

Fisken og havet, særnummer 2 – 2006

Kyst og havbruk 2006

Redaktører: Terje Svåsand
Karin Boxaspen
Einar Dahl
Lis Lindal Jørgensen

www.imr.no

 **HAVFORSKNINGSINSTITUTTET**
INSTITUTE OF MARINE RESEARCH

Stort omslagsfoto: Harald E. Tørresen

Illustrasjoner på kapitelforsider

Kapittel 1: Sunnmørsalpene. Foto: Harald E. Tørresen.

Kapittel 2: Torsk på gjel ved Svolvev under Lofotfisket i 2005. Foto: Eva Farestveit.

Kapittel 3: Småhummer (4-5 cm) rett før utsetting på Kvitsøy i 1993. Hummer fra denne årsklassen fåes fremdeles i fangstene, nå som store flotte eksemplarer av arten. Foto: Eva Farestveit.

ISSN 0802 0620

Redaksjonen avsluttet mars 2006

Grafisk form og produksjon: Harald E. Tørresen, Havforskningsinstituttet
Trykk: Designtrykkeriet as



Forord	5
Utfordringer i kystsonen	
<i>E. Moksness og L.L. Jørgensen</i>	6
Challenges facing the coastal zone	
<i>E. Moksness og L.L. Jørgensen</i>	8
Statusrapport for norsk akvakultur 2006	
<i>O.J. Torrissen</i>	10
Norwegian aquaculture: Status report for 2006	
<i>O.J. Torrissen</i>	12

Kapittel 1 Forvaltning av kysten

1.1 Uten kunnskapspåfyll stopper akvakulturforvaltningen	
<i>J. Chr. Holm</i>	16
1.2 Kystklima	
<i>Jan Aure</i>	19
1.3 Fjorder med oksygenproblemer	
<i>Jan Aure</i>	23
1.4 Overvåkning av alger	
<i>E. Dahl, E. Gustad og L.J. Naustvoll</i>	25
1.5 Introduserte arter	
<i>A. Jelmert, G.I. van der Meeren og Å. Viken</i>	28
1.6 Amerikansk hummer i norske farvann – status og nye utfordringer	
<i>K.E. Jørstad, E. Farestveit og A.-L. Agnalt</i>	33
1.7 Redusert forekomst av sukkertare	
<i>F. Moy, H. Christie og H. Steen</i>	36
1.8 Kråkebollene i Porsangerfjorden – å spise eller bli spist	
<i>H.K. Strand, H. Christie og J.O. Hansen</i>	42
1.9 Marine reservater – områderegulering som vernetiltak for hummer	
<i>J.A. Knutsen og T. Thorvik</i>	46
1.10 Gyteområder langs kysten	
<i>H. Knutsen, J.A. Knutsen og E.M. Olsen</i>	49
1.11 Lofoten – egnet område for torskeoppdrett?	
<i>T. Svåsand, Ø. Bergh, G. Dahle, L. Hamre, K.E. Jørstad, G.L. Taranger og P.A. Bjørn</i>	51
1.12 Nasjonale laksefjorder	
<i>A. Sivertsen</i>	55
1.13 Sporing av rømt oppdrettslaks – kva no?	
<i>Ø. Skaala, V. Wennevik og K. Glover</i>	58
1.14 Rømt laks reduserer overlevingssevna hos villaks	
<i>Ø. Skaala, K. Glover og V. Wennevik</i>	60

Kapittel 2 Kystressurser

2.1 Kystsel	
<i>K.T. Nilssen</i>	64
2.2 Norsk kysttorsk	
<i>E. Berg</i>	66
2.2.1 Genetiske forskjeller mellom skrei og kysttorsk – hvordan identifisere enkeltfisk i blandingsfangster?	
<i>V. Wennevik, K.E. Jørstad, G. Dahle og S.-E. Fevolden</i>	68
2.3 Kyst- og fjordbrisling	
<i>E. Torstensen</i>	70
2.4 Rognkjeks	
<i>K. Sunnanå</i>	72
2.5 Europeisk ål	
<i>A.B. Skiftesvik, C. Durif og J.A. Knutsen</i>	75
2.6 Hummer	
<i>J.A. Knutsen og A.-L. Agnalt</i>	77
2.7 Taskekrabbe	
<i>M. Jenssen og K. Sunnanå</i>	79
2.8 Kongekrabbe	
<i>J.H. Sundet</i>	82
2.9 Haneskjell	
<i>J.H. Sundet</i>	85
2.10 Stortare	
<i>H. Steen</i>	86
2.11 Lite utnyttede ressurser (LUR)	
<i>S. Mortensen og F. Jakobsen</i>	89

Kapittel 3 Havbruk

3.1	Kan plankton brukes som fiskefôr? <i>R.E. Olsen, M. Moren, T. Knutsen og G.-I. Hemre</i>	94
3.2	Hvor mye fiskeoppdrett vil vi ha i Norge? <i>A. Ervik og J. Aure</i>	97
3.3	Utvikling av vaksine mot lakselus <i>P. Frost, E. Biering, C. Moros og F. Nilsen</i>	102
3.4	Det er grenser for hva selv en torsk vil gjøre! <i>T.S. Kristiansen, J.E. Fosseidengen og J.-E. Juell</i>	107
3.5	Laksefisk	
3.5.1	Produksjon av laks og regnbueørret 2005 <i>A.F. Kjørnhaug</i>	114
3.5.2	Markedssituasjonen for laks og ørret i 2005 <i>P.T. Aandahl og M.N. Kristiansen</i>	118
3.5.3	Helsesituasjonen for laksefisk <i>G. Bornø, A. Kvellestad, A.B. Olsen, K. Flesjø, H.R. Skjelstad, T.-A. Mo og B. Hjeltmes</i>	121
3.5.4	Virveldeformasjoner hos oppdrettslaks <i>P.G. Fjelldal, U. Nordgarden og T. Hansen</i>	128
3.5.5	Kjønnsmodning hos atlantisk laks (<i>Salmo salar</i>) <i>M. Pall, B. Norberg, E. Andersson og G.L. Taranger</i>	131
3.6	Marin fisk	
3.6.1	Produksjon av torsk 2005 <i>A.F. Kjørnhaug</i>	134
3.6.2	Helsesituasjonen hos marin fisk <i>H. Hellberg, D. Colquhoun</i>	137
3.6.3	Kjønnsmodning i matfiskproduksjon av torsk <i>C. Kristoffersen, Ø. Karlsen, T. Hansen, T. Kristiansen, J.E. Fosseidengen og G.L. Taranger</i>	141
3.6.4	Fôr til stor torsk <i>Ø. Karlsen, G.-I. Hemre og G. Rosenlund</i>	144
3.6.5	Påverkar slaktestress kvaliteten på oppdrettstorsk? <i>H. Otterå</i>	147
3.6.6	Produksjon av marin fiskeyngel <i>T. van der Meeren og T. Harboe</i>	150
3.6.7	Rød torsk <i>E. Slinde, R.E. Olsen, J. Suontama og B.S. Daae</i>	154
3.7	Skalldyr og havbeite	
3.7.1	Produksjon av skjell <i>S. Mortensen, A. Duinker, Ø. Strand og S. Andersen</i>	156
3.7.2	Kvaliteten på skjellene er påvirket av miljøet <i>S. Mortensen og A. Duinker</i>	160
3.7.3	Havbeite – i pakt med naturen? <i>A.-L. Agnalt, Ø. Strand, K.E. Jørstad og S. Mortensen</i>	162
3.7.4	Kan vi øke bæreevnen for blåskjellproduksjon? <i>T. Strohmeier, J. Aure og Ø. Strand</i>	164

Havforskningsinstituttet har endret strategi og profil. Fra å være en forskningsinstitusjon hvor vi har konsentrert oss mest om isolerte problemstillinger, legger vi nå vekt på å se problemstillingene i sammenheng for å utvikle en mer helhetlig forståelse som grunnlag for økosystembasert rådgiving for kystsonen. Gjennom dette vil vi medvirke til en ansvarlig bruk av de mulighetene kysten gir som spiskammer og grunnlag for næringsvirksomhet og rekreasjon.

”Kyst og havbruk 2006” innledes med en statusrapport for norsk akvakultur 2006 og en oppsummering av utfordringer på kysten. Deretter følger tre hovedkapitler: Forvaltning av kysten, Kystressurser og Havbruk.

Rapporten gir en oversikt over sentrale og aktuelle temaer knyttet til kystsonen som Havforskningsinstituttet er engasjert i. Under kapittelet “Forvaltning av kystsonen” finnes artikler om kystklima, introduserte arter, redusert forekomst av sukkertare, kråkebollene i Porsangerfjorden, bruk av marine verneområder, nasjonale laksefjorder, sporing av rømt oppdrettslaks og genetiske endringer hos villaks. Kapittelet om kystressurser er utvidet fra i fjor ved at kystsel, kysttorsk, kyst- og fjordbrisling, rognkjeks, kongekrabbe og haneskjell er flyttet fra “Havets ressurser og miljø” til “Kyst og havbruk”.

Kapittelet om havbruk omhandler status og utvikling i norsk akvakultur. Her omtales både fiskeoppdrett, skjellproduksjon og havbeite, blant annet blir det belyst hvilke biologiske utfordringer næringen og forvaltningen står overfor. Det er fullt mulig å mangedoble norsk akvakulturproduksjon. Skal dette la seg gjøre, kreves det imidlertid nytenkning når det gjelder disponeringen av våre kystarealer, i tillegg til en sterk innsats for å løse miljøutfordringene knyttet til akvakulturnæringene.

Forfatterne i “Kyst og havbruk 2006” ble bedt om å skrive om et oppgitt tema. Redaktørene takker for deres vilje til å levere i en stresset hverdag. En spesiell takk til eksterne bidragsytere som har vært med på å skape bredde i rapporten, uten vederlag.

Rapporten er skrevet for et bredt publikum. De av leserne som er interessert i mer detaljert informasjon, kan kontakte forfatterne direkte på e-postadressene som står listet under forfatternavnene i hver artikkel.

Redaksjonskomiteen for “Kyst og havbruk 2006” er ansvarlig for temavalg, planlegging og vurdering av de innsendte bidragene. Hovedredaktør er Terje Svåsand, mens Karin Boxaspen, Einar Dahl og Lis Lindal Jørgensen er medredaktører med et særskilt ansvar for ulike deler av rapporten. Berit M. Gullestad har stått for hoveddelen av arbeidet med redigering og korrektur, og har i tillegg vært bindeledd mellom forfattere og redaktører. Harald E. Tørresen har ansvaret for grafisk form og produksjon.

Utfordringer i kystsonen

Erlend Moksness

erlend.moksness@imr.no
Forskningsdirektør

Lis Lindal Jørgensen

lis.lindal.jorgensen@imr.no
Koordinator

Havforskningsinstituttet har endret strategi og profil. Fra å være en forskningsinstitusjon hvor vi har jobbet med isolerte problemstillinger, legger vi i dag vekt på å integrere alle de ulike problemstillingene for å få en samlet økosystemforståelse. Utfordringen er å finne en fellesnevner som på en velegnet måte kan samordne alle forskningsdata og resultater til et helhetsbilde. Ikke nødvendigvis i form av kvantifiserbare regnestykker, men som en dypere innsikt i hvordan dette romlige, dynamiske kaoset kalt økosystemet fungerer. Ut fra dette skal vi så kunne gi økosystembaserte prognoser og råd for fremtiden. Vår infrastruktur av forskningsstasjoner, laboratorier, forskere, teknisk personell, fartøyer, instrumenter og redskaper, gjør oss internasjonalt kompetente til å drive en storstilt økosystembasert forskning som vi kan være stolte av. I tillegg ligger det en ekstra inspirasjon i å kunne samarbeide med en engasjert kystbefolkning som har mer enn tusen års opparbeidede fiskerikunnskaper.

Kartlegging, langtidsovervåking og systemforskning er viktige brikker i arbeidet med å kunne tilnærme seg det marine kystsystemet på en best mulig måte. Rådgivningsprogrammet *Økosystem kystsonen* vil de neste årene fokusere på fire større, tverrfaglige satsingsområder.

Forskning for en økosystembasert forvaltning

Omkring 95 % av de levende marine organismene har tilknytning til kysten. Havforskningsinstituttet har som mål å øke kunnskapen om kystressursers bestandsstruktur, dynamikk, økologiske betingelser og totale beskatning. Instituttet har systematiske observasjoner fra deler av kysten helt tilbake til 1920, og dekker i dag kyst- og fjordområder fra svenkegrensen til grensen mot Russland. Interaksjonen mellom hav og kyst er av stor interesse: Hvordan påvirker de oseaniske bestandene kysten, og hvilken betydning har kystsonen for de oseaniske bestandene? I tillegg er det viktig å se på hvilke mekanismer som er aktuelle i samspillet mellom oseaniske bestander og kystbestander av samme art.

I de nærmeste årene vil vi også undersøke fjordenes betydning for marine organismer. Vi ønsker å se nærmere på både åpne fjorder som f.eks. Porsangerfjorden og terskelfjorder som f.eks. Hardangerfjorden. Sentrale problemstillinger i Porsangerfjorden vil være: Dersom kongekrabben etablerer en stor bestand i Porsanger, hvilke konsekvenser får dette

for bunnfaunaen (inkludert haneskjell)? Vil kongekrabbe beite ned kråkeboller, slik at det igjen kan etableres en produktiv tareskog i Porsanger? Vil i så fall en produktiv tareskog medføre økt produksjon av andre organismer som f.eks. kysttorsk i området? Hvilken rolle spiller kystselen i et slikt økosystem?

I Hardangerfjorden og andre vestlandsfjorder vil vi undersøke strukturen i disse fjordøkosystemene og de styrende mekanismene for fysiske og biologiske forhold. Også her ønsker vi å forske på betydningen av interaksjonen hav–kyst–fjord. Videre vil det være et mål å fremskaffe mer kunnskap om hva som ligger til grunn når det oppstår variasjoner med hensyn til rekruttering og vekst i fiskebestander (f.eks. brisling) i fjordene. Med bedre kompetanse på økosystemer i kystsonen, med vekt på deres oppbygging, virkemåte, tålegrenser og variabilitet, har Havforskningsinstituttet som mål å bidra til en helhetlig forvaltning og langsiktig verdiskaping i kystsonen.

Bevaring av arts mangfold

Havforskningsinstituttet skal bidra til å etablere strategiske referanseområder med sikte på å komme frem til en helhetlig forståelse av de økologiske prosesser i kystsonen. Vi vil kartlegge bl.a. gyte- og oppvekstområder, ulike naturtyper og biologisk mangfold og verdier i kystsonen samt leveområder (habitater) for organismer vi høster. Et fremtidig mål er å etablere et "Kystatlas" som skal inkludere informasjon om oppstrømming (upwelling), produksjonsindekser, lokale levende marine bestander, gyteområder, etc. Det aktive internettbaserte verktøyet "Veileder i marinøkologisk planlegging i kystsonen" (www.kystsone.no) skal inneholde bearbeidede data og være et naturlig valg for forvaltning, næring, undervisning og forskning. Veilederen skal vise hvilke muligheter som finnes for kombinert bruk og vern av kysten, basert på føre-var-prinsippet.

Langs Norges kyst finnes områder som kan betegnes som unike, representative, sårbare, truede, osv. Noen av disse vil bli vernet for å opprettholde det undersjøiske landskapet med habitater og biotoper og sikre arts mangfoldet langs norskekysten. En vesentlig oppgave er å gjøre bruk av slike områder i forvaltningssammenheng. Da er det snakk om store, metodiske utfordringer i tilknytning til marinbiologisk overvåking av marine reservater (MPA-er, se Kapittel 1.9) for å kunne dokumentere de effektene man ønsker å oppnå. Det er viktig å få gjennomført undersøkelser av den økologiske tilstanden før reservatene etableres. På samme måte bør det gjennomføres parallelle kontrollundersøkelser i definerte soner utenfor reservatene mens undersøkelsene pågår. Havforskningsinstituttet vil fokusere på dette feltet i fremtiden. Alt i 2006 blir det etablert hummerreservater på sørlandskysten for å undersøke effekter i småskalaforskning. MPA-er har som mål å sikre mari-

ne leveområder og arts mangfold (biodiversitet). En fremtidig utfordring er derfor å utvikle fangstredskaper som tar hensyn til dette.

Retningslinjer for vann

EUs vannrammedirektiv trekker opp retningslinjer for overvåking og forvaltning av vannforekomster på land og i kystnære sjøområder. Formålet er å ivareta dem, beskytte dem mot forurensing og sikre bruk som ikke forringer deres økologiske status. Et grunnleggende prinsipp er at overvåkingen skal være knyttet til nedbørsfelt, vassdrag og utenforliggende sjøområder som disse drenerer til, og se dette som helhetlige systemer. I tråd med vannrammedirektivet skal det etableres økologisk baserte miljømål for alle vannforekomster. Det skal videre innføres regelmessig overvåking av deres økologiske status, som skal bestemmes ut fra tilstanden til økosystemenes biologiske komponenter. Biologiske kriterier vil derfor bli en forutsetning for å kunne definere økologisk status og hvordan et økosystem “svarer” på miljøpåvirkninger. Norskekysten er generelt ren, men hva som er “normal miljøtilstand” er lite håndfast, og det pågår en diskusjon om hvordan kvalitetsklassifisering skal være og defineres. Havforskningsinstituttet overvåker og gir råd om marint miljø i norske havområder og vil for fremtiden også være ansvarlig for å overvåke det marine miljø i norske kyst- og fjordområder.

Den norske kystlinjen er lang, og problemstillingene er mange og ulike. Av trusselbilder kan særlig nevnes effekt av så vel kongekrabbe på Finnmarkskysten som av fremmede fastsittende alger langs kysten av Sør- og Vestlandet. Dette er introduserte arter, og foreløpig finnes det bare begrenset kunnskap om deres påvirkning på eksisterende leveområder og mulige konkurrerende arter. På kysten av Nordland, Troms og Finnmark er store deler av tareskogen nedbeitet av kråkeboller. Nedbeitingen er knyttet til oppvekstområder for fiskeyngel med en sannsynlig reduksjon i total biomasse som resultat. Så langt vet vi for lite om det lar seg gjøre å reversere eller begrense en slik prosess.

Havforskningsinstituttet vil bidra i arbeidet med å utvikle en integrert kystsoneforvaltning i samarbeid med ulike forvaltningsetater (Fiskeridirektoratet, DN, SFT og fylkenes miljøvernavdelinger); universitetene i Oslo, Bergen, Trondheim og Tromsø; høyskoler og de tre forskningsinstitusjonene NINA, NIVA og NGU. For å sikre god kvalitet på arbeidet er det også viktig med internasjonalt samarbeid, og her vil Havforskningsinstituttet i årene fremover prioritere land i Europa samt USA og Canada.

Challenges facing the coastal zone

Erlend Moksness

erlend.moksness@imr.no
Research manager

Lis Lindal Jørgensen

lis.lindal.jorgensen@imr.no
Coordinator

The Institute of Marine Research has changed its strategy and its profile. From being a research institution that has worked on isolated problems, we have moved to a position of trying to integrate individual problems in order to acquire a better understanding of the total ecosystem. The challenge lies in finding a common thread that will make it possible integrating all our research data and results into a holistic picture, not necessarily in the form of quantifiable calculations but in the sense of a deeper insight into how the spatial dynamic chaos that we call the ecosystem actually works. Once we have this, we will be capable of providing ecosystem-based prognoses and advice for the future. Our infrastructure of research stations, laboratories, scientists, technical personnel, vessels, instruments and tools give us the international-level competence to carry out the large-scale ecosystem-based research of which we can be proud. There is also an extra inspiration in being able to collaborate with the population of the Norwegian coast, who feel an involvement that is based on more than a thousand years of fisheries know-how.

