neste årtusen. De nødvendige forutsetninger for å lykkes med selve bioproduksjonen synes å være på plass. Videre optimalisering av produksjonsanlegg basert på lengdestrømsrenner og på marint dypvann gjenbrukt fra reol til reol etter oksygenering, ville kunne gjøres parallelt med at bioproduksjonsanlegg bygges ut. Det vellykte konseptet ville så kunne danne basis for en strøm av nyetableringer med det strategiske selskapet som katalysator.

Superfersk flekksteinbit vil kunne bli et etter-spurt produkt i restaurantsammenheng der den er en fast del av menyen. Garantert ferskhet er særlig kritisk for steinbit. Dette markedet åpner innledningsvis for levering, særlig i de lange periodene da villfanget steinbit er vanskelig tilgjengelig.

Flekksteinbiten skjuler fortsatt mange hemmeligheter. Det sofistikerte sidelinjesystemet på hodet er ett eksempel! Gradvis vil forskere ta fatt på å avdekke dens mysterier, men da vil arten for lengst ha blitt en del av norsk oppdrettsnæring.

Kveiteforskningen startet i 1974, og det har tatt 20 år å kommersialisere arten. Det har skapt en myte om at det må ta 20 år! Det må det slett ikke! Og det behøver ikke koste 200 millioner kroner heller. "Flekken" vil være i oppdrett før 10 millioner er brukt til FoU. *Den er rett og slett bare en greiere fisk!*

Figur 1.5.1

«Laying back in the arms of someone».
Flekksteinbit i lengdestrømsrenne.
Tettheten kan komme opp i over 500 kg/m³.
«Laying back in the arms of someone».
Spotted wolf-fish in a low water race way system. The density could be more then 500 kg/m³.
Foto: Anne Karin Monsås



I.6 Lysing

Anne Berit Skiftesvik og Erik Slinde,
Havforskningsinstituttet
Per Gunnar Kvenseth, Hydro Seafood

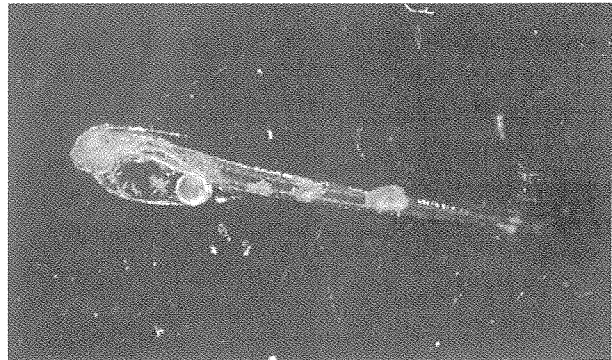
Vår kunnskap om mange av våre marine fiske-
slag er mangelfull. En måte å øke kunnskapen
på er å bringe dem inn i laboratoriet. Ved å stu-
dere oppdrettsparametre rundt et marint fiske-
slag vil en lære mye om en arts biologi og egen-
skaper. Det vil da også være mulig å si noe om
arten egner seg for oppdrett ut fra dagens tek-
nologi, eller om det er viktige problemer som
må løses før oppdrett med godt dekningsbidrag
kan finne sted. En art som både er biologisk og
kommersielt interessant er lysing.

Den europeiske lysing, *Merluccius merluccius*,
eller på engelsk hake, er en lite aktet torsk-
fisk i Norge. Av mange betraktes den som en ufisk,
svart som den er i kjeften, og med spisse tenner
vaser den til garnredskap. I Spania og tildels
Frankrike betraktes lysing som en av de beste
delikatesser og betales deretter.

Marked

Lysing eller merluza er et fiskeslag som har en
helt særegen posisjon i det spanske kostholdet. I
flere av de spanske regionene hører arten med
blant de absolutt mest ettertraktede. Lysing av
riktig kvalitet oppnår priser som laks aldri har
vært i nærheten av. I Spania inngår lysing i en
lang rekke retter som den primære bestanddel,

Figur 1.6.1. Lysing egg.
Egg of hake.



Figur 1.6.2 Nyklekket larve av lysing.
Newly hatched larvae of hake.

og lysingretter blir gjerne valgt ved spesielle
anledninger. Den mest vanlige prisen ut fra fis-
kemarkedet i Madrid ligger på rundt 75 kroner
for riktig kvalitet og størrelse over 3 kg.

Lysing av riktig kvalitet må være fanget på line
eller snøre og nå markedet fersk på is. Fisken
må være sølvblank og ha fast kritthvitt kjøtt.
Prisen på riktig kvalitet betales med opp til 250
kroner kiloet. Kvantumet for dette høypris pro-
duktet er forholdsvis lite, mens Spanias samlede
årlige forbruk av lysing er på omlag 150.000
tonn. Både Frankrike og Portugal er viktige som
produsent- og konsumentland og fanget 20.000
og 4.000 tonn lysing i 1995. Det finnes mange
arter av lysing, og ikke alle er like fine å se til og
like ettertraktet. Den som oppnår de høyeste pri-
ser i markedet er den europeiske.

De siste 25 år har verdensfangsten av alle arter
av lysing vært mellom 1,1 og 2,2 millioner tonn.
Etter 1973 har fangstene vært relativt stabile,
men viser en nedadgående trend. Europas fang-
ster av lysing har samlet vist en nedgang fra 1970
fram til i dag. I perioden 1970-1977 var tilførsel-
en stabil og varierte mellom 300.000 og 350.000
tonn årlig. I de siste år har fangstene ligget på
omkring 150.000 tonn.

Norsk fangst

Lysing har tradisjonelt vært et relativt lite viktig fiskeslag for Norge. Fangstene har de siste 25 år variert fra et maksimum på 1656 tonn (1991) til et minimum på 272 tonn (1983). Noen få kystfiskere på strekningen fra Møre og sør- over har lært seg å utnytte de lokale norske lysingbestandene i fjordene. Her foregår et sesongfiske etter lysing fra midtsommer og ut i oktober med line, snurrevad, flytegarn og bunn- garn. Prisene som oppnås ligger i gjennomsnitt på 35 kroner. Sommeren og høsten 1996 ble det betalt opp til 90 kroner til fisker for snurrevad- fanget lysing.

Utbredelse og dybdefordeling

Den europeiske lysing (*M. merluccius*) har en utbredelse fra kysten av Mauretania (21° N) til vestkysten av Norge (64° N), og består av ulike bestander. Det antas at det ikke er noen vandring mellom disse bestandene, men ingen merkeforsøk er gjennomført som kan bekrefte, eventuelt avkrefte dette. Antagelsene baserer seg utelukkende på fangst- og landingsdata.

Lysing kan ha store døgnvandring. Den er en rovfisk som søker føde om natten, og spiser for det meste pelagiske fiskeslag. Om natten kan lysing søke opp på grunt vann, noe som gjør at den kan fanges på flytegarn, men om dagen går den dypere, ofte på flere hundre meters dyp. Utenfor Afrika går lysing (*M. capensis*) ned til 1000 m. Det vanlige på våre kanter er fra 30-500 m dyp, hvor størrelsen av fisken synes å øke med dybden.

Vekst og kjønnsmodning

Hanner og hunner har forskjellige vekstmønstre. Hannene vokser fortest i begynnelsen, men hun-

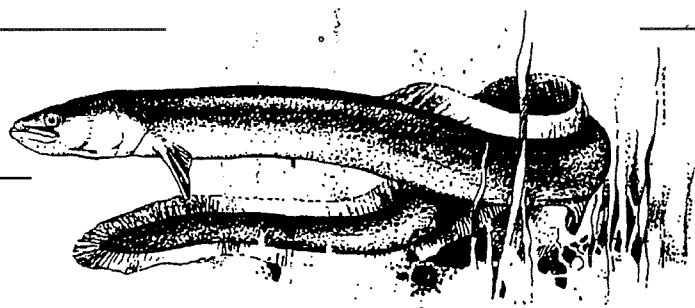
nene tar igjen hannene og har deretter den raske veksten. De største lysingene er alltid hunner. Lysing fra den nordlige delen av utbredelsesområdet vokser hurtigere, blir større og er kjønnsmoden når den er større, enn lysing fra sørlige deler av utbredelsesområdet. I vårt område blir hunnene kjønnsmoden mellom 60 - 80 cm, i Middelhavet når de er mellom 18 - 41 cm.

Gyting, egg og larver

Når en ser på hele utbredelsesområdet for lysing under ett, kan en når som helst på året finne lysing som gyter. På våre kanter gyter den i august - september. Eggene er pelagiske og er spredd fra overflaten og ned til 150 m dyp, der den største tettheten er å finne rundt 50 m dyp. Eggene er svært små med en diameter på 0.94 - 1.03 mm, de har en oljedråpe, og en overflate som er hydrofob (figur 1.6.1). Eggene er derfor klebrige, men fester seg ikke til hverandre. Ved 11° C klekker eggene etter sju dagers inkubasjonstid, og larvene har funksjonelle kjever sju dager etter klekking (figur 1.6.2).

Akvakultur av lysing

Det er kveite og kamskjell som er valgt til marine satsingsarter i Norge. Det er viktig at disse følges opp så effektivt som mulig. Men dette må ikke være til hinder for å studere andre arters biologi, slik som vekst, kjønnsmodning, gyting og larveproduksjon. Andre egenskaper som karnibalisme, fôrutnyttelse, bestandsforskjeller og muligheten til å utnytte dagens oppdretts- teknologi er viktige parametre som må undersøkes. Sammenligning med piggvar og torsk vil gi svar på hvilke problemer som må løses før en kan avgjøre om europeisk lysing bør bli en oppdrettsfisk. Men en ting er sikkert: Det eksisterer et marked som vet hva produktet er og hva det skal betales for riktig kvalitet.



Ål (*Anguilla anguilla*) er en godt betalt fisk, både fersk og som et bearbejdet produkt. Norge utmerker seg på ingen måte når det gjelder å verdsette denne fisken til eget forbruk. Det meste av den ålen som blir fanget eller blir oppdrettet her i landet går til eksport. Fangstene av villfanget ål har gått ned i Europa de siste tiårene. Mengden oppdrettet ål har økt, men siden en ikke behersker reproduksjonsfasen hos ål, må alt oppdrett baseres på innfangning av glassål eller gulål.

Biologi

Ålen gyter i Sargassohavet og larvene driver med Golfstrømmen mot Europa. Denne ferden tar 2 1/2-3 år. Ved kontinentalsokkelen metamorfoserer fra de bladformede leptocephalarver til glassål. De pigmentløse glassålene søker inn til de nære kystområdene. De tiltrekkes av ferskvann, og kan opptre i store mengder ved elveosser og brakkvannsområder. Glassålen begynner å bli pigmentert, og går over i den fasen vi kaller ålefarang. I dette stadiet vandrer den inn i ferskvann, men en stor del forblir også i brakkvannsområdene og i sjøområdene nær land. Nå starter ålen det vi kaller vekstfasen, det er gulålstadiet. Dette stadiet er det som regnet i tid er det lengste stadiet. Dette stadiet varer fra fire - fem år for hannål i gode vekstområder til opp i mot 20 år for hunner i dårlige områder. Ålen omdannes nå til blankål. I dette stadiet vandrer de tilbake til Sargassohavet for å gyte. Ved starten av vandringen om høsten har ålen såvidt startet utviklingen av gonader. Ålen starter gytingen i februar, og vi antar at den dør etter dette.

Fangster

Det meldes om nedgang i ålefangstene i hele Europa de siste tiårene. Glassåltilsetget har også sunket. Det spekuleres i om overfiske og/eller

forurensing i de store europeiske elvene har redusert gytebestanden.

Ålefangstene i Norge har variert mye. Topper i fangstene har kommet på midten av 30-tallet med fangster mellom 600 og 700 tonn, på slutten av 1960-årene og i 1988 med fangster over 500 tonn. I tiden mellom disse topp- og bunnår har fangstene variert mellom 300-450 tonn. For årene 1994-1995 lå den årlige fangsten på rundt 450 tonn. Vi har ingen oversikt over bestandsstørrelsen av ål i Norge, eller hvor store de naturlige svingningene kan være.

Marked

Markedet for ål er ikke dekket hverken i Europa eller i Østen. Der er marked for både levende, fersk ål og for bearbejdede produkter. Hvilke størrelser og hvilken kvalitet som er ønsket i de ulike markeder, varierer ut fra hvilke tradisjoner de ulike områdene har for bruk av ål. For eksempel er stor ål etterspurt i Tyskland, mens det er et stort marked for små ål i Nederland. Blankål er å foretrekke dersom den skal røkes, mens gulål kan være å foretrekke i andre sammenhenger. Blankål har tre ganger så høgt fettinnhold som gulål.

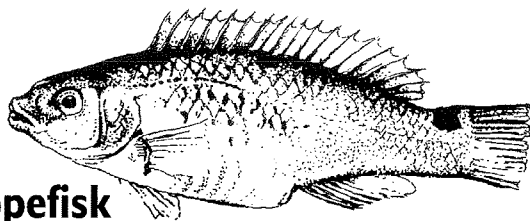
Akvakultur

Det er en økende satsing på oppdrett av ål i Europa. All ål som skal oppdrettes må fanges inn enten som glassål eller som gulål. Frankrike og England fanger store mengde glassål, og oppdrett i for eksempel Danmark er basert på glassål importert fra disse to landene. I Danmark har noen oppdrettere spesialisert seg på produksjon av setteål. Denne selges til andre oppdrettere i Danmark, noe går til utsetting, og en del eksporteres til oppdrettere i Japan.

Glassålressursen i Japan og områdene rundt er alt fullt utnyttet, slik at enhver økning i oppdrett i dette området må basere seg på importert ål. Det produseres en stor overvekt av hanner i oppdrett der en starter opp med glassål og ikke med gulål. Ålens kjønn bestemmes når ålen er mellom 10 og 20 cm. Det er trolig miljø, tetthet og føde som er med på å bestemme hvilket kjønn

ålen får. Hannene blir ca. 150 g, mens hunnene blir atskillig større. I Norge er det ett stort oppdrettsanlegg for ål, og en del småskalaanlegg. Hensikten med småskalaanlegg er å ha ål som tilleggsnæring til annen næring. All oppdrett i Norge baserer seg på innfanget gulål. Det er forbud mot import av glassål til Norge.

1.8 Leppefisk



Per Gunnar Kvenseth, Hydro Seafood AS
Anne M. Kvenseth,
Institutt for fiskeri- og marinbiologi, UiB

Siden epizootiene av furunkulose og infeksjøs lakseanemi kuliminerte i begynnelsen av 90-årene er det lakselusen (*Lepeophtheirus salmonis*) og skottelusen (*Caligus elongatus*) som har vært oppdrettsnæringens svøper. Selv om infeksjonene normalt behandles før lusa gir dødelighet på laksen, fører angrepene med seg kostnader i form av utgifter til behandlingsmidler, nedklassing på grunn av skader og tapt vekst på grunn av nedsatt appetitt og behov for sulting før badebehandling. Stor innsats har derfor vært lagt ned fra ulike forskningsinstitusjoner for å finne nye løsninger på luseproblemet, men når det gjelder behandlingsstrategi er leppefisk et klart førstevalg.

Leppefisk brukt på riktig måte har fordeler framfor alle andre avlusningsbehandlinger, da den er miljøvennlig, avluser kontinuerlig og har preferanse for voksne lus slik at den hindrer selvoppsmitting i anlegget. Videre er kostnadene ved bruk i en sesong lavere enn for én kjemikaliebehandling, og det samme gjelder for stress av laksen og risiko ved bruk. (Leppefisk må heller ikke foreskrives av veterinær). Leppefisk brukt som alternativ avlusning gir norsk laksenæring et godt ansikt utad, noe som er spesielt viktig nå som kampen om laksemarkedene stadig skjerpes og kjemikaliebruk er mer i fokus enn noensinne. Nye vurderinger viser at leppefisk i Norge reduserer bruk av avlusningskjemikalier med 35% (KPMG - Senter for havbruk og fiskeri).

Det er spesielt artene bergnebb (*Ctenolabrus rupestris*), grønnngylt (*Crenilabrus melops*) og gressgylt (*Centrolabrus exoletus*) som har vært brukt, og da først og fremst på smolt fra utsett til jul, første året i sjø. Nytt av året er imidlertid suksessen med bruk av berggylt (*Labrus bergylta*) på stor laks andre året i sjø.

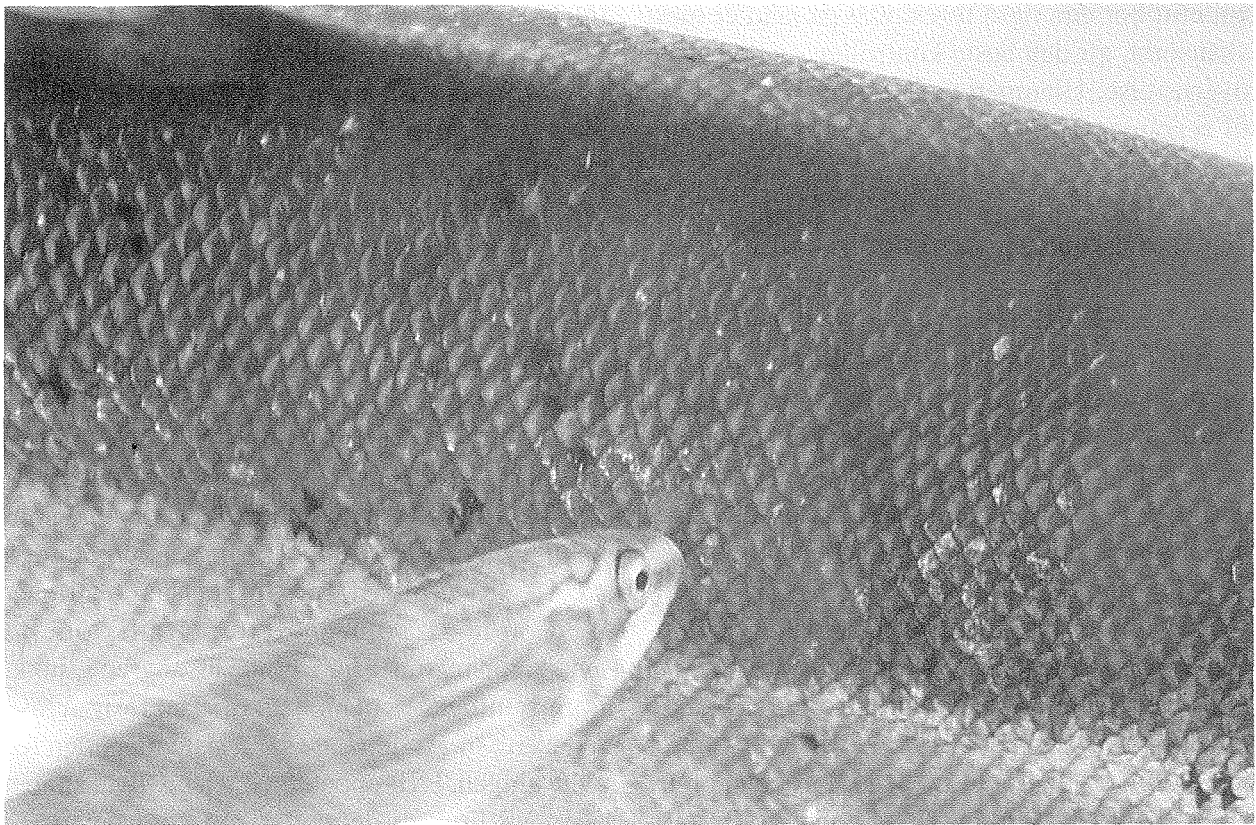
Leppefisk benyttet på stor laks

I et sammenlignende forsøk i et kommersielt

lakseanlegg med 15 000 laks mellom 3 og 7 kg i hver notenhet, var berggylt i en tetthet på 5% suverent overlegen de andre leppefiskartene med hensyn til beiting av lakselus fra stor laks og påvekst fra nøter. I noten tilsatt berggylt ble antall lakselus redusert fra 60 mobile lus/laks til 1 mobil lus/laks i løpet av fire uker. Nedbeitingen ble verifisert med lusetellinger og undersøkelser av berggyltens mageinnhold. Effekten i nedbeiting av lus økte kraftig når lusen utviklet seg fra chalimus til preadulte og adulte stadier (se kapittel 1.1.7). På det meste ble det funnet 150 lus i magen på en berggylt, med en gjennomsnitt på 50 lus/berggyltmage, og 60% av undersøkte berggylter hadde spist lus. Reduksjonen i luseinfeksjonen var fullt på høyde med effekten av badebehandling med kjemikalier (Norsk Fiskeoppdrett nr. 22/96).

Mageundersøkelser og observasjoner av notveggen viste at berggylten effektivt beitet ned begroingsorganismer. Så lenge berggylten fant mat i form av begroing eller lakselus ble det ikke observert skader på laksen. Etter at mesteparten av begroing og lakselus var beitet ned, ble det observert beiteskader på de bakerste strålene av ryggfinnen på et mindre antall laks. Det kan derfor være nødvendig enten å fore berggylten i merden, eller å fiske den opp når mattilgangen er redusert. Berggylt "renseteam", som flyttes fra not til not i et anlegg, kan også være en mulighet.

Utviklingsarbeidet med berggylt benyttet til luse- og begroingskontroll, bør følges opp med nye feltforsøk som omfatter flere nøter over et lengre tidsrom. Utsetting av mindre berggylt sammen med smolt bør også utprøves. Utfra våre erfaringer er berggylt mer hardfør enn de andre leppefiskartene. Berggylt kan derfor ha et potensial for overvintring, i nedsenket bur, i kar på land eller i oppdrettsnøtene på rolige lokaliteter, alt dette for videre bruk på stor laks andre år i sjø. Videre viser feltundersøkelser fra blant annet Isle of Man at berggylt beiter hele vinte-



Figur 1.8.1 Leppefisk i aksjon
Wrasse in action.

ren igjennom, ihvertfall ned til 6°C.

Effekt på små laks

Riktig brukt kan leppefisken kontinuerlig holde angrep fra lakselus under kontroll. Leppefisken arbeider best i temperaturområdet 7°C til 20°C. Dersom det blir kaldere enn ca. 7°C, tidlig om våren eller sent om høsten, kan en ikke forvente at leppefisken beiter særlig aktivt. Imidlertid har vi eksempler på at leppefisk har holdt lus under kontroll i en not med 10.000 laks fra utsett og 10 måneder fremover, mens resten av anlegget, større laks uten leppefisk, måtte avluses hele fem ganger i samme periode. Smittepresset var stort nok til å få rikelig påslag også på småfisken, men 600 leppefisk var tilstrekkelig til at lusen ikke fikk utvikle seg.

Omfanget i bruk av leppefisk

Det foreligger ingen fullstendig offentlig statistikk over antall leppefisk som årlig brukes til

lusekontroll i Norge. En spørreundersøkelse over dette utført av Fangstseksjonen ved Havforskningsinstituttet har vist en økning fra omkring en million leppefisk i 1993 til nærmere 2 millioner i 1995. I tillegg til lokalfangst overføres det årlig store mengder leppefisk fra Sørlandet, Arendal- og Grimstodområdet, til oppdrettsanlegg på strekningen Møre til og med Nord-Trøndelag. Dette utgjorde i 1996 i underkant av en million leppefisk.

Vinterlagring

Tilgjengeligheten av leppefisk er dårlig om våren, når smolten settes ut, men for å fungere optimalt er det viktig at ikke lusenivåene får bygge seg opp før leppefisken settes inn i anlegget. Innfangning av leppefisk om høsten for tidlig utsett neste vår er en realistisk mulighet. Både overvintring i kar på land og nedsenket bur i sjøen kan gi god overlevelse. Det er avgjørende at leppefisken får tilstrekkelig ro og skjul i den kaldeste delen av vinteren. Så lenge leppefisken har

appetitt bør den også fores. Kar på land er mest skånsomt, gir den beste kontrollen og den beste overlevelse. Ulempen ved lagring i kar er krav til regelmessig overvåking av det tekniske anlegget.

Yngelproduksjon av leppefisk

Forsøk med yngelproduksjon av leppefisk ble startet hos GSP (Hydro Seafood Golden Sea Produce) i Skottland, med finansiell støtte fra NFFR. Ved å følge metoder utviklet for intensiv produksjon av piggvaryngel ble det hvert av årene 1991 og 1992 produsert ca. 5.000 yngel av bergnebb og noen få yngel av grønngylt.

Ved Havforskningsinstituttet Austevoll havbruksstasjon ble det i 1993 produsert noen få yngel av grønngylt i et mesokosmossystem (Svartatjønn). I 1994 utførte Austevoll innledende forsøk med intensiv yngelproduksjon av artene bergnebb, grønngylt og grasgylt. Best resultat ble oppnådd med grasgylt. Etter innledende stor dødelighet i forbindelse med startforing, klarte larver og yngel seg bra. Likevel levde bare et titalls yngel opp.

Den naturlige tilgangen på berggylt er ikke kartlagt, men utfra tidligere erfaringer kan berggylt være den arten som har lavest individtetthet. På grunn av økende interesse for denne arten, bør det arbeides både med bestandskartlegging og reproduksjon/yngelproduksjon. I 1996 har studenter ved Høyskolen i Sogn og Fjordane (HSF) arbeidet med en oppgave med reproduksjon/yngelproduksjon hos berggylt. Forsøkene startet for sent i sesongen til å få gode egg- og larvegrupper, og det ble ikke produsert yngel av berggylt ved forsøkene. Berggylt er den av leppefiskene som har de største eggene (1,5 mm), de største larvene og den raskeste tilveksten. Det burde derfor være mulig å produsere yngel av berggylt og fore denne frem til en beiteklar rensefisk (12 cm) i løpet av et år.

Økonomi ved bruk av leppefisk

En av de store fordelene med luse- og begroingskontroll ved hjelp av leppefisk, er kontinuiteten i beitearbeidet. Det er vist at selv et lavt

infeksjonsnivå av lakselus (seks - ti bevegelige lus/laks) virker betydelig negativt inn på appetitten hos laksen, og undersøkelser gjennomført både av Hydro Seafood Mowi og oppdrettskonsulenten i Flatanger, viser at laksens appetitt øker kraftig etter avlusning. Appetittøkninger på nær 100% er registrert, selv ved moderate luse-nivåer før avlusning. Leppefisk bidrar til at laksen kontinuerlig har et lavt lusenivå, og sikrer dermed at den opprettholder størst mulig veksthastighet.

En analyse utført av KPMG senter for fiskeri og havbruk i 1994 konkluderer med at anlegg som benytter leppefisk øker sin årlig inntjening med ca. 1,- krone pr. kilo produsert, sammenlignet med anlegg som benytter tradisjonelle avlusningsmetoder for å holde lusangrep i sjakk. Forutsetningen som ble lagt til grunn var at lusa reduserte tilveksten med 10% siste måneden før avlusningen. Hvis appetittvikten og tilveksttapet øker, vil bruk av leppefisk medføre betydelig større økonomisk gevinst.

Sykdom hos leppefisk

Universitetet i Bergen er, i samarbeid med Havforskningsinstituttet, igang med et omfattende arbeid omkring helse hos leppefisk. Omfanget av bakterie- og virussykdommer hos leppefisk, samt muligheten for overføringer av sykdommer mellom laks og leppefisk undersøkes.

Resultatene så langt tyder på at leppefisk i Hordaland i varierende grad er utsatt for bakteriesykdommen atypisk furunkulose. Bakterien, atypisk *Aeromonas salmonicida*, som isoleres fra leppefisk synes imidlertid å være en annen variant enn den som gir atypisk furunkulose hos laks, og gjentatte smitteforsøk har vist at den ikke lar seg overføre til laksen. En andel av de ville leppefiskbestandene er symptomfrie bærere av denne bakteriesykdommen, og sykdommen utløses når leppefisk stresses. Uforsiktig håndtering i forbindelse med fangst og transport, eller dårlige forhold i laksenoten, kan derfor gi høy dødelighet hos leppefisk. Det arbeides også med vaksinerings av leppefisk mot atypisk furunkulose, men til nå er det ikke funnet en vaksine som hindrer dødelighet hos leppefisk etter smitte-

forsøk, så langt er det ikke funnet hverken bakterier, virus eller parasitter hos bergnebb som kan ventes å gi problem for laksen.

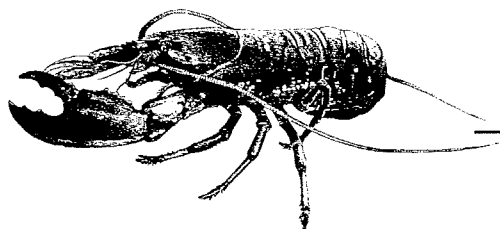
Fremtid

Leppefisken kan ha et potensial til å redusere problemer innen oppdrett langt utover det vi har sett i dag, på en kontinuerlig, økonomisk lønnsom, effektiv - og ikke minst miljøvennlig måte. Dette gjelder i første omgang notrensing og parasittbekjemping. Med dagens fokus på miljøvennlige produkter, medisiner og sprøytemidler, vil det overraske om ikke leppefisken vil få en sentral plassering i fremtidens oppdrett. Norge er det lakseproduserende landet som har best naturlig tilgang på leppefisk og har kommet lengst i å utnytte potensialet. Dette forspranget bør vi beholde, benytte aktivt i markedsføringen og utvikle videre.

På lengre sikt vil det kanskje være like naturlig å produsere rensefisk som at det i dag produseres smolt. På den måten vil det være tilgang på det antall, den art, størrelse etc. som måtte være ønskelig. Helsekontroll og vaksinerings av leppefisk vil da også bli en mulighet. En forutsetning for videre utvikling av leppefiskteknologien vil være kommunikasjon og samarbeid mellom forsøk ute på oppdrettsanlegg, i tilnærmet fullskala, og mer kontrollerbare forsøk i mindre enheter utført hos forskningsinstitusjoner. Uansett hvor gode kjemiske avlusningsmiddel som utvikles i årene som kommer, vil det være vanskelig samtidig å tilføre avlusningsmiddelet egenskaper som også holder nøtene reine. I denne kombinasjonen vil leppefisken fortsatt være overlegen.

Prosjektet "*Utvikling av produksjonskonsept for miljølaks*", som mye av resultatene er hentet fra, har vært utført hos Hydro Seafood Mowi og støttet økonomisk av NFR for årene 1994 - 1996.

1.9 Hummer



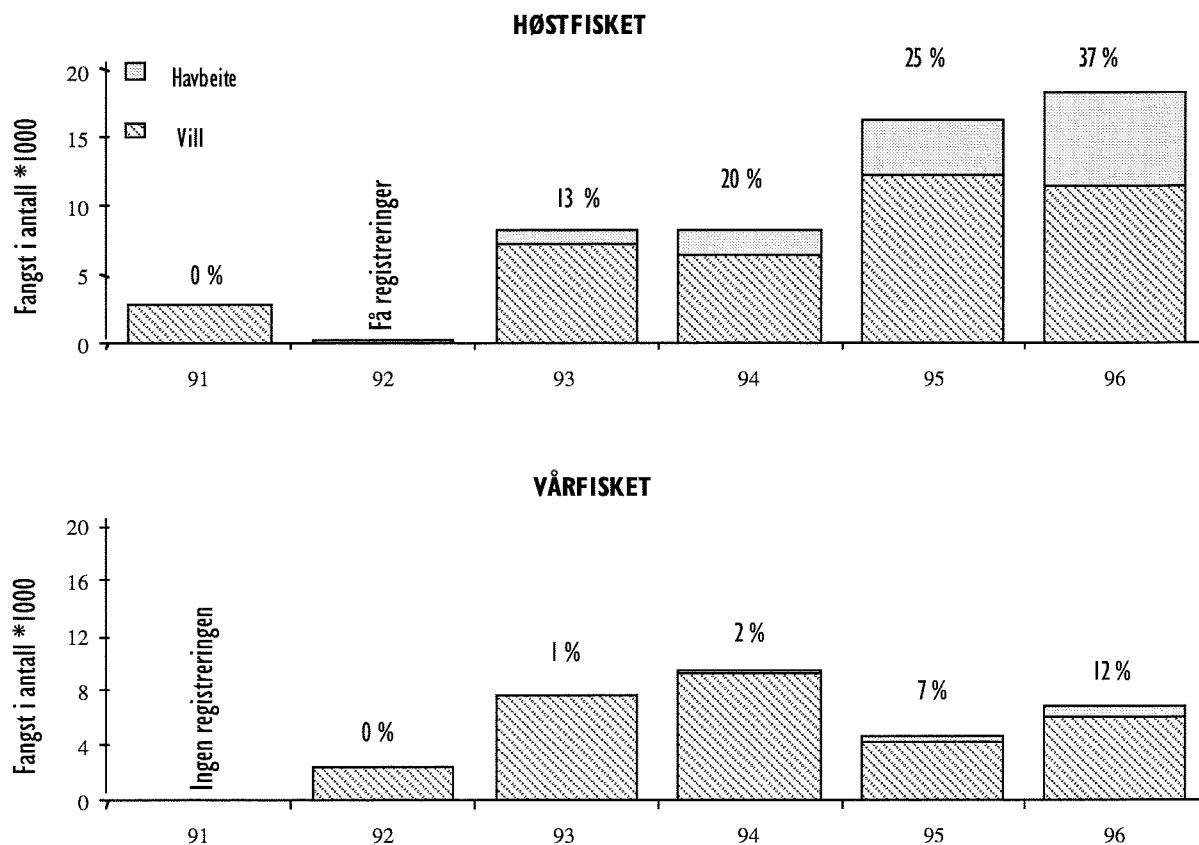
Knut E. Jørstad
og Ann-Lisbeth Agnalt,
Havforskningsinstituttet

I begynnelsen av 1980-tallet startet Tiedemann A/S bygging av et hummerklekkeri på Kyrksæterøra. Bakgrunnen var at fangstene av hummer hadde gått kraftig ned i løpet av de siste tiår. Klekkeriet ble overtatt av Havforskningsinstituttet i 1989, og som en del av det nasjonale havbeiteprogrammet PUSH, la dette grunnen for utsetting av merket hummer.

Nyklekkede hummerlarver er i naturen svært utsatt for predasjon, og ved å intensivere produksjon under kontrollerte forhold vil en kunne få høyere overleving gjennom denne kritiske fasen. Ved utsetting av kulturproduisert hummer vil en dermed kunne sikre en mer stabil rekrut-

tering til hummerbestanden. Formålet med utsetting av hummer er å styrke den naturlige bestanden.