Surveys, long-term monitoring programmes and research on systems are all important if we are to acquire an ecosystem-based understanding of the marine coastal system. In the course of the next few years, the Coastal Zone Ecosystem advisory programme will focus on four major interdisciplinary efforts.

Research for ecosystem-based management

Around 95 % of living marine organisms are coastal ones. The aim of the Institute of Marine Research is to improve our knowledge of the stock structure, dynamics, ecological conditions and total harvesting of our coastal resources. The Institute possesses systematic observations from parts of the coast that date as far back as 1920, and today we cover coastal and fjord zones from the Swedish border to the border with Russia. Interactions between the open sea and the coast are of great interest: How do oceanic stocks affect the coast, and what is the significance of the coast for the oceanic stocks? It is also important to study the relevant mechanisms in the interactions between oceans and coastal stocks of the same species.

The importance of open fjords (e.g. the Porsangerfjord) and threshold fjords (e.g. the Hardangerfjord) for locally living marine organisms will also be stud-

ied in the course of the next few years. Central problems in the Porsangerfjord include the following: If red king crabs establish a large stock in the Porsangerfjord, what will be the consequences for the benthic fauna (including scallops)? Will king crabs graze down sea urchins, so that a productive kelp forest could be re-established in Porsanger? If so, would a productive kelp forest lead to increased production of other organisms such as coastal cod in this area? And what is the role played by harbour seals and grey seals in ecosystems of this type?

In the Hardangerfjord and other fjords in Western Norway we will study the structure of fjord ecosystems and the mechanisms that control physical and biological conditions. Here too, we wish to carry out research on the significance of ocean-coast-fjord interactions. Another aim will be to acquire a better understanding of the factors that underlie variations in recruitment and growth of fish stocks (e.g. sprat) in the fjords. With better competence in coastal zone ecosystems, particularly with respect to their structure, way of acting, tolerance thresholds and variability, the Institute of Marine Research intends to contribute to the holistic management of, and long-term creation of value in, the coastal zone.

Maintaining species diversity

The Institute of Marine Research will contribute to the establishment of strategic reference areas with a view to arriving at an integrated understanding of the ecological processes involved in the system. For example, we will survey spawning and nursery grounds, various types of nature and biological diversity and resources in the coastal zone, as well as the habitats of the organisms we are harvesting. One of our goals for the future is the establishment of a "Coastal Atlas" that will include information about upwelling, productivity indices, local living marine stocks, spawning grounds, etc. The active Internet-based tool "Guide to Marine Ecological Planning in the Coastal Zone" (www.kystzone.no) will contain processed data and will be a natural choice for the authorities, industry, education and research. The guide will illustrate the possibilities available for combined use and conservation of the coast, based on the precautionary principle.

A large number of sites on the Norwegian coast can be characterised as unique, representative, vulnerable, threatened, and so on. Some of these sites will be protected in order to maintain the undersea landscape with its habitats and biotopes, and to maintain species diversity on the coast of Norway. One important task will be to make use of such areas for management purposes. In this context we are speaking of large-scale methodological challenges related to marine biological monitoring of marine reserves (Marine Protected Areas - MPAs; see section 1.9)

with the aim of documenting the effects that we wish to achieve. It will be important to carry out studies of the ecological situation before such reserves are established. Similarly, parallel control studies within defined areas outside the reserves should be carried out while the studies are under way. The Institute of Marine Research will be focusing on this field in the future. As early as 2006, lobster reserves will be established on the coast of Southern Norway with the aim of studying effects in small-scale trials. The MPAs are intended to secure marine habitats and biodiversity. A challenge for the future will thus be to develop types of fish-capture gear that take this into account.

Guidelines for water

The EU's Water Framework Directive has drawn up guidelines for monitoring and managing water resources on land and in coastal waters. The objective of the Directive is to maintain these resources, protect them from contamination and ensure that they are used in ways that does not degrade their ecological status. A basic principle here is that monitoring should be coupled to catchments, rivers and the marine areas to which these drain, and that these should be treated as integrated systems. In line with the Water Framework Directive, ecologically based environmental goals for all water resources will be established. We will also introduce regular monitoring of their ecological status, which will be determined on the basis of the condition of the biological components of the ecosystems. Biological criteria will thus be an essential aspect of defining ecological status and how an ecosystem responds to environmental influences. The Norwegian coast tends to be clean, but "normal environmental condition" is not a very well defined concept, and how quality should be classified and defined is still a matter of discussion. The Institute of Marine Research is monitoring and providing advice about marine environments in the Norwegian ocean region, and in the future it will also be responsible for monitoring the marine environment in Norwegian coastal and fjord areas.

The Norwegian coastline is long, and the problems facing it are many and varied. Serious current threats include the impact of king crabs on the coast of Finnmark and of foreign algae that now permanently occupy the coast of Southern and Western Norway. These are introduced species, and at present we have only a limited amount of knowledge about how they influence existing habitats and potentially competing species. On the coast of the counties of Nordland, Troms and Finnmark, large areas of kelp forest have been grazed down by sea urchins. This intense grazing is taking place in nursery grounds for fish fry, and is probably leading to a reduction in total biomass production. We still know too little about whether it will be possible to reverse or at least limit the extent of this process.

The Institute of Marine Research will contribute to efforts to develop an integrated coastal zone management plan in collaboration with other authorities (the Norwegian Directorate of Fisheries, the Directorate for Nature Management, the State Pollution Control Authority, and the County Governors' environmental departments), the Universities of Oslo, Bergen, Trondheim and Tromsø, university and regional colleges and the research institutions, NINA, NIVA and NGU. In order to be able to guarantee a high level of quality in these efforts, it is also important to collaborate at international level, and in this connection the Institute of Marine Research will prioritise other European countries, as well as the USA and Canada.

Statusrapport for norsk akvakultur 2006

Ole Torrissen

ole.torrissen@imr.no
Forskningsdirektør

Havforskningsinstituttet gir her et sammendrag av utviklingen i norsk akvakultur, og belyser hvilke biologiske utfordringer næringen og forvaltningen står overfor. Det er fullt mulig å mangedoble norsk akvakulturproduksjon. Skal dette la seg gjøre, kreves det imidlertid nytenkning når det gjelder disponeringen av våre kystarealer, i tillegg til en sterk innsats for å løse miljøproblemene. De mest presserende problemene i dag er rømming, spredning av lakselus og utslipp av uønskede stoffer fra anleggene. Innen kort tid vil det være nødvendig å få etablert et overvåkingsprogram for kysten som må inkludere eutrofiering, rømt oppdrettsfisk, sykdomsfremkallende organismer som f.eks. lakselus og ulike stoffer som truer mattryggheten.

Produksjon

Norsk akvakultur har til nå i hovedsak dreid seg om produksjon av laks og regnbueørret. Produksjonskvantumet for disse to artene var i 2005 henholdsvis 572 000 tonn og 60 000 tonn (Kapittel 3.5.1). Produksjonen i 2005 var dermed på omtrent samme nivå som i 2004. Det er andre forhold enn de biologiske som begrenser veksten i norsk laksefiskproduksjon.

Samlet produksjon av torsk, basert på både produsert og villfanget settefisk, økte fra 3 170 tonn i 2004 til 5 500 tonn i 2005 (Kapittel 3.6.1). Den sterke veksten i torskoppdrett ventes å fortsette også i 2006, og anslått produksjonskvantum for 2006 er ca. 10 000 tonn.

Totalt 15 nye havbeiteanlegg ble satt i drift i 2005, 11 for kamskjell og fire for hummer (Kapittel 3.7.3).

Blåskjellproduksjonen var på 4000–5000 tonn både i 2004 og 2005, men verdien økte i 2005 grunnet høyere foredlingsgrad (Kapittel 3.7.4).

Rømt oppdrettsfisk

I 2005 rømte det 732 000 laks og regnbueørret, mot 563 000 i 2004. I tillegg rømte det 167 000 oppdrettstorsk og 5 000 kveiter (Fiskeridirektoratet 2006). De fleste rømmingene skyldes anleggssvikt og påkjørsler. Rømmingstallene omfatter kun rapporterte rømminger, mindre lekkasjer vil ikke omfattes av innrapporteringene. Svinn fra anleggene som det ikke er oppgitt noen årsak for har de siste årene ligget over 2 % av antall levende fisk i anleggene, eller for 2004 på 4,6 mill fisk (Fiskeridirektoratet). Det er derfor sannsynlig at de reelle rømmingstallene er vesentlig høyere enn de innrapporterte. Nytt for 2005 er også de høye rømmingstallene for torsk. Sett i forhold til produksjonstallene, er en innrapportert rømming på 167 000 svært høyt.

Havforskningsinstituttet mener at rømmingen fra norske oppdrettsanlegg er foruroligende høy, og at det må iverksettes tiltak for å få redusert problemet. Aktuelle tiltak kan være å etablere en permanent havarikommisjon som skal vurdere årsak i forhold til rømminger, beredskapsplaner for gjenfangst av rømt fisk og pålegg om at anleggene selv kartlegger skadevirkningene av større rømminger.

Det bør snarest etableres systemer for genetisk sporing av rømt fisk tilbake til anlegg og region (Kapittel 1.13). Likeså er det viktig å få intensivert forskningen på overlevelse og vandringsmønster hos rømt fisk. Måling av genetisk påvirkning av rømt fisk på ville laksestammer må inkluderes i det nasjonale overvåkingsprogrammet for nasjonale laksevassdrag og laksefjorder (Kapittel 1.12).

Villtorsk kan bli utsatt for genetisk påvirkning fra oppdrettstorsk som gyter i merdene. Det bør derfor vises varsomhet ved etablering av oppdrettsanlegg i gyteområder for torsk inntil dette risikomomentet er undersøkt nærmere. Spesielle hensyn må tas i Lofoten, og kunnskap om miljøeffekter og populasjonsstruktur hos torsk, bør styrkes betydelig før en bygger ut torskoppdrett i dette området.

Dersom det viser seg vanskelig å hindre rømming av oppdrettsfisk, bør det vurderes å kreve at oppdrettsfisk i utsatte områder skal være steril.

Lakselus og andre sykdomsfremkallende organismer

Lakselussituasjonen har ikke endret seg vesentlig fra tidligere år. Havforskningsinstituttet vurderer fortsatt lakselus som en av de alvorligste miljøutfordringer i oppdrett av laksefisk. Instituttet mener også at utslippene av lakseluslarver i enkelte regioner er høyere enn forsvarlig. I denne sammenheng vil vi påpeke at vi i 2004 anbefalte en reduksjon i utslippene av lakseluslarver i Hardangerfjorden på 80 % om våren når laksesmolten vandrer ut.

Betydningen av at villfiskbestander kan fungere som smittereservoarer for vanlige fiskesykdommer, ser ut til å være undervurdert. Det bør vurderes å iverksette tiltak mot vertikal smitteoverføring, for eksempel obligatorisk screening av rogn og yngel for de viktigste sykdommene.

Vi er også bekymret for at parasitter og virus sykdommer på torsk kan bli et problem som kommer ut av kontroll. Derfor fraråder vi oppdrett av ulike arter på samme lokalitet, siden dette øker risikoen for sykdomsoverføring mellom arter.

Havforskningsinstituttet anbefaler å trappe opp arbeidet med å utvikle en vaksine mot lakselus, slik at lakselusproblemene kan få en endelig løsning.

Vaksiner og andre forebyggende tiltak mot viktige lakse- og torskesykdommer må videreutvikles, både for å hindre sykdom, redusere antibiotikabruken og eliminere skader som følge av vaksinasjon.

Havforskningsinstituttet går også inn for å inkludere lakselus og andre sykdomsframkallende organismer i det foreslåtte overvåkingsprogrammet for de nasjonale laksefjordene.

Utslipp fra oppdrettsanlegg

Utslipp fra oppdrettsanlegg vil i hovedsak bestå av fôr som ikke blir spist eller stoffer som blir skilt ut av fisken, og som derfor enten sedimenterer på bunnen eller blir løst i vannmassene. I tillegg vil det kunne lekke impregneringsstoffer fra merdene. Havforskningsinstituttet mener det bør rettes spesiell oppmerksomhet mot uønskede stoffer som er giftige eller lite nedbrytbare og som sedimenterer under anleggene. Her vil en over tid kunne få akkumulert stoffene til mengder som kan påvirke mattryggheten ved både oppdrettsfisk og ville ressurser som lever rundt anleggene, f.eks. fisk, krepsdyr eller muslinger.

Fiskevelferd

Samfunn og marked er i stigende grad opptatt av velferden til forsøks- og produksjonsdyr. Innen akvakultur rettes fokus først og fremst mot deformiteter og dødelighet i produksjon, stress og lidelse under håndtering, transport og slakting, tetthet og oppdrettsmiljø og vannkvalitet. For å løse velferdsrelaterte problemer mener Havforskningsinstituttet det er viktig å bygge opp kompetansen på de ulike fiskeartenes grunnleggende biologi og miljøkrav. Basert på slik kunnskap må det utvikles operasjonelle metoder for å kvantifisere stressnivå og velferd i kommersiell drift, og dermed legge grunnlaget for en god forvaltning og produksjon. Fiskevelferd er en ny vitenskapelig disiplin, hvor en gjennom å integrere fagområdene atferd, fysiologi og immunologi åpner nye metodiske perspektiver for å møte de artsspesifikke utfordringene i fiskeoppdrett.

Arealkonsekvenser

Oppdrettsanlegg for fisk krever små arealer, men sikringssonene rundt anleggene samt kravet om avlastningslokaliteter gjør at vi i dag mangler gode oppdrettslokaliteter. Dagens praksis når det gjelder begrensnng av lokalitetenes produksjon og sikringssoner rundt anleggene er ikke basert på objektive og vitenskapelige kriterier. Dersom vi skal utnytte kystens potensial fullt ut, kreves det at man tenker nytt både når det gjelder sikringssoner og lokalitetenes bæreevne.

Kysten har et stort potensial for skjelldyrking, men vi har betydelige utfordringer når det gjelder å drive skjelldyrking tilpasset bæreevnen, slik at kvaliteten på produktet kan bli best mulig. Havforskningsin-

stituttet anbefaler at det fokuseres på å lokalisere og drifte skjellanlegg på en slik måte at man både sikrer god fødetilgang, unngår algegifter og reduserer fare for smittespredning med annet oppdrett.

Trygge havbruksprodukter

Det sterke markeds- og mediefokuset på innhold av dioksiner og andre uønskede stoffer i oppdrettslaks, understreker behovet for å sikre en god, pålitelig og troverdig overvåkning. Havforskningsinstituttet mener det er nødvendig med en effektiv stikkprøvekontroll på norsk sjømat, men ser også et sterkt behov for å overvåke miljøet i kystområdene der produksjonen skjer. Det må derfor legges en spesiell innsats i å bygge ut et overvåkingsapparat for økotoksikologi i våre kystområder.

Havbeite

Havbeite er fra 1.1.2006 regulert under akvakulturloven, med egne forskrifter (de samme som ble utformet under havbeiteloven). De aktuelle havbeiteartene er stort kamskjell (*Pecten maximus*) og europeisk hummer (*Homarus gammarus*), og myndighetene har tildelt konsesjoner for begge disse artene. Havforskningsinstituttet har pekt på de utfordringene man står overfor med hensyn til å kunne utvikle havbeite som en næring uten uønskede virkninger på miljøet. Det er viktig å styrke den pågående forskningen på bæreevne, arts sammensetning, biodiversitet, helsestatus og genetik.

Fôrressurser

Mangelen på marine råvarer til fôrproduksjon, fiskemel og fiskeolje, har i flere år vært vurdert som en trussel mot oppdrettsnæringen. Prisen på de marine råvarene har steget betydelig på verdensmarkedet det siste året, noe som understreker denne utviklingen, og den neste El Niño kan komme til å skape alvorlige problemer for næringen. Det har vært gjort en vesentlig forskningsinnsats for å ta i bruk alternative fôrvarer til oppdrettsindustrien, og soya og andre jordbruksprodukter er i dag faste ingredienser på blandeseddelen til laksefôr. Havforskningsinstituttet tror proteinbehovet til oppdrettsfisk kan dekkes gjennom økt bruk av vegetabiliske proteinkilder, uten at det vil påvirke produktkvaliteten.

I dag finnes det derimot ingen andre kilder til langkjedet umettet fett enn de marine kildene. Fett avleires uendret i oppdrettsfisken, og økt bruk av vegetabiliske fettkilder vil derfor påvirke produktets kvalitet. Fokus bør derfor primært rettes mot å finne frem til nye marine fettkilder.

Norwegian aquaculture: Status report for 2006

Ole Torrissen

ole.torrissen@imr.no
Research director

With this report, the Institute of Marine Research presents a summary of developments in Norwegian aquaculture, with the aim of illustrating the biological challenges that currently concern both the industry itself and the authorities. It is perfectly possible to multiply the output of Norwegian aquaculture. To do so, however, will require innovative thinking about the use of our coastal area, as well as a major effort to solve the environmental problems that the aquaculture industry faces. The most pressing problems at present are escapees, the spread of the salmon louse and emissions of undesirable substances from fish farms. Within a short time it will be necessary to establish a coastal monitoring programme that will need to include eutrophication, escaped farmed fish, disease-inducing organisms such as salmon lice, and substances that threaten the safety of our food.

Production

To date, Norwegian aquaculture has largely been a matter of salmon and rainbow trout production. The amounts of these two species produced in 2005 were 572,000 and 60,000 tonnes respectively (see Section 3.5.1). Production in 2005 was thus at roughly the same level as in 2004. Other factors than biological conditions are what limit the growth of Norwegian salmonid production.

Total production of cod, based on both produced and wild-caught fry, rose from 3,170 tonnes in 2004 to 5,500 tonnes in 2005 (see Section 3.6.1). The rapid increase in cod farming is expected to continue in 2006, and production this year is estimated to be around 10,000 tonnes.

A total of 15 new sea-ranching systems came into operation in 2005; of these, 11 were for scallop production and four for lobsters (see Section 3.7.3).

Mussel production lay somewhere between 4000 and 5000 tonnes in both 2004 and 2005, but the value of production rose in 2005 thanks to a higher degree of processing (see Section 3.7.4).

Escaped farmed fish

In 2005, some 732,000 salmon and rainbow trout escaped, as against 563,000 in 2004. A further 167,000 farmed cod and 50,000 halibut also escaped (Source: the Directorate of Fisheries, 2006). Most escapes are the result of net-pen failure or of boats colliding with net-pens. These escape figures cover only reported escapes, and minor losses are not reported to the authorities. Losses from fish farms for which no cause is reported have remained at a level of more than 2% during the past few years, i.e. 4.6 million fish

in 2004 (the Directorate of Fisheries). It is thus likely that the true figure of escapes is much higher than the one actually reported. A new aspect of the figures for 2005 was the large number of escaped cod. Relative to production figures, the reported 167,000 escapees represent a very large percentage.

The Institute of Marine Research believes that escape from Norwegian fish farms is worryingly high, and that further measures to reduce the scale of the problem will have to be introduced. Potential measures include establishing a permanent "escapes" commission that would evaluate the causes of escapes; contingency plans for the recapture of escapees and requirements for farms themselves to estimate the negative consequences of major escapes.

Systems for genetic tracing of escapees back to their sea cage of origin (see Section 1.13) should be established. Similarly, it is also important to intensify research on the survival and migration patterns of escaped fish. Measurements of the genetic influence of escaped fish on wild strains of salmon must be included in the national monitoring programme for national salmon rivers and fjords (see Section 1.12).

Wild cod may be genetically affected by farmed cod that spawn in sea-cages. Care should therefore be taken when cod farms are being established in cod spawning areas, until this risk factor has been properly studied. Particular care must be taken in Lofoten, and our knowledge of environmental effects and the structure of cod populations should be significantly improved before cod farming is developed in this area.

If it turns out to be difficult to prevent farmed fish from escaping, we should evaluate the possibility of introducing a requirement that farmed fish in sensitive areas should be sterile.

Salmon lice and other disease-inducing organisms

The salmon louse situation has not changed significantly from previous years. The Institute of Marine Research still regards the salmon louse as one of the most serious threats to the environment presented by salmonid farming. The Institute also believes that releases of salmon louse larvae in some parts of the country are higher than can be justified. In this connection, we would point out that in 2004, we recommended a reduction of 80% in releases of salmon louse larvae in the Hardangerfjord in the spring, when the salmon fry are emigrating from the region.

The significance of wild fish stocks acting as reservoirs of infection for typical fish diseases appears to be underestimated. Consideration should be given to implementing measures to combat vertical transmis-

sion of infections, such as compulsory screening of eggs and fry for the most common diseases.

We are also worried that parasites and viral diseases in cod may become an uncontrollable problem. For this reason, we advise against locating aquaculture farms with different species in the same area, as this practice increases the risk of transmitting diseases between species.

The Institute of Marine Research recommends stepping up efforts to develop a salmon louse vaccine in order to finally solve this problem (see Section 3.3). Vaccines and other preventive measures aimed at important diseases of salmonids and gadoids must be developed in order to prevent disease, reduce the consumption of antibiotics and eliminate injuries caused by vaccination.

The Institute of Marine Research also supports the idea of including salmon lice and other disease-inducing organisms in the proposed monitoring programme for national salmon fjords.

Emissions from fish farms

Emissions from fish farms consist for the most part of feed that has not been eaten and substances eliminated by the fish, and which therefore either sediment on the seabed or dissolve in the water column. Net-pen impregnation media may also leach out into the water. The Institute of Marine Research believes that particular attention should be paid to undesirable toxic or only partially degradable substances that sediment beneath farms. In the course of time, sufficient quantities of such substances will accumulate that they may affect the safety of the food supply of both the farmed fish themselves and the wild resources that live in the vicinity of fish farms such, i.e. fish, crustaceans and mussels.

Fish welfare

Both society in general and the market itself are becoming increasingly concerned about the welfare of experimental and production species. Aquaculture is currently focusing primarily on deformities and mortality in production, stress and suffering during handling, transport and slaughter, high biomass density, the farming environment and water quality. The Institute of Marine Research believes that in order to solve problems related to welfare, it will be important to build up our competence related to the basic biology and environmental requirements of individual species of fish. On the basis of this knowledge, operational methods of quantifying levels of stress and welfare in commercial operations must be developed, thus permitting a foundation for good management and production to be laid. Fish welfare is a new scientific discipline, which, by integrating the study of behaviour, physiology and immunology, opens up new methodological perspectives for dealing with species-specific challenges in aquaculture.

Consequences for use of area resources

Fish farms in themselves occupy little area, but security zones around farms and the requirement for alternative sites means that there is a lack of sufficient good fish farm sites at present. Current practice in lim-

iting the production of sites and security zones around farms is not based on objective scientific criteria. If we wish to exploit the potential of the coastal zone to its full extent, we will have to think innovatively about both security zones and site carrying capacity.

The coast has a considerable potential for shellfish farming, but serious challenges will have to be dealt with if shellfish are to be cultivated according to carrying capacity in order to ensure optimal product quality. The Institute of Marine Research recommends that the industry should focus on locating and operating shellfish farms in such a way as to ensure availability of food, avoid toxic algae and reduce the danger of spreading diseases to and from other types of farm.

Safe aquaculture products

The high level of market and media interest in the content of dioxins and other undesirable substances in farmed salmon underlines the necessity of ensuring that monitoring is good, reliable and credible. The Institute of Marine Research believes that efficient random sampling of Norwegian seafood is needed, but also perceives a great need for monitoring the environment of the coastal regions in which production takes place. Special efforts should therefore be made to develop an environmental toxicology monitoring system in our coastal regions.

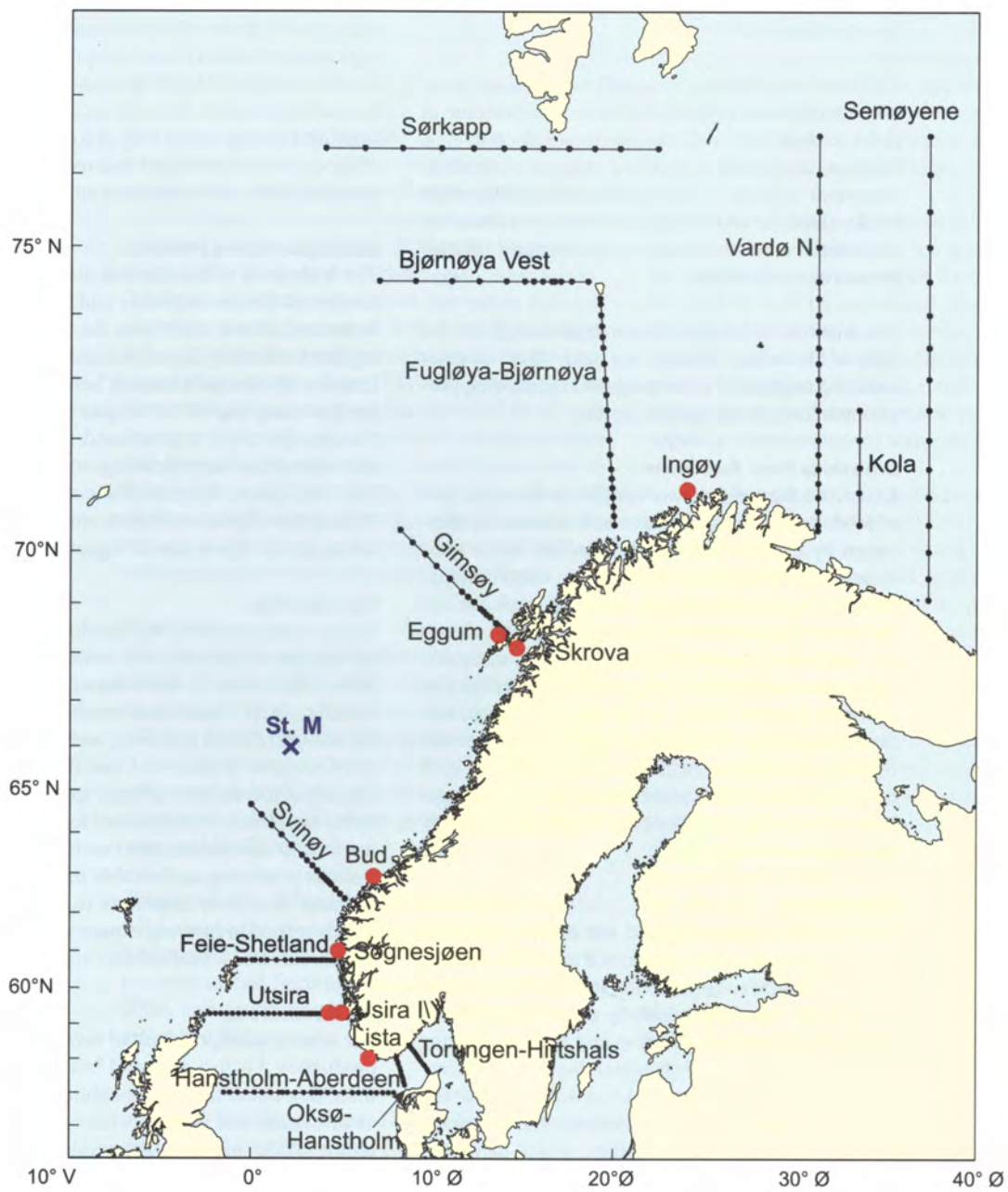
Sea ranching

Since 1 January 2006, sea ranching has been regulated by the Aquaculture Act, with its own set of regulations (the same as those drawn up under the Sea Ranching Act). Current sea-ranching species include the scallop (*Pecten maximus*) and the European lobster (*Homarus gammarus*), and the authorities have issued permits for both of these species. The Institute of Marine Research has pointed to the challenges that we face in developing sea ranching as an industry without producing undesirable impacts on the environment. It will be important to reinforce ongoing efforts related to carrying capacity, species composition, biodiversity, health status and genetics.

Feed resources

For several years, the lack of raw materials for feed production, i.e. fish meal and fish oil, has been identified as a threat to the aquaculture sector. The prices of marine raw materials have risen significantly on the world market in the course of the past year, underlining this price trend, and the next El Niño may cause serious problems for the industry. A significant research effort has been put into the introduction of alternative raw materials for feedstuffs for aquaculture, and soya and other agricultural products are now regular ingredients in recipes for salmon feed. The Institute of Marine Research believes that the protein requirements of farmed salmon can be met by increasing the use of vegetable sources of protein without negative effects on product quality.

At present, however, no alternatives to marine sources exist for long-chain unsaturated fatty acids. Fats are deposited unmodified in the tissue of farmed fish, and greater use of vegetable sources of fats would thus affect product quality. We therefore need to focus primarily on identifying new marine sources of fat.



Figur 0.1
 Faste oseanografiske snitt og stasjoner.
 Fixed oceanographic sections and stations.



Kapittel 1

Forvaltning av kysten



Uten kunnskapspåfyll stopper akvakulturforvaltningen

Tenk deg en næring som endrer seg svært sakte eller ikke utvikler seg i det hele tatt. Tror du den er særlig livskraftig? Tror du den er interessant å arbeide i? Tror du den utnytter naturgitte fordeler til beste for dem som bor der? Neppe. Og slik er det heldigvis ikke i norsk akvakulturnæring. Men det kan bli slik dersom vi ikke sørger for påfyll – av kunnskap.

Jens Chr. Holm¹

jens-christian.holm@fiskeridir.no
Fiskeridirektoratet

Kunnskapsmangel kan selvfølgelig bremse næringsutviklingen direkte. Men en langt mer vanlig, snikende og indirekte form for kunnskapsmangel skjer når forvaltningen ikke får det nødvendige kunnskapspåfyll og dermed risikerer å gjøre en gradvis dårligere jobb. Det farlige med denne formen for mangelsykdom er at den utvikler seg i det skjulte, og at svekkelsen som den representerer kommer gradvis og nesten umerkelig. Det kan være lett å stemple et langt utviklet sykdomsbilde som stivbeint og detaljfiksert byråkrati. Feil diagnose gir som kjent ofte feil behandling.

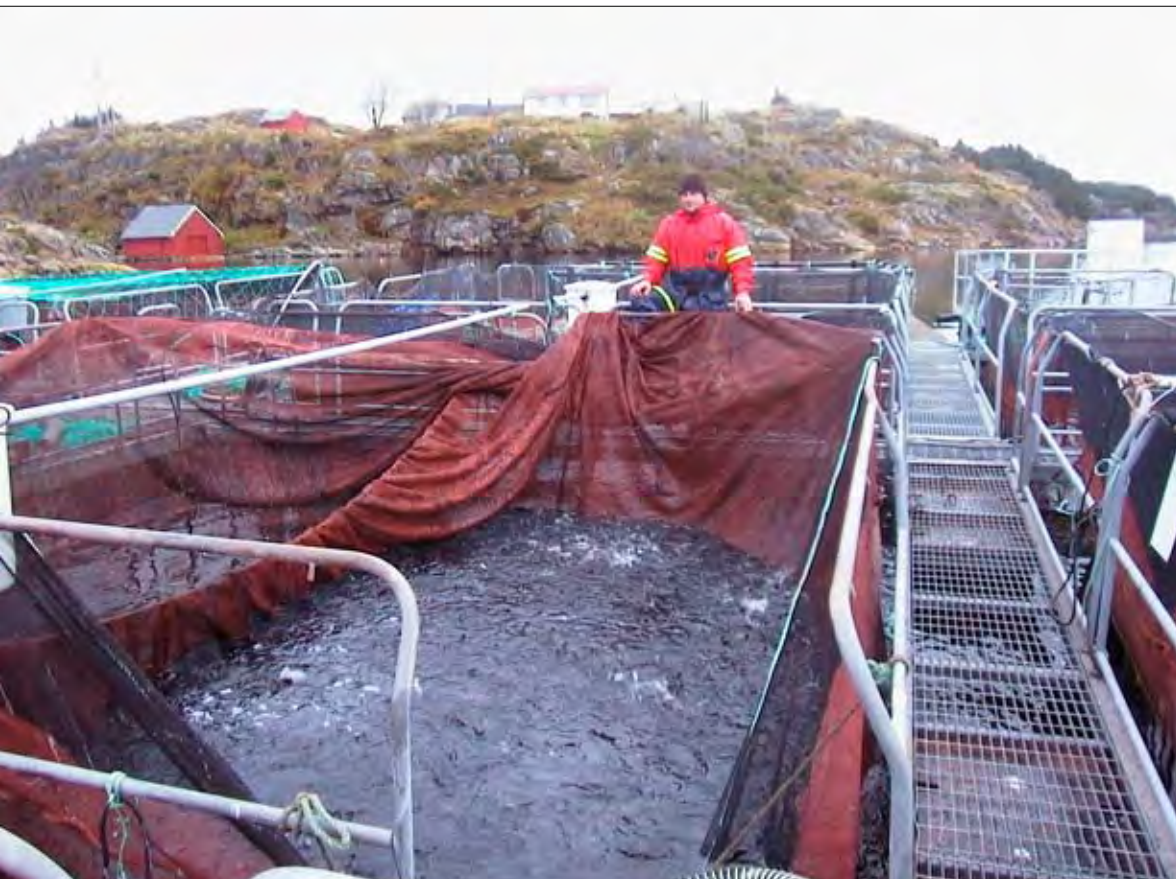
Dersom kunnskapsbanken i en ellers sunn forvaltningsbedrift er velfylt, vil regelverk og forvaltningsutøvelse vise en rekke sunnhetstegn. Blant annet vil mengden av

pålegg og begrensninger ikke være flere enn situasjonen krever og være direkte og målrettede. Et godt regelverk er også nøytralt på en slik måte at det ikke gir fordeler for en bestemt utvikling med mindre det er saklig grunn for det. En kunnskapsrik forvaltningsetat vil også være i stand til å respondere raskt og ikke minst riktig på utfordringer som måtte oppstå.

Er akvakulturforvaltningen kunnskapsmessig på høyden med utfordringene?

Svaret er nok dessverre – nei. Dette på tross av at det utføres mye akvakulturforskning i Norge, og internasjonalt. Men ikke så mye av den er direkte forvaltningsrelevant, og den dekker nok heller ikke forvaltningens mest prioriterte behov. Det som er mest alvorlig er at slik har det vært noen tiår. I den grad mangel på forvaltningsrelevant forskning har vært saklig begrunnet, er det antagelig ut fra betraktningen om at en først må få en næring på beina før en behøver å forvalte den. Men da ser en bort fra at

1) Jens Chr. Holm er utdannet fiskeribiolog med doktorgrad. Han er direktør ved Kyst- og havbruksavdelingen i Fiskeridirektoratet og representerer således en tung bruker av marin forskning.



Figur 1.1.1

Håndtering av net representerer en risikofaktor i forbindelse med rømming av oppdrettsfisk. Handling of net represents a risk with regard to escape of farmed fish.

Figur 1.1.2

Også propellskader på not kan føre til at oppdrettsfisk rømmer. Fiskeridirektoratet ønsker å få utviklet nye verktøy som vil bidra til en bedre akvakulturforvaltning. Artikkelforfatteren etterlyser en sterkere satsing på forskning som gir drahjelp i dette arbeidet. *Net damages caused by propellers are another reason why farmed fish may escape. The Directorate of fisheries wants to develop new tools that will contribute to an improved aquaculture management. The author of this article stresses the needs of a stronger research priority on topics relevant to the management.*

Foto: Eivind Furestveit



forvaltningen også er en tilrettelegger, og at det er lett å gjøre feil valg i begynnelsen av en næringsutvikling.

Mangelsykdommen har altså fått utvikle seg over tid. Det er også med på å prege kulturen i forskningsmiljøene. Dette har dessverre ført til at forvaltningsstøttende forskning i en del sammenhenger ikke blir sett på som særlig meritterende eller utfordrende forskere imellom, og heller ikke når forskere vurderer hverandre i evalueringsprosesser. Enkelte av disse evalueringsprosessene har vært for ensidig vinklet mot en vitenskapelig kvalitetsvurdering, og har manglet en vurdering av hva som er relevant ut fra brukerens ståsted. Og brukeren – det er både næring og forvaltning.

I så måte har kanskje delingsprosessen mellom forvaltningsrettet og næringsrettet forskning kommet som en tankevekker for enkelte forskningsmiljøer hvor trender og kulturer har utviklet seg vekk fra kjerneoppgavene. For enkelte har nok dette blitt en skikkelig blå(grønn)mandag. Men det er å håpe at dette kan tjene som en tydelig målfokusering, slik at forvaltningsrettet forskning får den prioritet som er nødvendig. Og at brukerrollen som forvaltningen har blir erkjent fullt ut.

Forvaltningen – den største brukeren av akvakulturforskning

Fiskeridirektoratet har en koordinerende rolle i norsk akvakulturforvaltning. Flere

etater deltar i den samlede forvaltningsutøvelsen, og det er en rekke virkemidler i bruk. De fleste av disse er koordinerte og enkelte ganger felles. Men det er også slik at det ikke gjøres tilstrekkelig med forskning på hvordan disse griper inn i hverandre, og om de samlet sett representerer den mest effektive styringen av næringen. Flere av særlovsmyndighetene har egne forsknings- og utredningsmidler som også til en viss grad kan disponeres inn mot akvakulturrelaterte problemstillinger. Den tyngste brukeren, Fiskeridirektoratet, har så langt manglet øremerkede midler over sine budsjetter til forskning og utredning om akvakultur.

Fiskeridirektoratet har derfor over tid etterlyst en klar og håndfast erkjennelse av at akvakulturforvaltningen trenger kunnskapspåfyll for å kunne utføre sine oppgaver på en god nok måte. Det er kanskje også riktig å se på om en samordning av den forvaltningsstøttende forskningsinnsatsen er rasjonelt i en koordinerende sammenheng?

En slik samordning vil ta tid, og det kan i mellomtiden være riktig å peke på noen av områdene som krever prioritet sett ut fra Fiskeridirektoratets ståsted.

Et krafttak for å ta igjen det tapte?