I 1990 ble det startet et storskalaforsøk med utsetting av magnetmerket hummer på Kvitsøy, i samarbeid med lokale interesser. Arbeidet ledes av en styringsgruppe med Fiskerisjefen i Rogaland som leder. Både Kvitsøy kommune og det lokale fiskarlaget er sterkt involvert i prosjektet. Fra 1990 og fram til 1994 ble det i alt satt ut 130.000 merket hummer på Kvitsøy. Utsettingsfasen er nå avsluttet, og nå gjenstår registreringen av gjenfangsten i det ordinære fisket.



Figur 1.9.1

Totalfangst av vill- og havbeitehummer på Kvitsøy for høstfisket (hovedsakelig oktober) og vårfisket (hovedsaklig mai) fra 1991 til 1996.

Total catch of wild and ranched lobsters at the Kvitsøy fall catches (primarily October) and spring catches (primarily May) from 1991 to 1996.

Gjenfangst av havbeitehummer; 91-95

Andelen av havbeitehummer i det ordinære fisket på Kvitsøy har økt sterkt i de siste årene. En foreløpig oppsummering (over minstemålet) viser en kraftig økning både i vår- og høstfisket (figur 1.9.1). Det var nærmest en fordobling i antall havbeitehummer fanget i vårfisket 1995 i forhold til tilsvarende fiske i 1994. Sammenlignes gjenfangstene på havbeitehummer med vill hummer, fanget i samme periode, økte andelen fra 2% i 1994 til 7% i 1995. Tilsvarende observasjoner ble gjort i høstfisket. I 1994 ble det fanget 160 havbeitehummer som utgjorde 20% av totalfangsten, mens i 1995 ble i alt 403 havbeitehummer registrert. Disse utgjorde 25% av den lovlige hummeren fanget og registrert på Kvitsøy.

Gjenfangst av havbeitehummer; 96

Vårfisket på Kvitsøy i 1996 ble gjennomført som tidligere, men på grunn av at hummERMottaket ikke var i funksjon var det umulig å få registrert alle fangstene. En betydelig andel ble likevel undersøkt, og 683 hummer ble sjekket med merkedetektor. Av disse var 83 fra tidligere utsetninger. Dette innebærer nesten en tredobling i antall fra året før, og andelen av havbeitehummer i totalfangstene steg fra 7% i 1995 til hele 12% i 1996.

I høstfisket 1996 ble det lagt ned en stor innsats på Kvitsøy. Som forventet steg totalfangstene av hummer, og andelen av havbeitehummer økte til 37% (sammenlignet med 25% i høstfisket 1995). En del hummer under minstemålet ble også registrert, og andelen av havbeitehummer i denne gruppen var hele 66%. Andelen var størst i begynnelsen av sesongen, noe som tyder på at det fiskes først i områder hvor det er satt ut mye hummer. I 1995 var det utsettingene fra 1990 og 1991 som dominerte i fangstene (figur 1.9.2). Basert på et lite antall dyr (290 stk), er det utarbeidet en prognose for 1996. Den viser at de to første utsettingene fremdeles dominerer i fangstene, men at også 92-utsettingen er på vei inn i den fangbare delen av bestanden. Noen ganske få individ fra 93-utsettingen ble også registrert.

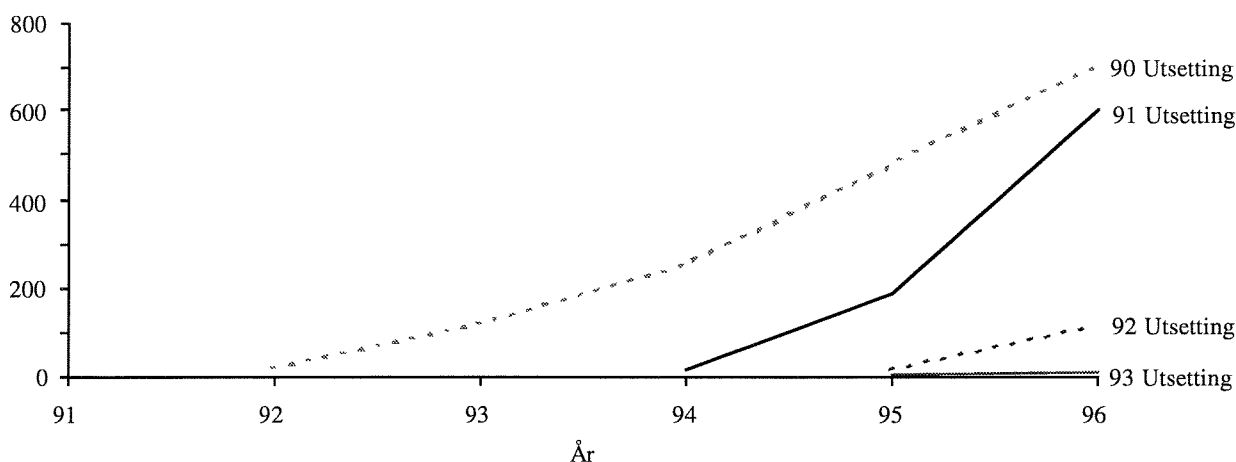
I høstfisket 1996 ble 459 hummer under minste-

målet registrert, og alle ble merket med ytre merker og satt ut i det samme området. I underkant av 100 individer under minstemålet skal analyseres for å undersøke hvilke utsettingsgrupper som dominerer i disse størrelsesgruppene. Havbeitehummeren over lovlig størrelse ble tatt vare på for senere undersøkelser og merkeavlesning, og i alt 672 skal identifiseres til utsettingsgrupper. Foreløpig gjenfangst på de enkelte gruppene er basert på dette materialet.

Det ble også i høstfisket 1996 kontrollert for mulig utvandring fra Kvitsøy til nærliggende områder som Rott, Karmøy, Bokn og Rennesøy. Ingen havbeitehummer ble funnet. I forbindelse med føring av fangstdagbøker av utvalgte fiskere på Kvitsøy, ble det gjennomført en spørreundersøkelse med sikte på å registrere antall russer/teiner, båtstørrelse, båttype osv. Det ble lagt vekt på å prøve å kartlegge fangstintensitet og fangstmønster i perioden før fangstdagbøkene ble innført.

I forbindelse med høstfisket ble det utført flere undersøkelser i tillegg til gjenfangstregistreringene. Det ble tatt en rekke målinger på klostørrelse for å sammenligne vill og utsatt hummer med hensyn til konkurranse mellom de to gruppene. Hunner med utrogn ble samlet inn for å undersøke om eggproduksjonen varierer mellom vill og havbeitehummer, og foreløpige resultater gir ingen slike indikasjoner. Det ble i tillegg registrert individvekt på et større materiale av hummer som seinere vil bli brukt til å sammenligne og vurdere virkningen av utsettingene.

Totalt sett er det ingen tegn til nedgang (i antall) i fangst av den første utsettingen i 1990, og fremdeles har de to siste utsettingsgruppene (1993 og 1994) ikke nådd fangbar størrelse. I tillegg utgjorde havbeitehummeren en betydelig andel (66%) av all hummer registrert under minstemålet høsten 1996. Dette innebærer at det vil være svært viktig å følge opp med registreringer av gjenfangsten, også etter at den formelle PUSH-perioden avsluttes i 1997. Det er betydelige midler som er lagt ned i produksjon av hummer for utsetting, og som nå er i havet i Kvitsøy-området. Sikre og fullstendige tall på



Figur 1.9.2 Kumulativt antall av de ulike utsettingsgruppene registrert i de kommersielle fangstene fra 1991-1996. Tallene for 1996 er foreløpige prognoser basert på 290 dyr.
Cumulative number of the different release groups of lobster registered by the commercial catches between 1991 and 1996. The number for 1996 is a preliminary prognosis based on 290 lobsters.

gjenfangst, overleving og vekst, vil ikke bare være avgjørende for å vurdere potensialet for fremtidig havbeite med hummer, men vil også fremskaffe basisinformasjon av stor betydning for en fremtidig forvaltning av hummerbestanden.

Andre feltundersøkelser

Hummerprosjektet ble tildelt toktid sommeren 1996, og tildeling av «G.M. Dannevig» i perioden 17/7 til 3/8 åpnet for en rekke tilleggsaktiviteter på Kvitsøy.

Habitatregistreringer

Formålet var å få en mer systematisk beskrivelse av flora og fauna ved typiske bunnforhold på de ulike utsettingslokalitetene på Kvitsøy. Her er kunnskapen mangelfull, og det er viktig med en vurdering i forhold til fremtidige utsettinger. Arbeidet ble gjennomført med et eget dykkerlag, og i alt 13 utvalgte lokaliteter ble undersøkt. På hver lokalitet ble fra 4 til 10 kvadrater nøye inspisert og dokumentert ved hjelp av undervannsfoto og video. Hver lokalitet ble klassifisert både med hensyn til bunnforhold (grus, sand, stein, fjell) og identifikasjon/mengdevurdering av ulike plante- og dyregrupper. Det ble utført i alt 28 persondykk med samlet bunntid på over 28 timer. I tillegg til de undersøkte lokalitetene, ble det gjennomført 34 fridykk i strandsonen. Et

av siktemålene for habitatundersøkelsene er å utvikle grunnlaget for en koordinering med DAHABU-systemet under professor Balchen i Trondheim. Demonstrasjon av sistnevnte system fant sted i Trondheim i begynnelsen av september med deltagelse fra HI.

Sammenligning av redskap

Siktemålet var å sammenligne redskaper for å teste fangsteffektivitet. Det ble fisket med inn-til 60 redskap av tre ulike typer i hele perioden, hovedsakelig på utvalgte områder på Kvitsøy. Gjennom kontakt med lokale fiskere ble det også gjort enkeltforsøk i området rundt Rott og på Vignesholmane ved Finnøy i Ryfylke. I alt ble 92 hummer fanget, og alle ble merket og utsatt i samme fangstområdet etter måling og prøvetaking. Merket som ble benyttet var et ytre merke ("streamer"-merke) som er lett gjenkjennelig for fiskere.

Fangstene tok seg sterkt opp mot slutten av perioden, noe som sannsynligvis henger sammen med en økning i temperaturen. Det ble foretatt i alt 378 redskapstrekk under toktet. Det var stor forskjell i fangst mellom ruser og teiner. Av fangstene som ble tatt på Kvitsøy, var 80% tatt i åleruser. Antall hummer per hal var for åleruser 0,12. Tilsvarende tall for "Måløyteine" og "Haugesundsteine" var på 0,02 og 0,01.

Planktontråling etter hummerlarver

Offisielle registreringer av naturlig klekkede hummerlarver er ikke tidligere gjort i Norge, og formålet med planktonundersøkelsen var å se om det fantes hummerlarver i området rundt Kvitsøy. Tildelingen av "G.M. Dannevig" muliggjorde gjennomføring av regelmessige plankontrekk med MIK-håv på utvalgte stasjoner rundt Kvitsøy gjennom hele perioden. Det ble gjennomført i alt 73 håvtrekk under toktet, samtidig som det ble tatt hydrografi på de samme lokalitetene. Totalt ble 28 larver fanget, og de aller fleste i de øvre vannlag. Det var en klar økning i fangstene i slutten av perioden, noe som igjen sammenfalt med temperaturstigning. Mest effektiv med hensyn til fangst var natt-trekk gjennomført 1. august. Det ble funnet hummerlarver både i området rundt Rott og ved Vignesholmane i Finnøy.

Skallskiftestudier

I forbindelse med toktet ble det også lagt inn skallskifteundersøkelser. Disse studiene er utformet i samarbeid med britiske samarbeidspartnere, som også deltok på feltarbeidet på Kvitsøy i juli. Det ble ialt lagt inn skallskiftemerker på 106 individer. Disse ble også merket med "streamer"-merker for senere identifisering under det kommersielle fisket. Senere på høsten ble noen av disse gjenfanget, og i alt 16 individer hadde gjennomgått skallskifte. I gjennomsnitt økte totallengden med 2,4 cm.

Alderbestemmelse av hummer

Kunnskapen om hummerens økologi er begrenset og må utvides betydelig for å forbedre forvaltningen av ressursene. Fram til nylig har det ikke eksistert sikre metoder til å aldersbestemme hummer. I utlandet har en i de seinere årene brukt mengden av pigmentet lipofuscin i hjernen som indikator på alder. På Kvitsøy er det satt ut et stort materiale av hummer som er merket med små magnetmerker. Ved gjenfangst av havbeitehummer er alderen kjent, og dette materialet kan derfor brukes for å teste forholdet mellom alder og lipofuscinmengde.

I 1995 ble det med støtte fra NFR satt i gang et eget forskningsprosjekt for å utvikle metode til

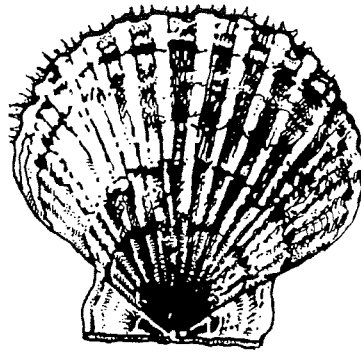
å aldersbestemme hummer basert på de nye metodene. Ferske hjerner og fikserte hjerner fra hummer med kjent alder ble undersøkt ved hjelp av histologiske metoder med sikte på mengdemåling av lipofuscin. Resultatene er oppsummert i en sluttrapport til NFR og konkluderer med at lipofuscinmålinger i fikserte hjerner ga best resultat som aldersindikator. I materialet på 92 undersøkte hummer ble 53% av dyrene bestemt til riktig alder med en nøyaktighet på 1 år, og 95% med en nøyaktighet på 2,8 år. Analyser av ferske hjerner ga unøyaktige mål på lipofuscinmengde.

Planer om nytt hummerklekkeri

Hummeranlegget på Kyrksætera er nedlagt og demontert, og i dag er det ingen produksjon av hummer i Norge. I 1994 ble det utarbeidet et forslag (I. Uglem) om muligheter for oppdrett av hummer på Kvitsøy. Dette var i hovedsak basert på den samme teknologien som ble benyttet på hummerklekkeriet på Kyrksæterøra, og innebar betydelige investeringer i nybygg samt tilgang på spillvarme. På basis av nye klekkemetoder og resultater med utsetting av hummerlarver i bur på havbunnen, ble også andre konsepter diskutert i begynnelsen av 1996. Alternative klekkemetoder ble videre behandlet på møte i Styringsgruppen for hummerprosjektet på Kvitsøy i slutten av februar, og det ble utarbeidet et detaljert forslag fra Senter for havbruk (I. Uglem). I forslaget legges det opp til en kombinasjon mellom hummerklekkeri og hummermuseum på Kvitsøy. De produserte hummerlarvene skal etter planen setter ut i bur på havbunnen.

Prosjektet ble grundig presentert på et eget seminar på Kvitsøy i begynnelsen av oktober 1996 med en rekke inviterte både fra fylkeskommune, fiskeriforvaltning og forskning. Planene ble godt mottatt, og det arbeides nå for å skaffe midler til gjennomføringen. Både Kvitsøy kommune og Rogaland fylkeskommune har til nå gitt positive tilbakemeldinger med hensyn til finansiering. Dersom de ulike deler av finansieringen går i orden, vil prosjektet komme i gang allerede våren 1997.

I.10 Kamskjell



Stein Mortensen,
Havforskningsinstituttet
og Gunnar Eiken,
Hordaland fylkeskommune

Kamskjellprosjektet - korthus eller solid overbygning for skjellprosjektene?

HVA ER KAMSKJELLPROSJEKTET ?

Kamskjellprosjektet er et nasjonalt næringsutviklingsprosjekt som har til mål å etablere kamskjelldyrking som en ny, bærekraftig næring langs kysten, fra Rogaland til Nordland, basert på lokale menneskelige og naturgitte ressurser.

Prosjektet har siden 1994 fungert som en «paraply» for en rekke forsknings- og utviklingsprosjekter og bedrifter som har valgt å samles i et funksjonelt utviklingsfellesskap. Kamskjellprosjektet er i dag det eneste fullskala næringsutviklingsprosjekt for nye marine arter i oppdrett i Norge. Havforskningsinstituttet er den sentrale forskningsinstitusjonen i prosjektet. Hordaland fylkeskommune representerer fylkeskommunene og er ansvarlig for bedriftsutviklingen.

Det er to måter å lage et slikt prosjekt på;

- 1 Å samle sammen det vi har av prosjekter og aktiviteter og lage et felles prosjekt av dem.
- 2 Å bygge en prosjektstruktur og forsøke å fylle den med de aktivitetene vi ønsker.

Vi har valgt alternativ 2, - ikke alene, men sammen med næringsaktørene og gjennom Kamskjellprosjektets styringsgruppe. Denne er sammensatt av representanter for næringsutøvere, Havforskningsinstituttet, fylkeskommunene, fiskerisjefene og Fiskeridirektoratet sentralt.

Gjennom fortløpende kontakt med aktørene, diskusjoner under Kamskjellprosjektets samlinger og på bakgrunn av egne erfaringer, er prosjektstrukturen blitt modifisert flere ganger, forhåpentligvis hver gang til det bedre.

KAMSKJELLPROSJEKTETS STYRKE -

Det tette samspillet mellom forskning, næring og forvaltning er Kamskjellprosjektets store styrke. Næringsutøvere har konkret bidratt til å definere forskningsoppgaver, og forskerne har en mulighet til å skalere opp forsøk gjennom samarbeid med skjelldyrkerne. En rekke aktiviteter og delprosjekter er generert i dette skjæringspunktet. Dyrkerne har gjort, og gjør fortsatt, en formidabel egeninnsats i utviklingsarbeidet.

På prosjektets halvårslige samlinger trekkes det også inn ressurspersoner som ikke er direkte med i prosjektet, - fra forvaltning, administrasjon, salg, markedsføring, andre FoU-miljøer, dykkerorganisasjoner, blåskjell-, haneskjell- og østersproduksjon. Målet med dette er til en hver tid å få gjennomgått aktuelle problemstillinger, og knytte ressurspersoner og viktige miljøer til Kamskjellprosjektet.

Kamskjellprosjektet har slik gradvis blitt et forum for norsk skjellnæring, og aktivitetene er samlet under det som vi mener er en «solid overbygning for skjellprosjektene». Næringsaktører, forskere og personer innenfor forvaltning arbeider med andre ord mot et felles mål ... *nesten* ... fordi prosjektet naturligvis også har sine svake sider.

- OG SVAKHETER

En av Kamskjellprosjektets største svakheter er finansieringssituasjonen. Prosjektet har ingen grunnbevilgning, og har fungert som et stort «spleiselag». En del av prosjektets sentrale aktiviteter er selvfølgelig relativt kostbare, og skjelldyrkerne har foreløpig ikke muligheter for å

legge penger inn i utviklingsarbeid. Det betyr at vi hvert eneste år må gå en ny runde med søknader, usikkerhet og bevilgninger som kommer alt for sent. I 1996 var det 20 ulike kilder som bidro til finansiering av prosjektet. I denne situasjonen er det vanskelig å legge opp en langsiktig strategi.

Prosjektets styringsgruppe har i praksis begrenset formell styringsmyndighet. Den har ikke hatt midler til disposisjon til prioriterte aktiviteter som har dukket opp underveis, eller falt utenfor den allerede finansierte aktiviteten (for eksempel forskningsaktiviteten finansiert av Norges forskningsråd). Av samme grunn fungerer prosjektlederne mer som koordinatorene enn som prosjektledere. Mangelfull finansiering av noen av prosjektets delaktiviteter har resultert i at noen av aktivitetene har «stått tomme» i 1996. Resultatet er at utviklingsarbeidet tar lenger tid enn nødvendig, og at deler av prosjektet kan fremstå som et «korthus».

Stort kamskjell er definert som «satsingsart» i Norge, men det er fremdeles ingen fast ansatte «skjellforskere» her i landet. Det sier seg selv at det er vanskelig å gjøre en god jobb, som både prosjektleder og prosjektengasjert forsker samtidig. Å drive langsiktig næringsutvikling med en stab av midlertidig ansatte er et paradoks.

Det at mange bedrifter deltar i prosjektet er av noen blitt påpekt som en svakhet. For oss er det en styrke. De deltakende bedriftene er valgt ut fra en vurdering som går på geografisk spredning, motivasjon, vilje og evne til å satse langsiktig, kompetanse innen feltet og økonomi i et langsiktig perspektiv. Å utvikle en ny næring tar tid, og man støter stadig på nye problemer som ikke var kjente ved prosjektstart. Dette krever vilje til langsiktig satsing og utholdenhet. Bedriftene satser ikke så mye penger i nåværende fase, men desto mer innsats i form av eget arbeid og tid. De deltar i prøvedyrking over flere sesonger og skaffer forskerne data til en meget rimelig pris. Denne innsatsen vil betale seg i det øyeblikk vi behersker de ulike ledd i kamskjell dyrkingen.

Fra næringsutøvernes synsvinkel kan det synes

vanskelig å kombinere forskning, utvikling og forretning. Bedriftene legger ulik grad av kapital og risiko inn i kamskjell dyrkingen. Noen av bedriftenes innsats harmonerer derfor kanskje ikke med den graden av risiko som ligger i prosjektstrukturen. Det kan lett oppstå «dobbeltroller»,- og mer eller mindre synlige motsetninger mellom næringsaktørene, samtidig som alle i prosjektet per definisjon «skal ha» en felles strategi. Dette er fra vår synsvinkel uunngåelige problemstillinger i et næringsutviklingsprosjekt. Vi kan arbeide for å minimalisere disse problemene ved å;

- oppnå en bedre langsiktighet i prosjektaktivitetene
- fortsette å organisere samlinger med åpen diskusjon av sentrale tema
- fokusere på tiltak som er felles for hele skjellnæringen
- holde en god informasjonsflyt og få prosjektets sekretariatsfunksjon til å fungere tilfredsstillende

Skal vi lykkes i den strukturen Kamskjellprosjektet har, må vi fortsette arbeidet med å etablere de aktivitetene vi mener er sentrale, og definere forutsetningene for å lykkes.

OG FORUTSETNINGENE ER :

Langsiktig finansiering av sentrale aktiviteter
Prosjektet består både av aktiviteter som er langsiktige, og av støtteaktiviteter som ikke nødvendigvis behøver å være det. Vi kan gi to eksempler på langsiktige delaktiviteter:

1. Kamskjellprosjektet består hvert år av mellom 10 og 15 delprosjekter. Det er Styringsgruppen og sekretariatet som har ansvar for å prioritere og koordinere de ulike delprosjektene. Det har til nå ikke lyktes å oppnå en langsiktig finansiering av denne funksjonen. Styringsgruppe og sekretariat bør fungere i et langsiktig perspektiv slik at både myndigheter, finansieringskilder, FoU-institusjoner og næringsutøvere kan føle seg trygge på at utviklingen er under nødvendig koordinering og styring.

2. Det dårlige resultatet av yngelproduksjonen i 1996 har vist oss at storskala yngelproduksjon av denne arten, på tross av store fremskritt, ikke er stabilisert. Vi har tatt konsekvensen av dette og økt forskningsaktiviteten på produksjon av kamskjellyngel i industriell skala. Betydelige midler er satt inn på oppskalering av yngelproduksjonen som et eget delprosjekt, og dette delprosjektet blir (i vår målestokk) kostbart. Fra en faglig synsvinkel har dette delprosjektet kun verdi i et minst fireårig perspektiv.

Sikring av nøkkelpersonell

For å sikre at delaktivitetenes progresjon er tilfredsstillende, må vi også ha en langsiktig personalstrategi. Slik prosjektet fungerer i dag, hvor hele forskerstaben er midlertidig ansatte, er det sårbart. Vi må derfor arbeide for å få sikret de som sitter i ledende nøkkelfunksjoner. Bare på denne måten har de som er med i prosjektet en garanti for at arbeidet er langsiktig, og bare slik har vi garanti for at den vitenskapelige progresjonen på sikt blir slik den skal være.

Faglig tyngde

Faglig produksjon av høy kvalitet er Kamskjellprosjektets beste konkurransefortrinn. Prosjektet må vise at det driver forskning på høyt nivå, og **ikke** er næringsutviklingsprosjekt med en forskningsdel som driver "brannslukking" når det oppstår problemer. Vi anser prosjektets faglige produksjon for utmerket, og prosjektet er forsterket med flere ressurspersoner fra 1996-97. Vi arbeider nå for å øke publiseringsraten, slik at dette blir bedre synliggjort.

Styrking av Kamskjellprosjektets styringsgruppe

For å sikre Styringsgruppen reell innflytelse er det nødvendig at den får midler til rådighet. Erfaring viser at det gjennom året kommer opp problemstillinger og forslag til løsninger som det ikke har vært mulig å forutse på det tidpunkt søknader om finansiering av det enkelte delprosjekt ble sendt.

Lojalitet og samarbeid

Lojalitet og samarbeid er ingen selvfølge, men noe vi må arbeide for. Kamskjellprosjektet representerer i dag et praktisk talt **samlet** norsk kamskjellmiljø, og er på god vei til å bli et fo-

rum for norsk skjellnæring. Kamskjellprosjektet er ikke et rent Havforskningsinstituttprosjekt, men en nasjonal næringsbygging, et felles arbeid mot felles mål. Norge er imidlertid lite, og forvalter lite forskningsmidler til våre fagdisipliner. Vi er overbevist om at det alltid er best å *samle* fagmiljø og kunnskap. En gruppe arbeider bedre enn spredte enkeltpersoner. Det at forskjellige og tidvis konkurrerende forskningsmiljøer skal gjøre den samme jobben, hver på sin kant, kan lett bli en meningsløs pengesløsning som næringen overhode ikke nyter godt av. Det kan vi ikke akseptere.

Havforskningsinstituttet er i dag den største forskningsaktøren på kamskjell, og Kamskjellprosjektet det eneste organiserte næringsutviklingsprosjektet for marine arter i Norge. Vi som arbeider i prosjektet må alle bidra for å holde dette samlet, og arbeide for å trekke inn blåskjell, østers og det vi kan kalle «fellesprosjekter». Hvis vi klarer å skape tillit og samhold kan arbeidet i Kamskjellprosjektet gagne hele skjellnæringen.

. . . men alle overbygg er korthus hvis ikke byggesteinene er gode nok . . .

DE ULIKE FoU-AKTIVITETENE

Yngelproduksjon av stort kamskjell

Intensiv yngelproduksjon har fått høyest prioritet i FoU-delen av prosjektet. Alle delprosjektene på yngel er koordinert gjennom *Faggruppe yngel*. Aktivitetene består av rene forskningsaktiviteter, en kontrollert oppskalering av produksjonen, og en produksjonslinje i regi av firmaene Scalpro AS og Sealife AS.

Fra 1996 er det blitt fokusert sterkt på oppskaleringen av yngelproduksjonen, og fra sommeren 1996 ble det knyttet til flere ressurspersoner med spisskompetanse på fagfelt som er vurdert som sentrale for å løse definerte problemområder. Blant annet er beskrivelse av mikrobielt miljø i skjellenes larvefase og styring av pollmiljøaktiviteter som blir økt fra 1997.

Dyrking

Femogtyve bedrifter holder nå på med forsøksdyrking i mellomkultur. Fjorårets sesong viste

at det er stor forskjell på lokalitetene, og at kamskjellyngel blant annet er spesielt følsomme for lave temperaturer. Resultater fra inneværende og kommende år vil gi svært verdifull informasjon om plassering av mellomkulturanlegg.

Det pågår også utredning og utprøving av alternative metoder for mellomkultur i samarbeid med næringsutøverne. Det er blant annet gjort innledende utprøving av bunnfelt, hvor utsatt skjellyngel i et naturlig miljø har vern mot rovdyr som krabbe og sjøstjerner. Strategien for utsettinger av skjell i bunnkultur drives som et eget delprosjekt, i tett samarbeid med næringsutøverne.

Forvaltning

Kamskjelldyrking er en ny næring, og en rekke problemstillinger må avklares i den inneværende fasen. Forvaltningsrettet aktivitet har derfor vært definert som en egen delaktivitet. Det har blant annet vært arbeidet med;

Helseovervåkning. I samarbeid med Veterinærinstituttet, Bergen, er det startet undersøkelser som skal danne grunnlaget for sykdomskontroll av kamskjell. Det er også gitt råd om å definere et regelverk for flytting av kamskjell langs kysten. Sykdomsfrie skjell er en forutsetning for en utvikling av kamskjellnæringen.

Samlokalisering av laks og kamskjell

I regi av ALLFORSK i Trondheim er det nylig startet et prosjekt som skal se på mulige positive og negative effekter av samlokalisering av skjell og fisk. Det er gjennom prosjektet håp om å få avklart en rekke uklare, men prinsipielt og praktisk viktige forhold.

Produktkvalitet

Det er gjort en utredning av relevante kvalitetskriterier for konsumskjell og skjellprodukter ved Havforskningsinstituttet. Praktiske forhold rundt forbedret og standardisert råvarebehandling, pakking, lagring og merking er diskutert ved Kamskjellprosjektets samlinger. Det er også startet forsøk med måling av endringer i råvare-

kvaliteten ved ulike metoder for pakking og lagring av kamskjell.

Kartlegging og forvaltning av ville bestander

Kamskjellprosjektet samarbeider med forvaltningsmyndighetene for å oppnå en fornuftig forvaltning av ville kamskjellbestander, parallelt med oppstart av registreringer og datainnsamling av data fra bestandene.

Genetikk

I forbindelse med et hovedfagsstudium ble det startet populasjonsgenetiske undersøkelser av kamskjell fra Hordaland og Trøndelag ved hjelp av molekylærgenetiske metoder. En spesifikk del av mtDNA ble oppformert ved hjelp av PCR-teknikk og kuttet med forskjellige restriksjonsenzymmer. Data fra denne undersøkelsen vil foreligge i løpet av 1997.

Bedriftsutvikling

Omlag tredve bedrifter og femten lokale veiledere, jevnt fordelt på fylkene fra Rogaland til Nord-Trøndelag, deltar i aktivitetene til Kamskjellprosjektet. Det er etablert lokale skjelldyrkermiljøer i hvert fylke, i noen tilfeller gjennom lokalt organiserte skjellfora som tar del i den lokale næringsutviklingen. Dette skjer i forståelse og nært samarbeid med Kamskjellprosjektet.

Lokale og regionale finansieringskilder er informert om utviklingen og bidrar ved etableringen av nye skjellbedrifter. Kamskjellprosjektets sekretariat har en dialog med miljøvernmyndighetene for å sikre arealer som kan benyttes til skjelldyrking i den pågående Kystsoneplanleggingen. Fiskeridirektoratet har utarbeidet et regelverk for midlertidige konsesjoner for kamskjell i mellomkultur og bunnkultur. De bedriftene som deltar i Kamskjellprosjektet har fått gebyrfritak på prøvedyrkingskonsesjoner.

Markedsbearbeiding

De største næringsaktørene i Kamskjellprosjektet

er ledende på markedssiden og leverer et spekter av skjell og skjellprodukter. Det gjøres forsøk på å komme inn på spesielt interessante utenlandske markeder. Det ble i 1995 gjort produkttester og markedsanalyser i Sverige og Frankrike, i samarbeid med Norges Eksportråd. Erfaringer så langt tyder på at både pris og kvalitet ser ut til å tåle konkurransen på en del potensielle markeder. Leveringsevnen er en begrensende faktor, og denne vil ikke bedre seg før vi får større kvanta med dyrkede skjell på markedet. I mellomtiden er det viktig at næringen ikke tømmer de naturlige forekomstene av skjell, men driver

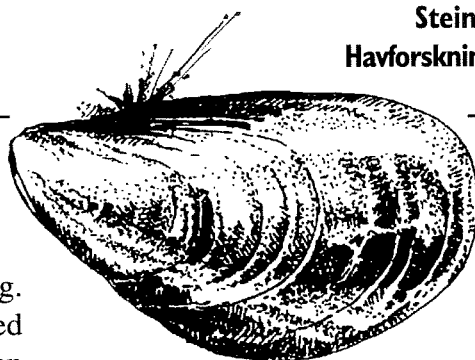
en systematisk og gradvis oppbygging av både det innenlandske markedet og interessante eksportmarkeder,- i takt med økt kamskjell-dyrking og bedret kunnskap om de ville høstbare bestandene.

Kamskjellprosjektet vil nå, i samarbeid med Eksportutvalget for Fisk og næringsutøverne, bidra til et nødvendig markedsarbeid for å realisere det store potensialet som ligger i norsk skjellnæring.

Bakgrunns litteratur er tilgjengelig ved henvendelse til forfatter.

I.II Status for andre skjellarter

Stein Mortensen,
Havforskningsinstituttet



ØSTERSENS «LIV OG LEVNET» I NORGE

Det er få aktive østersprodusenter i Norge i dag. Paradoksalt nok, for vi har lange tradisjoner med østersdyrking, og vår stedeagne flatøsters er en art med et stort marked utenfor landets grenser. Hjemmemarkedet er lite,- foreløpig på et par hundre tusen østers per år. Det er sannsynligvis en rekke grunner til at produksjonen er lav. En grunn er høye produksjonskostnader, en annen at det antakelig ikke er gjort nok for å få organisert dyrkere og distribusjonsledd slik at det kan presenteres store volumer østers av høy kvalitet på markedene i Europa. I tillegg kommer at dyrkerne generelt har liten erfaring med hva markedet ønsker av størrelser og kvaliteter. Østers vi har samlet inn i løpet av de siste årene viser tydelig at kvaliteten varierer mye, fra fremragende til uspiselig. Når vi finner denne variasjonen også ute i salgsløddene, har næringen definitivt et problem.

Institutt for tekniske fag ved Norges landbruks-høyskole har i samarbeid med NIVA, en østersprodusent, en grossist og en detaljist nylig gjennomført et prosjekt med testing av levende-lagring av østers helt frem til forbruker. Dette er en spennende problemstilling, som berører en rekke praktiske forhold rundt lagring, håndtering og ikke minst skjellkvalitet. Det foreligger ennå ikke rapport fra prosjektet.