Forvaltningsstøttende forskning bør som annen anvendt forskning representere en kjede som har sitt arnested i grunnforskningen, for deretter å ivareta langsiktig-

het og de betydelige sprangene framover i tilstrekkelig store og langvarige programmer. Etter hvert som både behov og muligheter blir mer håndfaste, bør konkrete utviklingsprosjekter defineres og iverksettes og legges tett opp mot brukeren. Slike prosjekter vil gjerne være kortere prosesser enn de langvarige programmene.

Det vil være viktig å få større fart på påfyllprosessen ved å øke innsatsen langs hele denne kjeden. Dersom en bare setter inn ressurser for å høste de mest håndfaste resultatene gjennom utviklingsprosjekter, risikerer forskningssektoren å ende opp med en kreativ tørke fordi de langvarige løpene, som gir de store sprangene framover, blir utarmet.

Fiskeridirektoratet har for egen del ved utgangen av 2005 utarbeidet en oversikt over hva en foreløpig ser som nødvendig i et slikt krafttak. Listen vil bli supplert og endret etter hvert. Forskningsinstitusjoner som ønsker å ta fatt i noen av disse problemstillingene, eller har synspunkter, oppfordres til å ta kontakt.

For oversiktens skyld er dette ordnet i tre produktpakker som representerer hver sine hovedmål.

Produktpakke 1: Redusert rømming

For å redusere effektene av rømminger må vi ha mer kunnskap om de samme effektene, hvordan de skadebegrensende tiltakene virker, og det må utvikles nye verktøy.

Challenges for the aquacultural management

What does a knowledge-based management of aquaculture in Norway mean? The article addresses some of the challenges facing a management system that is heavily relying on research. The management institutions have to strive for a position as research loci, and a special effort has to be made to make up for long-term shortcomings in this field. The Directorate of Fisheries wants a more extensive focus on three main areas of interest: reducing the number of escapees from fish farms, a sustainable and profitable usage of farming sites and not less important, a balanced, sustainable and profitable utilization of the coastal zone.

For å skaffe oss større innsikt i effektene av rømminger vil det være behov for å innføre standard prøvetaking og opparbeiding av genetiske profiler for alle større innmeldte fangster av rømt torsk og laks fra oppdrett. Videre bør det tas prøver fra gjenværende individer fra anlegg hvor rømming har skjedd. Fisk som fanges på gyteplasser mv., og som viser seg å ha opprinnelse fra oppdrett, vil kunne analyseres og sammenholdes med en slik databank. Disse dataene vil kunne gi informasjon om spredning, og etter hvert også bidra til forståelsen av genetisk innblanding i ville bestander.

Flere hendelser har vist at importerte levende akvatiske dyr utgjør en konkret rømmingsfare. Fiskeridirektoratet ønsker å ta initiativ til å få gjennomført en etatsovergripende risikoanalyse av slik import, uavhengig av om dyrene er importert til konsum- eller akvakulturformål.

Det vil være viktig å få mer kunnskap om skadebegrensende tiltak. Ordningen med nasjonale laksefjorder og laksevassdrag må evalueres med et nasjonalt overvåkningsprogram. Overvåkningen av rømt oppdrettslaks på gyteplassene må fortsette og evalueres. Det samme må rømmingsstatistikken. Dagens innrapportering gir ikke sikre nok tall. Mangel på finansiering av kunnskapsutvikling om skadebegrensende tiltak vil ødelegge mulighetene for næringsutvikling så vel som ivaretagelse av biologisk mangfold.

Dernest må det utvikles nye verktøy – bedre rømmingshindrende og -begrensende tiltak. Forvaltningen trenger bedre muligheter for å spore rømt laks tilbake til kilde. Dette er bakgrunnen til initiativet TRACES – et forskningsforslag som Havforskningsinstituttet og partnere har satt sammen etter anmodning fra DN og

Fiskeridirektoratet. Det er også behov for å effektivisere gjenfangsttinsatsen. I dette ligger elementer av atferdskunnskap og redskapsutvikling. Fiskeri- og kystdepartementet har sammen med Norges forskningsråd tatt initiativ til et internasjonalt forskningssamarbeid på dette temaet hvor Canada og USA deltar i tillegg til Norge. Dette er et samarbeid som Fiskeridirektoratet ønsker å videreutvikle for å få laget et bedre verktøy. I dette samarbeidet ligger også klare mål om å utvikle rømmingshindrende drift og teknologi, noe som også er selvstendige mål på den nasjonale forskningsarenaen.

I framtiden må det også utvikles ny kunnskap om relevante overvåkningsparametere, tålegrenser og effektmål knyttet til rømming. Dette for å kunne overvåke tilstanden til ville fiskebestander samt evaluere effekten av forvaltningstiltakene.

Produktpakke 2: Bærekraftig og lønnsom lokalitetsbruk

Når det først er akseptert at en bit av allmenningen avsettes til akvakulturformål, er det viktig at lokaliteten brukes mest mulig bærekraftig. Videre er det et mål at lønnsomheten er størst mulig når en lokalitet tas i bruk på en ekskluderende måte.

For at dette skal kunne gjennomføres, er det viktig med mer kunnskap om fiskens krav til livsmiljøet. Vi må videreutvikle kunnskap for å kunne fastsette vannkvalitetskriterier for ulike oppdrettsarter. Det finnes en rekke eksempler på at det er viktig å ha bedre kunnskap om effektene av redusert ferskvannskvalitet i fjordene. Konsekvensene av dårlig ferskvannskvalitet kan nemlig bli at fisken utsettes for f.eks. aluminiumsforgiftning eller nitrogenovermetning. Videre må vi i en mer generell forbindelse sammenstille miljødata fra gode og dårlige lokaliteter for å fastslå hva som karakteriserer en lokalitets produksjonssuksess.

Effekter av oppdrett på nærmiljøet i og rundt oppdrettsanlegget får vi neppe for mye kunnskap om. Det vil være avgjørende for forvaltningen å etablere sikrere kunnskap om smitterisiko mellom ulike lokaliteter for de viktigste oppdrettsartene. Slik kunnskap vil kunne bidra til å differensiere fiskehelsebegrunnede avstandskrav, og muligens gjøre større områder tilgjengelige for ulike akvakulturformål. Men også konsekvensene av større biomasse på større lokaliteter må utredes.

Arbeidet på denne plattformen bør munne ut i forvaltningsverktøy for bedre lokaliseringskriterier. Disse bør sette oss i stand til å identifisere de beste lokalitetene for akvakultur med hensyn til optimale drifts-

forhold, fiskevelferd og potensial for særlig effektiv produksjon. MOM-verktøyet må videreutvikles til å inkludere flere effekter, i første rekke vannkvalitet, men etter hvert også andre effekter så som rømming og lakselus.

Produktpakke 3: Balansert, bærekraftig og lønnsom arealbruk

Vi vet dessverre ikke bare for lite om effekter av oppdrett på annen bruk av det samme området, men også effekter på naturverdier mv. Hvis vi ikke øker kunnskapen om slike effekter betraktelig, henvises en forsvarlig forvaltning til et utvidet føre-vår-prinsipp som antagelig gir lite rom for mangfoldig næringsutvikling. Vi må øke kunnskapen om interaksjoner mellom ville og oppdrettede arter. Hvordan skal vi i framtiden forvalte akvakultur i områder med verdifulle fiskebestander? Risikoen vi løper må analyseres og danne en viktig del av forvaltningsgrunnlaget.

Det er videre et tydelig behov for å evaluere arealbruken. Det er viktig å gjennomgå fiskeri- og akvakulturnæringenes arealbehov i forhold til annen bruk i kystsonen. Dette arbeidet må rettes mot en utvikling av bedre saksbehandlingsprosedyrer og avveiningskriterier mellom ulike former for bruk. Kommunenes kystsonerplanlegging bør også gjennomgås. Hvor godt har dette verktøyet vist seg å være? Videre er det behov for å utarbeide en oversikt over det samlede tapet av fiske-, gyte- og oppvekstområder som har kommet som et resultat av en gradvis utbygging, og også vurdere effektene dette har fått for kystfiske så vel som marint miljø, herunder naturmangfold. Det vil også være naturlig å vurdere hvilke samlede effekter ulike former for marint områdevern har både for fiskeri- og akvakulturnæringene.

Arbeidet må munne ut i bedre verktøy for regional kystsonerforvaltning. Vi må etablere og ta i bruk kunnskap om hvordan nye sjøbunnskartlegginger på en bærekraftig måte kan bidra til et mer lønnsomt fiske så vel som lokalisering av ulike former for akvakultur. I slik verktøysutvikling må vi også påse at vi etablerer kriterier for regional kystsonerforvaltning hvor regional påvirkning av akvakultur inngår. Både hva som definerer en region i en slik sammenheng, men også hvilke effekter og hva konsekvensen skal være om definerte tålegrenser overskrides må inngå i en slik forvaltningsmodell.



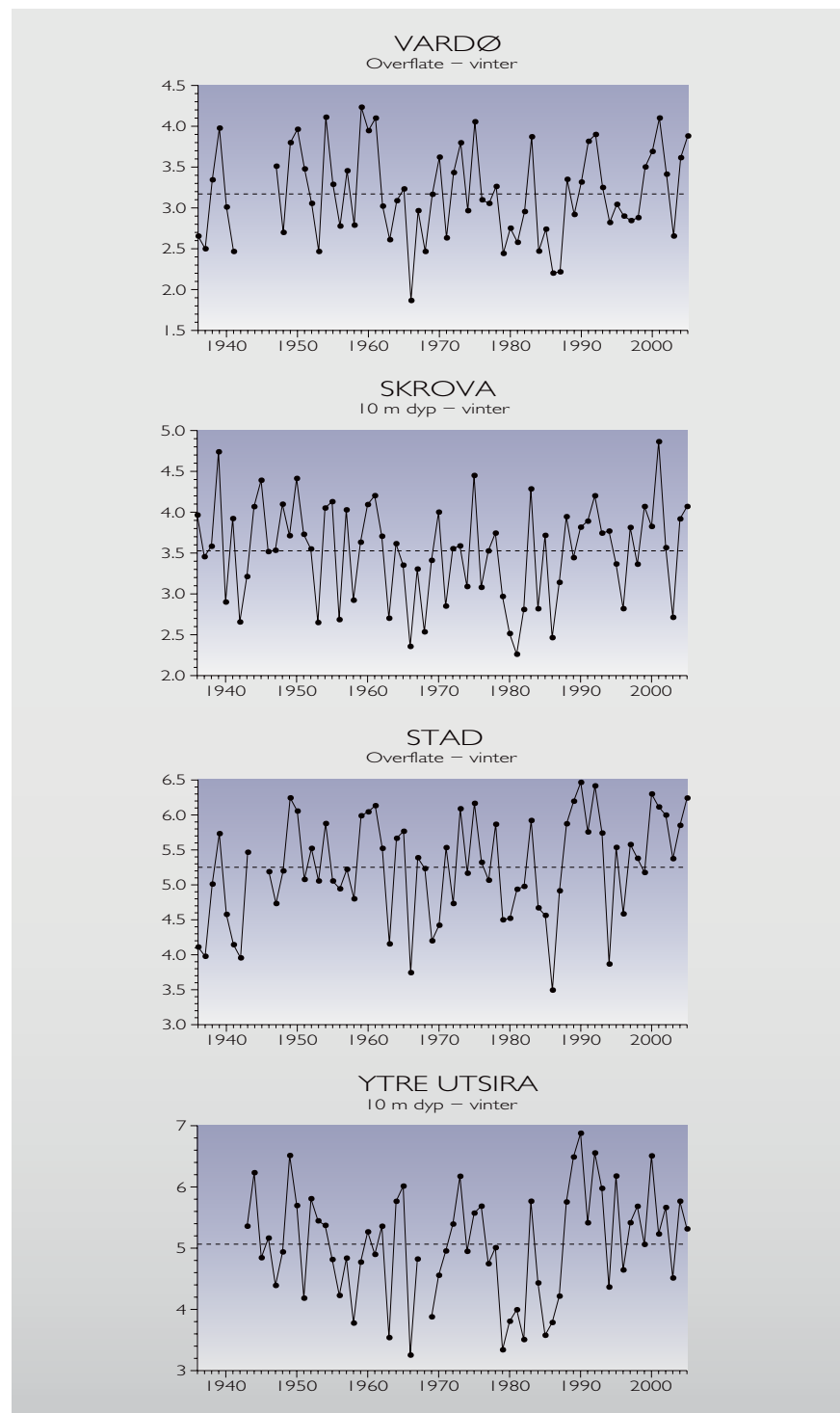
Kystklima

Klimatilstanden i kystfarvannene observeres regelmessig på faste hydrografiske stasjoner fra Torungen (Arendal) til Ingøy, to–fire ganger per måned, fra overflaten til bunnen. Måling i overflatelaget skjer fra Hurtigruten ved en rekke lokaliteter mellom Bergen og Kirkenes (termograftjenesten). Temperaturen i overflatelaget langs hele kysten, fra Sørlandet til Finnmark, lå stort sett nær eller over det normale i 2005. I de dypere liggende lag av kystvannet (150 m), som i større grad er direkte påvirket av atlantisk vann, var det forholdsvis varmt gjennom hele året, med temperaturer ca. 1.0 °C over normalen. Senhøsten var en unntaksperiode. Da var temperaturene rekordhøye, ca. 2 °C over det normale for årstiden. I øvre lag av kystvannet forventes det vinteren 2006 sjøtemperaturer nær eller over normalen. For de dypere vannlag regner vi med at temperaturene langs hele norskekysten fortsatt vil holde seg forholdsvis høye i hele 2006.

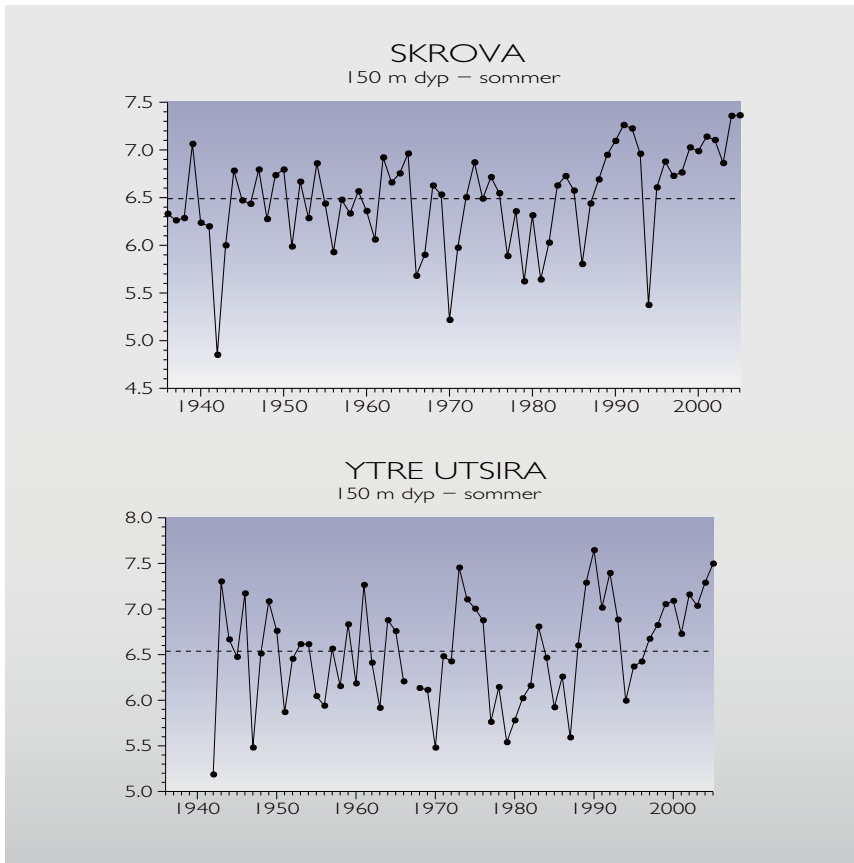
Jan Aure
jan.aure@imr.no

Langtidsendringer i havklimaet i øvre lag av kystvannet oppdages best ved å studere vintertemperaturene. De laveste vintertemperaturene i overflatelaget i perioden etter 1936 ble observert i 1966 og i 1986–

87. Ved Skrova og Utsira var det også kaldt omkring 1980 (Figur 1.2.1). Det var varme vintrer omkring 1960, i første del av 1970-årene og i 1988–93/94. Temperaturforskjellen mellom kalde og varme vintrer i denne perioden var 1,5–3 °C. På midten av 1990-tallet var det igjen noe kaldere enn normalt i øvre lag av kystvannet, mens



Figur 1.2.1
Overflatetemperaturene i januar–mars ved Vardø, Skrova, Stad og ytre Utsira i årene 1936–2005 (se Figur 0.1). Prikket linje angir middelverdien.
Surface temperature in January–March at Vardø, Skrova, Stad and outer Utsira through 1936–2005 (see Figure 0.1). The dotted line represents the mean value.

**Figur 1.2.2**

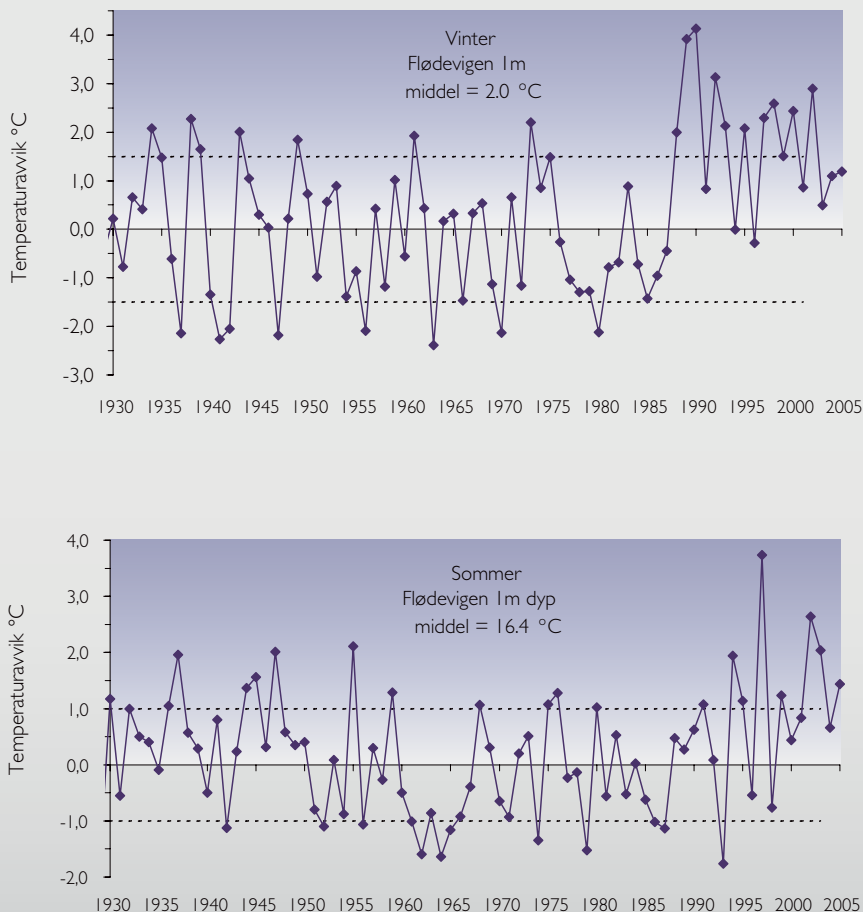
Temperaturen på 150 m dyp på sensommeren (juli–september) ved Skrova og ytre Utsira i årene 1936–2005. Prikket linje angir middelverdien.