Flatøstersbestandene i Europa sør for Danmark er kraftig redusert på grunn av sykdommer. Som ledd i dokumentasjon av helsestatus i dyrebekstander, gjennomfører Statens Veterinære Laboratorier i samarbeid med Havforskningsinstituttet en helseovervåkning av flatøsters fra ti lokaliteter langs kysten. Prøvetakingen har pågått siden 1995, og resultater så langt tyder på at der ikke er alvorlige sykdommer i de undersøkte norske bestandene. Dette kan over tid utvilsomt representere et konkurransefortrinn. Hvis vi holder bestandene sykdomsfrie, kan vi på litt

sikt muligvis levere yngel til dyrkingsanlegg i andre områder, i tillegg til matskjell.

Ved ett av de operative østersanleggene pågår det arbeid med oppskalering og effektivisering av produksjonen av flatøsters. Også her er Institutt for tekniske fag ved NLH ansvarlig for utviklingsarbeidet. Prosjektet har rapportert at prinsippet for nye, patentsøkte dyrkingsmoduler utviklet i prosjektet er større enheter, og forbedret vanngjennomstrømming i forhold til tradisjonelle kasser og nett. Det er også rapportert om forbedret vekst av østers i de nye modulene. Vi har ikke fått rapporter eller informasjon som gir detaljer om de nye skjelldyrkingsystemene.

Østers er internasjonalt sett en spennende og aktuell oppdrettsart. Vi forventer imidlertid at utviklingen av østersdyrking i Norge er avhengig av graden av kontakt med Europa.

BLÅSKJELL, OPP AV ASKEN ?

Fortiden henger som et svart slør over norsk blåskjellproduksjon. Det er tross alt ikke så lenge siden 1980-årene, og datidens satsing på blåskjelldyrking uten skikkelig kvalitetssikring, markedsarbeid og kontrollfunksjoner brukes av mange som eksempel på at skjelldyrking i Norge ikke lønner seg. Det er forståelig, men sannsynligvis feil.

I tunge stunder ser det imidlertid ut til at man er i ferd med å gjøre noen av feilene en gang til. Blåskjellnæringen er nemlig avhengig av en algegiftkontroll som raskt, korrekt og billig gir svar på om skjellene kan høstes. Denne kontrollen har ennå ingen tilfredsstillende permanent

finansiering, og det er grunn til å spørre seg om det har noen som helst mening å satse på blåskjell dyrking i Norge før alggiftkontrollen er permanent sikret. Dette har vi ment, sagt og skrevet mye om

I lysere stunder fokuserer vi på de positive tingene som har skjedd. For blåskjellproduksjonen i Norge øker faktisk. Særlig i Trøndelag, hvor giftalgeproblemene ikke har vært for alvorlige, og hvor dyrkerne etter hvert kjenner dyrkingsområdene svært godt.

I Sogn har det også skjedd en del. Firmaet FjordAker a/s har gjort et viktig utrednings- og planleggingsarbeid, men har ikke kommet i produksjon. Erfaringer fra dyrking viser at Sognefjorden på samme tid både er egnet og problematisk. I deler av fjorden er alggiftproblemene store, og har hittil gjort det vanskelig å drive regningssvarende blåskjellproduksjon. På den annen side er deler av fjorden produktive med et stort biologisk dyrkingspotensial for skjell. For å finne skjæringspunktet som muliggjør effektiv produksjon med små problemer, gjør Peter Hovgaard og medarbeidere ved høyskolen i Sogn og Fjordane nå et grunnleggende arbeid for å finne frem til dyrkingsstrategier som gjør det mulig å produsere giftfrie blåskjell med høy kvalitet. Dette er et arbeid som helt sikkert har relevans også for dyrking i andre fjordsystemer.

Det er nå innført en ordning hvor algetellinger i vannprøver kan brukes til å supplere analysene fra alggifttesting ved bruk av musetest. For dyrkerne betyr dette at hvis et skjellparti er godkjent for salg etter en tradisjonell musetest, så kan godkjenningen forlenges hvis det ikke oppdages giftproduserende alger i vannprøven. Det er altså ikke nødvendigvis påkrevd med en ny musetest etter 10-14 dager. Algetellingen er raskere og betydelig rimeligere enn en ny musetest, noe som gir økonomisk besparelse og praktiske fordeler for skjelldyrkeren. Men ordningen

er ikke satt skikkelig i system. Skjelldyrkerne er avhengige av selv å få kontakt med fagfolk som kan utføre arbeidet.

Næringen selv har også begynt å arbeide med kvalitetssikring av prosess og produkt. Dette er utviklingsarbeid som er viktig for hele skjellnæringen. Som fellestiltak bør det koordineres med den produkt- og markedsutviklingsaktiviteten som gjøres i regi av Kamskjellprosjektet.

Det skjer med andre ord mye positivt i blåskjellnæringen, og blåskjell dyrking har utvilsomt et stort utviklingspotensial. Utviklingen hemmes i dag av manglende politisk vilje til å legge til rette forholdene rundt kvalitetssikring av produksjon og produkt. Næringen trenger **først** kontrollfunksjoner, og **deretter** støtte i en utvikling som antakelig vil gå mer eller mindre av seg selv.

Utvikling av blåskjellnæringen er et spørsmål om å gjøre ting i rett rekkefølge.

OG HVA MED DE ANDRE ARTENE ?

I fangstet volum er haneskjell den viktigste skjellarten i Norge. Denne arten fangstes av skjellskrapere i nordområdene, rundt Bjørnøya og Jan Mayen. Det fangstes også haneskjell i fjordene i Nord-Norge. Årlig rapporteres det samlet inn fangster på omlag ett tusen tonn levendevekt haneskjell. Kunnskapsgrunnlaget om bestandene er fremdeles svakt. I tillegg til det som skrapes, høstes det litt haneskjell av dykkere.

Andre skjellarter høstes i dag fra ville bestander. De skjellfirma som omsetter skjell i dag, leverer gjerne mindre partier av levende haneskjell, hjerteskjell og ulike typer sandskjell. Også snegl og kråkeboller selges i mindre partier til restaurantmarkedet. Dette viser at idéen om at alt må selges «i stort» ikke holder stikk. Når skjell-leverandører er etablert på markedet, kan de utmerket godt levere mindre partier nisjeprodukter. En forutsetning er imidlertid at de til en hver tid kan levere et basisutvalg av kamskjell, blåskjell og helst også østers.

Bakgrunns litteratur er tilgjengelig ved henvendelse til forfatter.

2.1 Om fiskefôr - råstoff, produksjon og tildeling

Kjartan Sandnes,
Havforskningsinstituttet

Ifølge verdens matvareorganisasjon (FAO) vil matproduksjon gjennom akvakultur i økende grad bidra til verdens sjømatforsyning. Fangst på ville bestander ser ut til å ha stabilisert seg på i underkant av 100 millioner tonn, og vil neppe øke. Befolkningsvekst i U-land kombinert med økt kjøpekraft og bevissthet for sunn og helse riktig kost i den velstående del av befolkningen vil øke behovet for sjømat med 20-30 millioner tonn tidlig i neste århundre. I tillegg til større satsing på akvakultur går FAO også inn for å stimulere til bedre ressursforvaltning, økt utnyttelsesgrad av fiskeråstoff til humant konsum på bekostning av produksjon av mel og olje samt bedre utnyttelse av avskjær og utkast.

Selv om den største framveksten i akvakultur globalt vil sees innenfor varmekjære plantespisere, vil produksjonen av kjøttetende kaldtvannarter også øke betydelig. Vår laks trenger fôr, og konkurrerer om fôrressursen. I dette perspektiv er det viktig at vi beskikker vårt bo vel innenfor forvaltning og utnyttelse av marine fôrressurser, samt miljø og arealbruk i oppdrett. Den forventede veksten i norsk akvakultur vil forsterke fokuseringen på disse områdene, ikke bare i berørte kystområder, men også i landet som helhet etterhvert som næringen får økt betydning. Som bakgrunn for å diskutere situasjonen i Norge kan det være nyttig å reflektere over noen nøkkeltall knyttet til fôrråvarer og intensivt oppdrett globalt.

Den globale situasjon

Fiskemel og -olje er hovedingrediensene i fôr til fisk og reker. Omlag en tredjedel - ca. 30 millioner tonn - av verdens samlede fangst anvendes som råstoff til fiskemel og -olje. Det forventes at en større andel av dette råstoffet vil gå til humant konsum, og at produksjonen av mel og olje gradvis vil bli redusert - kanskje med 10 % fram mot årtusenskiftet. Verdens samlede produksjon av fiskemel varierer i området 6 - 7 millioner

tonn, men en fallende tendens kan allerede merkes. Fra en produksjon på 7.1 millioner tonn i 1995 gikk produksjonen ned til 6.7 millioner tonn i 1996. Årets produksjon forventes å bli på 6.3 millioner tonn. Tilsvarende er produksjonen av fiskeolje redusert fra 1.44 millioner tonn til 1.25 millioner tonn.

Protein og oljer av marin opprinnelse utgjør bare en liten del av verdens samlede fôrvarer, men har spesielle ernæringsmessige egenskaper som gjør dem etterspurte og særlig verdifulle. Dette gjelder spesielt for fiskefôr, og det er i overskuelig framtid vanskelig å tenke seg effektive laksefôr uten marine råvarer.

Verdensproduksjonen av fisk og reker i oppdrett basert på kommersielt fôr var på 4.3 millioner tonn i 1992, fordelt med vel 1.4 millioner tonn på kjøttetende fisk, nær 1 millioner tonn på reker og ca. 1.9 millioner tonn på ikke-kjøttetende fisk. Samlet konsumerte disse tre gruppene vel 3.3 millioner tonn fôr. Analyser gjennomført av FAO tilsier at produksjonen ved årtusenskiftet vil bli 5.4 millioner tonn, og at produksjon av kommersielle fôr vil være 4.5 millioner tonn - en økning på 1.2 millioner tonn fra 1992, eller vel 25 %.

Utviklingen er klar - verdens samlede produksjon av fiskemel og marine oljer reduseres, mens akvakulturproduksjon basert på kommersielle fôr øker. Det foregår en intensiv forskning og utvikling for å komme fram til prosesseringsmetoder som øker anvendbarheten av vegetabilsk protein og bioprotein i fiskefôr, og et stykke på vei er dette allerede mulig. Problemet med råstoffknapphet på marine oljer ligger enda nærmere, og bruk av animalske (fra landdyr) og vegetabiliske fettkilder i fiskefôr vurderes. Disse fettkildene vil imidlertid bidra til å gi produktene en annen ernæringskvalitet og dermed «image». Skal vi i framtiden markedsføre norsk laks som et helsefremmende og sunt produkt med høy

innhold av de livsnødvendige omega-3 fettsyrer fra havet må vi benytte oljer med opprinnelse i det marine miljø.

En trenger ikke være spesielt analytisk anlagt for å se konturene av det bildet som åpenbarer seg - vi vil få problemer med å skaffe nok marint råstoff til fôr. Hvilke utfordringer står så Norge overfor i dette bildet?

Norges plass

Tross enkelte tilbakeslag og kritiske røster - norsk oppdrettsnæring er en eventyrlig suksess. I 1996 var eksportverdien av norsk sjømat 22.5 milliarder kroner, hvorav lakseeksporten utgjorde omlag 7 milliarder. De fleste aktører tjener nå penger som gir grunnlag for sysselsetting i Kyst-Norge. Det er en oppgave å øke foredlingsgraden i Norge og dermed øke verdiskapningen. Prognoser for oppdrettsnæringens vekst spriker, men en kvalifisert gjetning av Det nasjonale utvalg for havbruksforskning (1991) på 500.000 tonn ved årtusenskiftet synes ikke svært langt unna.

Produksjonen av fiskefôr i Norge var i 1996 omlag 450.000 tonn, hvorav minst 400.000 tonn var av marin opprinnelse, litt mer enn halvparten av dette i form av mel og litt under halvparten som olje. Til sammenligning var produksjonen av fiskemel i Norge i 1995 på 227.000 tonn mel og 82.000 tonn olje. Fra å være en eksportør er Norge nå i ferd med å bli en nettoimportør av marine råvarer til fiskefôr.

Vi har sett at trenden globalt går mot redusert mel- og oljeproduksjon på bekostning av økt anvendelse til konsum. Det samme vil skje i Norge - i enda større grad. I dag går tidligere industriråstoff som sild og makrell til konsum, og hestmakrell fryses allerede i dag for konsummarkedet. Jeg tror at kolmule vil bli matfisk innen kort tid, kanskje også havbrisling. Tobis og øyepål vil kanskje også kunne utnyttes, men for disse artene er nok tidsperspektivet lengre. Men for tobis og øyepål er et annet spørsmål på dagsordenen; knyttet til forvaltningen av Nord-sjøen. Flere og flere gir uttrykk for at disse artene må spares på bekostning av uttak av fisk høyere oppe i næringskjeden.

Perspektivene som ligger i en slik utvikling bør uroe nattesøvnen til tradisjonelt tenkende fiskemelprodusenter. Samtidig er det en stor utfordring som gir spillerom for nytenkning og nyskaping i tilknytning til begrepet Norsk Kystnæring; det vil si et samspill mellom ulike næringsinteresser med tilknytning til fiskeri og havbruk. I realiteten er det bare en eneste marin fôrstoffkilde som vil gi økende volum i tiden framover - avskjær. Økende grad av fisk til konsum, økende foredlingsgrad i Norge og forbedringer i innsamlingslogistikk vil bidra til en betydelig råstoffmengde. Dette vil være et ypperlig utgangspunkt for fôrproduksjon, men vil også kunne gi grunnlag for produksjon av produkter til humant konsum, biotekniske produkter etc.

En slik utvikling vil være positiv for tradisjonell fiskeindustri, fangst og oppdrett. For å kunne realisere verdiskapningspotensialet kreves investeringsvilje, kompetanseoppbygging og -utvikling i alle ledd, satsing på forskning og utdanning, riktig forvaltning og ikke minst holdningsskapende arbeid. De nasjonale komparative fortrinn som ligger i en slik tilnæringsmåte vil styrke virksomhet i kystsamfunnene.

Det er mulig at slik virksomhet vil bli vurdert som uinteressant for de store, internasjonale aktører, for eksempel førselskapene. Ved å betrakte fôråvarer som en internasjonal handelsvare i et verdensomspennende marked, øker faren for å overse komparative fortrinn i nasjonale ressurser, for eksempel i forhold til kvalitet, transport, opinionsholdninger etc.

Ved å utvikle bedrifter med spisskompetanse og i større grad knytte bånd mellom næringens ulike ledd (for eksempel mellom filetindustri og virksomhet som utnytter avskjær), vil verdiskapningspotensialet i verdikjeden fra fangst til bearbeidet produkt lettere kunne realiseres, for eksempel når det gjelder produksjon av fiskefôr basert på lokalt råstoff. Slik produksjon vil være framtidsrettet også ut fra miljø- og ressurshensyn, og i forhold til retningslinjer for forsvarlig økologisk drift (for eksempel ved mindre behov for transport). Ikke minst det siste vil

få økende betydning i tiden som kommer, jamfør regjeringen Jaglands tiltredelseserklæring og tanker omkring «Det norske hus» med en samfunnsutvikling bygget på økologiske prinsipper. Det er et tankekors at Norske fiskeoppdretteres forening og offisiell norsk fiskeriforvaltning har satt seg imot arbeid i denne retning, i en tid da ikke bare politikere, men også norsk næringsliv forøvrig har satt slike spørsmål på dagsordenen.

I forlengelsen av dette og de skisserte tankene omkring fôrressurser og fôrproduksjon i Norge er det en del andre momenter som hører med, nemlig hvordan vi bruker fôret når det først er produsert.

Om utfôring

La oss gjøre et tankeeksperiment bygd på følgende forutsetning: Det ble fôret ut 450.000 tonn fôr i norske oppdrettsanlegg i 1996, hvorav 10 % gikk tapt som fôrspill. Tapet kan diskuteres, men 10% er etter min mening realistisk, kanskje i underkant. Ergo kan vi betrakte 45.000 tonn fôr som tapt i vårt eksempel.

Under forutsetning av at 90% av fôret er av marin opprinnelse vil da omlag 40.000 tonn marint protein og olje gå tilbake i havet. Med en omregningsfaktor på tre betyr dette at omlag 120.000 tonn fiskeråstoff ikke går inn i produksjonskjeden. Sagt på en annen og mer brutal måte; 120.000 tonn industrifisk kastes direkte tilbake på sjøen etter at den er fanget, prosessert til fiskemel og -olje og videre til fôr som er transportert ut til anleggene. Dette er ingen katastrofe isolert betraktet ut fra næringsstoffbalanse i et større økosystem, men det er åpenbare andre sider ved dette som må gi ettertanke: Det ene er den lokale miljøbelastning under oppdrettsanleggene som er hovedargumentet for å ha reservelokaliteter, den andre i forhold til ressursbruk i fangstflåte og prosessindustri, og det tredje er den åpenbare økonomiske siden av dette.

Skal Norges posisjon som oppdrettsstormakt sikres og styrkes, må disse momentene på dagsordenen. Først - poenget med lokal miljøbelastning og reservelokaliteter:

Fortsatt vekst i norsk oppdrettsnæring krever større sjøarealer. Undersøkelser har vist at vi har mye å gå på nasjonalt, selv om metningspunktet er nådd i enkelte områder. Dette punktet kan vurderes ut fra ulike kriterier, for eksempel miljøbelastning og /eller lokalitetens bæreevne for produksjonsmengde. Et mindre vurdert kriterium er arealbruk sett i forhold til opinionen, det vil si samfunnets holdninger til denne type næringsvirksomhet. Problemet med sei som spiser spillfôr og som fiskes og spises av folk i nærheten av anlegg, er et klassisk eksempel på et potensielt miljøproblem og definitivt et opinionsproblem. Slike faktorer vil kunne påvirkes gjennom reduksjon i lokal miljøbelastning, og dermed redusert behov for reservelokaliteter. Dette kan oppnås ved endrete driftsformer som reduserer eller eliminerer fôrtap. Ulike tiltak er foreslått og prøvd, men jeg tror at bruk av flytefôr er den eneste reelle løsningen på sikt. Forsøk er i gang med dette, og innledende tester viser lovende resultater. Dersom dette lykkes, vil næringen forbedre sitt «image» ved i større grad å framstå som miljøvennlig, effektiv og lønnsom.

Dersom en kan unngå fôrtap, vil også ressursaspektet tre enda klarere fram; jamfør tap av fôr produsert fra 120.000 tonn industrifisk som nevnt ovenfor. Produksjon av laks er den mest effektive form for «husdyrproduksjon» - langt mer effektiv enn kylling, gris og sau sett i form av spiselig utbytte målt mot fôrforbruk. Dette bildet vil ytterligere forsterkes dersom vi får utnyttet alt fôret i produksjonen, noe som i neste omgang vil bidra positivt i opinionen.

Ikke minst vil lønnsomheten økes ved at industriråstoffet utnyttes bedre. Vi må betrakte dette i et globalt markedsperspektiv der vi ifølge FAO vil se økende etterspørsel etter marint protein og marine oljer. Nasjonaløkonomisk kan det ikke være fornuftig å bruke store ressurser til fangst, prosessering og transport av 120.000 tonn industriråstoff som ikke går inn i en videre verdiskapning i form av laks, men som går tapt som fôrspill i oppdrett. I dette ligger det et lønnsomhetspotensial ikke bare for laksenæringen, men også for fiskeflåten.

2.2 Effekt av sult på vekst, ernæringsstatus og helse hos stor laks

Rune Waagbø,
Fiskeridirektoratets ernæringsinstitutt
Tom Hansen,
Havforskningsinstituttet

I perioden desember 1995 til januar 1996 ble det gjennomført en seks ukers fôringsstopp i norsk lakseoppdrett som produksjonsregulerende tiltak. Flere rapporter viser til at fôringsstoppen har hatt sin tilsiktede virkning, nemlig å redusere lakseproduksjonen i 1996 med minst 40.000 tonn.

Det foreligger få vitenskapelige data som antyder hva en slik sulting har å si for fiskens generelle helsetilstand, og hva som skjer etter at fôringen igjen er startet. Fra rapportene er det antydning at enkelte anlegg sliter med ettervirkninger fra sultingen, som dårlig vekst og dødelighet, kanskje spesielt i regioner med kaldere vann-temperaturer. Fra forsøk med andre dyr, og fra mennesker som lider av underernæring vet vi at dette har negativ betydning for motstand mot infeksjonssykdommer.

I likhet med andre dyr og mennesker vil sultende fisk ha en rekke kompensatoriske mekanismer som gjør den i stand til å overleve lange perioder uten tilgang på føde. Fisk har en bedre evne til å tåle perioder uten føde, og har i sin livssyklus normale perioder med lavt eller intet fôrinntak. Eldre eller større fisk har sannsynligvis bedre utviklete kompensatoriske mekanismer som gjør den i stand til å overleve lengre perioder enn yngre fisk.

I løpet av 1996 ble det derfor gjennomført et utredningsprosjekt som hadde som mål å belyse effekter av langvarig sult på vekst, ernæringsstatus og helse hos stor laks. Utredningen inneholder resultater fra en utført modellstudie som er diskutert opp imot litteratur innen de forskjellige delproblemstillinger. Denne artikkelen summerer opp noen av dataene og konklusjonene i utredningen. Prosjektet har vært et samarbeid mellom Fiskeridirektoratets ernæringsinstitutt (FEI) og Havforskningsinstituttet, Senter for havbruk, Matre havbruksstasjon.

Modellstudium på langvarig fôringsstans

Modellstudiet startet 8. februar 1996 og varte i totalt 16,5 uke. Den praktiske delen av forsøket ble utført og ivaretatt av Havforskningsinstituttet Matre havbruksstasjon. Prøveuttakene ble foretatt av FEI med hjelp fra Matre havbruksstasjon. Prøvematerialet ble transportert til FEI, Bergen og fordelt til de involverte forskningsinstitutter.

Laksen som skulle inngå i forsøket ble delt i to grupper. Den ene gruppen ble fôret normalt med et kommersielt fôr mens den andre ble sultet over en periode på 12 uker. I fortsettelsen av forsøket ble det studert hvordan den sultede fisken reagerte på fôr med henholdsvis lavt (tilsetning etter NRC 1993-anbefalinger) og høyt (10 x NRC 1993-anbefalinger) innhold av mikronæringsstoffer (vitaminer og mineraler) over en fireukers periode. Vi studerte også veksten i denne perioden for å se om sultgruppen vokste raskere enn fôringsgruppen (kompensatorisk vekst). Alle disse dataene finnes i hovedrapporten.

Det ble tatt ut prøver hver tredje uke, og ved hvert uttak ble det tatt ut prøve av åtte fisk fra hver gruppe. Etter bedømmelse ble fiskens vekt og lengde målt, og det ble foretatt en grov makroskopisk undersøkelse på stedet. Blodprøver ble tatt. Fisken ble avlivet og organer dissekert ut, veid og frosset inn på tørris for senere analyser. Organindekser ble kalkulert (organ i prosent av kroppsvekt). Muskelprøve ble tatt i form av en 10 cm tykk kotelett u/bein rett bak ryggfinnen. For å avklare effekter av sult på ernæringsstatus og helse ble det også målt en rekke parametre. Også disse resultatene er framstilt i rapporten.

Resultater og konklusjoner

De viktigste resultatene og konklusjonene er samlet her. Disse er overhodet ikke ment å gi noe totalt bilde av arbeidet i rapporten, men er heller ment som smakebiter.

Tabell 2.2. 1 Vekt, vekstrate (SGR), lengde, kondisjonsfaktor og % innvoller hos laks som har vært sultet i 12 uker.
Weight, growth rate (SGR), length, condition factor and % viscera of salmon which have been starved for 12 months. Values for fish that have been fed during the 12 weeks are given for comparison.

Analyse/Gruppe	ved start		etter 12 uker	
	Sult	Fôret	Sult	Fôret
Vekt, g	2463	2558	2261	3640
SGR, %/dag	-	-	-0,09	0,39
Lengde, cm	58,0	58,5	59,8	65,1
Kondisjonsfaktor	1,26	1,28	1,05	1,31
% Innvoller	6,1	6,8	4,6*	7,6

* angir signifikant forskjell ($p < 0.05$) mellom sultet og fôret fisk innen hvert tidspunkt.

Vekst og sultetap

De generelle endringene som skjer med laksen i løpet av de 12 ukene uten fôr er skissert i tabell 2.2.1.

- * Kroppsvekten ble redusert med omlag 8% ved sulting av laks på 2,5 kg i 12 uker. Tapet skyldes redusert andel fett i innvoller og muskel. Forskjellen mellom fôret og sultet fisk etter 12 uker er nærmere 1.4 kg. Dette vil være den reelle reduksjonen i produksjon ved en 12 ukers sulteperiode.
- * Sulting eller restriktiv fôring gir oppdrettslaksen et slankere utseende, noe som kan være gunstig for enkelte markeder.
- * Laksen fortsetter å vokse i lengden selv om den sultes.

Ernæringsstatus

Resultatene bekrefter i store trekk tidligere kunnskap fra litteraturen på fisk som sulter. Stor atlantisk laks med god ernæringsstatus synes å være robust og tåler 12 ukers sult. Modellstudie som ble gjennomført viste moderate effekter av sult på ernæringsstatus (tabell 2.2.2).

- * Sammensetningen av hovednæringsstoffer viste lavere fettinnhold (og tørrstoff) i muskel og lever hos sultet fisk sammen liknet med fôret fisk. Fettsyresammensetningen i muskel var ikke forskjellig.
- * Det ble ikke observert signifikante forskjeller i astaxanthinkonsentrasjon (farge) på sultet og fôret fisk ved noen av målingene, og sultingen hadde ingen effekt på

astaxanthinnivået i muskel.

- * Vitaminstatus (riboflavin, folinsyre, vitamin A og E i muskel) ble lite påvirket av sulting i 12 uker. Leverstatus av vitamin E og riboflavin sank betydelig, mens lever vitamin A steg under sult. Det synes som om disse vitaminene fulgte sammensetningen av hovednæringsstoffer i leveren. Det var imidlertid ikke kritiske nivå av noen vitaminer i lever (riboflavin, folinsyre, vitamin C, A og E) etter 12 ukers sult.
- * På stor laks var det relativt liten påvirkning av sulting på mineralstatus, bortsett fra sink i serum.
- * De kliniske blodparametrene indikerte liknende reaksjonsmekanismer, som for andre dyr som sulter. Enzymanalysene viste ingen organskade som følge av langvarig sult, eller fôring etter sult.

Helse og motstand mot sykdom

Ernæringen av fisk i oppdrett har stor innflytelse på immunsystemet. Dyreetiske hensyn tilsier derfor at vi må være sikre på at fisken klarer å opprettholde sin helsetilstand på et akseptabelt nivå selv om den sultes. De verdiene som ble funnet i modellforsøket (tabell 2.2.3) representerer normale verdier hos atlantisk laks. Dette betyr at sulting påvirket disse blodparametrene i liten grad. I studiet vårt har vi konsentrert innsatsen om de uspesifikke forsvarsystemene, ettersom måling av antistoffer i serum ikke gir sikker informasjon om funksjonen til det spesifikke

Tabell 2.2.2

En sammensetning av hovednæringsstoffer og vitaminer i muskel og lever, sentrale blodplasmaverdier av næringsstoffer og enzymer og mineralinnhold i bein hos stor laks gjennom 12 ukers sult.

Composition of primary nutrients and vitamins in muscle and liver; central blood plasma values of nutrients and enzymes and mineral content in bones in large salmon prior to starving and after 12 weeks of starving. Values for fish that have been fed during the 12 weeks are given for comparison.

Organ	Næringsstoff	Ved start	Etter 12 uker	
			Sultet	Fôret
Muskel	Fett	9,6	8,1*	13,2
Muskel	Protein	19,7	19,7	18,9
Muskel	Glykogen	1,8	1,0*	2,3
Muskel	Astaxanthin	5,1	5,2	5,1
Muskel	Vitamin A	0,12	0,08*	0,12
Muskel	Vitamin E	14,8	11,6	13,4
Muskel	Folinsyre	0,16	0,14*	0,11
Muskel	Riboflavin	1,02	1,12	1,26
Lever	Fett	3,9	3,4*	9,3
Lever	Protein	44,5	57,1*	37,1
Lever	Glykogen	37	18*	12
Lever	Leverindeks	1,05	0,75*	1,10
Lever	Vitamin A	234	403*	249
Lever	Vitamin E	88	42*	457
Lever	Folinsyre	12,5	10,9	12,5
Lever	Riboflavin	10,0	12,9	17,2
Lever	Vitamin C	103	68	64
Blodplasma	Sink (mg/kg)	20,6	11*	35
Blodplasma	Protein, g/L	46,0	45,4*	64,9
Blodplasma	Albumin, g/L	20,4	24,9*	31,4
Blodplasma	Glukose, mM	7,5	6,6	6,2
Blodplasma	Triglycerider, mM	4,3	2,4	2,1
Blodplasma	Kolesterol, mM	8,9	7,4*	13,4
Blodplasma	Kreatinin, uM	0,9	0,3*	0,6
Blodplasma	ASAT (U/L)	273	158	184
Blodplasma	ALAT (U/L)	14	25	30
Blodplasma	LDH (U/L)	1603	1197	1289
Bein	Mangan (mg/kg)	15,2	14,1*	19,7
Bein	Sink (mg/kg)	64,3	52	57

* angir signifikant forskjell ($p < 0.05$) mellom sultgruppe(r) og fôret fisk innen hvert tidspunkt.

Tabell 2.2.3

Haematologiske analyser, uspesifikke immunparametre og aktivitet av hodenyre-makrofager hos stor laks gjennom 12 ukers sulting.

Haematological parameters, non-specific immune parameters and activity of head kidney macrophages in large salmon which have been starved for 12 weeks. Values for fish that have been fed during the 12 weeks are given for comparison.

Organ	Næringsstoff/parameter	Ved start	Etter 12 uker	
			Sultet	Fôret
Blod	Hemoglobin	10,0	9,2	9,8
Blod	Hematokrit	41	37*	43
Blod	Røde blodceller	1,45	1,21	1,28
Blod	Miltindeks	0,15	0,20*	0,10
Immunsystem	Lysozym, U/ml	13,4	10,0	10,0
Immunsystem	CH50 U/ml	24,7	18,3*	24,0
Makrofagaktivitet	Maks. PMA	899	3559	5705
Makrofagaktivitet	Total PMA	1,13	4,25	8,88

* angir signifikant forskjell ($p < 0.05$) mellom sultgruppe(r) og fôret fisk.

immunsystemet hos stor fisk, så lang tid etter vaksinasjon.

- * Stor laks med god allmenntilstand og ernæringsstatus tåler å sulte i 12 uker.
- * Immunsystemet målt ved uspesifikke faktorer viste tidvis redusert aktivitet i løpet av sultperioden sammenliknet med fôret fisk. Det var lavere makrofagaktivitet etter tre ukers sulting, sammenliknet med fôret fisk og lavere komplementaktivitet etter 12 ukers sulting. Selv om makrofagaktiviteten varierte under forsøket var den generelt lavere hos sultet fisk.
- * Som resultat av tidvist redusert immunsystem, vil utsatte grupper av fisk (bærere av latente infeksjoner, eksgytere, fisk med skader, stresset fisk) trolig tåle sulting dårligere.

Etterord

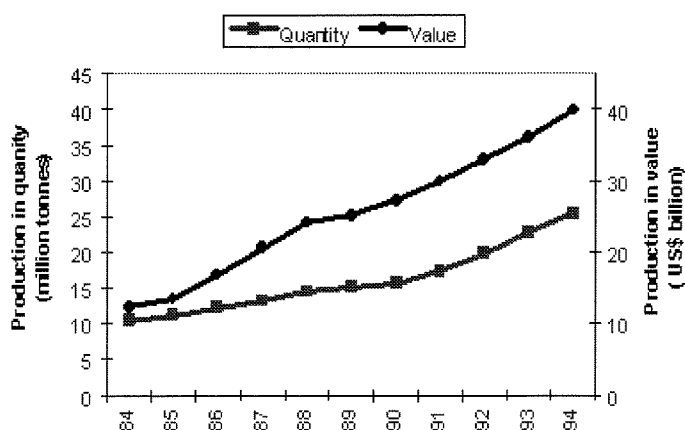
Resultatene fra pilotstudiet som ble gjennomført bekrefter i store trekk tidligere kunnskap fra litteraturen på fisk som sulter. Stor atlantisk laks med god ernæringsstatus synes å være robust og tåler 12 ukers sulting. Modellstudiet som ble gjennomført viste moderate effekter av sulting på ernæringsstatus og helse. Tidligere studier viser at liten laks (100 g) er mye mer utsatt. Det må imidlertid påpekes at sykdomssituasjonen i norsk lakseoppdrett for tiden er meget bra, og rapporter fra den pålagte fôringsstansen har følgende vist gode erfaringer, både med hensyn på produksjonsreduksjon og helsetilstanden for den sultende fisken. Studien viser muligheter for konflikter hvis forholdene i vårt lakseoppdrett hadde vært mer labile. Utredningen er ment som rådgivning til myndighetene og oppdrettsnæringen ved liknende situasjoner. Funnene er naturlig nok ikke alltid entydige, og de huller i tilgjengelig kunnskap som direkte eller indirekte er avdekket kan være nødvendige å tette før man iverksetter liknende påbud.

2.3 Avlsarbeid - ein nøkkelfaktor i framtidens akvakultur

Morten Rye,
AKVAFORSK

Norsk akvakultur har i løpet av dei siste tiåra utvikla seg til å verte ei livskraftig og viktig næring, med ein produksjon av laksefisk som i dag som er større enn den samla kjøttproduksjonen frå norsk landbruk. Næringa er framleis i vekst, og vi står på terskelen til å introdusere nye artar i kommersielt oppdrett. Ein nøkkelfaktor i utviklinga av norsk oppdrettsnæring har vore det nasjonale avlsarbeidet som er gjennomført for laks og regnbogeaure. Eit resultat av dette er at det dyrematerialet som i dag vert sett inn i produksjonen biologisk sett er meir effektivt enn dei artsfrendane som var tilgjengelege for oppdrettarane ved oppstarten for meir enn 20 år sidan. Denne artikkelen set avlsarbeidet inn i eit større perspektiv, med fokus på den rolla det kan spele i den framtidige utviklinga av internasjonal akvakultur.

har utviklinga skote fart, og tal frå FAO (*United Nations Food and Agriculture Organization*) syner at akvakultur i dag representerer ein av verdas raskast veksande matproduksjonar. I løpet av perioden frå 1984 til 1994 har den samla produksjonen auka med mest 300%, frå omlag 10 millionar tonn til i underkant av 30 millionar tonn på årsbasis (figur 2.3.1). I 1996 utgjør akvakulturproduksjonen omlag ein tredel av det samla volumet av villfanga fisk, ein sektor som ikkje har rom for vidare ekspansjon. På den andre sida er potensialet for vidare vekst innanfor akvakultur svært stort. Truleg ser vi enno berre starten på det som er omtala som “den blå revolusjonen”, og akvakulturrelatert produksjon er i prognosane frå FAO peika på som ein nøkkel for å kunne dekkje mathovet hos ei raskt veksande befolkning.



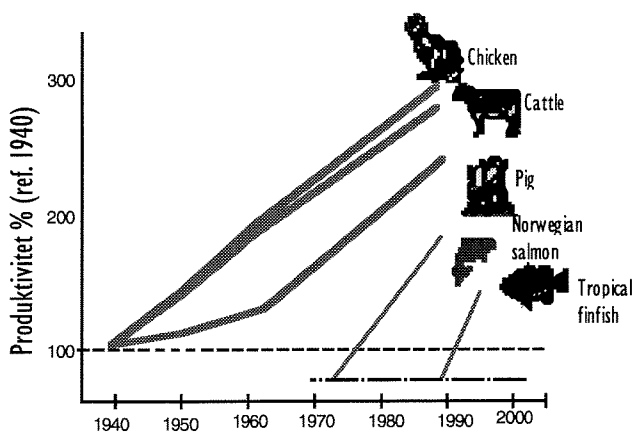
Figur 2.3.1 Utvikling i global akvakultur (FAO, 1996)
Global development of aquaculture (FAO, 1996)

Akvakultur har lange tradisjonar

I enkelte regionar i Asia har ulike artar av fisk vore halde og reprodusert i kultur i fleire tusen år, og har lenge representert viktige bidrag til mattilgangen i dei aktuelle områda. Dei siste åra

Avlsarbeid

Målretta avlsarbeid har så langt spela ei lita rolle i verdas akvakulturproduksjon. Sett på bakgrunn av den avgjerande rolla som moderne avlsarbeid har hatt for utviklinga av effektive husdyrpopulasjonar, er dette overraskande. Figur 2 illustrerer produktivitetutviklinga hos nokre av dei viktigaste husdyrslaga gjennom dei siste tiåra, med 1940 som referanseår. Det var kring denne tida at det effektive avlsarbeidet tok til, med introduksjon av den moderne seleksjonsteorien og vektlegging av økonomisk viktige eigenskapar. I løpet av desse tiåra har vi sett ein dramatisk produktivetsauke hos husdyr. Medan gjennomsnittskua mjølka omlag 2000 liter per laktasjon i 1940, var gjennomsnittsproduksjonen omlag 5000 liter kring 1980. I same perioden auka eggproduksjonen hos fjørfe frå omlag 120 til meir enn 300 egg per høne per år på 80-talet. Likeeins tok det kring 14 veker å føre fram ein kylling til 1,7 kg for 40 år sidan.



Figur 2.3.2 Produktivitetsauke frå 1940 hos viktige husdyr (modifisert etter Eknath og medarbeidere, 1991)
Increase in the productivity of important live-stock since 1940 (modified after Eknath et al. 1991).

I dag er denne produksjonstida meir enn halvert, med stor gevinst på forutnyttingssida. Framgangen over dette tidsspennet har altså vore formidabel, og inneber at dyrematerialet i dag omset innsatsfaktorane i produksjonen til produkt langt meir effektivt enn tidlegare. Sjølv om det i denne tida også har vore store forbedringar på andre felt som fôring røkt og produksjonsteknikk, er det ingen tvil om at ein hovuddel av denne framgangen er eit direkte resultat av det omfattande avlsarbeidet som er gjennomført for desse husdyrartane. På bakgrunn av dette er det ikkje vanskeleg å forstå kvifor praktisk talt all viktig husdyrproduksjon i dag foregår på genetisk foredla dyremateriale. Produksjon på vilt, uforedla materiale er til samanlikning lite effektivt, og kan ikkje konkurrere på eit økonomisk grunnlag.

Figur 2.3.2 syner også produktivitetsutviklinga for atlantisk laks og tilapia i tida etter at det vart sett i gang omfattande avlsprogram for desse to viktige akvakulturartane. For laks har den gene-

tiske framgangen for tilvekst vore kring 10% per generasjon (Gjerde, 1986), medan ein for tilapia på Filippinane praktisk talt har dubla vekstevna i løpet av berre fire generasjonar med avlsarbeid (Ambekar Eknath, pers. komm.). På grunn av langt kortare generasjonsintervall, har den årlege framgangen for tilapia vore mykje raskare enn det vi har sett for laks.

Avlsprogram gjev gjennomgåande høg avkastning. Analysar av kost-nytteforhold for avlsprogram for artar som storfe, fjørfe og gris varierer mellom 1/50 of 1/5 (tabell 2.3.1). Med andre ord er avkastninga for kvar krone som vert investert i slike program mellom 5 og 50 kroner. Få tilsvarende overslag er gjort for akvakulturproduksjonar, men Gjedrem (1996) har berekna eit kost-nytteforhold til 1/22 for det norske avlsprogrammet for laks.

Tankekorset

I dette perspektivet er det eit tankekor at verdas akvakulturproduksjonar mest utan unntak foregår med eit dyremateriale som ikkje er genetisk foredla gjennom målretta avlsarbeid. Så seint som i 1993 utgjorde produksjonar på foredla dyremateriale truleg mindre enn 1% av verdas samla akvakulturproduksjon (Gjedrem, 1996). For dei fleste akvakulturartar foregår produksjonen med individ som anten er innfanga frå vill tilstand (til dømes som for reker), eller som er avkom etter "ville" foreldredyr. For andre artar vert det gjort regelmessig innkryssing frå ville populasjonar for "oppfrisking" av materiale nytta i oppdrett. Slike prosedyrar gjer at ein ikkje oppnår å løfte det genetiske nivået på desse populasjonane over tid.

Viktige unntak i dette biletet er produksjonen av laksefisk. For atlantisk laks er det rekna med at

Tabell 2.3.1 Kost/nytteforhold for avlsprogram
Cost/benefit relationship for breeding programs.

Dyreslag	Kost/nytteforhold	Referanse
Sau, storfe, gris	1/50 - 1/5	Barlow, 1992 Mitchell et al., 1982
Laks	1/22	Gjedrem, 1996

Tabell 2.3.2

Realisert genetisk framgang for tilvekst hos ulike artar.
Realised genetic improvement for growth in different species.

Art	Gen. framgang pr generasjon	Tal gen.	Kjelde
Channel catfish	20	1	Bondari, 1993
Channel catfish	12-18	1	Dunham, 1987
Stillehavslaks	10	4	Hershberger et al., 1990
Atlantisk laks	14	1	Gjerde, 1996
Atlantisk laks	11-14*	1	Gjerde, pers. komm
Regnbogeure	13	2	Gjerde, 1986
Tilapia	15	2	Jarimopas, 1986
Tilapia	23	1	Eknath, 1996
Tilapia	14-17	3	Eknath, pers. komm.

* utrekna på grunnlag av realiserte seleksjonsdifferansar

omlag halvparten av den totale produksjonen i 1993 vart gjort med utgangspunkt i foredla materiale. Hovudgrunnen til dette positive talet er nettopp det norske avlsprogrammet og det store bidraget den norske produksjonen utgjer av verdsproduksjonen for denne arten.

Det er ingen biologiske grunnar som tilseier at avlsarbeid ikkje bør spele ei langt viktigare rolle i akvakultur enn det tilfellet er i dag. Tvert imot er det slik at investeringar i avlsprogram for akvakulturartar kan ventast å gje minst like stor avkastning som tilsvarande program for tradisjonelle husdyr. Hovudgrunnen til dette er den store reproduksjonsevna som dei fleste av desse artane har. Dette gjer det mogeleg å gjennomføre eit strengt utval, og gjev gjennomgåande låge kostnader knytt til vedlikehald av avlspopulasjonen. I tillegg til dette er det synt at den genetiske variasjonen for viktige produksjonsegenskapar hos fisk og andre akvatiske organismar i mange tilfelle er større enn for tradisjonelle husdyr, og oppnar dermed for raskare genetisk framgang. Tal for realisert genetisk framgang hos ulike fiskeartar er presenterte i tabell 2.3.2.

Framtida ?

Dei norske avlsprogramma for laks og regnbogeure har lenge vore eineståande i internasjonal samanheng, men dette biletet er no i ferd med å endre seg. I dag opplever vi at målretta avls-

arbeid breier seg raskt til nye artar og nye land, ofte med direkte referanse til det som er oppnådd gjennom dei norske avlsprogramma for laksefisk. Fleire av dei nye programma er finansierte av store internasjonale institusjonar som FAO og UNDP (*United Nations Development Program*), medan andre er igangsette av reine kommersielle interesser.

Fram til i dag har i praksis all genetisk framgang hos både fisk og tradisjonelle husdyr kome som eit resultat av eit langsiktig seleksjonsarbeid. Dette skjer ved at potensielle avlsdyr vert rangerte og valde ut som foreldre dyr til neste generasjon på grunnlag av eigne prestasjonar eller prestasjonane til nære slektningar. Framgangen frå ein generasjon til den neste er ofte liten, men effekten er akkumulerte slik at ein over tid oppnår resultat som synte i tabell 2.3.2. På grunn av at dei økonomisk viktige produksjonsegenskapane i regelen er styrte av eit stort tal arveanlegg, kan den genetiske framgangen oppretthaldast over mange generasjonar.

Det kan vere grunn til å understreke at tradisjonelt seleksjonsarbeid ikkje omfattar manipulering eller overføring av arveanlegg mellom ulike artar. Det er heller ikkje noko som tilseier at slike nye teknikkar vil kome til å spele ei viktig rolle i akvakultur eller husdyrproduksjon korkje på kort eller lengre sikt. Det er både biologiske, praktiske og ikkje minst etiske grunnar til dette, som eg ikkje skal kome nærare inn på her.

Seleksjon vil også i framtida representere rygg-
rada i arbeidet med genetisk foredling av
dyrematerialet, truleg kombinert med større inn-
slag av direkte informasjon om den genetiske
konstitusjonen til avlsdyra. Allereie i dag ser vi
konturane av det som er kalla *markør-assistert
seleksjon*, der ein gjennom utnytting av infor-
masjon frå genetiske markørar sikrar at dyra som
vert selekterte verkeleg er berarar av arveanlegg

ein ynskjer overført til avkomsgenerasjonen.
Dette opnar for sikrare avlsdyrutval og dermed
raskare genetisk framgang. For enkelte fiskeslag
i akvakultur kan dette verte ein realitet i løpet av
få år.

*Fullstendig referanseliste er tilgjengeleg hos for-
fattaren.*

2.4 Genetisk mangfold hos laks er ein ressurs - ikkje eit problem!

Øystein Skaala,
Havforskningsinstituttet

Det er om lag 15 år sidan norsk havbruksnæring tok av for fullt og det vart lagt eit grunnlag for ei stor og viktig kystnæring etablert på den atlantiske laksen. Samanlikna med dei tunge artene i norsk fiskeri er den ville laksen likevel liten, med fangstar på rundt 5.000 tonn i heile utbreiingsområdet. På den andre sida er den totale oppdrettsproduksjonen av laks no rundt 500.000 tonn, eller 100 gonger større enn fangsten av villaks. Etersom produksjonen auka, registrerte ein stadig aukande mengder rømlingar i elvane, fjordane og på kysten. Det uunngåelege skjedde, vi fekk ein konflikt mellom fiskeriforvaltning og miljøforvaltning, mellom grønklede lakseentusiastar og oppdrettarar i orange Helly-Hansenbunad, om den edlaste av dei edle - laksen.

Til alt overmål fall dette saman med ein tidsbolk då lakseforvaltninga meir enn nokon gong tidlegare var overtydd om at kvar einskild av dei 500-600 norske elvebestandane av laks var genetisk unike og nøyaktig tilpassa sitt lokale miljø. Dei fleste meinte noko om forholdet mellom den ville laksen og oppdrettslaksen, og dei fleste meinte det sterkt. Spaltemeter på spaltemeter er skriven, og etter kvart er også ei rekkje nasjonale og internasjonale organisasjonar involvert i det som burde vore ein fagleg og sakleg debatt, men som for folk flest framstår som ein krangel der alle "synest" eit eller anna.

Alt i forkant av dette hadde Norge ratifisert konvensjonen av 2. mars 1982 til vern av laks i det nordlege Atlanterhavet (St.prp. nr 31 (1982-83)). Denne konvensjonen fastslår opprettinga av North Atlantic Salmon Conservation Organisation - NASCO, som skal bidra til vern, gjenoppbygging, aukiing av og forvaltning av laksebestandane i det nordlege Atlanterhavet. Årsaka til dette var ei erkjening av at laksen var i tilbakegang av mange ulike årsaker; nokre identifiserte, andre ukjente og mystiske.

Etter kvart som oppdrettsnæringa utvikla seg,

framsto smittepress og genetisk påverknad som nye trugsmål mot dei ville laksebestandane. Begge desse forholda var i utgangspunktet vanskelege, fordi ein hadde lite kunnskap på desse områda. På sjukdomssida fekk ein nokså raskt ønska, men særleg uønska erfaring, gjennom konkrete sjukdomsutbrot i oppdrettsanlegg og ved import og spreiding av sjukdom og parasittar. Desse erfaringane gav ikkje særleg rom for subjektiv tolking av verknadane korkje på oppdrettslaks eller villaks.

Dei genetiske spørsmåla

Det var langt vanskelegare med dei genetiske spørsmåla, fordi ein visste lite i utgangspunktet, og fordi ein heller ikkje fekk ny kunnskap om dette gjennom utviklinga i næringa. Grunnlaget for at spørsmåla om genetiske effektar av rømt oppdrettslaks vert reist ligg i følgjande forhold:

* Mange biologiske arter er inndelte i bestandar eller populasjonar. Slike populasjonar kan verameir eller mindre genetisk ulike. I naturen finst det ei rekkje isolasjonsmekanismer som hindrar eller reduserer flyten av genmateriale mellom arter og mellom dei einskilte populasjonane. Slike isolasjonsmekanismer er grunnleggjande og ein nødvendig føresetnad for at livet på jorda utviklar seg, og dei har difor ein sentral plass i nyare biologi. Fysiske barrierar som medfører heil eller delvis geografisk isolasjon mellom populasjonar er ein effektiv isolasjonsmekanisme. Laksen si vandring tilbake til elva han vaks opp i er ein annan isolasjonsmekanisme, der atferda bremsar ned flyten av genmateriale mellom bestandar. Kor kraftig denne isolasjonsmekanismen er hos laks, veit vi framleis for lite om. På visse vilkår kan populasjonar over generasjonar utvikla spesialiseringar som gjer dei særleg tilpassa til miljøet sitt.

* I kulturpopulasjonar skjer det genetiske endringar både gjennom eit aktivt utval av indi-

vid med ønska eigenskapar, og gjennom tilfeldige prosessar. Dette er vist for ei rekkje arter som inngår i kultur. Over tid vil desse mekanismene (seleksjon og genetisk drift) medføra at populasjonen tapar genetisk diversitet. Også det er vist for mange populasjonar.

* Dersom ei gruppe naturlege og genetisk svært ulike populasjonar blir tilført genetisk materiale frå oppdrettspopulasjonar med eigenskapar som er endra for å passa i kultur, eventuelt med redusert genetisk diversitet, i for stor grad eller over lang tid, vil det skje ei homogenisering av stammene med tilhøyrande tap av genetisk diversitet og tilpassingar.

Fordi Noreg utgjer den ville laksen sitt hovudutbreiingsområde, samstundes som vi forvaltar den største lakseoppdrettsnæringa i verda, og vi slik sett har både nasjonale og internasjonale forpliktingar, kunne ein tru at det ville bli satsa mykje på å avklara det reelle omfanget av problemet med rømt laks. Det er ikkje tilfellet, og eg skal prøva å forklara dette som kan framstå som eit mysterium.

Dei oppdrettsfrie sonene

I 1988 arrangerte LENKA (eit samarbeidsprosjekt mellom Fiskeridepartementet, Kommunaldepartementet og Miljøverndepartementet) eit fagmøte i Stjørdal for å få ein fagleg diskusjon om rømt oppdrettsfisk og behovet for å oppretta oppdrettsfrie sonar. Bakgrunnen for dette var stadig sterkare krav om at styresmaktene måtte gripa inn for å redusera rømminga frå fiskeoppdrett. I fellesuttalen frå møtet går det fram at det var stor usikkerhet om kor skadeleg den genetiske innblandinga er. Møtet tilrådde likevel opprettinga av oppdrettsfrie soner eller midlertidige sikringssoner for laksefisk, som dei vart heitande. Ein klar føresetnad for opprettinga var ei oppfølging med styrka forskingsinnsats for å betra kunnskapsgrunnlaget om dei genetiske konsekvensane.

I 1996 vart det gjennomført ei evaluering av sonene i samarbeid mellom næringa og ei rekkje forvaltingsorgan, mellom anna Fiskeridirektoratet, Direktoratet for naturforvaltning, Statens

Veterinære Felttjeneste og Fylkesmannen i Nord-Trøndelag. Rapporten illustrerer svært bra kva som er gjort og kva som ikkje er gjort når det gjeld dei genetiske sidene ved rømming. Når det gjeld forskingsprogrammet *Miljøvirkninger av havbruk*, heiter det i rapporten:

“Selv om de genetiske problemstillingene hadde stått svært sentralt i diskusjonen omkring etablering av sonene og FoU-programmet, var styringsgruppen for programmet uten fagperson innenfor genetikk. De økonomiske rammene ble atskillig trangere enn det som på forhånd var skissert fra LENKA. Dette synes å være forhold som har bidratt til at det ikke i tilstrekkelig grad foreligger relevante undersøkelser mht. sonenes effekter. — Forsøk som direkte tok sikte på å registrere genoverføring mellom oppdrettsfisk og villfisk ble ikke prioritert i programmet.”

Utvalet som evaluerte sikringssonene konkluderer så: *“— Med disse forutsetningene er utvalget enig om å foreslå en forlengelse av ordningen i 5 nye år i påvente av at manglende kunnskap fremskaffes gjennom forskning.”* Så gjenstår det berre å sjå kven som tek initiativ til å starta opp og gjennomføra dei undersøkingane som skal til!

Norge - ein nasjon av lakseforskarar

Knappt nokon stad i verda blir det forska så mykje på laks som i Norge. Ikkje berre fins det sterke fagmiljø med stor kunnskap om den ville laksen sin biologi, i kjølvatnet av oppdrettsnæringa har det også vakse fram ein unik kunnskap om produksjonsrelatert laksebiologi.

Dei populasjonsgenetiske undersøkingane på laks er no i ein brytningsfase mellom klassisk stivelsesgel-elektroforese og nye DNA-baserte metodar. Denne brytningsfasen har vore prega av rask utvikling, der samarbeid mellom institusjonar for å standardisera og kalibrera analysemetodar meir enn nokon gong før er ein nødvendig føresetnad for å ta del i utviklinga. Utgangspunktet for å utforma og gjennomføra dei undersøkingar som skal til er det aller beste ved Havforskningsinstituttet, fordi vi har ein noko uvanleg kombinasjon av personale vi kan dra vekslar på. Vi har god tilgang til dei metodane

Det er fire drivkrefter som formar den genetiske samansetjinga av ein populasjon:

- * **mutasjonar i arveanlegga**
- * **tilfeldige fluktuasjonar i genfekvensar kalla genetisk drift**
- * **naturleg seleksjon**
- * **migrasjon eller vandring**

Nye *mutasjonar* er så sjeldne fenomen at vi ser bort frå dei i forvaltningsspørsmål.

Genetisk drift er særleg viktig i små populasjonar, og motverkar utviklinga av spesialiseringar i ein populasjon.

Naturleg seleksjon er særleg ei viktig kraft i større populasjonar og medfører at gunstige arveanlegg og gunstige kombinasjonar av arveanlegg aukar i populasjonen. Kunnskapen om styrken i seleksjonen i naturen er svært liten.

Migrasjon kan i prinsippet medføra både tilførsel av genetisk materiale frå andre populasjonar, og utførsel av gen frå bestanden. I prinsippet er det dei same mekanismene som formar oppdrettsbestandane.

som trengs, erfaringar frå slike undersøkingar, kunnskap om laksen sin biologi, og inngåande kjennskap til oppdrett og produksjon av laks. Dernest har vi gode kontaktflater til både næring og forvaltningsapparatet for villaks og havbruk, og til større miljø der analysemetodane for DNA hos laksefisk blir utvikla.

Behovet for genetiske data på norske avlsliner og villaks

For dei som ikkje er oppdaterte på forvaltningssansvaret for laks, kan det vera nyttig å minna om at medan forvaltninga av villaks er lagt til Miljøverndepartementet, er det Fiskeridepartementet som har ansvaret for forvaltninga av havbruk, inklusive rømt oppdrettslaks. Vidare har Landbruksdepartementet ansvar for spørsmål som vedkjem sjukdom.

Det blir hevda at oppdrettslaksen har tapt mykje av den genetiske variasjon gjennom avlsarbeid og utvalg av få fisk, slik at rømt laks i stort omfang vil medverka til ei homogenisering av villaksen og genetisk utarming av ville bestandar. Eit hovudproblem er imidlertid at så lenge det ikkje føreligg skikkelege empiriske data korkje på oppdrettslaks eller villaks, må forvaltningsapparatet i stor grad gjera vedtak på eit ufagleg

grunnlag. Som verdas største produsent av oppdrettslaks og marknadsleiar på området, er det betenkeleg at det ikkje føreligg egne genetiske profilar på norske avlsliner. Dei datasetta ein har på norske liner i dag, og som blir brukt i diskusjonen rundt rømt norsk laks og villaks, skriv seg frå relativt tidlege og difor ufullstendige analysar utført i Sverige, og frå irske undersøkingar av smolt med opphav i norsk oppdrettslaks. Dette kan neppe vera tilfredsstillande for norsk havbruk, heller ikkje for havbruksforvaltninga. Ei karakterisering av linene ville ikkje berre avmystifisera forholdet mellom oppdrettslaks og villaks, men ville også kunna vera eit hjelpemiddel til å identifisera viktige eigenskapar i linene, og eventuelt tap av eigenskapar, slik at desse kunne kryssast inn att, dersom dei framleis førekjem i ville bestandar eller andre avlsliner. ***Det vanlege er å sjå det genetiske mangfaldet hos kulturorganismar som ein ressurs, - ikkje som eit problem!*** Det er difor ikkje til å undrast over at det no er teke initiativ til ei kartlegging av viktige eigenskapar også hos den atlantiske laksen, med stor tilslutnad frå både tunge private investorar og frå EU. Vidare ville slike data, særleg om ein finn gode genetiske markørar, i einiskilde tilfelle gjera det muleg å registrera genmateriale på avvegar.

Grunnlaget for uroa rundt dei genetiske aspekta ved rømming ligg i påstanden om at dei einskilde elvebestandane av laks er unikt tilpassa sine respektive elvar gjennom fleire tusen år. Det som er udiskutabelt er at dei genetiske skilnadane mellom laks i Vest-Atlanteren, Aust-Atlanteren og Østersjøen er svært klare og betydelege. Det føreligg likevel framleis ikkje gode data som underbyggjer påstanden om at kvar einskild av dei omlag 500 norske elvebestandane er genetisk unike, og enkelte genetikarar hevdar difor at det er tvilsomt om det i det heile fins genetisk unike bestander av laks i Norge. Ein kunne venta at lakseforvaltninga hadde kome opp med gode data om laksen sin bestandsstruktur, bestandsstorleik og genetisk utveksling mellom bestandane samt om kunnskap som kunne fylla ut omgrepet *lokal stamme*. Dette har ikkje skjedd, kanskje fordi analyseverktøyet har vore for svakt, slik at det har vore vanskeleg å dokumentera det påståtte genetiske mangfaldet hos laks.

La meg understreka at også spørsmåla om genetisk innblanding lenge var fagleg sett vanskelege, fordi analysemetodane for genetisk mangfald hos laks har hatt begrensingar. Dette er no er i ferd med å retta seg, og er difor ikkje lenger eit uoverkomeleg problem. Den største utfordringa ligg i å demonstrera at stammer er tilpassa det lokale miljøet. På dette punktet er eg overtydd om at det også er nødvendig å henta kunnskap frå forsøk med andre arter, særleg frå aure, som er den næraste slektningen til laksen, fordi aure er ein langt enklare fisk å bruka til slike undersøkingar. Mange spørsmål kan avklarast nokså enkelt, til dømes:

- * Kor stor er den genetiske skilnaden mellom ville laksepopulasjonar?
- * Korleis er det genetiske mangfaldet i oppdrettslaks?
- * Kor stor er den naturlege genflyten mellom ville laksestammer?
- * Kor stor er innkryssinga frå oppdrettslaks?
- * Kva eigenskapar har avkom av oppdrettslaks samanlikna med villaks i naturen?
- * Kor stabilt er innkryssa materiale over tid?
- * Kva vil ei gitt innkryssing bety for dei ville stammene på kort og lang sikt?
- * Kva er det som er dei mest verneverdige laksestammene?

Det som framleis forundrar meg, er at alt for 10 år sidan var det etablert eit samarbeidprosjekt mellom dei involverte departementa, mellom anna Fiskeridepartementet og Miljøvern-departementet (LENKA), som førte fram til felles syn på kva som måtte gjerast, også understreka av ICES og NASCO. Likevel har det skjedd lite. No er det fleire forhold som tydar på at vi er på veg tilbake til utgangspunktet, og må på nytt gjennom ein byråkratisk, langtekkeleg og kostbar prosess der departementa må gje endå klarare føringar på innsatsen, dersom då ikkje havbruksnæringa sjølv tilslutt forlangar at forvaltninga og forskingsinstitutta ordnar opp og tek spørsmåla opp på eit fagleg nivå.

Vossolaksen - eit "case study" i bestands-samanbrot og innkryssing

Vossovassdraget er det største på Vestlandet, og den uvanleg storvaksne vossolaksen har gjennom tidene vore høgt verdsett internasjonalt. Det dramatiske samanbrotet i gytebestanden av laks i Vosso dei siste åra, som truleg har mange ulike årsaker, vert forsterka ved at det går mykje oppdrettslaks opp i vassdraget, slik at 70-80% av den innfanga gytefisken no blir klassifisert som oppdrettsfisk. På bakgrunn av desse tilhøva vart det vedteke i Vossoutvalet i 1995 å initiera ei genetisk karakterisering og overvaking av laksebestanden i Vosso i tillegg til dei andre tiltaka som alt var sett i verk.

Det uvanlege og fagleg interessante ved situasjonen i Vosso er først og fremst at det fins eit unikt referansemateriale langt tilbake i tid, som kan fortelja oss noko om korleis denne laksestamma var lenge før dei tunge miljøproblema dukka opp. Forskarar ved NINA har skjellmateriale, foto og systematisk registrerte opplysningar om fleire hundre vossolaksar frå 1920-åra og framover, som truleg kan gje grunnlag for genetiske undersøkingar ved hjelp av nye analysemetodar for restar av DNA i skjell. Ved Havforskningsinstituttet har vi dessutan genetiske data på vossolaks og -aure frå 1982 -og 83-årsklassane, også dette er eit viktig referansemateriale. Samstundes fins det fleire uavhengige og systematiske registreringar (sitjenøter, stangfiske i Bolstad, stangfiske i Vosso, teljingar av

gytefisk) som gir opplysningar om svingingane i gytebestanden tilbake i tid.

Totalt sett er det samla inn prøvar av rundt 1.000 vossolaksar, det meste er no genotypa ved Havforskningsinstituttet, resten ved NINA. Undersøkinga som er finansiert av Direktoratet for naturforvaltning og Fylkesmannen i Hordaland vil fortelja oss noko om dei genetiske endringane som eventuelt har skjedd med laksen i Vosso som følgje av bestandsamanbrot og innkryssing, men vil ikkje kunna sei noko konkret om kva verknad eventuelle genetiske endringar har på bestanden eller individa sin vekst, vandring, overleving etc. For å gje svar på slike spørsmål krevst det spesifikke utforma eksperimentelle undersøkingar.

Kven er vinnar og kven er tapar i konflikten ?

Styret ved Havforskningsinstituttet understreka behovet for initiativ på området i årsmeldinga for 1995: **“Etter Styret si vurdering er det særleg viktig å få auka kunnskap om genetisk samspel mellom fisk i merd og villfisk.”** Likevel er det så langt ein kan sjå framleis ikkje initiert konkrete undersøkingar som vil auka kunnskapsnivået på området. Skuldast dette frykt for at den reelle genetiske diversiteten mellom laksestammer faktisk skal vera så stor som lakseforvaltninga hevdar (utan tilstrekkeleg dokumentasjon!)? Resultatet er at diskusjonen er havna i eit teoretisk/filosofisk dødvatn, der einkvar kan gripa til dei teoriane som passar best i si eiga argumentasjonsrekkje. Dette står i kontrast til det vitenskaplege standpunktet forskarane ved Havforskningsinstituttet har hevda, nemleg at spørsmåla må angripast med vitenskaplege metodar slik at ein får erfaringskunnskap og konkrete resultat som eit grunnlag for å vurdere omfanget av problemet, og eventuelt kva tiltak som er dei beste for å redusere problemet. Når det ikkje har blitt slik, blir forskarane henvist til ein diskusjon som berre i liten grad er vitenskapleg/fagleg interessant.

Det har no utvikla seg ein frustrasjon i alle involverte miljø. Oppdrettarane er frustrerte over anklagar dei ikkje kan imøtegå, og over at ulike

institusjonar og “ekspertar” gir sterkt sprikande vurderingar av situasjonen. Lakseforvaltninga er frustrert over mangelen på data og over manglande kommunikasjon med fiskeriforvaltninga, og fiskeriforvaltninga er uroa over spissformuleringar som “genetisk forurensing” og over det som framstår som negativ reklame og urettvise skuldningar mot havbruksnæringa. Når den nasjonale, høgt utdanna kompetansen brukar engasjementet sitt på frustrasjonar heller enn å diskutera på eit fagleg grunnlag, gir det grunn til ettertanke. Det er i alle høve tvilsamt om diskusjonsforma styrker lekfolket sin tillit til forskingsmiljøa og forskarane.

Når desse spørsmåla må handsamast på ein skikkeleg måte, skuldast det at Norge som nasjon har eit stort ansvar for forvaltninga av den ville laksen sitt kjerneområde, eit ansvar som er fasttømra i internasjonale avtalar og nasjonale styringsverktøy til det keisommelege. Dernest skuldast det at vi har eit ansvar andsynes ei viktig kystnæring som er etablert på oppdrett av laks. Det er difor ikkje tilstrekkeleg med samanraska data som indikerer det eine eller det andre. Det som trengs i denne konflikten er først og fremst gode genetiske datasett for oppdrettslinjer, meir data og betre kunnskap den genetiske populasjonsstrukturen hos villaks, dvs. kunnskap om kor ulike laksebestandane eigentleg er. Dette vil klargjera omfanget av det genetiske problemet, og gje eit fagleg grunnlag for å ta stilling til kva tiltak som er fornuftige og nødvendige.

Dersom problema er fiktive, er det beklageleg at dei ikkje er avklara for lengst. Er dei reelle i eit eller anna omfang, er det desto større grunn til å beklaga at dei ikkje er handsama på ein fagleg forsvarleg måte. Men, så lenge angsten for biodiversitet i fiskeriforvaltninga er sterkare enn evna til å påvisa slik diversitet hos laks i lakseforvaltninga, vil forholdet mellom oppdrettslaks og villaks vera omgitt av mystikk, frustrasjon og konflikter, og det vil alltid vera plass til skribentar som er villige til å bruka tid på å prøva å forklara denne psykologiske gåta for andre.

2.5 Triploid laks

Rune Christiansen,
Havforskningsinstituttet.

I takt med veksten i oppdrettsnæringen har vi også sett negative effekter av oppdrett på naturen. Et av de største problemene innen oppdrettsnæringen var for noen få år siden den stadige økende bruken av antibiotika. I dag er bruken av antibiotika sterkt redusert som følge av utviklingen og bruken av vaksiner. Andre problemer har derimot dukket opp. Et mye diskutert og kontroversielt tema i dag er rømt oppdrettslaks og deres interaksjoner med villaks. Det er spesielt endringer i det genetiske materiale i de forskjellige villaksbestandene, også kalt genforurensning, som vekker mest bekymring. Slike forandringer kan oppstå dersom oppdrettslaks og villaks krysser seg med hver- andre. Denne artikkelen belyser en metode for å løse dette problemet.

Rømt oppdrettslaks skaper problemer

Det er ikke bare i Norge vi har problemer med rømt oppdrettslaks. Også i andre land, som eksempelvis i Canada, er diskusjonen minst like sterk. Dette gjelder spesielt i British Columbia hvor atlantisk laks ikke finnes naturlig i elvene, men som har en økende produksjon av innført atlantisk laks. Samtidig med økningen i mengde oppdrettet laks har registreringene av rømt atlantisk laks i elv og sjø økt dramatisk. Det er derfor i dette området, en stor bekymring for at atlantisk laks skal etablere seg i naturen.

To strategier er aktuelle for å hindre både interaksjoner på gennivå mellom oppdretts- og villaks og at laksen etablerer seg i områder der den normalt ikke finnes: Man kan hindre laksen i å rømme eller man kan benytte en laks som ikke er i stand til å reproducere.