Temperature at 150 m depth late summer (July–September) at Skrova and outer Utsira through 1936–2005. The dotted line represents the mean value.

det etter om lag 1999 har vært forholdsvis varmt, med unntak av 2003. I 2005 var det i øvre lag av kystvannet igjen vintertemperaturer som lå 0.5–1.0 °C over det normale langs hele norskekysten.

Varmere kystvann på 150 m dyp

Temperaturforholdene i dypere lag av kystvannet er her representert ved observasjoner i 150 m dyp ved Skrova og ytre Utsira om sommeren (Figur 1.2.2). Etter en kald periode omkring 1980, med reduserte tilførsler av varmere atlantisk vann, økte temperaturen i 1990–1991 til det høyeste nivået som er observert siden målingene startet i 1936. Dette gjenspeiler de milde vintrene i perioden fra 1988–1993 med betydelig økte tilførsler av atlantisk vann til kystområdene. De laveste temperaturene i dypere lag av kyststrømmen ble observert i begynnelsen av 1940-årene og omkring 1970, og lå da om lag 2 °C lavere enn i de varme årene 1990 og 1991. Etter den markerte temperaturnedgangen i 1993–94, har det vært en jevn temperaturøkning. Temperaturene i de dypere lag av kystvannet var i 2005 igjen på samme høye nivå som omkring 1990, ca. 1.0 °C over normalen for årstiden.

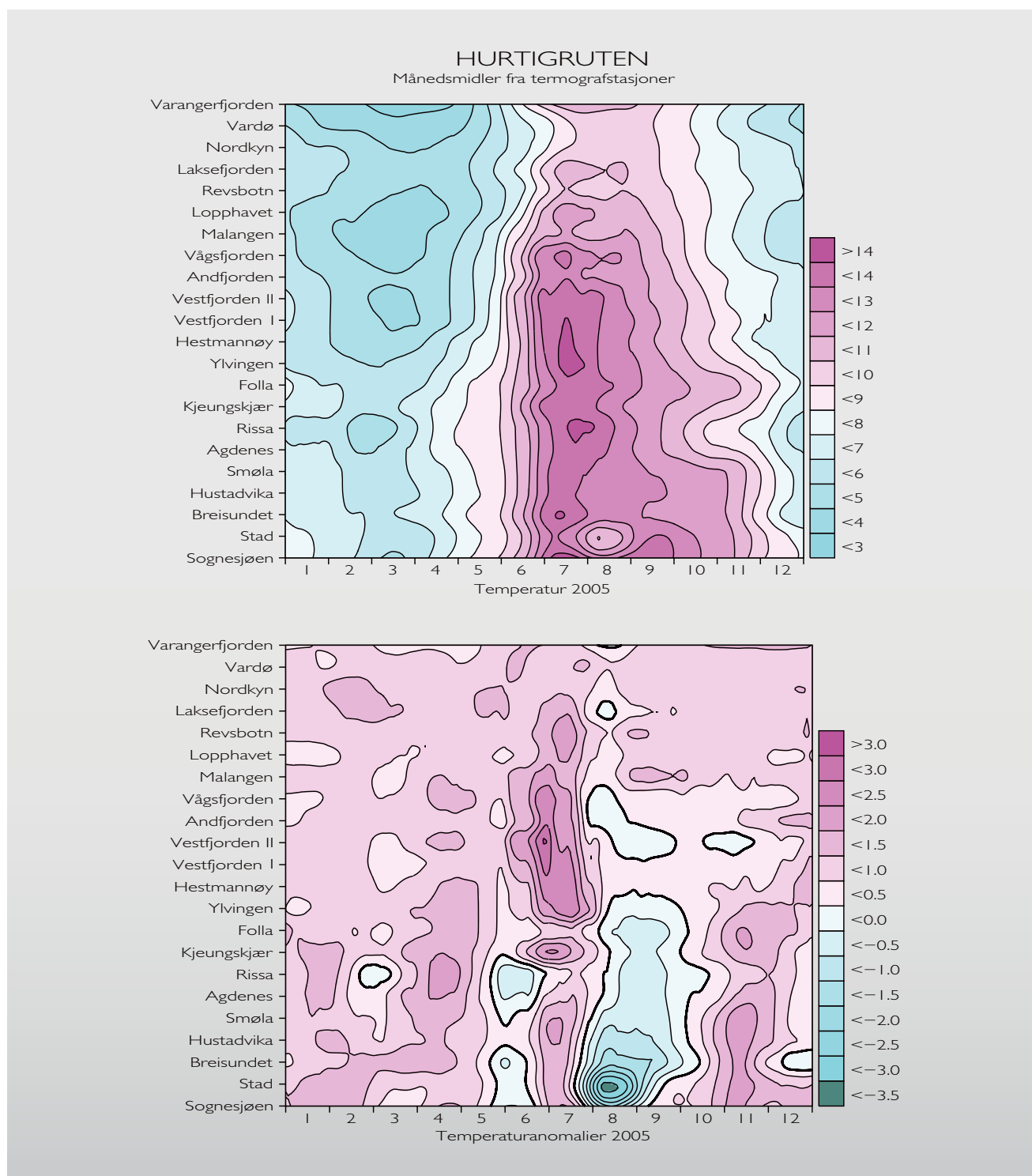


Figur 1.2.3 viser at det etter 1988 også har vært en rekke varme vintre langs Skagerrakkysten, med uvanlig høye vintertemperaturer i 1989 og 1990, hele 4.0 °C over normalen. Perioden etter 1988 var den varmeste siden målingene startet i 1924 og trolig i de siste hundre årene. Etter tilnærmet normale vintre i 1994 og 1996, var det forholdsvis varmt i perioden fra 1997 til 2005, med temperaturer mellom 0.5 til 2.5 °C over normalen for årstiden. I 2005 lå midlere vintertemperatur 1.2 °C over det normale for årstiden. Vi må tilbake til 1985 sist det var en kald vinter i Skagerrak. Det har også vært en rekke varme somre etter 1990, der somrene 1997 og 2002 skiller seg

Figur 1.2.3

Avvik fra midlere vintertemperatur (februar–mars) og sommertemperatur (juli–august) i 1 m dyp ved Flødevigen, Arendal, 1930–2005. Heltrukket linje angir middelverdien, og prikket linje angir +/- ett standardavvik.

Winter and summer temperature anomalies in the surface layer of Flødevigen Bay, Arendal, 1930–2005. The solid line represents the mean value, and the dotted lines +/- one standard deviation.



ut som de varmeste siden målingene startet i 1924. Sommeren 2005 var også forholdsvis varm, med middeltemperatur 1.4 °C over normalen for juli og august.

Temperaturforholdene i 2005

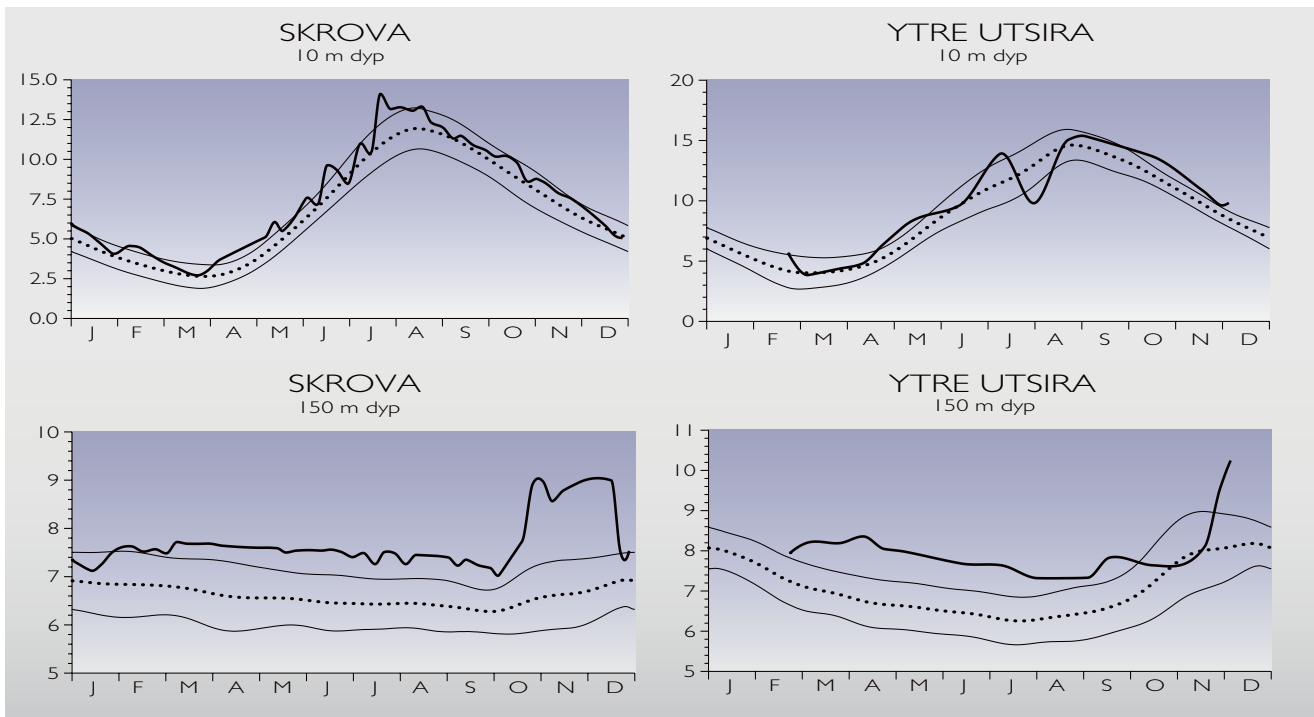
Resultatet av temperaturmålingene fra Hurtigruten i 2005, sammen med avviket fra et middelår, er vist i Figur 1.2.4. Her ser vi hvordan temperaturforholdene i overflatelaget langs kysten fra Sognesjøen til Varangerfjorden har variert gjennom årets 12 måneder. Langs hele norskekysten lå temperaturene nær eller over det normale

i perioden fra januar til juni 2005. I august og september var det kaldere enn normalt fra Trøndelag og sørover. Resten av året var det varmere enn normalt langs hele kysten, med en ekstra varm periode i slutten av juni–juli i Nord-Norge og fra Trøndelag og sørover utover høsten 2005.

Figur 1.2.5 viser temperaturvariasjonene i overflatelaget (10 m) og på 150 m dyp ved ytre Utsira og Skrova i 2005. Ved Skrova lå temperaturene i overflatelaget nær eller over det normale gjennom hele året, med en ekstra varmeperiode i juli 2005. Ved

Figur 1.2.4

Øverst: Temperaturen i overflatelaget langs kysten mellom Sognesjøen og Varangerfjorden i 2005, målt fra Hurtigruten. Nederst: Temperaturanomali (avvik) i 2005 i forhold til langtidsnormalen. Upper panel: Temperature of the surface layer along the coast between Sognesjøen and Varangerfjorden in 2005, based on observations from the coastal express steamer. Lower panel: Temperature anomalies in 2005.



Figur 1.2.5

Temperatur fra Skrova og ytre Utsira i 2005. Tykk linje er temperatur i 10 og 150 m dyp, målt ca. hver 10. dag. Prikket linje er midlere årsvariasjon, og tynn linje er ett standardavvik. *Temperature at Skrova and outer Utsira in 2005. Thick solid line is temperature at 10 and 150 m depth, measured about every 10th day. Dotted lines represent mean annual variation. Thin lines represent one standard deviation.*

Climatic conditions in coastal waters

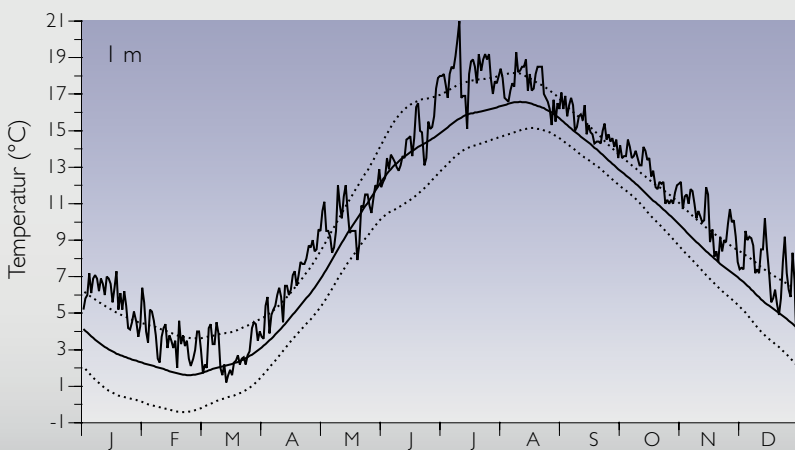
The climatic conditions in the Norwegian coastal waters are observed on a regular basis at a set of nine hydrographic stations from Torungen (Skagerrak) to Ingøy (Finnmark). This takes place two to four times a month from the surface to the bottom. In addition the coastal steamer “Hurtigruten” conducts measurements in the surface layer on 27 positions from Bergen to Kirkenes. In 2005 the temperature in the surface layer all along the coast was close to or above the normal. In the deeper layers of the coastal water, influenced to a larger degree by the Atlantic water, the temperature was about 1.0 °C above normal throughout the year. In late autumn temperatures in coastal waters were extraordinary high, about 2.0 °C above normal. In 2006 we still expect temperatures above normal in Norwegian coastal waters.

Utsira var også temperaturene nær eller over det normale gjennom hele 2005, med en ekstra varm periode i oktober–november 2005. I dypere lag av kystvannet (150 m) var det varmt langs hele kysten fra Rogaland til Finnmark, med temperaturer ca. 1.0 °C over det normale gjennom hele 2005. Ut på senhøsten var det ekstra varmt, med temperaturer opp i 2 °C over normalen for årstiden (tre standardavvik over normaltemperaturen).

Ved Havforskningsinstituttet, Forskningsstasjonen Flødevigen, har det vært utført daglige målinger av temperaturer i over-

flatelaget siden 1924. Selv om de årlige variasjonene og avvikene i temperatur er større i overflatelaget ved Flødevigen enn i åpne kystområder utenfor, er variasjonene representative også for klimaet i de øvre vannlagene i Skagerrak. Fra januar til mars 2005 lå temperaturene markert over det normale for årstiden (Figur 1.2.6). Laveste vintertemperatur var ca. 1.2 °C og ble observert i begynnelsen av mars. Høyeste sjøtemperatur på 21.0 °C ble observert i juni 2005. Fra september og ut året var det varmere enn normalt for årstiden.

I øvre lag av kystvannet forventes det sjøtemperaturer nær eller over normalen vinteren 2006. I dypere vannlag forventes det fortsatt forholdsvis høye temperaturer langs norskekysten fra Skagerrak til Finnmark gjennom hele 2006.



Figur 1.2.6

Daglige temperaturer på 1 m dyp i 2005 i Flødevigen, Arendal. Den tykke linjen viser glattet middeltemperatur og de tynne linjene, standardavviket, begge for 30-årsperioden 1961–90 samme sted.

Daily temperature at 1 m depth in 2005 in Flødevigen Bay, Arendal. The thick line shows the smoothed mean temperature and the thin lines show the standard deviation, both for the period 1961–90.

Havforskningsinstituttet overvåker miljø- og klimaforholdene i fjorder langs norskekysten fra Oslofjorden til Kirkenes, bl.a. i forbindelse med fiskeriundersøkelser. I det følgende er det gitt eksempler på noen utvalgte fjorder fra Nordland til Skagerrakkysten som av ulike årsaker har betydelige oksygenproblemer.

Jan Aure

jan.aure@imr.no

Ofotfjorden (sild)

Etter at sildebestanden brøt sammen på slutten av sekstitallet, overvintret restene av bestanden i flere fjorder langs norskekysten, bl.a. i Møre og Romsdal i 1980-årene. Etter 1987–1989 skiftet silda imidlertid overvintringsområde til indre deler av Vestfjorden, Ofotfjorden og Tysfjorden i Nordland. De store sildekonsentrasjonene førte til en betydelig reduksjon av oksygeninnholdet i Ofotfjorden om høsten og vinteren. Observasjonene av oksygenforholdene i Ofotfjorden utenfor Narvik viser derfor en kraftig nedgang i oksygenkonsentrasjonene i 200 m dyp, etter at silda vandret inn i fjorden i 1989, med konsentrasjoner nær 1.0 ml l^{-1} (Figur 1.3.1).

De reduserte oksygenforholdene i dypere vannlag av fjorden har vedvart. Som regel inntreffer de laveste oksygenverdiene i januar måned, når silda begynner sin vandring ut av fjordsystemet. I de senere årene har imidlertid en stadig økende andel av

silda overvintret utenfor Ofotfjorden. Det har gitt reduserte sildemengder i Ofotfjorden og ført til en markert økning av oksygenverdiene etter 1996–1997, med relativt stabile oksygenverdier omkring 3.0 ml l^{-1} i indre del av Ofotfjorden fram til 2004. De stabile oksygenverdiene tyder på at mengden av sild som har overvintret i Ofotfjorden ved Narvik har vært tilnærmet konstant etter 1997.

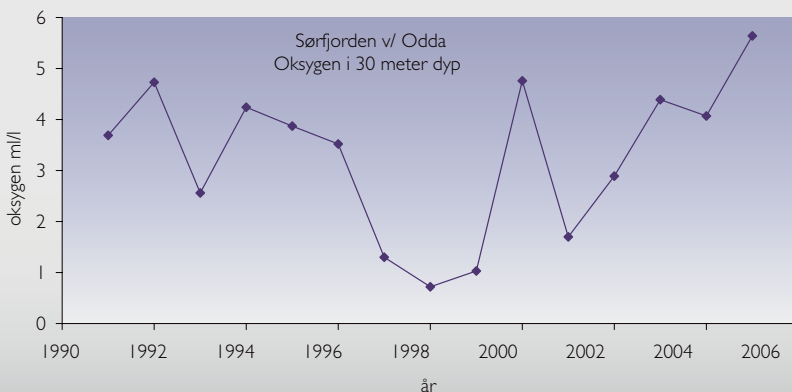
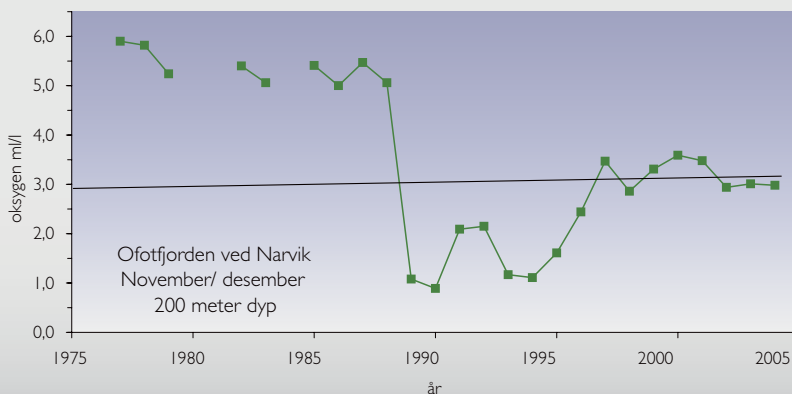
Sørfjorden–Hardanger (industri)

Undersøkelser i Sørfjorden–Hardanger viser at oksygen- og næringssaltforholdene har vært betydelig påvirket av et årlig utslipp av 50 000 tonn såkalt Dicykalk fra Odda smelteverk som forbruker oksygen og frigir nitrat når det kommer i sjøvann. I indre del av Sørfjorden har det derfor periodevis vært observert kritisk lave oksygenverdier mellom 5 og 50 m dyp og betydelige overkonsentrasjoner av nitrat. Figur 1.3.2 viser for eksempel at oksygenverdiene i 30 m dyp ved Odda periodevis var kritisk lave ($1\text{--}2 \text{ ml l}^{-1}$), og nitratkonsentrasjonene som ble observert er de høyeste som er målt i frie vannmasser i Norge ($70\text{--}80 \text{ mmol m}^{-3}$). Foruten direkte effekter på det biologiske liv på grunn av lavt oksygeninnhold, førte også det store overskuddet av nitrat til tidvis massive blomstringer av algen *Dinophysis acuta* som gir diaréfremkallende toksiner i blåskjell. Etter at smelteverket ble lagt ned i 2001–2002 har miljøforholdene blitt gradvis bedre, og i 2005 var det igjen tilnærmet normale oksygen- og næringssaltverdier i 30 m dyp i Sørfjorden ved Odda.

Lysefjorden i Rogaland (klima)

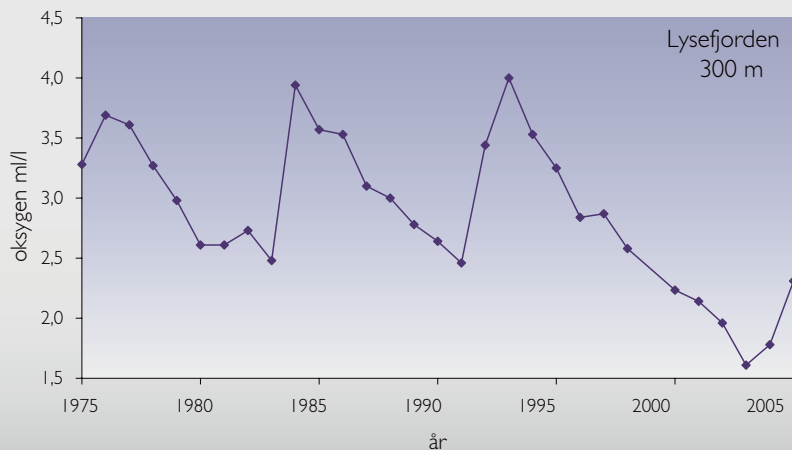
I Lysefjorden er oksygenforholdene om høsten målt siden 1975. Lysefjorden er en forholdsvis innestengt fjord med terskeldyp på 15 m og største dyp på 450 m. Oksygenforbruket i Lysefjorden har ikke endret seg vesentlig siden 1975, i motsetning til i fjordene på Skagerrakkysten. De spesielle topografiske forholdene, med lite terskeldyp og stort bassengvolum, fører til at det går lang tid mellom hver innstrømming av oksygenrikt vann til de dypeste delene av fjorden. Tidsrommet mellom hver innstrømming til de dypeste delene

Figur 1.3.1
Oksygen (ml l^{-1}) og temperatur i november–desember i 200 m dyp i Ofotfjorden ved Narvik i perioden 1977–2004.
Oxygen (ml l^{-1}) and temperature in the Ofotfjord outside Narvik (200 m depth) in December, 1977–2004.



Figur 1.3.2

Oksygen (ml l^{-1}) i 30 m dyp i november, i Sørfjorden ved Odda i perioden 1993–2005.
Oxygen (ml l^{-1}) in the Sørfjord outside Odda (30 m depth) in November, 1993–2005.



Oxygen problems in some Norwegian fjords

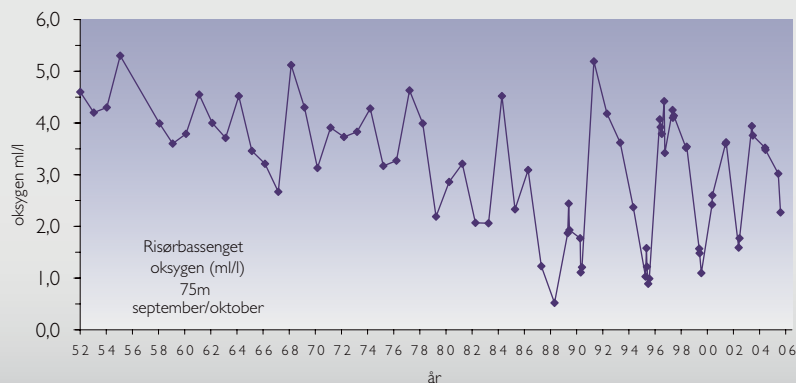
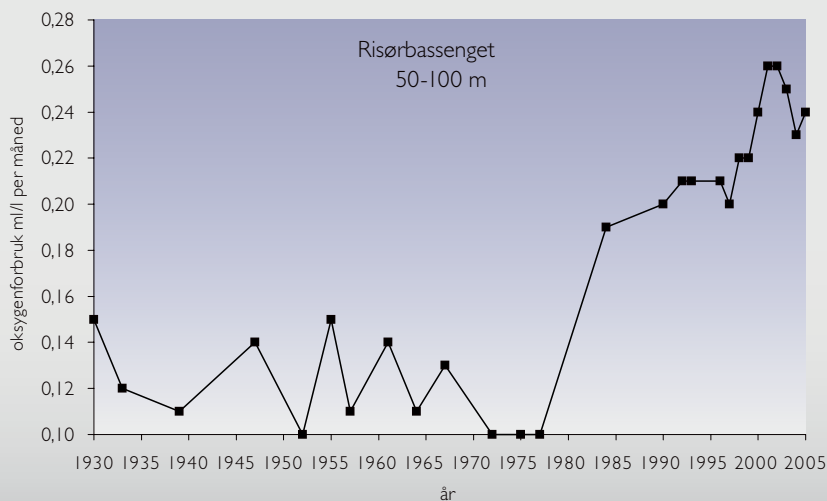
Institute of Marine Research is monitoring climatic and environmental conditions in 27 fjord regions important for the herring and sprat fisheries. Some of the fjords are found to have considerable oxygen problems. The problems are due to various impacts, such as over wintering of great densities of herring, discharges from industry, eutrophication and climatic changes.

sen vinteren og våren. Høsten 2005 var oksygenverdiene i 300 m dyp økt til ca. 2.3 ml l⁻¹, og vi håper dette er starten på en mer storstilt innstrømming og bedre oksygenforhold i bassengvannet i Lysefjorden de kommende årene.

Fjordene på Skagerrakkysten (eutrofiering)

Risørbassenget er benyttet som referansebasseng for overvåking av den organiske belastning fra kystvannet på terskelbasseng i indre Skagerrak. Figur 1.3.4 viser at oksygenforbruket og den organiske belastning i Risørbassenget (og andre fjorder på Sørlandskysten) har økt betydelig etter ca. 1980. Det midlere oksygenforbruk i Risørbassenget i 1984–2005 var om lag 70 % større enn i perioden 1930–1975. Figur 1.3.4 viser at det også har vært en tendens til økt oksygenforbruk etter 1999. Det økte oksygenforbruket har ført til forverrede oksygenforhold under terskeldyp i en rekke fjord- og kystbasseng langs Skagerrakkysten etter ca. 1980. Figur 1.3.5 viser at oksygenverdiene i Risørbassenget i september–oktober i 75 m dyp ble betydelig redusert fra slutten av 1970-årene, og fra ca. 1980 og utover har oksygenverdiene ofte vært under 1–2 ml l⁻¹. Dette nivået er kritisk for biologisk liv i sedimentene, bunnær fisk og krepsdyr.

De reduserte oksygenforholdene i fjordbassengene langs Skagerrakkysten etter ca. 1980 er i hovedsak forårsaket av økte tilførsler av menneskeskapt nærings-salter og organisk materiale fra sørlige Nordsjøen, Kattgat og indre Skagerrak. I enkelte fjorder har også lokale tilførsler betydning. En tendens til lengre stagnasjonsperioder i fjordbassengene, forårsaket av klimatiske endringer, kan også bidra til å forverre oksygenforholdene.



Figur 1.3.3

Oksygenverdiene (ml l⁻¹) i 300 m dyp i Lysefjorden i november i perioden 1975–2005. Oxygen concentrations in November at 300 m depth in Lysefjorden, Rogaland, 1975–2005.

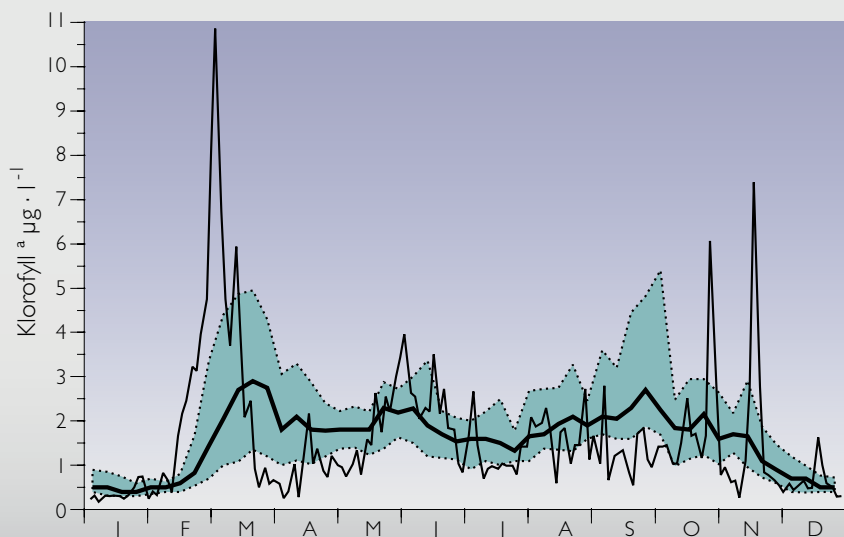
Figur 1.3.4

Oksygenforbruk (ml l⁻¹ per mnd.) i 50–100 m dyp i Risørbassenget i perioden 1930–2005. Oxygen consumption at 50–100 m depth in the Risør basin, 1930–2005.

Figur 1.3.5

Oksygenverdiene (ml l⁻¹) i 75 m dyp i Risørbassenget i perioden 1952–2005. Oxygen concentrations at 75 m depth in the Risør basin, 1952–2005.

av Lysefjorden var om lag sju år før 1993, og oksygenminimum i 300 m dyp var ca. 2,5 ml l⁻¹ (Figur 1.3.3). I 2003 var oksygenverdien i 300 m dyp redusert til ca. 1,6 ml l⁻¹. Oksygenforholdene de siste årene har vært kritiske for invertebrater og fisk i de dypeste delene av Lysefjorden. De ekstra lave oksygenverdiene i 2003–2004 var ikke forårsaket av økt oksygenforbruk, men av at stagnasjonsperioden i fjordbassenget var økt fra tidligere sju år til ca. ti år. Den økte stagnasjonstiden for bassengvannet i fjorden kan være forårsaket av klimatiske endringer, dvs. mindre stabil nordavind langs vestlandskysten gjennom

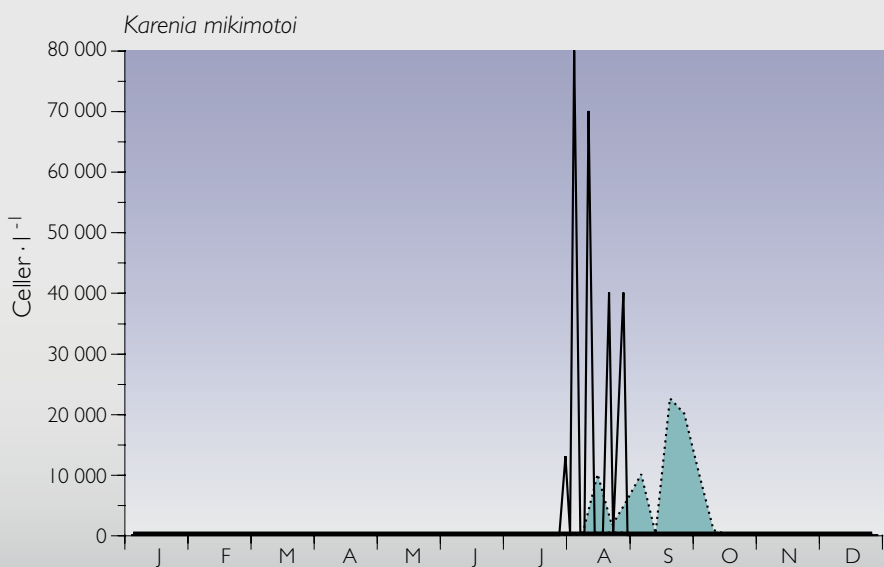
**Figur 1.4.3**

Klorofyll a i Flødevigen, 0–3 m dyp. Tynn heltrukken linje er målinger i 2005. Tykk heltrukken linje er medianer (normaler) for hver uke basert på alle data i perioden 1989–2004.

Stiplede linjer er første og tredje kvartiler (naturlig variasjonsbredde).

Chlorophyll a in Flødevigen Bay, 0–3 m depth.

The thin line is data from 2005. The thick line is medians for every week based on all data for the period 1989–2004. Dotted lines are first and third quartiles.

**Figur 1.4.4**

Karenia mikimotoi i Flødevigen, 0–3 m dyp. Tynn heltrukken linje er målinger i 2005. Tykk heltrukken linje er medianer (normaler) for hver uke basert på alle data i perioden 1989–2004. Stiplede linjer er første og tredje kvartiler (naturlig variasjonsbredde).

Karenia mikimotoi in the Flødevigen Bay, 0–3 m depth. The thin line is data from 2005. The bold line is medians for every week based on all data for the period 1989–2004. Dotted lines are first and third quartiles.

normal. Det mest påfallende ved den var at forekomsten av skadelige alger, særlig *Dinophysis acuta*, generelt var større i Nord-Norge enn lenger sør. Denne algen fører til opphopning av algegifter i skjell.

Alger på kyststrekningen Østfold–Vest-Agder

På denne delen av kysten utfører Havforskningsinstituttet en særlig hyppig prøvetaking i Flødevigen. Der tas algeprøver fra de øvre 0–3 m tre ganger per uke, og etter vår erfaring gjenspeiler algeforekomstene

i Flødevigen i store trekk situasjonen langs hele Sørlandet (Telemark–Vest-Agder).

Algemengden i Flødevigen, målt som klorofyll (Figur 1.4.3), viste en typisk våroppblomstring i februar–mars. Gjennom slutten av mars, april og halve mai var det relativt lite alger langs kysten, før en ny blomstringsperiode i mai–juni. Fra slutten av juni og ut året var det i store trekk forholdsvis lite alger målt som klorofyll, selv om det ble registrert et par høyere konsentrasjoner i henholdsvis slutten av oktober og midt i november.

Våroppblomstringen av kiselalger i februar–mars var preget av *Skeletonema costatum*, men også innslag av andre kiselalger, som *Chaetoceros socialis* og *Detonula confervacea*. Fra midten av mai ble kalkflagellaten *Emiliania huxleyi* tallrik og gav som vanlig grønnlig farge til sjøen langs Skagerrakkysten en periode i mai–juni. Gjennom sommeren og store deler av høsten var det et blandingsammfunn av

planktonalger langs kysten av Skagerrak og ingen spesielle oppblomstringer. De to høyeste toppene av klorofyll i slutten av oktober og midt i november, som begge var kortvarige, ble preget av store dinoflagellater som *Ceratium* spp.

Forekomstene av skadelige alger i 2005 langs kysten av Sørlandet var normale til beskjedne (Figur 1.4.4 og 1.4.5). Etter noen relativt høye konsentrasjoner av *Dinophysis acuta* i oktober, ble mengden av diarégivende gift i blåskjellene relativt høy og holdt seg over grenseverdien for konsum ut resten av året. Problemet med opphopning av diarégivende gift i blåskjellene utover høsten er ganske årsvist, men var i 2005 mindre enn tidligere år på kysten av Skagerrak.

Alger på kyststrekningen Rogaland–Sogn og Fjordane

På kyststrekningen Rogaland–Sogn og Fjordane var våroppblomstringen av kiselalger godt i gang 11. mars, og ble dominert av *Skeletonema costatum* med innslag av andre kiselalger. Etter våroppblomstringen ble det stedvis registrert mye alger på flere av overvåkningsstasjonene langs Vestlandet, og det var ofte nokså store forskjeller mellom stasjoner. Det er ikke uvanlig langs denne kyststrekningen med såpass komplisert topografi, og hvor overvåkningsstasjoner ligger både inne i fjorder og ute i skjærgården. Gjennom hele perioden mars–oktober var innslaget av kiselalger stadig høyt på en eller flere stasjoner på strekningen Rogaland–Sogn og Fjordane. Kalkflagellaten *Emiliania huxleyi* var vanlig på denne kyststrekningen fra siste halvdel av april/mai til et stykke ut i juli.

Forekomsten av skadelige alger var i 2005 liten, og mindre enn vanlig, på denne strekningen. Som vanlig var det særlig de midtre og indre deler av de store fjordene som var mest rammet.