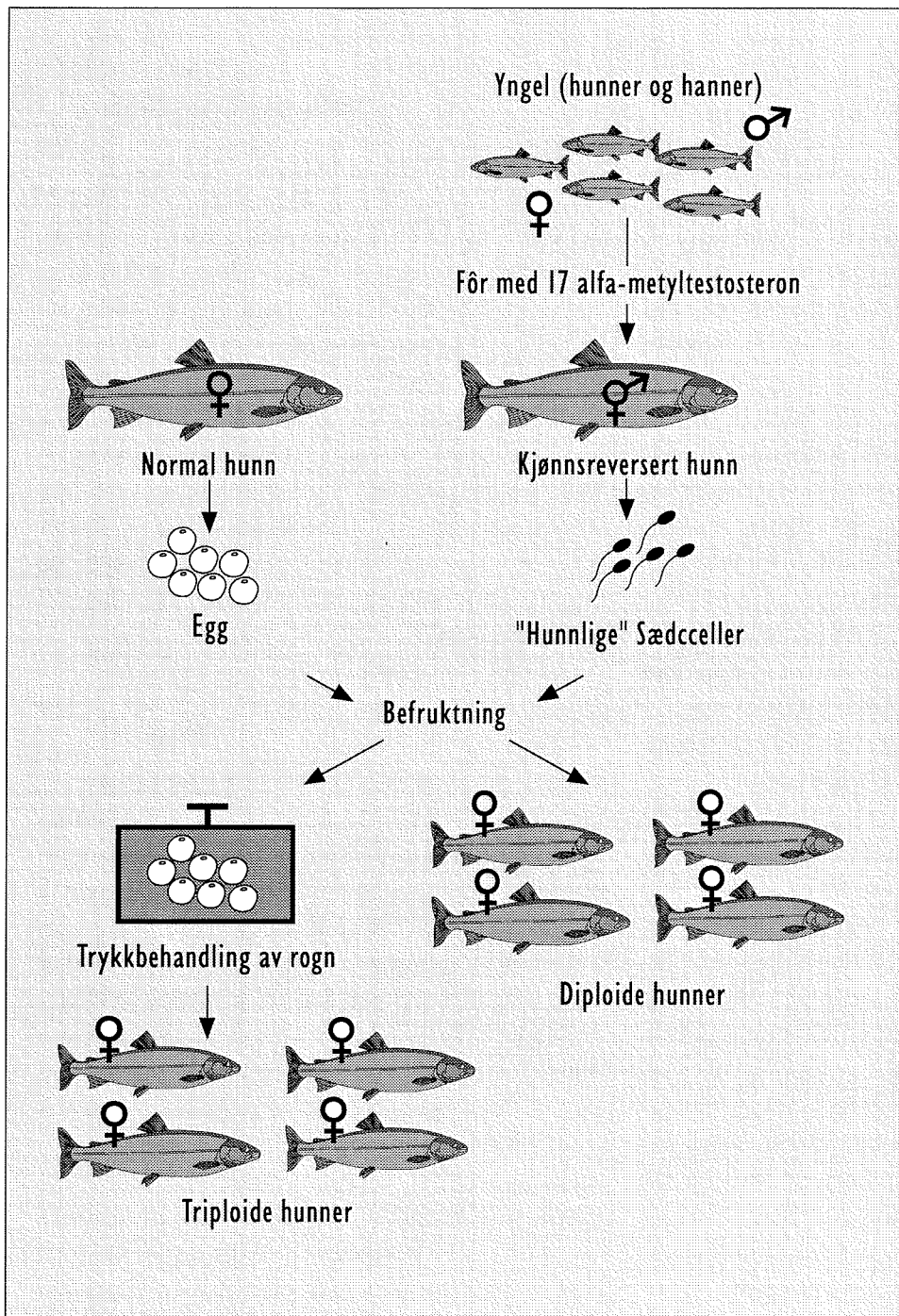
De canadiske myndighetene har satt seg som mål at atlantisk laks i oppdrett i British Columbia skal være forhindre fra å etablere seg i naturen innen 1998 (Ludwig 1996). Man har her valgt strategien med å produsere en ikke-reproduktiv laks for å nå dette målet. Det finnes to metoder

for å produsere en ikke-reproduktiv laks til bruk i oppdrett. Det ene metoden går ut på å produsere bare hunnfisk (all-female) og det andre vil være å produsere en steril (triploid) fisk. Den første metoden vil bare kunne brukes i områder der laksen naturlig ikke finnes. Det vil da ikke finnes hannfisk til å befrukte eggene. Denne metoden vil derimot ikke fungere i områder der laksen finnes naturlig. I våre områder må vi produsere en laks som er steril dersom vi velger en strategi som går ut på å hindre at laksen kan reproducere seg.

All-female

Utgangspunktet for å produsere grupper av all-female laks var for å unngå tidlig kjønnsmodning, da hannfisken av både laks og regnbueørret har en tendens til å modne tidligere enn hunnfisken. I Storbritannia ble all-female regnbueørret introdusert allerede tidlig på 80-tallet for å redusere tap ved for tidlig kjønnsmodning hos hannfisken. I dag er ca. 85 % av produsert regnbueørret fra dette området all-female (Johnstone 1996). Også på østkysten av Canada er bruk av all-female triploid regnbueørret vanlig.

All-female grupper av laksefisk kan produseres ved forskjellige metoder (Bye og Lincoln 1986; Benefey 1996). Hos laks, som hos de fleste andre dyr, er hunnen homogametisk med bare X-kromosomer. Hannen er heterogametisk, med både X-og Y-kromosomer. Dersom DNA i spermene inaktiveres ved eksempelvis UV-stråling uten at sædcellens evne til å svømme og trenge inn i egget påvirkes, vil avkommet kun inneholde arvemateriale fra moren og dermed også bare X-kromosomer. Denne metoden er ikke vanlig for produksjon av all-female laks og regnbueørret, blant annet fordi det er vanskelig å beregne UV-dose som gir inaktivering av DNA uten å svekke sædcellens evne til å befrukte eggcellen. En enklere metode for produksjon av all-female grupper av laks er beskrevet i figur 2.5.1.



Figur 2.5.1
Oversikt som viser produksjon av diploide og triploide grupper med bare hunnfisk (all-female grupper).
Reproductive scheme for production of diploid and triploid all-female groups.

ha spermledere og spermien samles derfor mest effektivt ved at fisken åpnes. Denne metoden gjør det lett å skille kjønnsreversert "hannfisk" og normale hannfisk. Egg fra normale hunner befruktes så med sperm fra den kjønnsreverserte hunnfisken. Avkommet vil da inneholde to X kromosomer og vil være normale hunnfisk.

I denne metoden produseres all-female grupper ved at yngelen gis et fôr tilsatt kjønnshormonet 17α -metylttestosteron i en kort tidsperiode i startfôringsfasen. Denne fisken vil bare bli brukt til stamfisk og vil ikke gå til menneskeføde. Det hannlige kjønnshormonet vil gjøre at hunnfisken kjønnsreverseres, og hunnfisken vil produsere melke i stedet for egg. Sædcellen vil derimot inneholde to X-kromosomer i motsetning til et X-og et Y-kromosom som i en normal sædcelle. Den kjønnsreverserte hunnfisken vil ikke

modning hos hannfisken et mindre problem enn i produksjon av porsjonsfisk av regnbueørret. Bruk av all-female fisk i norsk lakseproduksjon som en faktor for å redusere kjønnsmodningen er ikke helt uinteressant, men vi har andre gode metoder til å redusere modningsprosenten. Bruk av lys i vintermånedene i sjø fører til en sterk reduksjon i modningsprosenten (Hansen 1992). Gjennom avl vil modningsprosenten også kunne reduseres. Hos regnbueørret vil det derimot være interessant å produsere all-female grupper siden

lysmanipulering synes å ha mindre innvirkning på antall fisk som modner og på å forsinke modningstidspunktet (Oppedal 1996).

Bruk av all-female laks vil ikke ha noen betydning som metode for å hindre interaksjoner mellom villaks og oppdrettslaks. Vi må derfor gå et steg videre og produsere en steril all-female laks. Hvorfor denne fisken bør være all-female skal jeg komme inn på seinere. Den enkleste måten å produsere steril laks i stort antall, er å produsere en triploid fisk.

Triploid laks

Alle arter har et bestemt antall kromosomer som finnes i hver eneste celle i kroppen. Kromosomene inneholder gener som frakter de arvelige egenskaper fra foreldre til avkom. De fleste virveldyr, inkludert laks, er diploide, dvs at hver celle inneholder to sett av kromosomer. Atlantisk laks har ca. 60 kromosomer, hvorav et sett (30) kommer fra moren og et sett (30) fra faren (Allendorf og Thorgaard 1984). Det er relativt enkelt å produsere laks med flere enn to sett med kromosomer. Atlantisk laks med 90 kromosomer, dvs tre kromosomsett, vil være triploid og en laks med 120 kromosomer (fire kromosomsett) vil være tetraploid. Disse kalles også polyploide. Det er antatt at laksefisken har et tetraploid opphav. Flere faktorer underbygger denne påstanden. Laksen har et stort antall kromosomer og har ca. dobbelt så mye DNA pr celle som nær beslektede fiskearter.

En diploid og en triploid laks ser lik ut

Til tross for de nevnte forskjellene i antall kromosomer, er det små synlige forskjeller mellom umoden diploid og triploid laks. De triploide laksene har derimot en tendens til å være lenger og slankere enn de diploide. Selv om fiskene er like av utseende, er det tre klare forskjeller mellom diploid og triploid fisk. De triploide er mer heterozygote (de har både dominante og recessive gener), de har større, men færre celler i de fleste vev og organer, og de er sterile. Den triploide laksen er steril fordi den ikke kan fullføre reduksjonsdelingen (meiosen) som er nødvendig for produksjon av de haploide (et

kromosomsett) egg og sædcellene (Benfey 1996). Det er derimot forskjeller mellom hannfisk og hunnfisk under kjønnsmodningen. Hunnfisken produserer kun små grå gonader og utvikler ikke de ytre kjennetegn som karakteriserer en moden fisk. Den triploide hannfisken danner forløperne til sædcellen og derfor store testes. Hannfisken vil også gjennomgå fysiologiske og morfologiske (utsendemessige) forandringer som normalt oppstår i forbindelse med modningsprosessen. Hvorvidt den triploide hannfisken vandrer opp i elvene er ikke kjent, men muligheten for dette er tilstede. Hannfisken vil derfor være lite interessant i oppdrett og det vil være viktig å produsere grupper som består kun av hunnfisk (all-female grupper). Desto større fisk man ønsker å produsere, desto viktigere vil det være å ikke få kjønnsmodning.

Som tidligere nevnt er cellene i den triploide laksen større enn den diploide. Den triploide laksen er hverken lengre eller tyngre enn den diploide, og antall celler i vev og organer er derfor færre. Den økede cellestørrelsen medfører en reduksjon i forholdet mellom celleoverflate og cellevolum som igjen kan påvirke biokjemiske prosesser i organismen så som næringsopptak, utskillelse av nedbrytningsprodukt og ione- og gassutveksling i cellene (Benfey 1996). Dette kan igjen føre til at den triploide fisken har andre krav til de miljømessige forhold og til essensielle næringsemner enn en diploid fisk.

Hvordan produserer vi triploid laks

Det finnes to hovedmetoder for produksjon av triploid laks (Thorgaard 1995). En metode vil være å krysse en diploid og en tetraploide fisk. Dette forutsetter at man først produserer den tetraploid fisken. Denne metoden er i dag ikke i kommersiell bruk på grunn av problemer med å produsere nok tetraploid hunnfisk, men kan i framtida bli en enkel metode for produksjon av triploid fisk. Den andre metoden går ut på å behandle det befruktete egget på en måte som gir et ekstra kromosomsett. Ved produksjon av kjønnscellene skjer en reduksjonsdeling hvor sædcellen får et kromosomsett mens eggcellen har et kromosomsett pluss et såkalt pollegeme. Pollegeme inneholder også et kromosomsett men

ved en normal befruktning vil pollegeme skilles ut like etter befruktningen (figur 2.5.2). Det befruktete egget vil dermed bestå av to kromosomsett som igjen kopieres ved hver normal celledeling. Forskjellig behandling av egget like etter befruktning vil gjøre at egget beholder pollegemet og dermed får tre kromosomsett (figur 2.5.2). Det befruktete egget vil dermed bestå av tre kromosomsett som kopieres ved hver celledeling til alle nye celler.

Tre alternative behandlingsformer er beskrevet for å produsere triploid laksefisk med denne metoden (Benfey 1989). Varmebehandling av egget til 28°C i 10 minutter, 40 minutter etter be-

fruktning vil føre til at pollegemet holdes tilbake i egget (Bye og Lincoln 1986). Effektiviteten av denne metoden er relativt lav, og en relativt stor del av eggene vil bli diploide. En annen metode som også gir triploide egg er bruk av bedøvende gasser (lystgass). Den mest effektive metoden er trykkbehandling av rognen like etter befruktning. Ved denne metoden utsettes eggene for 9.5 Kp.s.i. i 5 minutter, 30 minutter etter befruktning når rognen inkuberes ved 10° (Johnstone 1992). Det er denne metoden som gir størst grad av triploide egg (tilnærmet 100 %) og best overlevelse fram til klekking. Forsøk ved Matre havbruksstasjon (1995-1996) har gitt tilnærmet 100 % triploide laks ved å bruke denne metoden.

Det skjer altså ingen for-

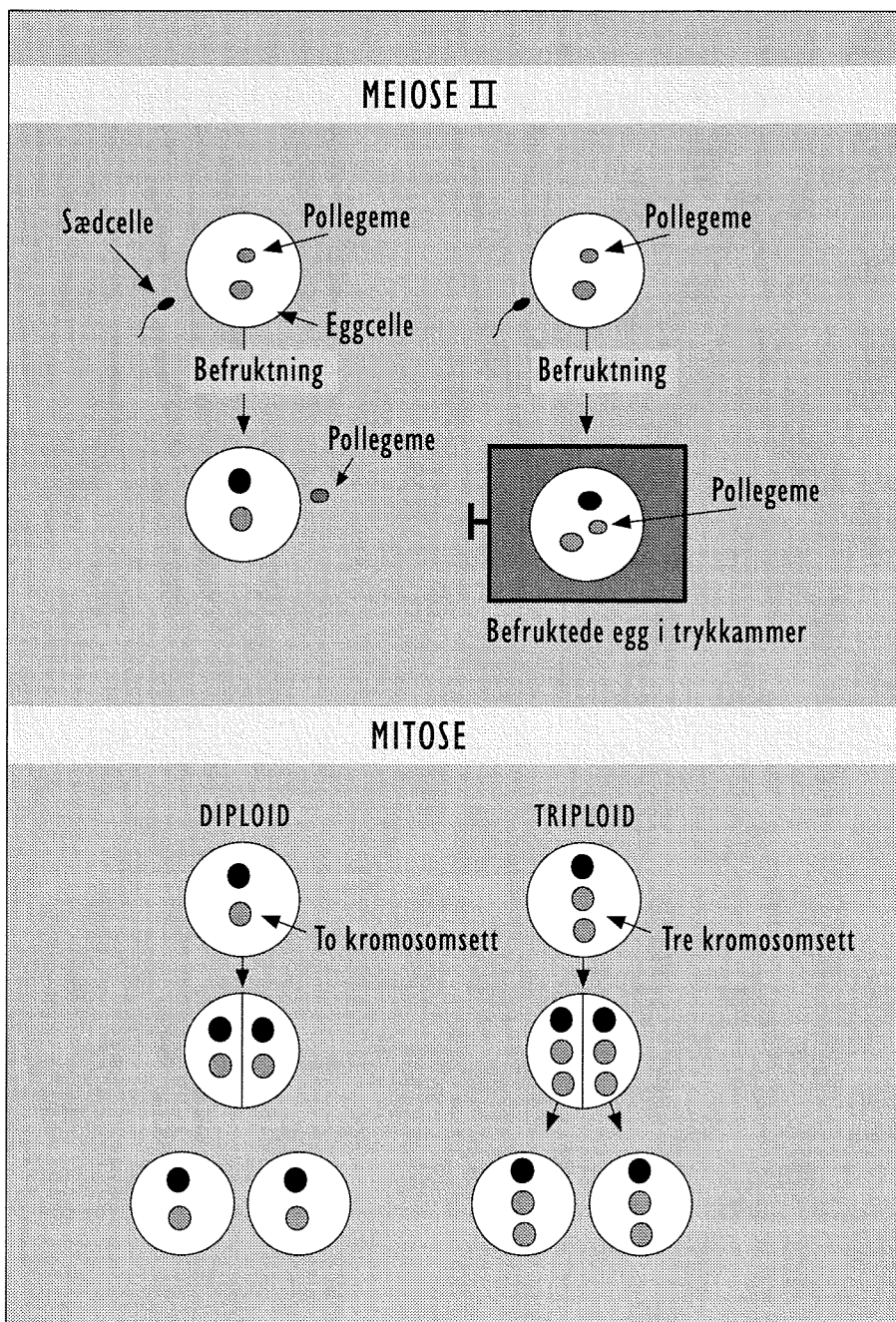


Fig 2.5.2

Diagrammet viser skjematisk produksjon av diploid laks og triploid laks. Ved andre reduksjonsdeling (meiose II) vil pollegeme i egget normalt skilles ut, men ved produksjon av triploide trykkbehandles egget og dette vil føre til at pollegeme holdes tilbake i egget. Ved den videre celledeling (mitose) vil alle diploide celler produsere ny diploide celler mens den triploide vil produsere nye triploide celler.

The figure shows schematic production of diploid and triploid salmon. At the second meiotic division the polar body in the egg are normally expelled but if the egg are pressure treated the polar body would remain in the egg and the egg will contain three sets of chromosomes in stead of two.

andring i genmaterialet, og det er derfor viktig å skille mellom genmodifisering hvor genene forandres og triploidisering hvor genmaterialet forblir intakt. Triploid fisk har tre sett med arvestoff (kromosomer), hvorav to kommer fra moren og ett fra faren. Selve gensammensetningen er ikke forandret.

Hvorfor er ikke triploid laks vanlig i oppdrett i dag?

En triploid hunnlaks vil løse de problemer vi har med interaksjoner mellom villaks og oppdrettslaks på reproduksjonsnivå. Det er ingen ytre synlige forskjeller mellom en triploid og en diploid laks og den er ikke genmanipulert. Hvorfor er så ikke triploid laks vanlig i oppdrett? Triploid laks produsert ved trykkbehandling av rognen var i kommersiell produksjon i Skottland på slutten av 80-årene, og i 1989 var 7.5 % av den skotske lakseproduksjonen triploid (Johnstone 1996). Den enkelte oppdretter hadde i løpet av denne perioden noe negative erfaringer med den triploide laksen. De mente blant annet at den triploide laksen var dårligere tilpasset sjøvannsfasen, at dødeligheten var større og at den hadde økt innslag av katarakt og andre deformiteter som forkorting av gjellelokk, deformiteter i kjeve, katarakt og abnormal form på de røde blodcellene. Produksjonen av denne laksen forsvant derfor gradvis, og det er i dag ingen kommersiell produksjon av triploid laks i Skottland.

Det har seinere vært gjennomført en rekke forsøk for å se nærmere på forskjellene mellom triploid og diploid laks i oppdrett (Benfey m. fl. 1996). I 1994 startet også et EU-prosjekt, med samarbeidspartnere fra Skottland, Irland og Norge som skulle vurdere bruken av triploid laks i oppdrett. Den norske delen av forsøket pågår ved Havforskningsinstituttet, Matre havbruksstasjon.

Resultat fra forsøk de seinere år har vist at andelen av triploide er, som tidligere nevnt, tilnær-

met 100% dersom trykkbehandlingsmetoden benyttes. Forsøkene i Matre har ikke gitt noen forskjeller i overlevelse mellom triploide og diploide fram til startføring, mens andre studier har gitt noe høyere dødelighet hos trykkbehandlet rogn. Gjennom ferskvannsfasen vokser den triploide laksen like godt som den diploide, og dødeligheten er lav (McGeachy m. fl. 1995). Det samme har vi sett ved Matre havbruksstasjon. I sjøvannsfasen har forsøk vist at triploid i størrelsesklassen 3-3.5 kg var noe større enn de diploide. Det viste seg også at dødeligheten var 20-25% høyere og andel deformiteter høyere for de triploide (McGeachy m. fl. 1996). Dette stemmer overens med andre forsøk, inkludert forsøkene vi har gjennomført ved Matre havbruksstasjon. Vi har også vist at det var store variasjoner mellom ulike familier og at flere av de triploide familiene klarte seg like godt i sjøvannsfasen som dens diploide brødre og søstre. Andelen fisk med katarakt er derimot vesentlig høyere hos de triploide enn hos de diploide.

Det er fortsatt mange ukjente faktorer knyttet til bruk av triploid laks i oppdrett. Videre arbeider er nødvendig for å definere miljømessige grenser for hva triploide tåler i forhold til diploide. Siden den triploide laksen synes å være mer utsatt for stress, må muligens oppdrettsrutiner og anlegg tilpasses oppdrett av en slik fisk. Det er også mulig at en triploid fisk har andre ernæringsmessige krav enn en diploid. Hvorvidt triploid laks vil bli vanlig i norsk oppdrett vil avhenge av hvordan den triploide laksen klarer seg under våre oppdrettsbetingelser, hvordan faren for «genetisk forurensing» av villaksstammene vurderes i framtida og hvordan markedene vil reagere på en triploid laks. Allerede i dag er produksjon av all-female grupper og triploid all-female grupper av både chinook laks og regnbueørret vanlig i oppdrett i andre land, uten at markedet har reagert nevneverdig.

Fullstendig referanseliste er tilgjengelig hos forfatteren

2.6 Dverghanner, et økende problem for oppdrettsnæringen

Ove T. Skilbrei,
Havforskningsinstituttet

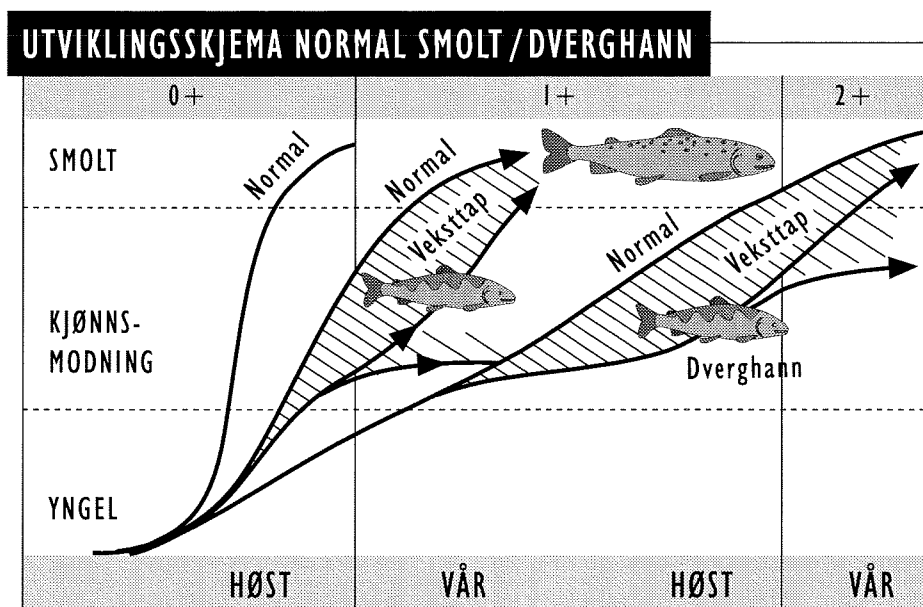
Dverghanner forekommer naturlig i ville laksebestander, men de er lite ønsket i oppdrett. Dverghannen er vanligvis kjønnsmoden når den er mellom 8 og 15 cm. Den taper vekst som følge av kjønnsmodningen og kan representere et økonomisk problem fordi de ikke følger den tiltenkte produksjonsplanen på settefiskanlegget. Ved stadig forbedrede produksjonsbetingelser i settefisknæringen utvikler dverghannene seg forttere på anleggene. Gruppene som skulle blitt høstsmolt i det første leveåret kan også ha betydelige innslag av tidlig kjønnsmodne hannfisk. Stryking av dverghanner som ligger an til å bli ettårssmolt reduserer veksttapet, men forsinket smoltifisering kan være et problem hvis de ikke blir sortert ut i egne grupper. Mange faktorer påvirker sjansen for tidlig kjønnsmodning, men kunnskapen vår om vekselvirkninger og betydningen av ulike produksjonsbetingelser og arv er foreløpig ufullstendig.

Dverghann er en lakseunge (parr) som kjønnsmodner i ferskvannsfasen før den er stor nok til å smoltifisere. I den siste tiden har dverghanner blitt oppfattet som et økende problem i oppdrettsnæringen. På grunn av mangel på statistikk er

det vanskelig å vite om innslaget av kjønnsmoden parr har økt, eller om endringer i rutinene ved anleggene har medført at de små hannene blir mer synlige. Etter at stikkvaksinerings ble vanlig, blir dverghannen lettere avslørt fordi det renner melke når fisken behandles. Tidligere (til dels ennå) ble ofte liten fisk sortert ut og destruert om høsten og vinteren. Det er sannsynlig at mange dverghanner tilhørte denne gruppen. Rapporter fra de siste årene forteller likevel om så høye innslag av dverghanner (opp til 30%) at det er grunn til å anta at utviklingen av dverghanner favoriseres i større grad enn tidligere.

Hvorfor er dverghanner et problem?

Selv om veksten gjerne er høy i starten av kjønnsmodningsprosessen, så vil dverghannen tape vekst om høsten og vinteren (se figur 2.6.1). Denne vekststagnasjonen representerer et økonomisk tap dersom innslaget av dverghanner er høyt. Innslaget synes å variere kraftig mellom grupper, anlegg og årsklasser, og variasjonen er et problem i seg selv fordi den vanskeliggjør planleggingen av produksjonen ved et anlegg. Hvis for eksempel 20% av fisken i en



Figur 2.6.1
Sammenfatning av ulike utviklingsskjemaer for umoden fisk og dverghanner.
Diagram summarising different developmental paths of immature parr and precocious mature males.

produksjonslinje har utviklet seg til små kjønnsmodne hanner, og disse må sorteres ut av de planlagte smoltgruppene og holdes i egne kar, så krever dette både ekstra arbeidsinnsats, karkapasitet og annen smolt til erstatning.

En annen ulempe med dverghannene er at smoltifisering og kjønnsmodning er motsatte biologiske prosesser, og at en kjønnsmoden fisk har lavere toleranse for sjøvann. En fullverdig smoltifisering vil normalt ikke kunne gjennomføres før kjønnsmodningsprosessen er avsluttet. En parr som var kjønnsmoden i løpet av vinteren, vil vanligvis smoltifisere noen uker senere enn normal smolt. Fordi den tidlige kjønnsmodningen innebærer et tidstap kan konsekvensene bli mer alvorlige når produksjonssyklusen forseres, for eksempel ved produksjon av høstsmolt.

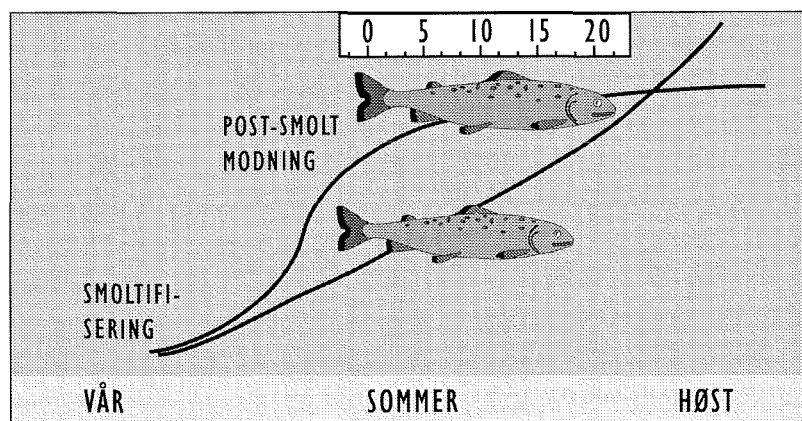
Postsmolt-modning, ukjent joker?

Vi har fått flere rapporter om at merder i sjøen kan ha innslag av små kjønnsmodne hannfisk, og at disse har en høyere dødelighet i sjøen. I noen tilfeller er det ikke helt avklart når det dreier seg om dverghanner, eller om postsmolt-modning. Postsmolt-modning inntreffer i sjøen kort tid etter smoltifisering, og denne fisken har en stør-

relse som kan gjøre det vanskelig å skille den fra en stor dverghann. Vi har sett et par eksempler på at individmerket smolt har vokst hurtig en måned eller to for så å kjønnsmodne (se figur 2.6.2). Denne livshistoriestrategien er blitt observert i ville laksestammer. I enkelte bestander langt nord i Canada er det vanlig at både hunn- og hannfisk kjønnsmodner før de hadde nådd en størrelse på 30 cm. Dette forklares med at forholdene i havet er så ugunstige på grunn av lave temperaturer at det er mer formålstjenlig å kjønnsmodne tidlig. Fenomenet er også observert i elver syd i Europa. I dette tilfellet er det fristende å anta at gunstige vekstbetingelser kan føre til lignende mønstre for kjønnsmodning. I noen norske forsøk har det blitt observert opptil 15% postsmolt-modning hos ettårssmolt.

Årsaker til dverghannmodning

Vi har generelt for lite materiale om hvilke faktorer som stimulerer den tidlige kjønnsmodningen i ferskvannsfasen, og spesielt for liten kunnskap om hvordan faktorene samvarierer. Fra litteraturen på området (om laksefisk generelt) og diverse forsøk kan en rekke forhold nevnes som har eller kan ha betydning (se figur 2.6.3). Selv om enkeltfaktorene har eller kan ha effekt, er det uklart hvor mye de betyr for drif-

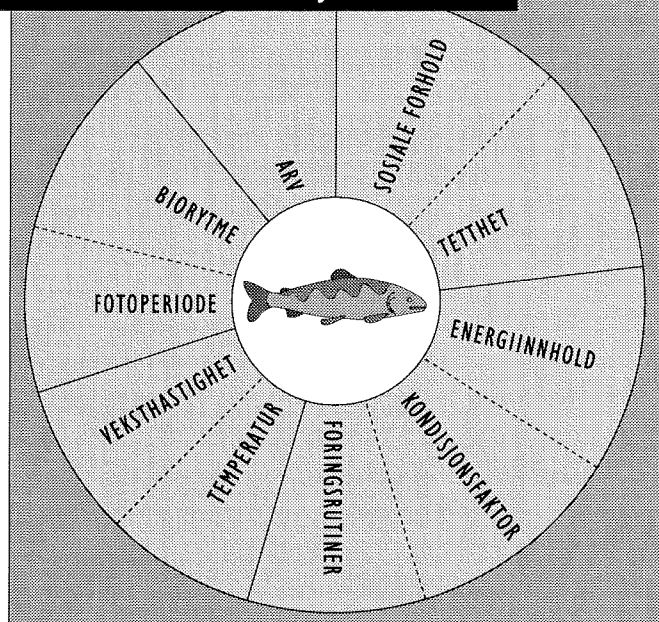


Figur 2.6.2

Skisse over postsmolt-modning der kjønnsmodningen starter etter smoltifisering, veksthastigheten øker i en kort periode, og den kjønnsmodne fisken stagnerer på rundt 20 cm når gonadene er utviklet.

Sketch showing post-smolt maturation in which maturation is initiated after smoltification, the growth rate increases during a short period, and the growth rate of the mature fish ceases at approximately 20 cm when the gonads have developed.

FAKTORER SOM PÅVIRKER KJØNNSMODNING



Figur 2.6.3 Diverse forhold som påvirker, eller som kan påvirke, sjansen for at et individ blir dverghann.

Different factors that influence, or may influence, the probability of precocious maturation.

ten ved det enkelte settefiskanlegg.

Arv har betydning for både innslaget av og størrelsen på dverghannene. Noen arbeider har vist at både graden av heterozygoti og vekst og tidlig kjønnsmodning er koblet på individuelt nivå. I forsøk med avkom fra ville bestander har innslaget i familier variert fra 0 til 40%, og det har dukket opp dverghanner fra 7 til 20 cm. Innen en familiegruppe er imidlertid størrelsesvariasjonen mindre, og dverghannen er ofte 3-5 centimeter mindre om vinteren enn parren fra samme familie som utvikler seg til vanlig smolt. Årstiden har imidlertid betydning for hvilke størrelsesforskjeller man finner mellom dverghanner og umodne fisk. I figur 2.6.4 framgår det at den kjønnsmodne dverghannen fra tre ulike elvestammer er mindre enn den umodne fisken som skal bli ettårssmolt neste vår (den øverste størrelsesgruppen), men større enn den småfisken som normalt ville ha utviklet seg til toårs-smolt.

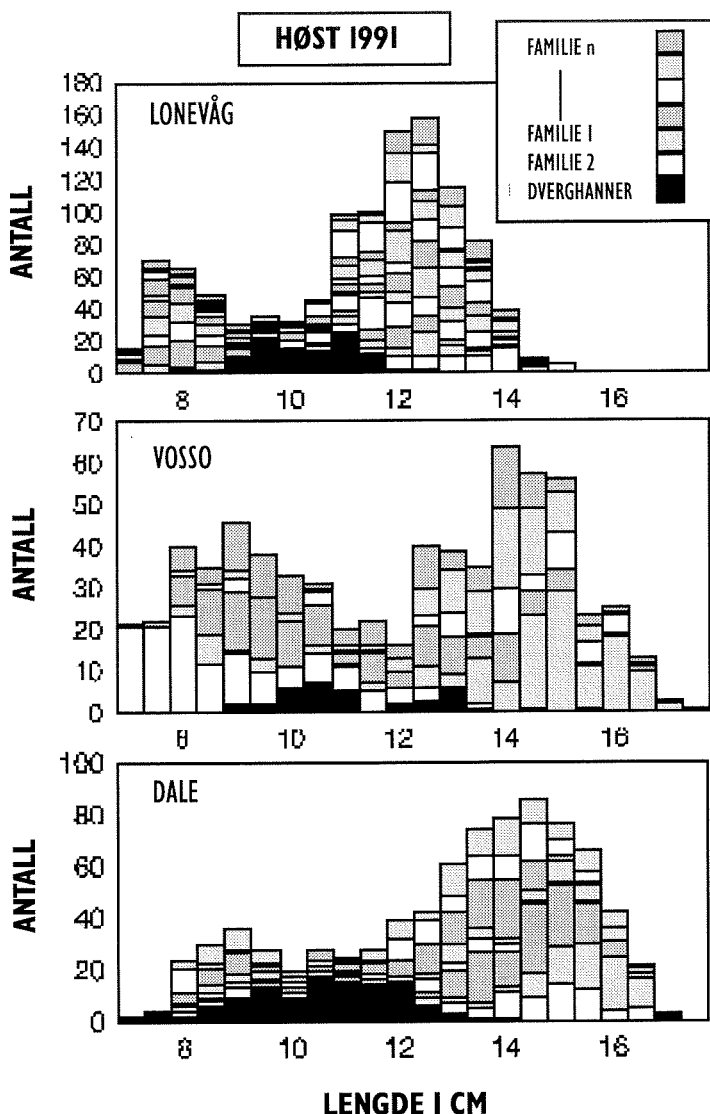
For laksefisk blir det vanligvis antatt at veksthastighet, og dermed også høy temperatur, sen-

ker både alder og størrelse ved kjønnsmodning. Dette er vanligvis gyldig, men for dverghannmodningen er det flere forhold som kompliserer bildet, og noen forsøk viser motsatte resultater. Fisken oppfatter årstid, og kjønnsmodner eller ikke i henhold til de «beste» alternativene der fiskens størrelse, fysiologisk status og forventet utbytte av hver livshistoriestrategi har betydning. I naturen har dverghannen en annen adferd på gyteplassen enn en stor hann. Den sniker seg inn på det gytende paret for å delta i gytningen og kan ikke ta kampen opp mot de store aggressive hannene som angriper plagsomme konkurrenter. For at denne strategien skal være vellykket, bør den ha en optimal størrelse, og i hvert fall ikke være for stor fordi den da

blir lettere oppdaget. I tillegg må kjønnsmodningsprosessen i elven styres av årstiden slik at den er kjønnsmoden på samme tid som den store laksen som vender tilbake fra havet.

Produksjonsbetingelser har betydning

I settefiskproduksjonen bruker man daglengder som avviker fra den naturlige årssyklus for å bedre veksten og styre smoltifiseringen. På grunn av betydningen av størrelse for dverghannmodning, og fordi fiskens oppfattelse av årstid i stor grad bestemmes av endringer i daglengden kan enkelte faser under produksjonen være viktigere enn andre. Vi har sett flere eksempler på at dverghannmodningen kan reduseres betydelig med lysmanipuleringer. Problemet er imidlertid at de samme lysbehandlingene kan redusere smoltkvaliteten til den umodne fisken. Årsakene til slike resultater kan være at fisken trenger årssykliske stimuli fra omverden for å synkronisere den lange kjeden av påfølgende hormonelle og fysiologiske endringer som fører fram til kjønnsmodning eller smoltifisering. Fraværet av ytre signaler i form av endringer i daglengden fører til at fisken ikke justerer fysiologien i forhold til ekte eller kunstig årstid (ved styrte daglengder). Konsekvensene blir at de indre biologiske rytmene løper friere, kjønnsmodning inntreffer sjeldnere og komponenter av smoltifiseringen blir dårligere utviklet. Det er likevel ting som tyder på at produksjonslinjer



Figur 2.6.4 Størrelsesfordeling til familiegrupper fra Loneelven, Vosso og Daleelven om høsten det første leveåret. Umoden fisk fra ulike familier er skravert ulikt, mens dverghannene er vist samlet. *Length-frequency distributions of 0+ family groups of the river strains Lone, Vosso and Dale in autumn. Immature parr from different families are separated by bar hatching while black bars summarise all precocious mature males.*

er ukjente og de minste karene var mindre enn de som brukes kommersielt (1x1 meter), så er de viktigste konklusjonene av figur 2.6.5 at produksjonsbetingelsene har betydning for dverghannmodning, og at kjønnsmodningsprosessen kan startes sent på året.

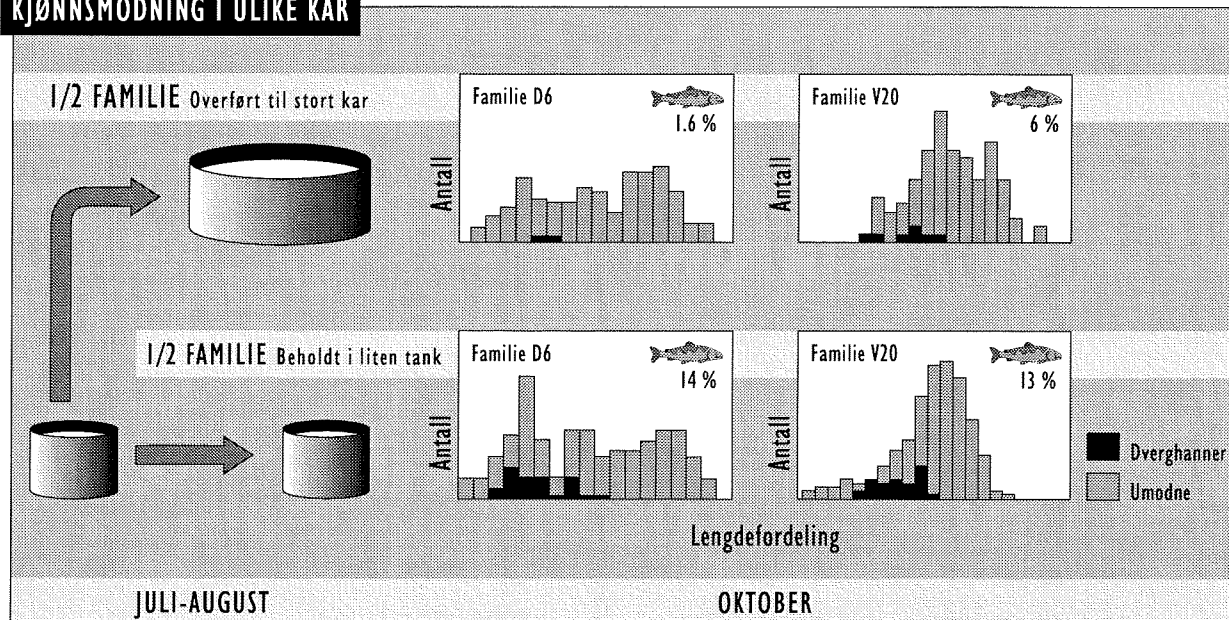
Innslaget av dverghanner kan være betydelig i næringen. I et mindre prosjekt i 1996 ble det samlet inn opplysninger fra flere settefiskanlegg. Hensikten var å kartlegge forekomsten av dverghanner på anlegg for å se om det var forhold ved produksjonsrutinene som kan medføre tidlig kjønnsmodning. Det er vanligvis vanskelig å finne tilbake til forhistorien til fisk som kjønnsmodner, fordi de vanligvis har vært sortert og forflyttet innen anlegget flere ganger fra startføring til modning. Det har blant annet vist følgende:

- 1) Kjønnsmodningen kan starte tidlig på året - allerede i mai har gonadene til enkelte hannfisk blitt fortykkete og gråhvite istedenfor gjennomsiktig (se figur 2.6.6).
- 2) På flere anlegg har den modnende hannfisk relativt lik størrelse. Dette styrker antagelsen om at utviklingen av dverghannene er nært koblet til størrelsesavhengige mekanismer.
- 3) Vekstbetingelsene (spesielt temperatur) er sannsynligvis viktig for om dverghannene opptrer i større mengder allerede tidlig på høsten,

som er basert på kontroll med temperatur, lys og fiskestørrelse kan være en vei å gå når vi får mer spesifisert kjennskap til mekanismene som starter kjønnsmodningsprosessen.

Selv om lys- og temperaturforholdene er like i forskjellige kar, så kan andre forhold stimulere kjønnsmodningen. I figur 2.6.5 ser vi to eksempler på at det utviklet seg flere dverghanner i små, enn i større kar. Veksten var også bedre i de største karene, så antakelsen om at høyere vekst gir mer kjønnsmodning passer ikke her. Det var en rekke forskjeller mellom karene; så som tetthet av fisk, vanngjennomstrømming, vanddyb, avstand til fôrautomat osv. Flere av disse forskjellene kan ha påvirket fiskens fysiologi, og ikke minst atferden. Fra annen forskning på laksefisk kan vi ikke utelukke at adferd har betydning for kjønnsmodning. Selv om årsakene

KJØNNSMODNING I ULIKE KAR



Figur 2.6.5 Lengdefordelinger fra et oppsett der 2 familier ble delt i juli/ august etter å ha gått i hvert sitt lille kar. En del ble igjen i karet mens den andre halvparten ble overført til et større kar (sammen med annen fisk). Innslaget av dverghanner i oktober er vist med mørk skravering.

Length-frequency distributions in an experiment in which 2 family groups were divided into two groups in July/August. One half of the fish of each family were still kept in a small tank while the other half was transferred to a large tank. The incidences of precocious mature males in October are shown by solid bars.

men dataene er ikke entydige. Dessuten kan gode forhold utover høsten sannsynligvis føre til ny rekruttering.

4) Små dverghanner taper så mye vekst at de ofte blir destruert som seintvoksende fisk uten at innslaget av dem er blitt skikkelig dokumentert.

5) Innslaget av dverghanner kan være høyt i alle produksjonsgruppene (fra høstsmolt til fisk som ikke kunne blitt ettårssmolt). Tabell 2.6.1 under viser to års produksjon på et settefiskanlegg.

6) De fleste anlegg har gjennom de siste årene effektivisert produksjonen. Flere har installert oksygenanlegg for å holde jevnt over høyere temperaturer og/eller for å bedre utnyttelsen av karene. En viktig grunn er å tilfredsstille markedets behov for høstsmolt (halvtårssmolt).

Fra dverghann til smolt

De aller minste dverghannene kan være for pro-

blematiske fordi de kan kjønnsmodne på nytt i ferskvann og ikke smoltifisere. Den 'vanlige' dverghannen er ikke tapt for videre produksjon. Dverghannene har sannsynligvis høy dødelighet i naturen fordi de blir angrepet av større hanner, men slik er det ikke i oppdrett. Dverghannene har som nevnt en forholdsvis ensartet størrelse når de er rennende, selv om de forekommer mer spredt i enkelte familier. På grunn av dette, og fordi den umodne ettårssmolten er gjennomsnittlig større når kjønnsmodningen inntreer, fører sorteringer til at dverghannene konsentreres opp i enkelte kar. Flere anlegg sorterer ut og leverer tidligere dverghanner som egne smoltgrupper. På grunn av at kjønnsmodningen medførte et tidstap i forhold til normal smoltifisering, er det viktig å få dverghannen til å spise og vokse igjen etter at kjønnsmodningen er fullført. Temperaturøkning om våren stimulerer denne prosessen, men oppvarming av vannet er relativt kostbart. Stryking av dverghannen om vinteren virker positivt ved at den strøkne dverghannen gjen-

Tabell 2.6.1 Oversikt over dverghanner og umodne over to år ved et settefiskanlegg.
Summary of the numbers of precocious mature males and immatures at a hatchery during two years.

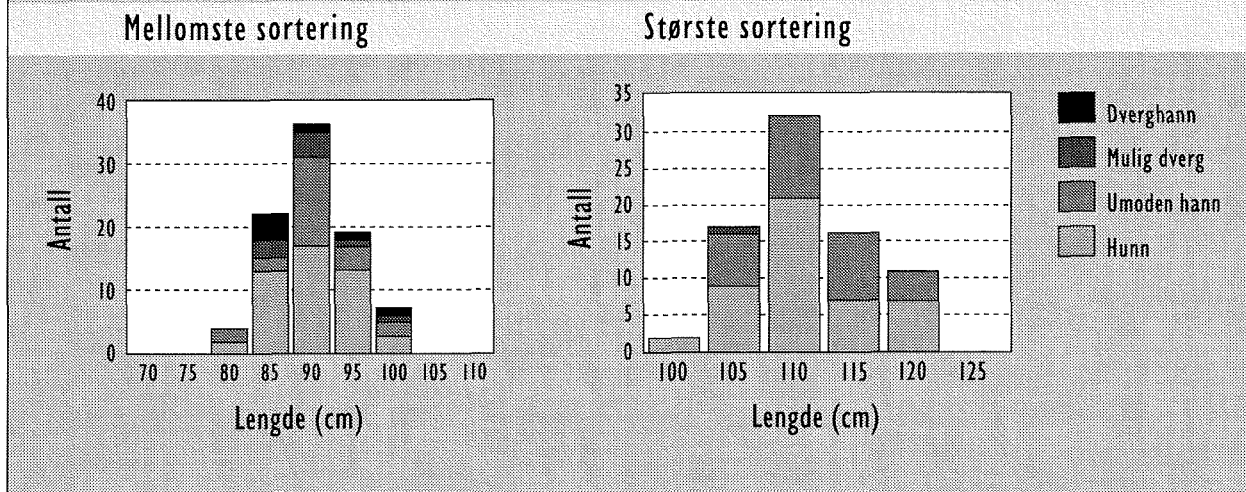
ANLEGG D	DVERG	UMODNE
1994		
0-årig høstsmolt	ikke reg.	135.600
1-årig smolt	ca 40.000	325.000
Utsortert små og dverghanner	ca 35.000	15.000
SUM	min.75.000	475.000
1995		
0-årig høstsmolt vaksinert august-95, dverghanner sortert ut	32.000	153.000
1-årssmolt, vaksinert nov-feb-96	26.100	320.000
Yngel utsortert ca. 15.11, snitt 25 g	19.500	19.500
Yngel under 22 g sortert ut, kassert.	ca 49.900	20.100
SUM	124.500	513.500

opptar veksten hurtigere. I tillegg får man bedre nytte av **kompensasjonsveksten** som da inntrer på et tidligere tidspunkt. Flere resultater viser at den tidligere dverghannen forsøker å kompensere for vekst- og tidstapet ved økt appetitt og vekst i ettertid.

I et forsøk med toårssmolt som ble satt i merder tidlig på våren kom ikke kompensasjonsveksten før fisken var i sjøen, og de tidligere dverghannene var like store som annen fisk et halvt år senere. I dette tilfellet var det få individer som ble kjønnsmodne for annen gang etter ett år i sjø, og etter to år var det fortsatt tidligere dverghanner som ikke hadde startet ny kjønnsmodning. Det har vært hevdet at fisk som allerede har kjønnsmodnet en gang i livet ikke venter så lenge før den kjønnsmodner på nytt, men flere matfiskprodusenter sier at de har hatt gode erfaringer med tidligere dverghanner. I Havforskningsinstituttets havbeiteforsøk med avkom fra villfisk, viser de foreløpige resultatene at de tidligere dverghannene kommer tilbake fra oppholdet i havet som relativt stor fisk etter ett år. Vi må likevel forvente at slike sammenhenger er betydelig influert av arvelige faktorer og at forholdet kan være annerledes for oppdrettsfisk som er avlet for sein kjønnsmodning i

sjø. Flere undersøkelser har konkludert med at det sannsynligvis ikke er noen sammenheng mellom dverghannmodning og senere kjønnsmodning som voksen laks. Selv om tidligere dverghanner skulle kjønnsmodne tidligere i sjøen kan slike sammenhenger utnyttes positivt ved at kjønnsmodnende laks har en høyere vekstrate gjennom våren enn fisk som ikke kjønnsmodner til høsten. De blir større enn annen fisk om sommeren, før modningen reduserer kvaliteten, og kan dermed slaktes tidligere.

Tilstedeværelsen av dverghanner og muligens postsmolt-modning i oppdrett er gode eksempler på laksens brede register av livshistoriealternativer, og at naturlige tilpasninger i ville bestander også kommer til uttrykk når en art holdes i kultur. For å bedre kontrollen under alle faser av produksjonssyklusen, er det nødvendig å drive målrettet avlsarbeid og å øke forståelsen av betydningen av ulike produksjonsbetingelser. Fra 1997 har NFR bevilget midler til videre forskning som har til hensikt å finne årsaker til dverghannmodning. Her vil vi forsøke å kombinere flere av forholdene som kan ha betydning for kjønnsmodning, for å se hvilke faktorer som har størst betydning.

**Figur 2.6.6**

Lengdefordeling av dverghanner (tydelig tykke gonader), mulige dverghanner (fortykning) og umoden fisk i mellomste og største sortering på et settefiskanlegg i slutten av mai.

Length-frequency distributions showing precocious mature males (dark bars), possible mature males (grey bar, based on the degree of the development of the gonads) and immature fish among medium and large size graded fish in a hatchery in mid May.

2.7 Vaksinerings av oppdrettsfisk

Paul J. Midtlyng, VESO
Atle Lillehaug, Veterinærinstituttet

Både hos folk og dyr er vaksinerings en effektiv metode for å unngå smittsomme sykdommer som er alminnelig utbredt. I løpet av barndommen vaksineres alle nordmenn mot et titalls virus- og bakteriesykdommer, og vi går regelmessig til veterinær med familiens hund eller katt. Det store gjennom-bruddet for vaksinerings innen havbruk kom mot slutten av 80-åra, og gjennom flere år har nå så å si all norsk oppdrettslaks blitt vaksinert mot tre eller fire av våre vanligste fiskesykdommer. Som resultat har sykdom og legemiddelbruk i norsk havbruk blitt redusert til en brøkdel, noe som bidrar til økt trivsel for fisken og økt lønnsomhet for oppdretterne. Disse resultatene har vakt oppsikt innen internasjonal akvakultur, landbruk og legemiddelindustri, og mange forsøker nå å følge i samme spor.

I denne artikkelen skal vi drøfte noen av årsakene til at denne utviklingen kom først i Norge, og noen utfordringer vi fortsatt står overfor. Vi gir også noen anbefalinger om hvilke strategier som bør velges for å vaksinere oppdrettsfisk i dagens norske havbruk.

Historikk og status om fiskevaksiner

Forskning om vaksinerings av fisk startet for omtrent 60 år siden i Nord-Amerika, og i 1939 ble de første rapportene om forsøk med vaksinasjon av fisk mot furunkulose (*Aeromonas salmonicida*) offentliggjort i USA og Canada. Arbeidet var sterkt inspirert av framstegene som ble gjort i medisinsk bakteriologi og immunologi, og pionerene var leger og mikrobiologer med interesse for kultivering av laks og ørret. Resultatene var ikke entydige, og da sulfonamider og andre antibiotika kom i bruk rundt 1950, forsvant interessen for forskning om fiskevaksiner for en lang periode.

Arbeidet med furunkulosevaksiner ble tatt opp igjen av enkelte forskergrupper fra 60-tallet, men resultatene var tildels negative. Man lyktes imid-

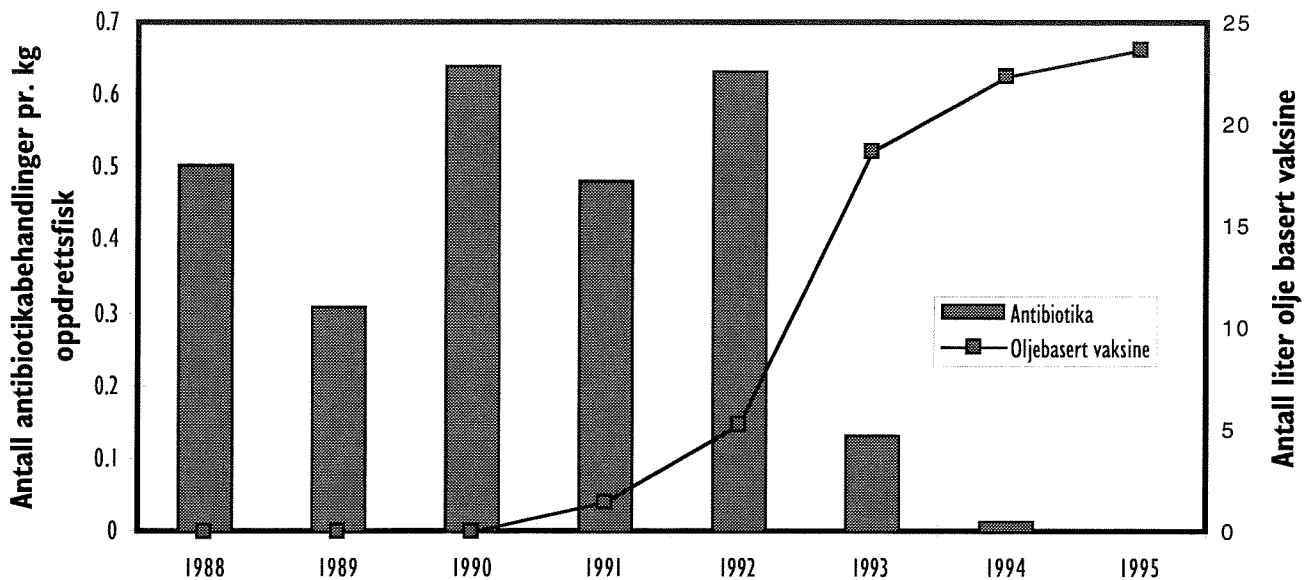
lertid relativt raskt i å utvikle effektive vaksiner mot vibriose (*Vibrio anguillarum*) og yersiniose eller «rødmunnsjuka» (*Yersinia ruckeri*). Etter at disse sykdommene spredte seg i kommersielt oppdrett, ble vaksinerings for alvor tatt i bruk som forebyggende tiltak, først i Nord-Amerika.

Her i landet ble vibriosevaksiner satt i utprøving allerede i 1977 med positive resultater. Etter at «Hitrasjuka-bakterien» *Vibrio salmonicida* var identifisert tidlig på 80-tallet, ble vaksiner mot denne nye *Vibrio*-arten utviklet etter velprøvede prinsipper i Tromsø og Bergen, og vaksinen ble tatt i bruk fra 1987. Man så raskt de første positive virkningene av vaksinasjonskampanjen, idet legemiddel-bruken i fiskeoppdrett sank betydelig allerede 1988 (figur 2.7.1).

Furunkulosen var imidlertid kommet til Norge i 1985, og etter at nedslaktingskampanjen for å få bukt med sykdommen mislyktes, spredte sykdommen seg langs omtrent hele kysten i løpet av to år. På tross av de gode resultatene man hadde oppnådd ved vaksinerings mot vibriose og kaldtvannsvibriose, sto norsk havbruk og norsk vaksinologisk forskning nå overfor en betydelig større utfordring; på tross av 50 års innsats var det internasjonale forskersamfunnet fortsatt nærmest maktesløst overfor furunkulosen.

Den første kommersielle produksjonen av fiskevaksiner ble etablert i USA midt på 70-tallet, men den økonomiske suksessen var så som så til å begynne med. Verken i Nord-Amerika eller i Europa slo fiskevaksinene helt igjennom, og Norge ble ganske snart det største markedet. Grunnen til dette lå nok først og fremst i veksten og strukturen i det norske lakseoppdrettet, som skapte andre behov og forutsetninger for vaksinerings enn i amerikansk og europeisk fiskeoppdrett. I korthet kan følgende forskjeller nevnes:

* I norsk oppdrett har hver enkelt fisk en eier, mens i amerikansk produksjon av havbeitelaks



Figur 2.7.1 Antall antibiotikabehandlinger pr. kg. oppdrettsfisk og forbruk av oljebaserte vaksiner i perioden 1988-1995. (Etter Markestad og Grave, 1997)
Number of treatments with antibiotics per kg farmed fish and consumption of oil based vaccines 1988-1995. (After Markestad og Grave, 1997)

settes yngel eller små settefisk ut for å vandre eierløs ut i havet

* Høstingsmoden laks fra norsk havbruk er verdt over hundre kroner pr. individ, mens i europeisk og amerikansk ferskvannsoppdrett av ørret og karpe høstes fisken stort sett som porsjonsfisk, det vil si hvert individ har liten verdi

* Den raske veksten i norsk havbruk skapte en stor og betalingsvillig etterspørsel etter effektiv sjukdomsforebygging

* Til forskjell fra andre land ble det i Norge bygget opp en omfattende infrastruktur innen fiskehelse, med lokale veterinærtjenester og med lokale og regionale laboratorier. Dessuten investerte næringa (FOS) og det offentlige i forskning, og offentlige instanser ble utnyttet for å løse praktiske sjukdomsspørsmål

* Blant norske oppdrettere var det vilje og evne til å løse praktiske problemer og å innlemme vaksiner i anleggenes ordinære drifts- og produksjonsopplegg. Myten om at «det går ikke an å stikkvaksinere millioner av yngel» ble gjort til skamme.

Det var derfor naturlig at norske gründere og norsk faramsøytisk industri etablerte fiskevaksineproduksjon i siste halvdel av 80-tallet. Dette falt sammen med en økende aktivitet innen

fiskeimmunologi og klinisk vaksineforskning. Idag er norske produsenter av fiskevaksine verdensledende og norske forskere solid forankret i den internasjonale tetgruppen når det gjelder vaksineforskning på fisk.

Sjøl om det er over 20 år siden de første fiskevaksinene kom i bruk, er mange av dem ennå ikke endelig godkjent av myndighetene. De fleste fiskevaksiner har såkalt tidsbegrenset «godkjenning» som legemiddel fra Statens Legemiddelkontrollen gjenstår, sjøl om produktet kan kjøpes (tabell 2.7.1). Det forventes imidlertid at flere fiskevaksiner får ordinær markedsføringstillatelse i løpet av 1997, og at de dermed får samme status som andre legemidler i Norge.

RESULTATER FRA FORSØK MED VAKSINASJON MOT FURUNKULOSE

Utprøving av ulike vaksiner og vaksinasjonsmetoder

I 1988 gjennomførte vi det første innledende forsøket med furunkulosevaksiner. To kommersielle vaksiner som fantes på markedet på det tidspunktet ble testet. Begge vaksinene var

injeksjonsvaksiner som inneholdt aluminiums-salter som hjelpestoffer (adjuvans), og den ene fantes også som en dyppvaksine uten adjuvans. Grupper av laks ble vaksinert med de to produktene, og både injeksjon og dyppmetoden ble benyttet. Seinere ble fisken utsatt for smitteforsøk med *A. salmonicida*, og det viste seg da at et lavt beskyttelsesnivå bare kunne påvises i de gruppene av fisk som var stikkvaksinert med vaksine tilsatt adjuvans.

Et feltforsøk med de samme to aluminiums-holdige vaksiner ble påbegynt i 1989. Forsøksfisk ble vaksinert ved injeksjon med en av vaksinerne før de ble satt i sjøen. I løpet av den første sommeren og høsten var det utbrudd av furunkulose i de fleste anleggene som deltok. Samlet dødelighet under furunkuloseutbruddene nådde 7,14% hos vaksinert fisk og 21,7% hos uvaksinerte, noe som resulterte i en gjennomsnittlig beskyttelse på 67% de første seks månedene i sjøen. Et anlegg som unngikk furunkulose det første året, fikk to utbrudd den neste sommeren og høsten. Dødeligheten var fortsatt noe mindre hos vaksinert fisk (7,9%) sammenlignet med uvaksinerte (10%).

Den moderate beskyttelsen som ble påvist var betydelig dårligere enn det en oppnådde med vaksinasjon mot vibriose og kaldtvannsvibriose. Men beskyttelsen var tilstrekkelig god til at vaksiner kunne tas i bruk også mot furunkulose, og vaksinasjon ble anbefalt som tiltak i alle oppdrettsanlegg. Så tidlig som i 1991 var nesten all smolt som ble satt i sjøen vaksinert mot furunkulose. Som en følge av den reduserte beskyttelsen det andre året etter vaksinasjon, ble en stor del av fisken også vaksinert på nytt før den andre sommeren i sjøen.

Injeksjonsmetoden er arbeidskrevende, og den er en stresspåkjenning for fisken. Derfor har vaksiner ved å tilsette vaksinen til fiskefôret (oral vaksiner) blitt foreslått. I enkelte sammenhenger har en også oppnådd beskyttelse etter vaksiner med denne metoden. Derfor utviklet vaksineindustrien orale forsøksvaksiner, og en vaksine ble testet ut i omfattende feltforsøk. Beskyttende effekt kunne imidlertid ikke påvises i disse forsøkene.

Sammenligning av vaksinasjonsprosedyrer

Injeksjonsvaksiner medførte praktiske ulemper, og disse tidlige stikkvaksinene ga bare moderat beskyttelse av begrenset varighet. Resultatene av oral vaksinasjon var usikre, mens erfaringene med dyppvaksiner var gode ved bruk av *Vibrio*-vaksiner. Dette var bakgrunnen for at det ble gjennomført et forsøk der grupper av fisk ble vaksinert én eller to ganger, og injeksjon, dypp og oral vaksinasjon ble benyttet i ulike kombinasjoner. Effekten av de forskjellige prosedyrene ble testet i smitteforsøk. Resultatene viste at bare vaksinasjonsprosedyrer som omfattet bruk av injeksjonsmetoden ga beskyttelse. Dypp og oral vaksiner én eller to ganger, eller bruk av den ene metoden ved første vaksinerings og den andre ved revaksinerings, medførte ikke påvisbar beskyttelse av fisken. Derimot var det to gangers injeksjon, samt injeksjon av en trippelvaksine mot furunkulose, vibriose og kaldtvannsvibriose som ga best beskyttelse mot furunkulose.

Testing av vaksiner med forskjellige adjuvans

Nye adjuvanssystemer ble introdusert for bruk i furunkulosevaksiner, i første rekke glukaner og ulike oljer. Flere vaksinekandidater, både monovalente furunkulosevaksiner og kombivaksiner som inneholdt *Vibrio*-komponenter ble testet i smitteforsøk på tre forskjellige tidspunkter etter vaksinasjon. De samme vaksinerne ble også prøvd ut i feltforsøk. Resultatene av disse forsøkene viste at vaksinerne som inneholdt oljeadjuvans var overlegne både med hensyn til nivå og varighet av beskyttelse mot furunkulose. Under feltforhold resulterte bruken av disse vaksinerne til at furunkuloseutbruddene nesten forsvant. På nytt ble det vist at trippelvaksiner ga bedre beskyttelse enn rene furunkulosevaksiner. Imidlertid medførte bruken av oljeadjuvans større problemer med bivirkninger; lokale betennelsesreaksjoner i bukhula der vaksinen var injisert medførte mer uttalte sammenvoksninger av organer og større tendens til pigmentering (misfarging).

Kombinasjonsvaksiner

Langs store deler av kysten er det behov for vaksinasjon av laksen mot flere av de viktige bakterielle infeksjonene. Det benyttes derfor hovedsak-

Tabell 2.7.1 Oversikt over tilgjengelighet av vaksiner mot de viktigste fiskesjukdommene i norsk havbruk ved årsskiftet 1996-97.
Survey of accessibility of vaccines against the most important fish diseases in Norwegian aquaculture at the turn of the year 1996-97.

Fiskeart	Sjukdom	
laksefisk	Vibriose	kommersielt tilgjengelig (generelt godkjenningssfritak)
	Kaldtvannsvibriose	kommersielt tilgjengelig (generelt godkjenningssfritak)
	Yersiniose	registrert i utlandet, tilgjengelig etter særskilt søknad
	Furunkulose	kommersielt tilgjengelig (generelt godkjenningssfritak)
	Atypisk furunkulose	tilgjengelig til forsøk etter særskilt søknad
	IPN	kommersielt tilgjengelig (generelt godkjenningssfritak)
	BKD (Bakteriell nyresjuke)	forskningsvaksine(r) er under utvikling
regnbueørret	VHS (Egtvedtsjuke)	forsøksvaksiner, ikke tilgjengelig i Norge
piggvar, kveite	Atypisk furunkulose	tilgjengelig til forsøk etter særskilt søknad
	Vibriose	tilgjengelig til forsøk etter særskilt søknad
torsk	Vibriose	tilgjengelig til forsøk etter særskilt søknad

lig oljeholdige kombinasjonsvaksiner mot furunkulose, vibriose og kaldtvannsvibriose. I den seinere tida har antigener fra IPN-virus også blitt inkludert i noen av vaksinene. Som nevnt viste ulike forsøk med monovalente og polyvalente vaksiner at effekten av furunkulosekomponenten ble forbedret ved tilsetning av *Vibrio*-bakteriene. Påfølgende studier viste at *V. salmonicida* har størst betydning for denne effekten, og mekanismen ligger først og fremst i immunologiske kryssreaksjoner mellom *V. salmonicida* og *A. salmonicida*. I tillegg synes også *Vibrio*-bakteriene å ha en viss adjuvanseffekt.

VAKSINASJONSSTRATEGIER FOR LAKSEFISK I HAVBRUK I 1997

På bakgrunn av feltefaringer og resultater fra de forskjellige forsøkene som er gjennomført, omfatter den generelle anbefalingen ved vaksinasjon av laks å injisere smolten med en oljeholdig, polyvalent vaksine mot furunkulose, vibriose og kaldtvannsvibriose noen måneder før sjøsetting. Én injeksjon med disse vaksinene gir langt på veg fullstendig beskyttelse mot alle tre

infeksjonene gjennom hele sjøvannsperioden. Ytterligere vaksinasjon med dypp- eller oralvaksine, enten i settefiskperioden eller etter ett år i sjøen, synes ikke å være påkrevd. I anlegg eller områder der en har erfaringer med at det kan forekomme IPN-utbrudd, etter utsetting av smolten i sjøen, er det aktuelt å benytte kombivaksiner som også inneholder en IPN-komponent. Erfaringene med disse vaksinene synes å være overveiende positive, men utbrudd av sjukdommen forekommer også på vaksinert fisk. Beskyttelsen er med andre ord ikke fullstendig ved vaksinasjon mot IPN.

Da det er nødvendig med adjuvans i fiskevaksinene, har det i de seinere år skjedd en utvikling mot prosedyrer for injeksjonsvaksinering som er praktisk gjennomførbare i de enkelte anleggene. Disse inkluderer en omfattende bruk av profesjonelle vaksinatører, som er blitt viktige støttespillere for akvakulturnæringa. Automatisk utstyr for injeksjonsvaksinering har også blitt utviklet.

En viktig endring i vaksinasjonsprosedyren har

vært en utvikling mot vaksineringsstidspunkt stadig tidligere på vinteren før utsetting. Oljeinnholdet i vaksinene medfører at immunitetsutviklingen etter vaksinasjon går saktere, spesielt ved låge vanntemperaturer. Med de temperaturrene en normalt finner i ferskvannskilder i Norge på vinteren, bør vaksinasjon vanligvis utføres minst tre - fire måneder før sjøsetting. Fisk som vaksineres ved 2°C, ser ikke ut til å produsere antistoffer mot *A. salmonicida* før temperaturen stiger over 5-6°C. Derfor er det nå vanlig å vaksinere fisken opptil et halvt år før sjøsetting. Vaksinasjon må imidlertid gjennomføres så seint på høsten at vanntemperaturen har sunket under 4°C. Dersom vaksinasjon gjennomføres enda tidligere, kan varigheten av beskyttelsen gjennom hele sjøvannsperioden bli skadelidende.