Alger på kyststrekningen Møre og Romsdal–Nord-Trøndelag

11. mars var kiselalgenes våroppblomstring godt i gang sør i området, og uken etterpå også nord i området. Som lenger sør ble oppblomstringen også her dominert av *Skeletonema costatum*, men også

Phytoplankton along the Norwegian coast

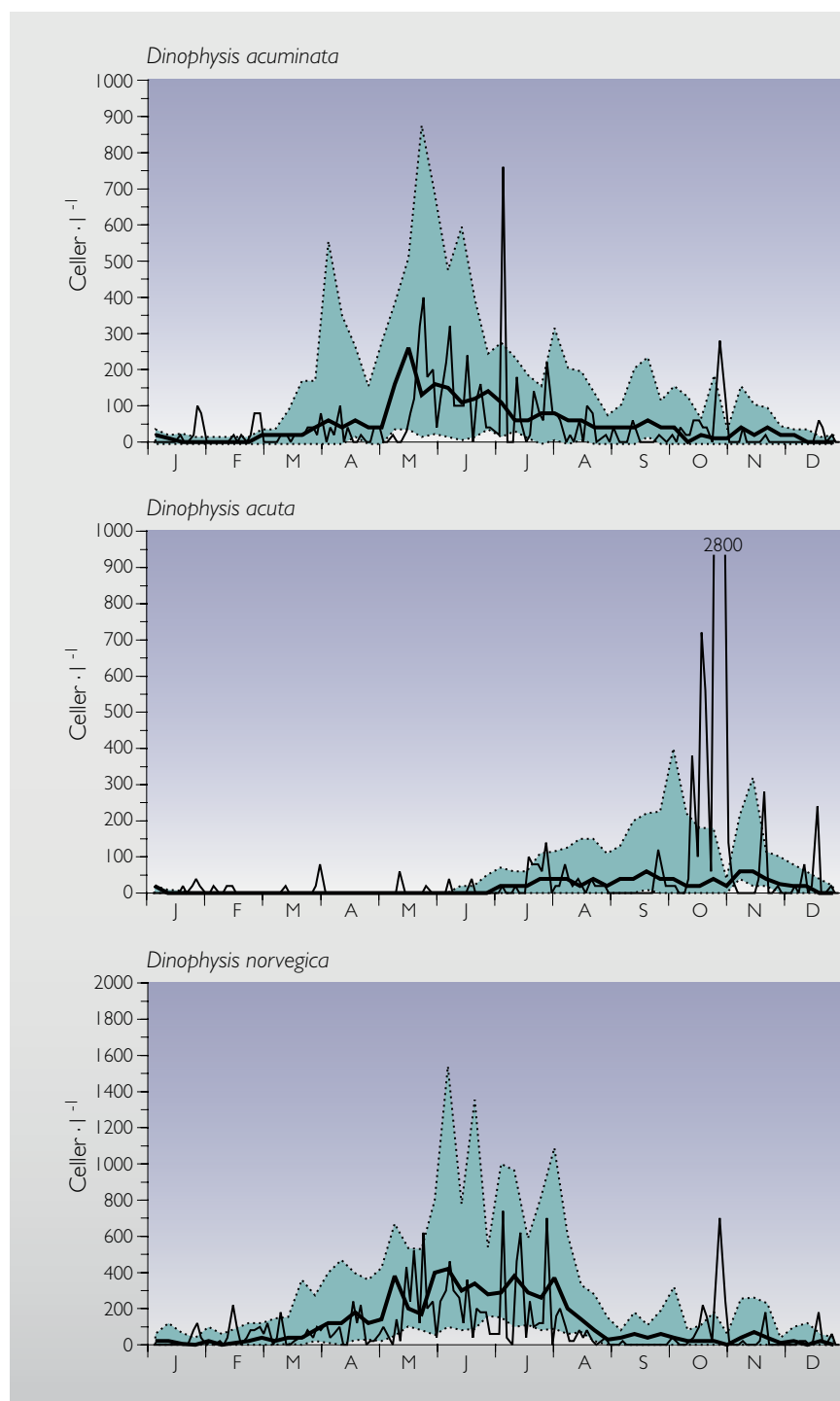
Weekly reports (<http://algeinfo.imr.no/>) on phytoplankton along the Norwegian coast, with emphasis on the toxic ones, are produced in a broad cooperation between the Institute of Marine Research, The Norwegian Veterinary College, OCEANOR, NIVA, Directorate of Fisheries and the Norwegian Food Safety Authority. The phytoplankton data are mainly generated in a national monitoring programme, operating from mid-March to the end of October, with 26 stations covering the entire coast from the Swedish to the Russian border. In 2005, which turned out to be a year with rather normal occurrences of algae along the coast, a total of 34 reports were produced.

Chaetoceros socialis var tallrik. Kiselalger gikk markert tilbake i de ytre deler tidlig i april, men fortsatte å prege enkelte stasjoner i indre områder til siste halvdel av april. Tidlig i mai var det igjen mye *Skeletonema* langs de ytre deler av området. Kort etterpå ble også kalkflagellaten, *Emiliana huxleyi*, svært tallrik i store deler av området, og ble registrert i konsentrasjoner på over 20 millioner celler/L i løpet av mai. Fra juni til slutten av august var det stadig mye alger, enten kiselalger (særlig *Skeletonema*) eller *Emiliana huxleyi*, på flere stasjoner langs denne kyststrekningen. Fra september av var det gjennomgående bare små til moderate mengder i dette området.

Innslaget av skadelige alger var som vanlig eller litt mindre i området Møre og Romsdal til Nord-Trøndelag. Som i tidligere år, ble det på flere stasjoner sør i området registrert *Alexandrium* fra slutten av mars til ut i juni. I Trondheimsfjorden var det en periode med endel *Dinophysis* spp. fra midt i september og utover.

Alger på kyststrekningen Nordland-Finnmark

På strekningen Vikna-Finnmark var vår-oppblomstringen i deler av Nordland og Sør-Troms godt i gang i månedsskiftet mars-april, og ca. to uker senere i Finnmark. Ved siden av kiselalger, særlig *Skeletonema costatum*, var geléalgen *Phaeocystis* som vanlig tallrikt til stede i området. Fra slutten av april var det i store trekk lite til moderate mengder på denne kyststrekningen, selv om enkelte stasjoner stadig hadde mye kiselalger, ofte flere arter i blanding. Fra midten av juli ble *Emiliana huxleyi* meget tallrik mange steder og bredte seg gradvis nordover til den i løpet av august også preget områder i Finnmark. I løpet av sommeren ble også kiselalge-



slekten, *Pseudo-nitzschia*, registrert i høye konsentrasjoner noen steder, ikke minst i Altafjorden. Fra september steg mengden av store dinoflagellater langs denne kyststrekningen, f.eks. *Ceratium* spp.

Sammen med andre store dinoflagellater ble også *Dinophysis acuta* tallrik utover i september, noe som i stor grad førte til opphopning av diarégifter i skjell. Derfor ble det høsten 2005, som i 2004, sendt ut flere advarsler mot diarégifter i skjell i Nord-Norge enn lenger sør i landet. Også *Alexandrium* spp. forekom så tallrik og langvarig at det fra tidlig mai til sent i oktober ble varslet om fare for lammende gift i skjell på deler av kysten i Nord-Norge.

Figur 1.4.5

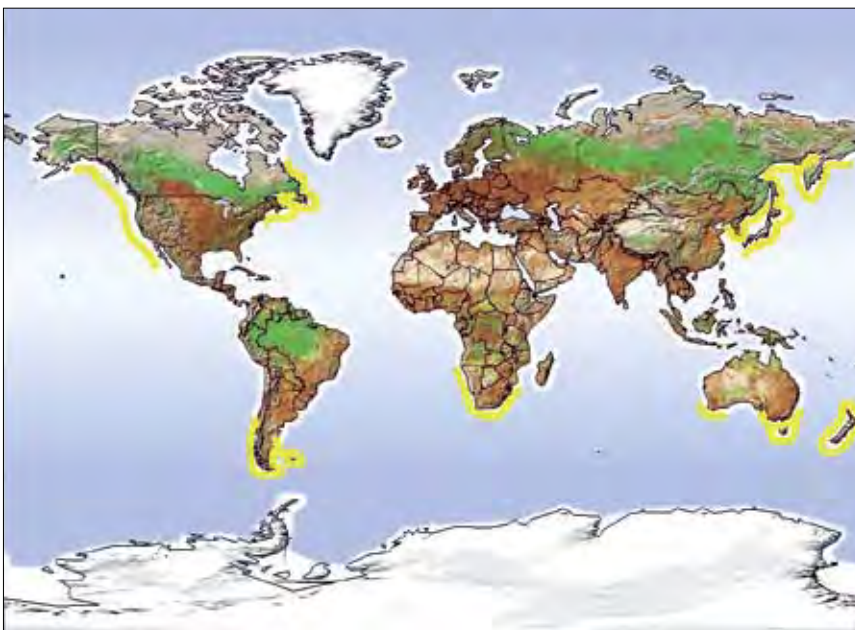
Dinophysis acuminata, *D. acuta* og *D. norvegica* i Flødevigen, 0–3 m dyp. Tynn heltrukken linje er målinger i 2005. Tykk heltrukken linje er medianer (normaler) for hver uke basert på alle data i perioden 1989–2004. Stiplede linjer er første og tredje kvartiler (naturlig variasjonsbredde). *Dinophysis acuminata*, *D. acuta* and *D. norvegica* in the Flødevigen Bay, 0–3 m depth. The thin line is data from 2005. The bold line is medians for every week based on all data for the period 1989–2004. Dotted lines are first and third quartiles.

Introduksjoner og spredning av fremmede arter er et globalt problem, som tiltar både i omfang og hyppighet. Et stadig økende antall arter finner transportmuligheter ut av sitt naturlige leveområde og inn i nye, og noen av disse artene gjør betydelig skade der de etablerer seg. De kan føre til viktige endringer i disse økosystemene, og vil i tillegg til å endre det biologiske mangfoldet kunne redusere våre muligheter til å høste fra naturen.

Figur 1.5.1

Kystområder (merket med gult) hvor levevilkårene er forholdsvis lik dem som finnes i norske farvann. Hvis organismer fra disse områdene overlever transporten, har de gode forutsetninger for å etablere seg hos oss. (Figur fra Den internasjonale naturvernunionen, IUCN, modifisert av A. Jelmert)

Coastal areas (outlined in yellow) having environmental conditions fairly similar to Norway. If organisms survive transportation, the possibility for establishment in Norwegian waters is considerable. (Figure from The World Conservation Union, IUCN, modified by A. Jelmert)



Anders Jelmert

anders.jelmert@imr.no

Gro I. van der Meeren

gro.van.der.meeren@imr.no

Åslaug Viken

aslaug.viken@artsdatabanken.no
Artsdatabanken

Fremmede marine arter har hittil stort sett kommet til Norge på grunn av akvakultur og skipsfart. Etter skjerpning av regler for import av fremmede organismer i akvakultur, har det blitt færre introduksjoner knyttet til denne virksomheten. Skipstrafikken er fremdeles økende, så vi må også i fremtiden regne dette som en viktig introduksjonsvei. Fremmede arter som overføres i forbindelse med handel med levende sjømat vil sannsynligvis bli en økende problem hvis ikke regelverket innskjerpes. Samtidig er havmiljøet i endring, hvor det bl.a. er snakk om en generell temperaturøkning. Dette betyr at vi må forvente en innvandring av arter som tidligere har hatt en mer sørlig utbredelse. Det blir derfor en utfordring å identifisere “nye” arter og å skille mellom dem som er reelt introdusert og dem som nettopp er immigrert.

Hovedtransportveier

Fremmede arter har blitt transportert til europeiske og norske farvann via to hovedvektorer: skipsfart og akvakultur. Introduksjoner via skipsfart er stadig økende, mens allerede innførte reguleringer

av akvakulturnæringen har redusert nye introduksjoner fra akvakultur. Vi ser imidlertid en del sekundærspredning av arter som opprinnelig ankom med akvakultur. En vektor som også ser ut til å få økende betydning er handel med levende sjømat.

Skipsfart

Mer enn 80 % av verdens varetransport skjer sjøveien, og nye beregninger viser at det i forbindelse med denne varetransporten transporteres tre–fire milliarder tonn ballastvann¹. I ballastvannet, på ballasttankenes vegger og i bunnsedimentene kan det overleve virus, bakterier, sopp, planter og dyr. I tillegg finnes det et betydelig antall arter som fester seg på skipsskrogene og i hulrom som “sjøkasse” (inntakspunkt for kjølevann, brannvann, osv.), rør, kanaler for baugpropeller o.l. I 1999 ble anslått at det med de ca. 35 000 båtene som til enhver tid trafikkerer verdenshavene, vil være mer enn 7 000 arter under transport². Disse beregningene omhandler bare makroskopiske organismer. Selv om det finnes få sikre data, må vi regne med at antallet blir vesentlig høyere når vi inkluderer bakterier, virus, sopp og protozoer.

For tiden “importeres” det ca. 30–40 millioner tonn ballastvann til Norge årlig, vesentlig som følge av vår betydelige eksport av olje og oljeprodukter. Dette ballastvannet vil tømmes ved eller nær våre olje- og gassterminaler på Vestlandet. Den vesentlige mengden av ballastvannet vil være tatt inn i de store europeiske havnene, men vi får også noe ballastvann fra vestsiden av Atlanterhavet. Organismene som lever på skipsoverflaten til disse skipene kan komme fra sist anløpne havn, men kan også ha kommet fra tidligere havner.

I fremtiden kan vi forvente en betydelig økning i skipstrafikken til nordområdene, både som følge av utbyggingen på Snøhvitfeltet og den økende russiske oljeeksporten fra Kolaområdet. Med de eksportprognoser som foreligger, kan vi over en tiårsperiode regne med en import av ballastvann på ca. 4–5 mill tonn årlig til Hammerfest (fra eksport av flytende naturgass (LNG) og kondensat), og 25–50 mill tonn årlig til Petchenga og de planlagte oljeeksportterminalene ved Kapp

1) Endresen *et al.*, 2003.

2) J.T. Carlton, Williams College, USA



Foto: Jan Rueness

Figur 1.5.2

Japansk drivtang (*Sargassum muticum*) til høyre, og tre av artene den delvis konkurrerer med. I midten sagtang, *Fucus serratus*, (mørkegrønn), til venstre blæretang, *Fucus vesiculosus*, (lysere grønn), og helt til venstre grisentang, *Ascophyllum nodosum*.

Wireweed *Sargassum muticum* (to the right), and three indigenous species it may compete with. In the centre: toothed wrack, *Fucus serratus* (dark green coloration), to the left: bladder wrack, *Fucus vesiculosus* (light green), and to the far left: knotted wrack, *Ascophyllum nodosum*.



Foto: M. Guiry

Figur 1.5.3

Japansk sjølyng (*Heterosiphonia japonica*). Denne arten har spredd seg aggressivt både nord- og sørover fra Vestlandet.

I optimale lokaliteter (sund med god gjennomstrømning) har den flere steder blitt en dominerende art i vegetasjonen under tidevannsbeltet. Vanlig størrelse: 5–30 cm.

Heterosiphonia japonica. This species has rapidly migrated both north- and southwards from the Western Norwegian coast where it first was discovered in 1996. In places where growth conditions are optimal (sounds with strong currents) it is now a dominating component of the vegetation below the tide level. Typical size 5–30 cm.

Kanin. Snøhvitutbyggingen representerer dermed en øking på ca. 10 %, og den planlagte russiske eksporten representerer en dobling av den samlede norske importen av ballastvann. Denne skipstrafikken representerer også en betydelig økning i transportareal for fastsittende organismer (skrog og overflater knyttet til skrog). Selv om det har vært mye fokus på ballastvann, tyder internasjonale studier på at det faktisk kommer flere introduserte arter som transporteres sittende fast på overflater, enn med ballastvann.

Akvakultur

Når en importerer en fremmed art til bruk i akvakultur, risikerer en både at arten selv, og arter som følger med akvakulturarten (f.eks. som påvekstorganismer) kan forvilles og etablere en egen vill bestand. Mens en for noen tiår siden var nokså ukritisk til å importere nye kulturorganismer, har en etter hvert fått en strengere kontroll, både med hensyn til hva som i det hele tatt får importeres, og karantenebestemmelser for importerte arter. I dag er det først og fremst problemer med en videre spredning av organismer som tidligere har kommet inn med akvakultur. Eksempler på dette er bakterien *Aeromonas salmonicida*, som forårsaker sykdommen furunkulose, og likeledes japansk drivtang (*Sargassum muticum*). Det har tidligere vært rapportert at stillehavsøsters, *Crassostera gigas*, har etablert spredte bestander, men det er faktisk først i 2005 at en har sikker bekreftet nyrekuttering av yngre individer (Vest-Agder).

Handel med levende sjømat

Sjømat er sårbar og lett bederelig, samtidig som en helt fersk råvare oftest gir det beste produktet ved servering. Handel med levende sjømat er derfor utbredt og verdensomspennende. Skalldyr er i særklasse her, siden de er relativt robuste mot uttørking, og har et solid skall som hindrer skader under håndtering. Samtidig er flere arter høyt verdsatt som mat. Amerikansk hummer, *Homarus americanus*, er sannsynligvis transportert hit på grunn av handel med levende sjømat.

Alger fra vest og sør, krabber fra nord

Japansk drivtang

I Sør-Norge har to algearter vært på fremmarsj de senere årene. Japansk drivtang, *Sargassum muticum*, kom opprinnelig til Europa (Frankrike) som kimplanter sittende på levende importert stillehavsøsters. Den etablerte raskt fritt voksende bestander og har spredd seg langs kysten av Sør-Norge med kyststrømmen, etter først å ha kommet seg til Skagerrak fra kontinentet. Den finnes nå fra Oslofjorden til nord for Sogn, og danner tette bestander på beskyttede lokaliteter.

Japansk sjølyng (japansk strømgarn)

Japansk sjølyng, *Heterosiphonia japonica*, ser ut til å ha blitt introdusert til Vestlandet. (Sannsynlig vektor er skipstrafikk fra kontinentet). Den ble første gang funnet i Austevoll sør for Bergen i 1996. Den har seinere spredd seg aggressivt både nord- og sørover, og dominerer allerede floraen i tang- og tarebeltet under lavvannsmærket

Noen definisjoner:

Art: En gruppe organismer som har høy grad av morfologisk og genetisk likhet, som kan få fruktbart avkom, og som viser vedvarende forskjeller fra liknende og beslektede organismer.

Hjemlig art: En art som befinner seg innenfor det som har vært artens naturlige utbredelsesområde i historisk tid.

Fremmed art: En art som befinner seg utenfor det som har vært artens naturlige utbredelsesområde i historisk tid. I denne sammenhengen betyr "art" også frø, egg, sporer eller annet biologisk materiale som kan muliggjøre at det vokser fram nye individer av arten.

Introdusert art: En art som på grunn av menneskelig aktivitet har flyttet seg utenfor sitt naturlige utbredelsesområde.

Invaderende art: En fremmed art som har etablert en så stor bestand at den sterkt påvirker det mottakende økosystemet, eller at den har potensial for slik kraftig påvirkning.

Vektor: Den mekanismen som en art benytter for å krysse de barrierene som avgrensner det naturlige utbredelsesområdet.

Økosystem: Et kompleks bestående av organismene i et biologisk samfunn og de fysiske omgivelsene de lever i.



Figur 1.5.4

Kamtsjatkakrabbe kan under bestemte betingelser forekomme i imponerende tettheter. (Foto: ukjent)

The red king crab may at given circumstances be found in impressive densities.

flere steder. Den finnes nå fra Oslofjorden til Trøndelag.

Kamtsjatkakrabbe (kongekrabbe)

Russerne forsøkte på 1930-tallet å overføre kamtsjatkakrabbe (*Paralitodes camtschaticus*) fra Stillehavet til Kolaområdet. De første forsøkene mislyktes, men en større satsing på 1960-tallet var "vellykket". Siden har krabben ikke bare etablert seg, men antallet har økt formidabelt samtidig som den nå sprer seg nord- og vestover. I Norge har vi dermed fått denne arten som sekundær ikke-planlagt introduksjon fra en opprinnelig planlagt introduksjon i Russland. (Om krabben som ressurs og forvaltningen av denne, se Kapittel 2.8.)

Snøkrabbe

Snøkrabben (*Chionoecetes opilio*) har sitt naturlige utbredelsesområde i Stillehavet fra Japan til Beringstredet, og i det vestlige Atlanterhavet fra Cape Cod til Grønland. De første funn av snøkrabbe på østsiden av Atlanterhavet ble gjort på Gåsbanken av russiske forskere i 1996. Det er ikke avklart hvordan arten har greid å spre seg til Barentshavet. Arten ser ut til å øke i antall i våre nordlige områder.

Amerikansk hummer

Siden det naturlig er mindre forekomster av den europeiske hummeren, *Homarus gammarus*, og den stedvis også er en nedfisket bestand, har Europa blitt det viktigste importmarkedet for amerikansk hummer, *Homarus americanus*.

Det har siden 1999 gjentatte ganger blitt fanget inn amerikansk hummer i norske farvann. Det er sikker artsbestemmelse på



Figur 1.5.5

Amerikansk hummer, *Homarus americanus*. Arten kan lett forveksles med atypisk fargede europeisk hummer, og en må benytte DNA-analysemetoder for sikker identifikasjon.