UTFORDRINGER

Det har vært kjent lenge at vaksiner med sterke hjelpestoffer (adjuvans) gir reaksjoner på stikkstedet, både hos dyr og fisk. Spesielt gjelder dette produkter med oljeadjuvans, og bivirkningene ved vaksinerings ved injeksjon i bukhulen har blitt kartlagt i flere studier. Resultatene viser at synlige sammenvoksnings forekommer så godt som hos all fisk som har fått sin vaksinedose, og disse merkene kan derfor brukes både til å kontrollere at vaksinerings har gått som planlagt, og til å identifisere rømt oppdrettsfisk i elvene. Sammenvoksnings varierer i omfang og styrke, men det synes klart at sløyning og vasking av fisken blir mer arbeidskrevende enn hos uvaksinert fisk. Hos noen prosent av individene må man også forvente arr eller pigmenteringer som kan gi nedklassing av slakteskrotten. Variasjonen fra anlegg til anlegg og fra merd til merd kan være svært stor, og det er vist at man i ekstreme tilfeller kan få betydelig veksttap hos vaksinert fisk. Slike konsekvenser har blitt rapportert etter bruk av ulike vaksinermerker, og det synes ikke som noen spesiell vaksine peker seg entydig ut i negativ retning. Det finnes derfor sannsynligvis én eller flere faktorer i enkelte fiskegrupper som - sammen med vaksinerings - gir spesielt store bivirkninger. Selv om det ikke foreligger noen spesiell mistanke, bør det undersøkes om latent sykdom (for eksempel et virus), kan være en slik utløsende faktor.

Hos stamfisk kan sammenvoksnings i bukhulen gi negative følger for rognproduksjonen, og det er derfor satt igang flere forsøk på å finne andre injeksjonssteder for vaksinen. Forsøk med å vaksinere mellom muskelbuntene, under ryggfinnen, har gitt lovende resultater og er verdt å forfølge videre. Et springende punkt er om fisk som er vaksinert på denne måten kan være brukbar som matfisk, eller om forandringene på dette stikkstedet er like store og varige som i bukhulen. Så lenge dagens praksis med å sløye all laks som eksporteres bibeholdes, kan norsk lakseoppdrett etter alt å dømme leve med de bivirkningene som vaksinerings i bukhulen fører med seg. Dersom man skal markedsføre større mengder usløyd fisk, trengs det gode alternativer, enten i form av vaksiner med generelt mildere bivirkningsprofil, eller ved å finne alternative stikksteder, hvor vevsreaksjoner, arr og pigmentdannelse på produktet er mindre framtrepende.

Å utvikle vaksiner med en mildere bivirkning, men som likevel gir høy og varig beskyttelse spesielt mot furunkulose, er derfor den største umiddelbare utfordringen legemiddelindustrien står overfor. Ingen må imidlertid tro at oppgaven er lett, det vil kreves betydelige ressurser til utviklings- og dokumentasjonsarbeid. I mellomtida bør det arbeides for å optimalisere vaksinasjonsstrategier og -teknologi for å unngå eller redusere hyppigheten av uakseptable bivirkninger, samtidig som en opprettholder den gode helsestilstanden i næringa.

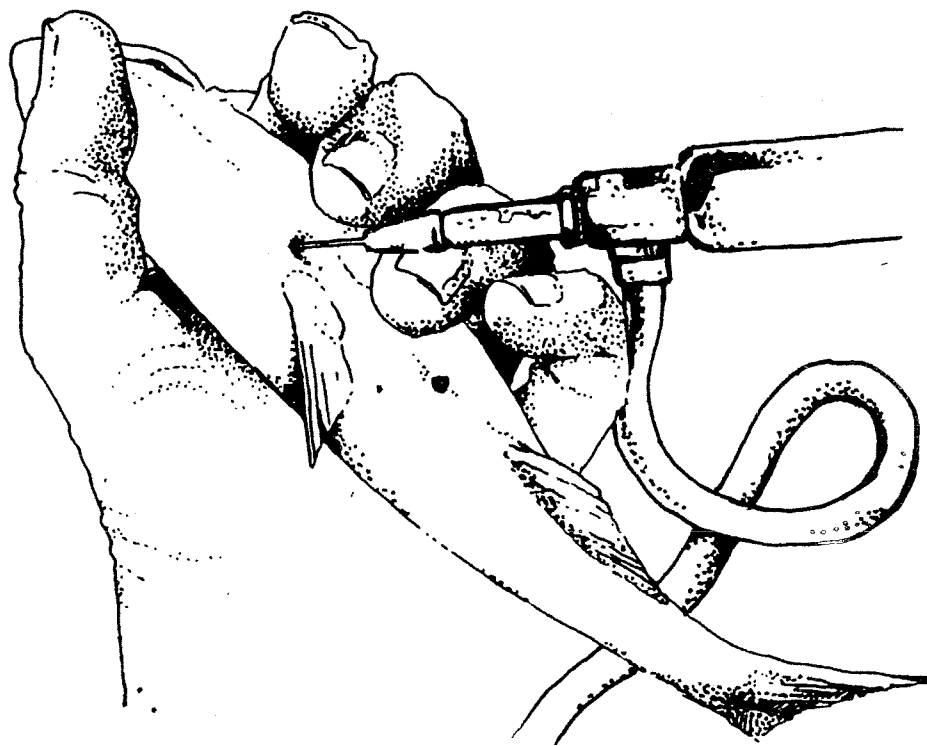
Det bør også arbeides for å framskaffe vaksiner mot sykdommer med mindre betydning, men som likevel gir merkbare tap. Det er imidlertid uklart hvor mange komponenter man kan kombinere i én og samme vaksine og få optimal respons mot alle. Det kan derfor i framtida bli «vanskeligere» å vaksinere fisk, fordi god beskyttelse mot mange sykdommer vil kreve at det vaksineres i flere omganger, slik vi gjør med barn og kjæledyr. Vi tror derfor det trengs stor forskningsinnsats for å identifisere optimale vaksinasjonsstrategier, samtidig som man utvikler vaksiner mot nye sykdommer.

Etter at veterinære vaksiner ble underlagt samme regelverk som andre legemidler, har det blitt

dyrere å få løyve til ordinær markedsføring. Dette har bidratt til at enkelte produkter som det ble omsatt lite av i Norge har forsvunnet fra markedet, og flere kan stå i faresonen. Skal man til enhver tid velge optimal vaksinasjonsstrategi, trenger man imidlertid også spesialprodukter. Her bør veterinærer og oppdrettere gå i dialog med vaksineindustrien og myndighetene for å sikre at spekteret av tilgjengelige fiskevaksiner forblir bredt nok til å dekke alle viktige medisinske behov.

Norske veterinærer og norske oppdrettere er sannsynligvis bedre skolert om vaksinerings av fisk enn de fleste av sine kolleger i andre land.

Likevel er mye kunnskap om effekt og bivirkninger av fiskevaksiner ennå ikke offentliggjort, selv om resultatene finnes i dokumentasjonen av det enkelte produkt. Oppdragsforskere og offentlige myndigheter har ikke adgang til å offentliggjøre disse resultatene, ettersom de er legemiddelindustriens eiendom og belagt med taushetsplikt. Det er imidlertid ingen som hindrer vaksinekundene i å kreve at tilgjengelig dokumentasjon legges fram før man gjør innkjøp til flere millioner kroner. Et ønske for 1997 må derfor være at ny kunnskap vinnes og at gammel kunnskap om fiskevaksinerings gjøres offentlig, til beste for fisken og dens eiere.



2.8 Godkjenning av fiskevaksiner: Hvilke krav stilles til dokumentasjon?

Tonje Høy,
Statens legemiddelkontroll

Hvilke vaksiner kan omsettes

Preparater som brukes til behandling eller forebygging av sykdom - inkludert vaksiner - regnes som legemidler. I utgangspunktet skal alle legemidler ha *markedsføringstillatelse (MT)* (tidl.: være registrert) i henhold til legemiddellovens bestemmelser før de kan omsettes.

Statens legemiddelkontroll (SLK) kan gjøre unntak fra hovedregelen og innvilge såkalte *godkjenningsfritak* for preparater uten MT. *Spesielt godkjenningsfritak* kan gis til enkeltveterinærer som søker om å bruke en bestemt vaksine i sin praksis, eller til produsenter som ønsker å gjøre kliniske utprøvinger av en nyutviklet vaksine. Som en hovedregel vil veterinæren/produsenten da også trenge *brukstillatelse* og *importtillatelse* fra veterinærmyndighetene.

Generelt godkjenningsfritak kan innvilges til produsenter for nye vaksiner som er ferdigutviklet, men som ennå ikke har MT, og kan også gis til vaksiner som er nødvendige, men som av en eller annen grunn ikke kan få MT.

Historikk

Dokumentasjonskrav til veterinære vaksiner var tidligere forskjellige fra land til land - også innen Europa. Dette skapte problemer både for de ulike myndigheter og for produsentene. Det ble derfor besluttet at myndighetene i alle EU-land skulle revurdere de veterinære vaksinene som var på markedet i de respektive land, mot nye, felles dokumentasjonskrav.

I 1992 utarbeidet EU overordnede retningslinjer for krav til dokumentasjon av veterinære vaksiner, og man begynte også arbeidet med å utarbeide retningslinjer for vaksiner til de enkelte dyrearter eller grupper av arter. Etterhvert som disse retningslinjene ble ferdige, ble det satt tidsfrister for å sette sammen dokumentasjon for

eksisterende preparater i tråd med de nye retningslinjene, med ulike frister for hver dyreart/dyreartgruppe.

I Norge var vaksiner til dyr unntatt fra kravet om MT etter legemiddelloven inntil 1. juli 1993, og Landbruksdepartementet godkjente disse preparatene med hjemmel i dyre- og fiskeesykdomslovgivningen. Som et ledd i EØS-avtalen, fikk Norge i hovedsak samme dokumentasjonskrav til legemidler som EU. Dette førte til at også vi måtte revurdere alle veterinære vaksiner på markedet, og unntaket med hensyn til MT ble opphevet slik at SLK ble ny godkjennende myndighet. Alle vaksiner som var godkjent etter den tidligere ordningen, fikk generelt godkjenningsfritak i en overgangsperiode, slik at produsentene kunne sette sammen dokumentasjon i henhold til de nye kravene. Godkjenningsfritaket gjelder også i SLKs saksbehandlingsperiode.

Pr. januar 1997 har endel veterinære vaksiner fått MT, mens mange fremdeles er under utredning eller venter på utredning.

Krav til kvalitet

Det stilles strenge krav til kvaliteten av vaksiner, og kravene til fiskevaksiner er like omfattende som for vaksiner til fugl og pattedyr. Søkeren skal redegjøre for utviklingen av preparatet. Det skal gjøres rede for opprinnelsen til den eller de bakterie-/virusstammer som er utgangspunkt for vaksinen, og valg av stamme(r) skal begrunnes. Alle andre kjemiske og biologiske ingredienser som benyttes i produksjonen skal også gjøres rede for, og det skal være faste kvalitetskrav for alle slike ingredienser. De testene som foretas av hver enkelt ingrediens for å sikre at kravene er oppfylt, skal dokumenteres. Biologisk materiale er potensielt smittebærende, og derfor skal det redegjøres spesielt for opprinnelsen til slikt materiale. Dersom for eksempel virus dyrkes på celler isolert direkte fra fisk, skal

fisken være fri for visse spesifiserte sykdommer. Dette skal det testes for, og resultatene fra et visst antall slike tester skal innsendes.

Alle trinn i produksjonen av vaksinen skal beskrives i detalj, både med tekst og flytskjemaer. Myndighetene skal for eksempel kunne vurdere om produksjonsprosessen er reproduserbar, det vil si at sluttproduktet blir likt fra gang til gang, og at det er tilstrekkelig sikkerhet mot forurensning med uønskede mikroorganismer.

Det skal gjøres kontrollundersøkelser i løpet av produksjonsprosessen for å verifisere at produksjonsprosessen er konsistent fra gang til gang. For drepte vaksiner, skal det testes at det ikke er levende agens igjen etter inaktivering.

Når vaksinen er ferdig, skal det gjøres nødvendige tester for å bevise at produktet oppfyller de kravene (spesifikasjonene) som gjelder. Vaksinens generelle egenskaper skal beskrives, det skal undersøkes at vaksinen inneholder både riktig(e) type(r) og riktig mengde antigen (virkestoff). Tilsetningsstoffer som adjuvans og eventuelt konserveringsmiddel skal også identifiseres og mengdebestemmes. Det skal vises at drepte vaksiner er sterile, og at det ikke finnes uønskede mikroorganismer i levende vaksiner. Det skal dokumenteres at vaksinen er sikker, og for fiskevaksiner blir hver batch (hvert parti) testet på den aktuelle fiskearten, eller på den mest følsomme arten hvis den skal brukes på nær beslektede arter som laks og ørret.

For å sikre at hver batch har samme effekt, gjøres også smitteforsøk etter en standardmetode. Andre metoder for å demonstrere effekt kan godkjennes dersom produsenten kan dokumentere at metodene er sikre og reproduserbare. Når det søkes om MT, skal det ligge ved resultater fra komplette tester for flere batcher.

Til slutt skal det vises at vaksinen er holdbar så lenge som produsenten hevder. Dette gjøres ved å lagre prøver av flere batcher, og deretter gjøre effektforsøk og sikkerhetsforsøk med visse mellomrom. Man skal også sjekke om den fysiske tilstanden til vaksinene endres under lagring. På bakgrunn av slike innsendte data vil SLK god-

kjenne en holdbarhetstid for preparatet.

Krav til sikkerhet

Produsenten må vise at vaksinen er sikker for alle fiskearter som den skal brukes til, og også for alle aktuelle aldersgrupper. Det må derfor innledningsvis gjøres laboratorieforsøk hvor man gir henholdsvis en enkeltdose, en overdose (oftest dobbel dose) og gjentatte doser til grupper av fisk av alle aktuelle kategorier. Fisken skal observeres i 14 dager, og all sykdom og død skal rapporteres. Det skal sjekkes om injeksjonsvaksiner gir lokale reaksjoner på innstikkstedet, og eventuelt hvor sterke og alvorlige slike reaksjoner er. Dersom vaksinen skal brukes til kommende stamfisk, må det undersøkes om lokale reaksjoner kan påvirke gytingen negativt.

For levende, svekkede vaksiner gjelder spesielle krav. Disse dreier seg særlig om å dokumentere eventuell spredning av vaksinstammen, både i vaksinerte individer og til andre individer av samme eller andre arter. Det må vises at stammen ikke etterhvert blir sykdomsfremkallende igjen slik at dyr som kommer i kontakt med vaksinerte dyr kan bli syke. Andre miljøeffekter skal også dokumenteres. I Norge har vi ennå ingen levende vaksiner til fisk. Det er vanligvis ikke nødvendig med egne miljøundersøkelser for *drepte* vaksiner.

Produsenten må også dokumentere hvor lang tid det må gå fra vaksinering til fisken kan slaktes. Det må undersøkes både hvor lenge vaksineres-ter finnes på injeksjonsstedet, og hvor lenge det eventuelt er lokale reaksjoner som gjør at fisken ikke kan brukes til mat ut fra estetiske hensyn.

I tillegg til laboratorieundersøkelser skal sikkerheten vises ved bruk i felt. Dette kombineres vanligvis med feltforsøk for å vise effekt av vaksinen. Eventuelle uønskede reaksjoner skal nedtegnes; både omfang og alvorlighetsgrad skal rapporteres. Det må også tas ut fisk med visse mellomrom til obduksjon, blant annet for å registrere omfang og varighet av lokale reaksjoner på injeksjonsstedet.

Krav til effekt

Også under dette punktet kreves dokumentasjon for alle fiskearter og alle aldersgrupper den skal brukes til. Dersom vaksinen inneholder flere agens, skal det vises effekt mot alle de sykdommer som skal forebygges. Det skal i den forbindelse gjøres forsøk som viser at den komplette vaksinen har like god effekt mot hver sykdom som de ulike komponentene når de gis hver for seg.

Dersom en vaksine skal brukes for eksempel både til injeksjon og dypp, skal effekt av begge vaksinemetoder demonstreres. Produsenten må også underbygge vaksinasjonsregimet som anbefales, og det skal tas hensyn til temperaturfaktoren.

Det skal - om mulig - vises at det oppnås tilstrekkelig nivå av beskyttende antistoffer etter vaksinerings, og beskyttelsens varighet skal også dokumenteres. Dette gjøres oftest ved gjentatte smitteforsøk med grupper av vaksinert fisk. Det er en fordel dersom det kan vises at nivået av antistoffer og beskyttelse mot smitte korrelerer.

Funnene fra laboratorieforsøk skal underbygges med feltforsøk. For vaksiner som er først i sitt slag mot en spesiell sykdom, må det benyttes uvaksinerte kontrollgrupper for å vise effekten av vaksinen. For senere vaksiner mot samme sykdom, benyttes kontrollgrupper som vaksineres med en velkjent - med MT dersom en slik finnes - vaksine mot denne sykdommen. Det er imidlertid ofte vanskelig å forutsi hvilke anlegg som vil bli smittet med en spesiell infeksjon i kommende sesong, og det er derfor ikke alltid lett å få gode data for beskyttelse i felt. Særlig gjelder dette sykdommer som etter flere år med vaksinasjon er mer eller mindre under kontroll. I slike tilfeller vil vurderingen av effekt for den nye vaksinen i hovedsak måtte bygge på

laboratorieforsøkene. Feltforsøkene er likevel ikke bortkastet fordi de gir nødvendig informasjon om hvor sikker vaksinen er i reell bruk.

Batchtesting

Som nevnt under «kvalitet» skal alle nye batcher/vaksinepartier gjennom omfattende testing for å vise at de oppfyller kravene og at vaksinen er lik fra produksjon til produksjon. Først etter at produsenten har forsikret seg om at den nye produksjonen er tilfredsstillende, skal vaksinen frigis for salg. I tillegg skal produsenten lagre prøver fra hver batch, slik at disse kan undersøkes dersom det senere reises tvil om produktets kvalitet, sikkerhet eller effekt.

Oppsummering

Alle nye vaksiner som er utviklet etter at de nye europeiske retningslinjene kom, skal altså oppfylle meget strenge dokumentasjonskrav før de får MT. Gamle vaksiner skal gjennomgå en re-vurdering, og skal i prinsippet oppfylle de samme krav. Det må sendes inn dokumentasjon og ekspertrapporter der alle punkter i retningslinjene kommenteres og belyses for den aktuelle vaksinen, og de grunnleggende kvalitetskravene må oppfylles. Men for velkjente vaksiner som har bestått *the test of time* vil det i hvert enkelt tilfelle bli gjort en begrunnet vurdering av hvilke nye undersøkelser som skal utføres.

Når de gamle undersøkelsene ikke er utført helt i tråd med nyere retningslinjer, vil den forventede nytteverdien av eventuelle nye undersøkelser bli veiet mot kostnader og dyrevernmessige aspekter ved å utføre disse forsøkene. Den kunnskap man har om produktene fra flere års reell bruk i felt tas også med i vurderingen. Hovedregelen er at SLK ikke vil kreve nye undersøkelser av sikkerhet og effekt dersom ikke disse forventes å gi ny relevant informasjon om preparatet.

2.9 Probiotika - hva er det?

Øivind Bergh,
Havforskningsinstituttet

Behovet for å forebygge sykdom

Behovet for å forebygge sykdom i kommersielt fiskeoppdrett er åpenbart. Uten vaksineforskning for eksempel hadde vi ikke hatt noen laksenæring i dag. I oppdrett av marine fiskearter er dødeligheten på tidlige livsstadier stor, og sykdom er en betydelig del av årsaksbildet. Til forskjell fra laksefisk, som gjennomgår sine tidlige livsstadier i ferskvann, lever marine fiskearter hele livet i et marint miljø, omgitt av marine mikroorganismer. Det går ikke an å vaksinere de tidlige larvestadiene. Årsaken til dette er at immunsystemet i disse livsfasene er så primitivt at vaksinerer gir negativ effekt heller enn beskyttelse. En er derfor henvist til andre konsepter for beskyttelse mot sykdom gjennom larvestadiene.

Bruk av antibiotika til å forebygge sykdom på fisk er av vel dokumenterte grunner en politisk og markedsmessig vederstyggelighet i vår del av verden, og med få unntak har de norske akvakulturforskningsmiljøene unngått å arbeide etter slike konsepter. Det er imidlertid viktig å være klar over at vi ikke skal lenger enn til Frankrike, Sør-Europa og Israel for å se en marin oppdrettsindustri som er helt avhengig av rutinemessig antibiotikabruk i larvefasene. Hvis holdningene blant forbrukere og politikere her endres, kan markedspotensialet til miljømessig mer akseptable sykdomsforebyggende konsepter bli betydelig.

Hva er probiotika?

Probiotika er ikke et entydig begrep. En vanlig definisjon begrenser begrepet til levende organismer tilsatt fôret: *fôrtilskudd med levende mikroorganismer som påvirker dyret positivt gjennom å bedre sammensetningen av mikrofloraen i dyrets tarm*. De fleste konsepter og produkter er da også utviklet med sikte på å gi preparatene gjennom fôret for at de skal virke i tarmen. Alle som har tatt yoghurttabletter for å forebygge

magesjau på sydenturer har prøvd probiotika.

Det fins også preparater beregnet på andre organer enn mage/tarmtrakten, slik som urogenitaltrakten hos mennesker, eller gjeller og hud hos fisk. Et probiotikapreparat som tilsettes vannet i tanker for fiskeegg eller -larver er en mulighet.

Det er et generelt prinsipp at den naturlige bakteriefloraen assosiert med dyr spiller en rolle i forsvar mot infeksjoner, kanskje særlig i tarmen. De beste bevisene for dette er observasjoner gjort på pattedyr og fugler i helt bakteriefrie miljøer. Disse er vesentlig mer mottakelig for infeksjoner enn tilsvarende dyr med sin naturlige bakterieflora. Fôrtilskudd med levende bakterier kan påvirke dette forsvaret, og det er avgjørende å velge egnede mikroorganismer. Langt de fleste probiotika-relaterte studier er utført med pattedyr og fugler, og selv om en del prinsipper kan overføres, er miljøet i vann så forskjellig at det nok er nødvendig å ta utgangspunkt i grunnleggende studier av bakteriefloraen som er assosiert med forskjellige livsstadier hos fisk.

Tarmflora hos fiskelarver

Fisk har en tarmflora som endrer seg underveis i livsløpet, og på mange måter kan ha analoge funksjoner til det vi finner hos for eksempel mennesker. Bakterienes kolonisering av tarm hos fiskelarver følger gjerne et totrinnsmonster der aktiviseringen av tarmen ved overgangen fra å leve på plommesekken til det å jage og spise fôrorganismer markerer et vesentlig skille. Ved denne overgangen får larvene en tarmflora som likner det en finner hos seinere livsstadier hos fisk.

Allerede på plommesekkklarvestadiet har fisk altså en tarmflora, men denne skiller seg i sammensetning fra det en finner hos spisende larver. Også funksjonene til tarmfloraen endres,

siden tarmfloraen hos fisk er vist å kunne ha betydning for ernæringen, slik som syntese av enkelte vitaminer, fettsyrer eller aminosyrer, eller nedbryting av cellevegger fra alger. Endringen i tarmflora er dels relatert til de fundamentale endringene i tarmens funksjon og anatomi, dels til at det etterhvert blir et annerledes miljø for bakteriene i tarmen, med lite oksygen.

Det er sannsynlig at disse bakteriene spiller en rolle i larvenes forsvar mot sykdom, men det finnes ikke mange publiserte studier som belyser dette. Av spesiell interesse er studier av tarmfloraen hos piggvar, som omfatter en betydelig andel stammer med evne til å inhibere vekst av *Vibrio anguillarum*, den kanskje viktigste sykdomsframkallende bakterien for denne arten. Ved å undersøke bakteriesterammer isolert fra kveitelarver med tilsvarende laboratorieprosedyrer, ble tilstedeværelse av en betydelig andel av slike stammer dokumentert på larver fra og med startfôring. Nå er det i og for seg hverken overraskende eller nyoppdaget at mange bakterier inhiberer vekst av andre bakterier. Spørsmålet er likevel interessant og utfordrende nok: kan vi utnytte dette til å forebygge sykdom på oppdrettsorganismer?

Levendefôrorganismer

Levendefôrorganismer kan ta opp i seg betydelige mengder bakterier, og er den dominerende kilde til bakterieflyten til larvens tarm. Dette henger for en stor del sammen med at disse organismene beiter på bakterier, at de filterer små partikler at bakterier blir med. *Artemia* sp. som brukes som fôrorganisme for en rekke arter verden over, har en betydelig kapasitet for å ta opp både levende og døde bakterier. Evnen til å ta opp døde bakterier er utnyttet til forsøk med vaksiner av fiskeyngel på relativt tidlige stadier, der vaksinen ble anrikt i fôrorganismen, som dermed ble brukt som vektor for oral administrasjon av vaksinen. Det bør føyes til at disse forsøkene bekreftet bildet av at vaksinasjon på et for tidlig stadium forårsaket toleranse for det man vaksinerte mot, altså det stikk motsatte av beskyttelse. En annen interessant anvendelse har vært bruk av *Artemia* sp. til oral administrasjon av såkalte uspesifikke immunstimulanter. Slike

stoffer har den fordel at de kan anvendes på tidligere livsstadier enn tilfellet er med vaksinasjon.

Det er også publisert forsøk med bruk av levendefôrorganismer, både rotatorier og *Artemia* sp. til å tilsette bakterier, til eksperimentell smitte av fiskelarver. Probiotika-studiene våre "snur på flisa" i forhold til disse forsøkene, og bruker *Artemia* sp. som "vektor", for å transportere bakterier som vi har grunn til å anta kan spille en positiv rolle for larvene inn i larvenes tarm. Det har vist seg rimelig enkelt å fôrorganismene til å akkumulere preparatene, og arbeidet nå går ut på å optimalisere dyrkningsbetingelsene for opptak.

Hvilke bakterier kan egne seg?

Tarmflora hos larver som tar opp fôr, er som nevnt dominert av *Vibrio/Aeromonas*-gruppa. Det er derfor naturlig å lete etter aktuelle kandidater blant disse. Melkesyrebakterier er vist å ha en gunstig effekt fra en vid rekke av organismer, og det er publisert arbeider som indikerer at administrasjon av melkesyrebakterier til fiskelarver kan øke overlevelsen. Det må imidlertid presiseres at melkesyrebakterier normalt utgjør en relativt liten del av tarmfloraen hos fisk.

Bakterien må være istand til å etablere seg i tarmen til larvene. Bakterien bør derfor ideelt være isolert fra den arten de er ment å skulle administreres til. Helst bør de kunne administreres etter en rimelig enkel prosedyre - laboratoriefasilitetene og antallet personer med mikrobiologisk kompetanse rundt om på oppdrettsanleggene er tross alt begrenset. En prosedyre basert på for eksempel et frysetørket produkt vil derfor være langt å foretrekke.

Tidlig publiserte forsøk med probiotika og fisk bar litt preg av "skudd i mørket" der produkter utviklet for landbruksformål ble anvendt til fisk - med vekslende resultat. Ikke desto mindre fins det eksempler på at slike "skudd" har noe for seg: sporer av en stamme av *Bacillus* sp. administrert via fôrorganismer (rotatorier) er vist å kunne øke overlevelsen til piggvarlarver - men virkemekanismen er ukjent. Administrasjon av

melkesyrebakterier via fôrorganismer til tarm hos piggvar kan lettere demonstreres å gi beskyttelse mot sykdom, i form av bedret overlevelse i smitteforsøk med *Vibro anguillarum*.

Det bør føyes til at administrasjon via fôrorganismer ikke er den eneste mulige løsningen, selv om fôrorganismene utgjør en dominerende influx av organisk materiale og bakterier til tarm. Det kan også tenkes systemer basert på administrasjon via inkubatorvannet. Slike løsninger vil nok først og fremst være aktuelle for de helt tidlige livsstadiene: egg og plommeseckklarver.

Hva skjer i Norge nå?

I prosjektsamarbeid mellom Havforskningsinstituttet og Fiskeriforskning er det meningen å komme fram til produkter som er anvendbare i oppdrett av "våre" marine arter, som kveite, torsk og piggvar. Dette prosjektet er basert på studier av tarmflora hos forskjellige livsstadier av de aktuelle artene, og vil bruke stammer isolert herfra som basis. Samtidig arbeider et prosjekt ved SINTEF med kontroll av bakteriefloraen i levendeførkulturer.

2.10 Bruk av rotenon for å utrydde lakseparasitten *Gyrodactylus salaris*

Jarle Steinkjer
Direktoratet for naturforvaltning

Lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* er en av de største truslene mot norske laksestammer. Parasitten ble påvist for første gang i 1975. Siden har den spredt seg til 40 vassdrag. Når *G. salaris* blir introdusert i et vassdrag vil tettheten av laksunger i vassdraget reduseres sterkt som følge av høy dødelighet på laksungene. Etter få år er nesten alle laksungene borte, og den lokale laksestammen trues av utryddelse. For å bli kvitt parasitten blir det gjennomført rotenonbehandling av infiserte vassdrag. Det er gjennomført slik behandling av til sammen 23 vassdrag. 11 vassdrag er til nå friskmeldt. For 10 andre vassdrag er det for tidlig å fastslå om behandlingen har vært vellykket. Parasitten er imidlertid ikke registrert i disse vassdraga etter behandling. I ett vassdrag må man være forberedt på at behandlingen har vært mislykket, og i et annet er parasitten påvist i stort antall på laksunger etter behandling. Bruk av rotenon er gjenstand for diskusjon på både faglig og etisk grunnlag.

Den eneste kjente metode for å bli kvitt *G. salaris* er å fjerne all fisk fra vassdraget. Uten vertsdyr kan ikke parasitten overleve. For å bli kvitt all fisk må det benyttes et produkt som er akseptabelt ut fra hensynet til rask virkning, rask nedbryting, og ikke etterlate skadelige reststoffer. Det må heller ikke medføre helserisiko for mennesker, dyr eller fugler som kan komme til å drikke behandlet vann, eller spise fisk fra en behandling. Stoffet må ha kjente miljøvirkninger, og ikke medføre varige skader på økosystemet. Produktet som i dag er ansett å oppfylle disse kravene på en tilfredsstillende måte er planteekstraktet rotenon.

Anvendelse av rotenon

Rotenon er et naturprodukt som finnes i visse tropiske planter av erteplantefamilien (Leguminosae). De viktigste slektene er *Derris* og *Lonchocarpus*. Innfødte fra de områdene hvor

disse plantene vokser har fra førhistorisk tid benyttet saften fra plantene til fangst av fisk for konsum.

På 1930-tallet ble rotenon tatt i bruk av fiskeforvaltningen i Nord-Amerika. Den første rotenonbehandling med formål å fjerne uønskede fiskearter fant sted i Michigan i 1934. Bruken økte raskt, og stoffet benyttes nå rutinemessig i fiskeforvaltningen i Amerika.

I Europa ble rotenon først tatt i bruk i Sverige, hvor de første rotenonbehandlingene fant sted i 1955. Produktet har også vært en del benyttet i Norge. Siktemålet med bruk av rotenon i fiskekultiveringen har tradisjonelt vært å utrydde en bestand til fordel for en annen, desimere tette bestander for å bedre tilveksten samt desimere lite ettertraktede arter som opptrer som næringskonkurrenter til mer ettertraktede arter.

Miljøforvaltningen i Norge har utarbeidet nye retningslinjer for bruk av rotenon i kultiverings- og bevaringssammenheng. Som hovedregel skal rotenon bare benyttes for å utrydde alvorlige fiskesykdommer/parasitter (for eksempel *G. salaris*), samt fjerne fiskearter som har spredd seg til nye områder som følge av menneskeskapt påvirkning (for eksempel ulovlig utsetting). Spredning av fiskearter til områder hvor de naturlig ikke hører hjemme er en trussel for det naturlige mangfold i norsk ferskvannsfåna.

Fysiske og kjemiske data

Rotenon er et hvitt krystalinsk keton. Den empiriske formel er $C_{23}H_{22}O_6$. Rotenon kan anvendes i pulverform, men pulveret er lite løselig i vann. Denne formen kan derfor bare benyttes til behandling av stillestående vann. I elver vil ikke stoffet forbli i vannmassene i tilstrekkelig lang tid til å løse seg opp. Den lave løseligheten i vann vil her føre til en lite virkningsfull behandling med stor fare for å mislykkes. Det

rotenonpreparatet som er mest brukt i dag, er i flytende form. Rotenonet er her løst i oljeholdige løsningsmidler. Ved hjelp av et dispergeringsmiddel (overflateaktive stoffer, for eksempel såpe) vil dette preparatet fordeles som mikroskopiske dråper i vannet. Denne emulgerbare væsken er relativt lett å arbeide med, og det er enklere å få en jevn fordeling av stoffet i vannmassene. Preparatet som benyttes til behandling av vassdrag, er PW Rotenon. Foruten rotenon inneholder preparatet piperonylbutoxyd, som har en synergistisk virkning (det vil si som samvirker med rotenon for å øke effekten uten selv å ha noen egen virkning). Som formuleringskomponenter inngår et biologisk nedbrytbart emulgeringsmiddel (Berol 931), samt løsningsmidlet Solvesso 100, som består av aromatiske hydrokarboner (C8 - C10).

Rotenon er en ustabil forbindelse som brytes raskt ned i naturen. Sluttproduktene fra nedbrytingen er karbondioksyd og vann. En rekke faktorer i det naturlige miljø vil redusere giftvirkningen av stoffet. De viktigste faktorene som bidrar til å påskynde nedbryting av rotenon er høy temperatur, høy lysintensitet, og gode oksygenforhold. Temperatur synes å være spesielt viktig for nedbrytningshastigheten. Feltobservasjoner fra innsjøbehandlinger viser at giftvirkningen kan bestå i så kort tid som to til tre dager ved høy vanntemperatur om sommeren. Ved behandlinger under is- og snødekke om vinteren kan nedbrytningen ta flere måneder.

Virkemåte

Rotenons giftvirkning skyldes primært at stoffet blokkerer elektrontransportsystemet i mitokondriene, som er cellenes energikilde. Dette medfører at cellenes stoffskifte nedsettes.

Rotenon er ekstremt giftig overfor fisk og enkelte insekter, men bare moderat giftig overfor dyregrupper som muslinger og snegler. En av årsakene til at rotenon er ekstremt giftig overfor fisk, synes å være at gjellene fungerer som et meget effektivt opptaksorgan for rotenon. Forskjeller i opptak og fordeling av rotenon i organismen mellom ulike dyregrupper kan derfor være en av årsakene til den selektive giftvirkning

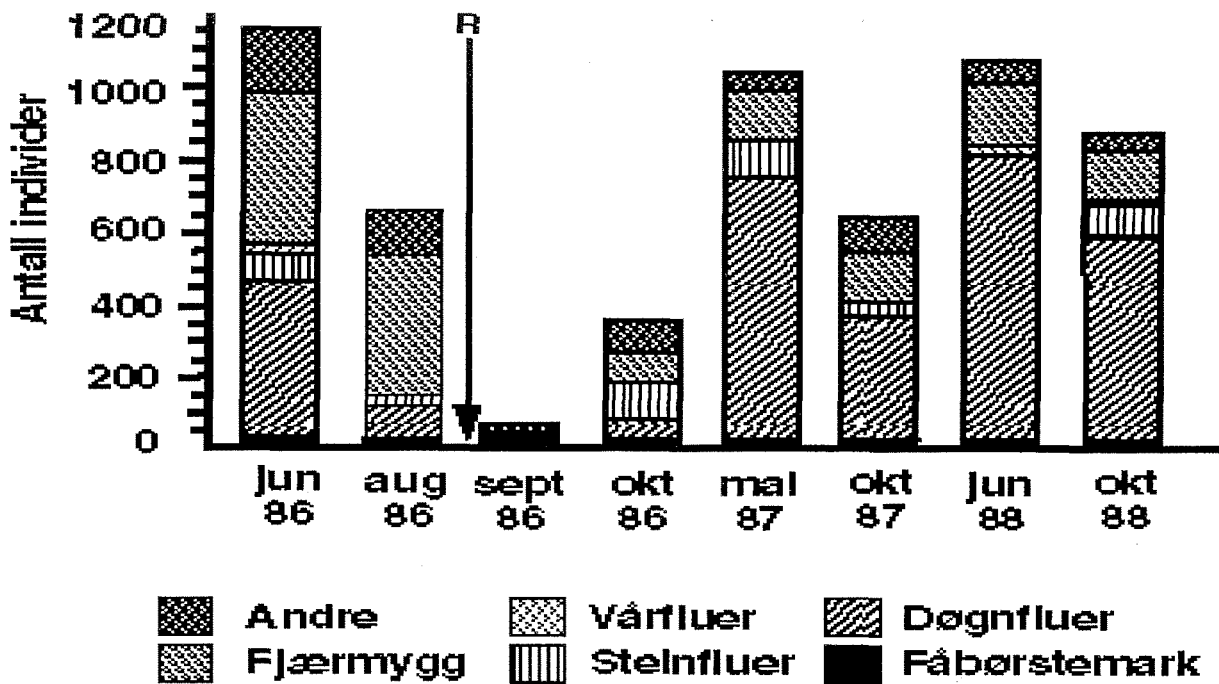
rotenon har. Det er gjennomført flere undersøkelser for å finne rotenontoleransen til elvelevende fisk og bunndyr. Det er registrert store variasjoner i toleranse mellom ulike dyregrupper. Denne selektive giftvirkning synes ikke å skyldes forskjeller i primærvirkemåten av rotenon hos de forskjellige dyregruppene. Rotenon omsettes og nedbrytes i organismer. Eksempler på halveringstider er 40 timer ved 10°C i østers og 68 timer i fisk. Det er sannsynlig at rotenonforgiftning finner sted når opptaket av rotenon i organismen er større enn dyrets kapasitet til å omsette og bryte ned stoffet. Rotenon er bare moderat giftig overfor fugler og pattedyr.

Det er gjennomført mange undersøkelser på rotenons virkning på dyr. Både rotter, mus og hunder er gitt fôr som inneholdt rotenonpulver i en tidsperiode som varierte fra seks måneder til to år. I to av disse undersøkelsene ble dyra daglig føret med høye verdier av rotenon gjennom tre generasjoner uten at det ble registrert negative effekter.

Faren knyttet til at mennesker drikker rotenonbehandlet vann er svært små fordi det benyttes lave konsentrasjoner av aktive stoffer ved en behandling, samtidig som stoffet brytes raskt ned. Det er anslått at det kreves 300 - 500 mg rotenon pr kg kroppsvekt ved oralt inntak for å oppnå giftighet. Dette betyr at en person som veier 60 kg må drikke over 60 000 liter rotenonbehandlet vann på en gang for å oppnå dødelig dose.

Miljøkonsekvenser av bekjempelse

Det finnes forholdsvis mye kunnskap om hvordan rotenon påvirker enkelte dyregrupper i et ferskvannøkosystem. Denne kunnskap dreier seg i hovedsak om de direkte virkningene av rotenon, det vil si virkninger som skyldes forgiftning. En vet her mye om følsomheten hos ulike dyregrupper. En vet imidlertid mindre om de indirekte virkningene av rotenon, det vil si hvordan fjerning av enkelte bunndyr virker inn på bestanden av andre dyregrupper som lever i eller i tilknytning til vassdragene. Endring av tetthet av en art kan også påvirke tettheten og forekomsten av andre arter i økosystemet.



Figur 2.10.1 Bunndyrfaunaens sammensetning i Korsbrekkeelva før og etter rotenonbehandling i september 1986.
The composition of the bottom fauna in Korsbrekke river before and after rotenone treatment in September 1986.

Følgende dokumentasjon på rotenons virkninger på forskjellige dyregrupper i ferskvannøkosystemer finnes fra internasjonal og nasjonal forskning:

Bunndyr: En rotenonbehandling med de konsentrasjoner som benyttes for å fjerne fisk fra infiserte vassdrag (5 ppm-timer), vil føre til en kraftig redusert bunndyrfauna. De mest rotenonfølsomme bunndyrgruppene (f.eks. døgnfluer og steinfluer) blir sterkt påvirket, mens mindre rotenonfølsomme dyregrupper (for eksempel snegler og muslinger) blir lite påvirket. Elveperlemusling, som er en verneverdig art i Norge, dør ikke som følge av rotenonbehandling. Laboratoriekspesiment viste dødelighet først ved 480 ppm-timer.

Reduksjonen av bunndyrfaunaen som følge av rotenonbehandling er temporær. Reetablering av bunndyrfauna skjer raskt. Rekoloniseringen av de enkelte arter er avhengig av deres levevis og livssyklus. I hvilket stadium av livssyklusen de enkelte artene befinner seg i ved behandlingstidspunktet har innvirkning på hvor

hurtig artene kommer tilbake. Rekolonisering skjer hovedsakelig ved driv av individer fra ovenforliggende områder som ikke er behandlet (elvestrekninger og sidebekker), fra egg og hvilestadier, samt reproduksjon fra individer som har overlevd behandlingen. Av de bunndyrgruppene som er blitt undersøkt, er ingen arter registrert forsvunnet som følge av rotenonbehandling. Etter en rotenonbehandling oppstår imidlertid en labil situasjon med mulighet for endret sammensetning av bunndyrfaunaen som følge av ulike reetableringshastigheter hos ulike bunndyrgrupper. En mer stabil situasjon etablerer seg etter tre - fem år. Reetablering av bunndyr i Korsbrekkeelva er vist i figur 2.10.1. Noen arter og dyregrupper har stor tetthet bare én måned etter behandling. Etter ett år vil 90 - 95 % av artene være tilbake. Enkelte arter brukte imidlertid ett - tre år på reetableringen.

Det er ikke mulig å fastslå med sikkerhet om arter forsvinner/ikke forsvinner som følge av rotenonbehandling. Økosystemet inneholder svært mange arter, hvorav noen er tallrike, andre fåtallige, mens andre igjen bare opptrer spo-

radisk. De bunndyrartene som undersøkes må derfor betraktes som indikatorer for hva som skjer ved en rotenonbehandling.

Før rotenonbehandling iverksettes, gjennomføres det forundersøkelser for å registrere om sjeldne arter blir berørt.

Fisk: Generelt er det en sammenheng mellom en fiskearts oksygenkrav og giftvirkningen av rotenon. Jo større oksygenbehov en fiskeart har, desto mer følsom er den overfor rotenon. Laksefiskene har vist seg å være av de mest følsomme fiskeartene som er undersøkt. En rotenonbehandling som går ut på å eksponere fiskene for en rotenonkonsentrasjon på 5 ppm-timer vil medføre at all laksefisk dør. For arter med høyere rotenontoleranse, som ål og stingsild, vil individer som befinner seg i de mest perifere områdene av rotenonbehandlingen kunne overleve fordi påvirkningen av rotenon (ppm-timer) her vil være lavere. Rogn har vist seg å være betydelig motstandsdyktig overfor rotenon. Rogn blir derfor ikke påvirket av de konsentrasjoner som benyttes ved rotenonbehandling av vassdrag.

Reetablering av fisk vil skje som følge av naturlig rekruttering fra den delen av bestanden som ikke blir påvirket av rotenonbehandlingen. For anadrom fisk vil dette bety den delen av bestanden som befinner seg i sjøen ved behandlingstidspunktet. For stasjonære bestander vil det skje en gradvis innvandring fra områder ovenfor behandlingsområdet. Dersom gyting har forekommet, vil rogn overleve og sørge for raskere reetablering. Hvor raskt laks og sjøaure reetablerer seg etter en rotenonbehandling, avhenger av bestandsstørrelser og tidspunkt for behandlingen. Laksen vil reetablere seg raskt (<fire år) dersom rotenonbehandlingen gjennomføres kort tid etter parasittintroduksjon. Blir tiltaket iverksatt på et tidspunkt hvor parasitten på det nærmeste har utryddet laksestammen, vil imidlertid oppbyggingen av stammen ta lengre tid (> fem år). Utsetting av fisk vil imidlertid bidra til raskere reetablering. Sjøauren blir ikke påvirket av *G. salaris*. Bestandsstørrelsen vil derfor opprettholdes i infiserte vassdrag. Arten skiller seg dessuten fra laksen når det gjelder vand-

ringer mellom elv og sjø, noe som medfører at flere generasjoner befinner seg i sjøen under rotenonbehandling. Sjøauren vil imidlertid få en redusert bestandsstørrelse i noen år etter rotenonbehandling, fordi sjøaureungene og den delen av fiskbestanden som har vandret opp i vassdraget, dør under behandlingen.

Dersom det finnes sjeldne fiskearter eller stammer med hovedutbredelse på lakseførende strekning, kan en rotenonbehandling få uønskete konsekvenser. I slike situasjoner er det viktig å fange stamfisk for å sikre gjenoppbyggingen av stammen.

Pattedyr og fugler: Fugler og pattedyr er meget motstandsdyktige overfor direkte forgiftning som følge av rotenonbehandling. Vi har forholdsvis lite kunnskap om indirekte virkninger på grunn av at fisken forsvinner. Kortvarige effekter av at næringen forsvinner er vist bl a for oter. På sikt er eventuelle virkninger dårlig kjent, men det er antatt at pattedyr og fugl reetablerer seg når fisken kommer tilbake. For pattedyr forutsettes da at dyrene kan overleve i tilgrensende områder eller at det finnes gode bestander i nærheten slik at rekruttering kan skje.

Marine områder: Rotenonbehandling av vassdrag vil medføre at rotenonholdig vann vil komme ned til sjøen med mulige konsekvenser for det marine miljø i nær tilknytning til vassdragets utløp. Undersøkelser som er gjennomført med hensyn til rotenons virkning på marine organismer indikerer liten forskjell på rotenontoleranse til nært beslektede dyregrupper i saltvann og ferskvann. Undersøkelser har vist at effekten på miljøet i sjøen nær utløpet er lokal og minimal. Innblanding med sjøvann vil føre til at rotenonkonsentrasjonen raskt kommer under faregrensen. Det er imidlertid behov for ytterligere undersøkelser i brakkvannssonen for å kartlegge om sjeldne brakkvannsarter blir påvirket.

Annen bruk av vann: Av hensyn til drikkevannskvaliteten må det i størst mulig grad forhindres at rotenonholdig vann kommer inn i drikkevannsforsyningen. Alle drikkevannskilder må derfor lokaliseres og sikres, og brukerne henvises til alternative vannkilder i den tidspe-

rioden rotenonbehandlingen pågår (tilkjøring av vann). Ved rotenonbehandlinger av vassdrag vil sikring av vannforsyningen bare omfatte tidsrommet for selve behandlingen, fordi vassdraget er fritt for rotenon når behandlingen er avsluttet.

Andre potensielle brukere av vannressursene (rekreasjonsformål) får opplysninger om rotenonbehandlingen gjennom ulike informasjons tiltak. Av estetiske, forurensningsmessige og smittehygieniske (fiske sykdommer) årsaker er det viktig at så mye som mulig av den døde fisken samles inn og destrueres på tilfredsstillende måte.

Vurdering av rotenon som tiltak mot *G. Salaris*

Norge har som fremste lakse nasjon i Europa et særlig verneansvar for laks, og vi har forpliktet oss gjennom internasjonale avtaler. Norge har ratifisert konvensjonen av 2. mars 1982 til vern av laks i det nordlige Atlanterhav. Norge har også undertegnet konvensjonen om biologisk mangfold. Ifølge denne konvensjon har vi, ifølge artikkel 8, pkt h, forpliktet oss til å hindre innføring av, kontrollere eller utrydde fremmede ar-

ter som truer økosystemer, habitat eller arter.

Dersom det ikke gjennomføres tiltak mot *G. salaris*, vil parasitten spre seg til nye vassdrag og områder. Tiltak for å bekjempe parasitten på et senere tidspunkt blir dermed mer komplisert og får betydelig større konsekvenser. En slik utvikling vil være svært alvorlig for de norske laksestammene.

Ut fra dagens situasjon anses utryddelse av parasitten som eneste aktuelle strategi. Rotenonbehandling av infiserte vassdrag anses å representere så store fordeler i forhold til ulempene at tiltaket er vurdert som forsvarlig. Det legges vekt på at rotenonbehandling er det eneste akseptable alternativet for å bli kvitt *G. salaris*, og at stoffet har kjente miljøvirkninger. Det må presiseres at det kun er den lakseførende delen av vassdraget som rotenonbehandles. Øvrige deler av vassdraget blir ikke berørt.

Dersom det fremkommer nye opplysninger om utilsiktet skadevirkning av rotenon, vil denne hovedstrategien bli tatt opp til ny vurdering.

Enzymer er proteinmolekyler som katalyserer kjemiske reaksjoner. Et stort antall forskjellige enzymer finnes i alt biologisk materiale. Hvert enzym har spesielle egenskaper som gjør det i stand til å katalysere én bestemt eller et fåtall kjemiske reaksjoner. Dette gjør at enzymer kan brukes som mikroverktøy for å utføre bestemte oppgaver. Eksempler på dette er spalting av bindinger i bestemte vevstyper, eller sammenkobling av to kjemiske molekyler til et nytt molekyl.

Virkingen av marine enzymer har vært utnyttet lenge før noen visste hva enzymer var for noe, for eksempel ved modning av sildeprodukter eller ved framstilling av fiskeproteinhydrolysater som fiskesaus, et produkt som var beskrevet allerede av oldtidens romere og grekere. På samme måte utnytter vi i dag den uspesifikke virkning av en blanding av fordøyelsesenzymer ved framstilling av fiskeensilasje.

I løpet av de siste 20 årene er det gjort en betydelig innsats for å undersøke mulighetene for kommersiell utnyttelse av marine enzymer. Interessen har først og fremst vært konsentrert om enzymer fra fisk og skalldyr, mens enzymer fra andre marine dyr, alger og mikroorganismer foreløpig har vært viet mindre oppmerksomhet.

Norge har, sammen med Kanada og Island vært et foregangsland når det gjelder forskning på marine enzymer.

SPESIELLE EGENSKAPER HOS MARINE ENZYMER

Fisk er stort sett utstyrt med de samme enzymtyper som varmblodige dyr, men enzymene har likevel noe forskjellige egenskaper. Dette gjelder særlig enzymer fra fisk som lever i kalde farvann. Disse enzymene er spesialtilpasset for å virke ved lave temperaturer. Vi sier at de er kuldetilpassede eller psykrofile enzymer. I praksis betyr dette at enzyimmolekylene er mer flek-

sible og har en noe løsere tredimensjonal struktur enn de tilsvarende enzymer fra varmblodige dyr. De vil derfor ofte være i stand til å virke effektivt ved temperaturer helt ned mot 0°C. Til gjengjeld vil de også lettere være utsatt for ødeleggelse (denaturering) når temperaturen stiger over 30 - 40°C. Begge disse egenskapene kan utnyttes på en positiv måte både innen bioteknologisk forskning og ved framstilling av fôr eller matvarer. Eksempel på en slik prosess er enzymatisk rensing av rogn for kaviarproduksjon, der lav behandlingstemperatur er vesentlig for å oppnå god kvalitet på sluttproduktet.

ENZYMATISK BEHANDLING AV FISKERÅSTOFF

Ved tradisjonell kaviarproduksjon rubbes rognsekken mot et gitter for at rognkorna skal frigjøres. Dette gir mye mekanisk skade på rognkorna og ofte et lavt utbytte. Ved fiskeriforskningsmiljøene i Tromsø er det utviklet en enzymatisk prosess der enzymer fra fiskeavfall brukes til å frigjøre rognkorna fra rognsekken på en skånsom måte. Rogna enzymbehandles i et væskebad slik at rognkorna frigjøres og sedimenteres, mens bindevev og ødelagte rognkorn flottes av på toppen med dispergert luft. Ved en finjustert tilpasning av enzymkonsentrasjon, temperatur, saltkonsentrasjon, tid og mekanisk påvirkning, blir rognkorna frigjort uten at tekstur eller smak blir forringet. Det kreves en nøyaktig optimalisering av prosessbetingelser for hver enkelt råstofftype. Gode resultater er oppnådd med rogn fra både ørret og atlantisk laks og forskjellige typer stillehavslaks. Ja, metoden har endatil blitt utprøvd med godt resultat ved framstilling av russisk kaviar fra stør i Det Kaspiske Hav. Den viktigste fordelene med den enzymatiske metoden er at kaviarutbyttet vanligvis blir vesentlig høyere enn ved den konvensjonelle rubbemetoden. For ørret og laks vil en utbytteøkning fra 70 til 90 % være vanlig.

Det er bedriften Biotec-Mackzymal i Tromsø som har spesialisert seg på enzymatisk rognrensing. Denne bedriften framstiller selv det enzympreparatet som blir brukt i prosessen og et lignende preparat som kan brukes til enzymatisk avskjelling av fisk.

Ved konvensjonell avskjelling av fisk er det vanlig å bruke et mekanisk utstyr som kalles seiskrape. Dette utstyret gir fisken en ganske hardhendt behandling og kan bare brukes med godt resultat dersom fisken er nyfanget og har en fast konsistens. Den må dessuten ha størrelse og fasjon omtrent som en middelsstor sei. Den enzymatiske avskjellingsmetoden er langt mer skånsom og fleksibel. Her behandles fisken i et enzymbad før den føres gjennom en spyleenhet. I enzymbadet fjernes slimlaget, og de kjemiske bindingene i skjellfestet svekkes så mye at skjellene lett kan skylles av i en spyleenhet.

Avskjellingsutstyret, som ble utviklet ved Fiskeriforskning i Tromsø, skulle først og fremst brukes til avskjelling av hyse. Skjellfri hysefilet med skinn er et etablert produkt på det amerikanske marked. Imidlertid har nå islendingene klart å erobre størstedelen av dette markedet, og metoden brukes nå hovedsaklig til avskjelling av lysing i Sør-Afrika og er dessuten under etablering i Japan for avskjelling av laks. Prosessen er utprøvd på et betydelig antall forskjellige fiskeslag og fungerer godt på de aller fleste.

Det har vært gjort en del forsøk med enzymatisk avskinning av fisk. Dette har vist seg å være mer problematisk enn avskjelling, ettersom det er vanskelig å oppnå en jevn avskinning av hele fisken. Dette skyldes hovedsaklig at skinnets styrke og tykkelse er forskjellig på forskjellige deler av fisken. På Island er det imidlertid utviklet en enzymatisk metode som skal fungere godt til avskinning av skatevinger. Hvorvidt enzymene som brukes i denne prosessen er av marin opprinnelse, er ukjent. Russiske forskere hevder at kollagenspaltende enzymer fra krabbeavfall kan brukes både til avskinning av blekk-sprut og til kaviarrensing.

Enzymer fra pankreatisk vev hos fisk kan brukes til hurtigmodning av sildefileter. Ved den tra-

disjonelle modningsprosessen saltes rund eller hodekappet sild i tønner som settes til modning i flere måneder før silda blir filetert. Ved hurtigmodning legges ferske sildefileter noen dager eller uker i en saltlake som er tilsatt enzymer. Fordelen med denne metoden er at filetavskjær og andre biprodukter tas bort før salting og kan dermed brukes til dyrefôr. Det er imidlertid vanskelig å stanse enzymprosessen helt etter at modningen er fullført. Dette gjør at hurtigmodnede fileter lett kan bli for bløte. Det er usikkert i hvilken utstrekning denne metoden brukes kommersielt, og mye tyder på at tilsats av spesielle bakteriekulturer (melkesyrebakterier) kan gi en modningsprosess som er lettere å kontrollere.

Canadiske forskere har vist at rensede preparater av fordøyelsenzymer trypsin fra torsk er velegnet til modning av såvel sildefileter og blekksprutmantel. Tilsats av torsketrypsin ga også godt utbytte ved ekstraksjon av pigment og protein fra rekeavfall.

Tilsats av enzymer som fordøyelseshjelp i fôr til varmblodige dyr har lenge vært brukt. Hvorvidt aktiv tilsats av enzymer brukes i fiskefôr er ukjent, men vi vet at forsøk med tilsats av blant annet torskepepsin i fiskefôr har vært utført i Japan. Det er ikke usannsynlig at tilsats av fordøyelsenzymer i fôr til yngel kan øke veksthastigheten ettersom yngel på et tidlig stadium ofte har et lavt nivå av slike enzymer.

MEDISINSK OG BIOTEKNOLOGISK BRUK AV MARINE ENZYMER

En av de eldste bioteknologiske prosessene er framstilling av ost ved bruk av osteløpe fra kalvemage. Noen religiøse samfunn, som for eksempel jødekirke, har strenge restriksjoner på bruk av stoffer fra pattedyr i matvarer. Det er derfor forsket på bruk av fiskepepsin som et alternativ til osteløpe. Forsøk både i Norge, Frankrike og Canada har vist at dette lar seg gjøre med rimelig godt resultat, men det er ikke kjent at ost i dag produseres kommersielt ved hjelp av fiskeenzymer.

Det er påvist en rekke interessante enzymer i marine skjell og reker. Norge er en storprodusent

av reker. Det meste av produksjonen blir utført med ferskfrosne blokker som råstoff. Før rekene pilles, må blokkene tines. Dette skjer ved at temperert tinevann resirkuleres over blokkene. Dette tinevannet får etterhvert et høyt innhold av en rekke interessante enzymer som ekstraheres ut av råstoffet. Fiskeriforskning (dengang FTFI) startet på midten av 80-tallet å undersøke dette tinevannet, og det ble fort oppdaget at vannet inneholdt mye av et enzym som heter alkalisk fosfatase. Dette enzymet brukes som et "merkelappenzym" innenfor diagnostikk og som bioteknologisk mikroverktøy ved genprosessering. Tradisjonelt brukes alkalisk fosfatase fra kalv, men rekeenzymet viste seg å ha noen viktige fordeler. For det første var enzymet svært aktivt ved lave temperaturer, men enda viktigere var det at enzymet kunne inaktiveres ved mye lavere temperatur enn kalveenzymet. Dette er av stor betydning når en ønsker å inaktivere enzymet uten å ødelegge andre bioaktive molekyler i blandingen. Etter ca 10 års målbevisst arbeid med utvikling av rensemetoder, dokumentasjon og markedsføring, har alkalisk fosfatase fra reketinevann blitt et ettertraktet kommersielt produkt på det internasjonale marked. Det arbeides nå med å ta ut flere interessante enzymer fra reketinevannet.

Arbeid utført ved NTH tidlig på 80-tallet viste at antarktisk krill inneholdt et batteri av effektive proteinspaltende enzymer (proteaser). Dette gjorde at råstoffet gikk fullstendig i oppløsning etter bare noen timers lagring ved romtemperatur. Men det er ikke bare selve vevsstrukturene som går i oppløsning. Selve proteinet blir også raskt nedbrutt til frie aminosyrer, og vil dermed kunne være et utgangspunkt for framstilling av rene aminosyre-preparasjoner til bruk i medisinske dietter eller som tilsats i næringsmidler. Det mest interessante var imidlertid at enzymblandingen som kunne utvinnes fra dette råstoffet viste seg å være velegnet til nedbryting av sårkake. Det er vanlig å bruke enzympreparasjoner medisinsk ved fjerning av sårkake fra store sårflater (for eksempel brannår) slik at såret kan

gro fortere. Krillenzymene viste seg å være mer effektive ved slik behandling enn sårhelingsenzymer som allerede var på markedet. Det arbeides derfor med å få godkjent dette krillenzympreparatet for medisinsk anvendelse.

Lysozym er et enzym som finnes blant annet i eggekvote og tårevæske. Enzymet kan bryte ned celleveggen til bakterier og bidrar derfor til å hemme bakterievekst. Enzymet er med andre ord et slags konserveringsmiddel. Det har vist seg at fordøyelsesorganene i haneskjell har et høyt innhold av lysozym, og at dette lysozymet er svært aktivt ved lav temperatur. Mens de fleste enzymer fra varmblodige dyr har liten eller ingen aktivitet ved 0°C, har haneskjell-lysozymet nesten 50 % av maksimal aktivitet ved 0°C. Dette viser at enzymet er ekstremt kuldetilpasset, og gjør at det burde være velegnet til biokonservering av matvarer ved kjølelagring. Det vil imidlertid være alt for dyrt å bruke enzym ekstrahert fra haneskjell til konservering av mat. Dersom enzymet skal kunne brukes til et slikt formål, må det framstilles genteknologisk. Ved Fiskeriforskning arbeides det nå med å overføre genet for enzymet til en pcia-gjær, slik at enzymet skal kunne produseres i denne organismen i en fermentor.

Det er rimelig å tro at framtidens produksjon av marine enzympreparater for kommersiell bruk hovedsaklig vil skje genteknologisk ved hjelp av mikroorganismer i fermentor. Bare på denne måten vil det være mulig å konkurrere prismsig med alternative produkter. Det marine miljø inneholder enorme mengder utforsket genmateriale som i framtida vil kunne gi grunnlag for store framsteg innen medisinsk og bioteknologisk forskning. Noen produkter vil likevel også i framtida trolig bli framstilt ved direkte ekstraksjon fra råstoffene. Dette gjelder preparater som inneholder et stort antall enzymer med forskjellige egenskaper som i samspill gir en virkning som vanskelig lar seg etterape med genteknologisk framstilte preparater.

På verdsbasis vart det i 1993 hausta 7,2 millionar tonn (våtvekt) marine alger, og av desse var 4,9 millionar tonn brunalger. Brunalger blir nytta til direkte konsum og alginatproduksjon. Ulike tareartar utgjer mesteparten av den hausta biomassen av brunalger, og dei viktigaste tareslektene er *Laminaria*, *Undaria* og *Macrocystis*. Uttaket av tare er basert både på hausta biomasse frå naturlege bestandar og på tare dyrka i sjøanlegg. Hovudmengda av uttaket består av tare dyrka i Asia.

I overkant av 1/2 millionar tonn av uttaket av brunalger går til produksjon av alginat. I brunalger er alginatet ein viktig bestanddel av celleveggen. Det kan utvinnast frå brunalgene, og har den eigenskapen at det aukar viskositeten av ei løysing. I kommersiell samanheng er dette viktig, då det gjer at alginat kan brukast i ei rekkje ulike samanhengar. Til dømes blir det nytta som tilsetjingsstoff i ei rekkje matprodukt, det blir nytta i farmasiindustrien og under tekstiltrykking til dømes. I Noreg blir alginat utvunne frå stortare (*Laminaria hyperborea*). Mengda stortare som blir hausta pr. år i Noreg er på rundt 170.000 tonn ferskvekt, og dette utgjer ca 1/4 av det totale uttaket av brunalger som går til alginatproduksjon på verdsbasis.

Kva er tare?

“Tare” er eit noko laust omgrep som refererer til artar innan fleire grupper av store brunalger. Desse høyrer i hovudsak til ordenen Laminariales, der slekta *Laminaria* er den artsrikaste. I Noreg har vi tre artar som høyrer til slekta *Laminaria*; stortare (*L. hyperborea*), fingertare (*L. digitata*) og sukkertare (*L. saccharina*). Alle desse er vanlege alger langs kysten. I tillegg er butare (*Alaria esculenta*) vanleg.

Tare har ein livssyklus der det inngår to generasjonar. Dei store plantene vi finn i sjøen er den diploide sporofyttgenerasjonen. Sporofyttplan-

tene formeirar seg ved å produsera store mengder sporer til visse tider på året. Det er berekna at ei stortareplante kan produsera opp til $1,7 \cdot 10^{11}$ sporer pr. år. Stortaren produserer sporer om vinteren. Kvar spore spirer til ei haploid og mikroskopisk gametofyttplante. Ein gametofytt treng ikkje vera meir enn ei celle stor, og er difor ikkje synleg for auga i naturen. Befrukta eggceller frå gametofyttplantene veks så igjen opp til sporofyttplanter.

Livssyklusen til *Laminaria* er godt undersøkt. Ein veit i hovudsak kva krav til miljøet (det vil sei temperatur, lys, salt og næringssalt) dei to stadia i livssyklusen har. Med omsyn til gametofyttfasen så har ein til dømes funne at gametofyttane treng ei viss mengd med blått lys for å kunna produsera kjønnsceiler, og at denne lysresponsen også er temperaturavhengig. Ein har også funne at gametofyttane kan veksa vegetativt i lang tid under lite lys. Dette er høve som har blitt utnytta i dyrkingssamanheng.

Metodar for dyrking

Dyrking av tare (av slektene *Laminaria* og *Undaria*) i sjøanlegg er ein velutvikla og godt utprøvd metode i Asia. Forsøk med å dyrka tare andre stader i verda har difor oftast basert seg på å tilpassa dei asiatiske dyrkingssmåttane til lokale tilhøve. I dei tilfella der dei aktuelle tareartane har hatt morfologiske og fysiologiske likskapstrekk med dei asiatiske, har dette vist seg å vera ei god tilnærming.

I prinsippet går dyrkinga av tare føre seg på den måten at gametofyttgenerasjonen av taren blir dyrka i landanlegg, og sporofyttgenerasjonen blir dyrka i sjøanlegg. Gametofyttplantene utviklar seg på tynne snorer oppspent i rammer i landanlegget. Ved å regulera det fysiske miljøet gametofyttplantene veks under, kan ein halda dei i ein vegetativ fase til det er gunstig å planta ut sporofyttar i sjøen. Framkallinga av den frukt-

bare (fertile) fasen til gametofyttgenerasjonen skjer i praksis ved at temperaturen i landanlegget blir senka, og gametofyttplantene blir då fertile og utviklar sporofyttplanter. Desse festar seg til dei tynne snorene der gametofyttgenerasjonen utvikla seg. Slike snorer med små tareplanter på blir deretter sett ut i sjøanlegg.

Sjøanlegget består av rep som er spent ut horisontalt i sjøen, og som blir heldne oppe av blåser samstundes som dei er forankra til botn. Frå dei horisontale repa heng det rep vertikalt i sjøen, og til desse vertikale repa blir snorene med små tareplanter festa. Den vidare utviklinga av tareplantene skjer i sjøanlegget. Plantene må tynnast ut manuelt etterkvart som dei veks, og vatnet kan gjødslast med næringssalt for å auka veksten av tareplantene. I Kina blir nokre stader dyrking av tare og filtrerande botnorganismer, som skjell, forsøkt samlokalisert.

Kan tare dyrkast i Noreg?

Dyrking av tare er nesten heilt avgrensa til Asia. Den kultiverte taren går der til direkte konsum. Spesielt i Kina er dette no ei svært ekspanderande næring. I Europa er dyrking av tare prøvd ut i kommersiell målestokk i Storbritannia, der tare i ein periode vart dyrka i sjøanlegg til produksjon av "snacks". Forsøksanlegg for dyrking av

tare er no under utprøving i fleire land i Europa. Dei forsøka som har vore gjort på å dyrka europeiske tareartar har vist at det er fullt mogleg å få dette til i nordatlantiske farvatn ved å modifisera dei asiatiske dyrkingsmetodane. Forsøka har vist seg å innebera relativt få dyrkingstekniske problem. Problema har heller vore knytta til å få anlegga lønsame, og til å få fram produkt som det er ein marknad for.

Noreg har ein stor del av verdsproduksjonen av alginat, men det har til no ikkje blitt rekna som lønsamt å dyrka tare til denne produksjonen. Alginatindustrien i Noreg baserer seg på å hausta stortare frå naturlege bestandar. Ressursgrunnlaget er godt, og det er rekna ut at det står omlag 10 millionar tonn tare (ferskvekt) langs norskekysten. I dei områda der stortaren trivest best, dannar den biomassemessig nesten ein monokultur. Den biomassen taretrålarane haustar består nesten utelukkande av stortare. Vidare er hausteeffektiviteten svært god, og ein taretrål kan hausta opp til eit tonn våtvekt tare pr. minutt under tråling. Etableringa av nye planter og gjenveksten av tareskogen i eit tråla felt er også svært god. Den opprinnelege biomassen i tareskogen er restituert etter fire - fem år. Alle desse høva gjer at det i alle fall førebels ikkje synest vera aktuelt med dyrking av tare til alginatproduksjon i Noreg.