American lobster, Homarus americanus. The species is easily confused with European lobsters with atypical colouration, and DNA analysis is required for reliable identification.

12 individer, fra Ålesund, Bergen, Aust- og Vest-Agder, Sandefjord og Oslo (se også Kapittel 1.6). I de færreste tilfellene er det kjent hvordan de har sluppet fri. Det ble funnet eggrester på en i 1999, og utlagte egg hos ytterligere noen i 2005. Det er imidlertid ikke klart om de unge stadiene vil overleve i det norske artsmangfoldet, som på mange områder er ulikt de amerikanske bunndyrsamfunn. Amerikansk hummer er imidlertid fleksibel og tilpassningsdyktig. Norske bunndyrforhold og sjøtemperaturer er godt innenfor artens toleranseområde. I tillegg er det en rekke likhetspunkter mellom de to artene; utseende, nattaktivitet, allsidighet i kost, vekst og til dels atferd. Likevel har det også vist seg å være store forskjeller mellom dem, så vel genetisk som med hensyn til atferd, reproduksjon og vekstpotensial.

I forsøk er det påvist potensielle skadevirkninger på miljøet av amerikansk hummer, så videre tiltak mot innføring av denne er berettiget. Mest alvorlig er sykdomsspredning, ettersom det er dokumentert at amerikansk hummer kan bære dødelige hummersykdommer og parasitter som ikke finnes naturlig hos europeisk hummer. Det gjelder ikke minst bakteriesykdommen Gaffkemi, som finnes naturlig i nordamerikanske farvann. Denne sykdommen fører til 100 % dødelighet hos smittet europeisk hummer, ofte innen 24 timer etter smitte. Tross høy dødelighet også hos amerikansk hummer, forekommer det likevel bærere som frakter smitten til europeiske mottaksanlegg.

I konkurranseforsøk vant amerikanske hummerhunner kampen om skjul, men i

kampdueller mellom hanner var de europeiske hannene mest aggressive og dominante. Uansett kjønn er det de europeiske som er mest aggressive, men det er mest størrelsesavhengig hvem som vinner en viktig ressurs.

Hummeren vil i utgangspunktet gjenkjenne og diskriminere mellom artene. Det kan se ut som om det er ulikheter i det kjemiske "språket" som nyttes til kommunikasjon mellom individene, i tillegg til subtile forskjeller i kroppsspråket. Likevel vil det under gitte forhold kunne produseres fertile hybrider, med trekk fra begge artene. Det er ikke sikkert at en hybrid vil kunne kommunisere like godt som en renrasert hummer. Det kan gi langsiktige problemer for en i utgangspunktet svak naturlig norsk hummerbestand om den også møter konkurranse fra en såpass lik konkurrent som den amerikanske hummeren, og i verste fall hybrider. Amerikansk hummer er, til tross for sine ulikheter, en økologisk konkurrent til europeisk hummer og – på grunn av sin større naturlige dybdeutbredelse – potensielt også for sjøkrepsen *Nephrops norvegicus* (sjøkreps/jomfruhummer).

Samfunnets respons, tiltak Ballastvannkonvensjonen

I februar 2004 ble det vedtatt en ny konvensjon som pålegger skipsfarten å innføre tiltak som skal redusere risikoen for at fremmede organismer overføres med ballastvann. Konvensjonen vil imidlertid først bli effektiv fra 2009, forutsatt at et tilstrekkelig antall stater ratifiserer den. Full effekt av konvensjonen kan vi først forvente etter 2016. Dessverre vil en annen konvensjon med gode miljøhensikter,

“Convention on the Control of Harmful Anti-fouling systems on Ships” (AFS-konvensjonen), faktisk kunne øke risikoen for at fremmede organismer overføres på skipsskrog. AFS-konvensjonen er først og fremst en respons på de observerte skadevirkningene fra det giftige bunnstoffet Tri-Butyl-Tinn (TBT) på marin fauna. Dersom det ikke utvikles ugiftig skipsmalning med like gode groehemmende egenskaper som TBT, må vi forvente en ytterligere økning av transport av fremmede organismer på skipsskrog.

Artsdatabanken, muligheter for bedre organisert overvåking

Artsdatabanken er en helt ny statlig institusjon som holder til i Trondheim. Den er administrativt tilknyttet Vitenskapsmuseet ved NTNU, mens den faglige virksomheten er underlagt et styre oppnevnt av Kunnskapsdepartementet. (For mer informasjon se <http://www.artsdatabanken.no/>). Kunnskapsdepartementet er den viktigste finansieringskilden for Artsdatabankens virksomhet, men seks andre departementer har så langt også bidratt med bevilgninger (Fiskeri- og kyst, Forsvar, Landbruks- og mat, Miljø, Olje- og energi og Samferdsel).

Artsdatabanken er opprettet som et resultat av at Regjering og Storting har ønsket et sterkere fokus på kunnskapen som skal

ligge til grunn for arbeidet med biologisk mangfold. Artsdatabankens hovedoppgave er å være en uavhengig og nøytral formidler til samfunnet av oppdatert og lett tilgjengelig informasjon om det biologiske mangfoldet i Norge. Dette arbeidet krever et tett samarbeid med aktører innen forskning og forvaltning, i tillegg til en rekke frivillige organisasjoner. Det er blant annet etablert en dialog med Havforskningsinstituttet for å etablere samarbeid om presentasjon av relevante data fra det marine miljø.

Artsdatabanken skal ikke selv drive forskning, kartlegging eller innsamling av biologisk materiale, og skal heller ikke være et forvaltningsorgan eller foreslå eller gjennomføre tiltak knyttet til bruk og vern av biologisk mangfold. Institusjonen kan imidlertid gi faglige råd til forvaltningsorganer/beslutningstakere og delta i diskusjoner om hvordan kunnskapsgrunnlaget kan og bør benyttes dersom dette er ønskelig.

Artsdatabanken er nå i gang med å utvikle en ny generasjon “rødlister” for Norge. Den nye listen skal være ferdig innen utgangen av 2006. De globalt aksepterte kriteriene for rødlisting av arter fra Den internasjonale naturvernunionen (IUCN), skal legges til grunn for dette arbeidet. For å gjøre de faglige vurderingene er det nå etablert ca. 20 ekspertgrupper. Hav-

forskningsinstituttet leder arbeidet i den ekspertgruppen som skal vurdere marin fisk. Ekspertgruppelederne står ansvarlig for gjennomføringen av vurderingene. Dokumentasjon og åpenhet er sentrale elementer i dette arbeidet, og det er etablert en egen rødlistebase der all relevant informasjon fra arbeidet samles. Informasjon fra denne databasen vil etter hvert bli tilgjengelig for alle som vil se nøyere på de vurderinger som er gjort.

Artsdatabanken har også fått i oppdrag å fremskaffe en totalliste over fremmede arter i Norge innen 1. april 2006. Det er opprettet en ekspertgruppe med representanter fra flere institusjoner, blant annet Havforskningsinstituttet, som skal bistå i dette arbeidet. Videre er målet å utarbeide en liste over problemarter (“svarteliste”) som skal være ferdig til desember 2006. Denne listen vil omfatte arter som kan ha negative konsekvenser for økosystemer, habitater eller stedegne arter. På sikt skal Artsdatabanken også utarbeide faktaark over alle fremmede arter som utgjør en trussel mot biologisk mangfold i Norge.

Artsdatabanken har nettopp startet et omfattende arbeid som skal resultere i en hierarkisk inndeling av norsk natur i naturtyper. Naturtyper i det marine miljø vil inngå i dette arbeidet.

Figur 1.5.6

Rødalgen, japansk pollris, *Gracilaria vermiculophylla*, som vokser inn i et ålegressområde. Arten vil kunne konkurrere om plassen med vårt hjemlige ålegress som blant annet danner verdifulle oppvekstområder for fisk.

The Japanese red algae

Gracilaria vermiculophylla growing into a field of common eelgrass (*Zostera marina*). The introduced species may compete with the indigenous species common eelgrass that forms valuable nursing fields for a number of fish species.

Foto: Lars Harry Jenneborg, HydroGIS AB



Tiltak for amerikansk hummer?

En nordisk forskergruppe har vurdert følgene av import av levende amerikansk hummer og gitt en anbefaling til Nordisk Ministerråd om tiltak mot spredning i nordiske farvann. Konklusjonen var at det beste vil være å totalforby denne importen. Om import av levende amerikansk hummer ikke kan stanses, vil det være sterkt behov for informasjonskampanjer, der vekten legges på kunnskap og risikofaktorer ved innføring av levende amerikansk hummer.

Trøbbel i vente?**Japansk pollris**

Rødalgen japansk pollris, *Gracillaria vermiculophylla*, har etablert seg i Kattegat, men er foreløpig bare påvist på svensk side rundt Göteborg. Vi må regne med at den også blir funnet i norske farvann innen kort tid. Den har et betydelig potensial for konkurranse med en del hjemlige arter som f.eks. ålegras, *Zostera marina*.

Didemnum sp.

Kolonisekkedyret *Didemnum* sp. sprer seg i Europa. Det finnes nå blant annet i Frankrike og Nederland. Opprinnelig kommer det fra Stillehavet, men det finnes allerede en rekke steder rundt i verden, blant annet er et område på 140 km² på Georges Bank i Nordvestatlanteren overvokst av denne arten. De små enkeltindividene sitter inne i en svamplignende struktur, og dette sekke-dyret kan slå seg ned på de fleste overflater i sjøen. Det er grunn til å frykte problemer for både fiskeoppdrett og skjellnæring om det etablerer seg i Norge.

Figur 1.5.7

Trøbbel i vente? Dette er det kolonidannende sekke-dyret *Didemnum* sp. på skjellkurver i British Columbia. Skjellene inne i disse kurvene har neppe hatt særlig gode vekstvilkår.

Trouble ahead? This is the colony-forming ascidian Didemnum sp. overgrowing a mussel stack in British Columbia. Growth conditions within this stack have obviously been suboptimal. 4



Credit: U.S. Geological Survey Department of the Interior/USGS U.S. Geological Survey/photo: Gordon King

Non-indigenous marine species in Norwegian waters

Introductions and dispersal of non-indigenous species is a global problem increasing in both magnitude and frequency. An increasing number of species finds means of transportation outside their natural bounds and into new ecosystems, where some cause considerable harm when established. They may cause significant disturbance of the recipient ecosystems, and can in addition to changes in biodiversity, reduce the values of ecosystem goods and services.

Non-indigenous marine species have mainly been transported to Norway by aquaculture and shipping. After more restrictive regulations and practice for import of non-indigenous species for aquaculture, the number of new introductions has been reduced. Today mainly secondary spread of species previously introduced to a region is observed. Shipping is a growing sector and must still be considered an important vector for introductions. Trade with living seafood is an increasing enterprise, and we can expect more introductions as a consequence of this.

Presently the marine environment is in a state of change, characterized by a temperature increase. This implies that we must expect a natural immigration of species having had a more southerly distribution. A proper identification of alien species compared to species in an immigration process will therefore become a challenge.

Fangstene av europeisk hummer (*Homarus gammarus*) er relativt lave, og for å dekke etterspørselen i Europa har det lenge vært importert levende amerikansk hummer (*Homarus americanus*). Den kan imidlertid være smittebærer av bakteriesykdommen “Gaffkemi”, som ved smitte til europeisk hummer gir 100 % dødelighet. Norske hummerbestander er også på et historisk lavmål, og vil trolig være ekstra sårbare i konkurranse med en introdusert art som dette. Det er uklart om de to artene vil kunne krysse seg under naturlige miljøbetingelser og få fertilt avkom. Basert på DNA-tester er det foreløpig påvist 12 amerikanske hummere i Norge. Åtte av disse ble fanget i 2005. Ved Bjørøy i Hordaland ble det funnet hunner med befruktet rogn, noe som gir særskilt grunn til uro. Området bør derfor overvåkes nøye i årene som kommer.

Knut E. Jørstad

knut.joerstad@imr.no

Eva Farestveit

eva.farestveit@imr.no

Ann-Lisbeth Agnalt

ann-lisbeth.agnalt@imr.no

Europeisk og amerikansk hummer er relativt like, og det kan være vanskelig å skille dem basert på utseende. Når det gjelder ytre morfologi er det særtrekk som pigger på undersiden av pannehornet, og særlig fargemønster som brukes til å skille artene. Det var gjennomført genetiske sammenligninger allerede på 1970-tallet, hvor det ble funnet forskjeller i genfrekvenser i flere proteinsystemer (allozym).

Uønsket påvirkning på økosystemet?

I forbindelse med den kommersielle importen av amerikansk hummer har det vært vanlig å oppbevare hummeren levende for senere salg. Dette muliggjør både rømming fra oppbevaringsenheter og bevisst utsetting av amerikansk hummer i det naturlige miljøet. De første amerikanske hummerne ble påvist i 2000, hovedsakelig i Oslofjordområdet. Det var fiskere som i utgangspunktet rapporterte om hummer som hadde avvik med hensyn til fargemønster og ytre morfologi. I samarbeid med Akvariet i Bergen ble det satt i gang en registrering av hummer med avvikende utseende, og flere ble levert av fiskere langs kysten i Sør-Norge. Noen av disse hadde klare “amerikanske” kjennetegn, og dette ble også bekreftet senere av genetiske analyser.

Introduserte arter representerer en risiko for uønskede påvirkninger på det naturlige økosystemet. Det er en lang rekke eksempler på negative og til dels katastrofale effekter, og introduksjoner betraktes i dag som en av de største truslene mot biologisk mangfold. Et velkjent eksempel her er europeisk strandkrabbe (*Carcinus maenas*) som sannsynligvis via ballastvann har spredt seg over hele kloden og ført til store konsekvenser på den lokale fauna. Som de fleste andre land har Norge sluttet seg til “Biodiversitetskonvensjonen”, som bl.a. innebærer ansvar for å registrere og bekjempe uønskede introduksjoner. Når det gjelder amerikansk hummer i Norge, er det i første omgang negative effekter på våre egne bestander av hummer som må unngås. Amerikansk hummer kan være

smittebærer av sykdommer. Her er bakteriesykdommen “Gaffkemi” et eksempel, og det er vist at ved overføring vil denne bakterien gi 100 % dødelighet hos europeisk hummer. Videre har norske hummerbestander i flere tiår ligget på et historisk lavmål. Det er vanskelig å gjenoppbygge bestandene, og de er sannsynligvis mer utsatt i konkurranse med en ny introdusert art. Det er også uklart i hvilken grad de to nærstående artene vil kunne krysse seg i naturen og få fertilt avkom. Her er det behov for ny kunnskap for å klarlegge hvilken risiko det egentlig er knyttet til introduksjonen av amerikansk hummer. Dette gjelder spesielt komparative studier av de to artene under norske miljøbetingelser.

Både forskning og forvaltning står her foran en rekke utfordringer. For å kunne vurdere ulike tiltak er det grunnleggende å fremskaffe kunnskap om den faktiske situasjonen. Dette innebærer kartlegging av hyppighet og geografisk fordeling av amerikansk hummer i Norge. Videre er sikre identifikasjonsmetoder, inkludert påvisning av hybrider, helt sentrale oppgaver. Erfaringene fra arbeidet i 2005 tyder klart på at problemene er større enn tidligere antatt, noe som krever at dette arbeidet må trappes opp i betydelig grad.

Sikker identifisering krever DNA-testing!

De første individene av amerikansk hummer som ble levert inn i 2000 var i utgangspunktet forskjellige med hensyn til fargemønster og pigger på pannespissen. I tillegg til den mer ytre karakteriseringen ble det også tatt prøver til genetiske analyser. Disse ble gjennomført i et større samarbeidsprosjekt på europeisk hummer, der Queens University i Belfast hadde hovedansvar for DNA-mikrosatellittanalysene. I dette prosjektet ble det også gjennomført registreringer av hummerens fargemorfologi i hele utbredelsesområdet, noe som klart dokumenterte stor variasjon i fargemorfologi (Figur 1.6.1). Dette inkluderte også individer som lignet på amerikansk hummer.

På den andre siden viste DNA-analysene i Belfast at kun ca. 30 % av prøvene fra de morfologisk avvikende hummerne fra Norge virkelig var amerikanere. De andre prøvene var tatt fra hummer med fargemønster som lignet amerikansk hummer, men hadde typisk “europeisk” genmate-

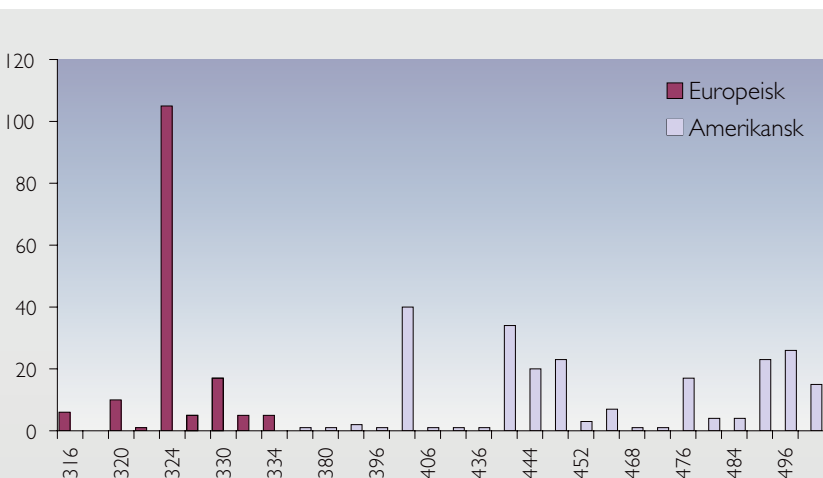
**Figur 1.6.1**

Europeisk hummer og eksempler på fargevariasjon i hele dens utbredelsesområde. Bildene er tatt i tilknytning til EU-prosjektet "Genetics of European Lobster" (www.qub.ac.uk/bb/prodohl/GEL/gel.html). Colour morphs of European lobster found along its entire distribution range. The photos were taken for the EU project "Genetics of European Lobster" (www.qub.ac.uk/bb/prodohl/GEL/gel.html).

riale. Morfologiske forskjeller som farge-mønster/pigget på pannespissen er altså ikke pålitelige nok til å skille artene. Samtidig ble det klart at det var nødvendig å foreta en genetisk sammenligning med et større referansemateriale på amerikansk hummer. Det er også viktig å teste ut flere andre genetiske systemer med siktemål å finne diagnostiske metoder som skiller artene 100 %. Da vil det også være mulig å påvise eventuelle hybrider mellom de to artene.

I samarbeid med forskningsmiljøet i Belfast ble det derfor satt i gang et arbeid med å videreutvikle DNA-testene, samtidig som det ble fremskaffet tilstrekkelig referansemateriale av amerikansk hummer fra blant annet Canada. I sammenligningene ble det brukt hummerprøver fra Oslofjorden som var samlet inn på begynnelsen av 1990-tallet, altså før de første registreringene/fangstene av amerikansk hummer i samme fjord. På laboratoriet i Bergen ble det i alt testet 18 DNA-mikrosatellittsystemer, hvor 13 av disse ga god kvalitet i sammenligningene. De to artene viste til dels store genetiske forskjeller i alle de undersøkte systemene, og i tre tilfeller var det tilnærmet ingen overlapp i størrelse på mikrosatellittfragmentene. Et eksempel (*Hgam98*) er vist i Figur 1.6.2, og dette synes så langt å være den mest diskriminerende DNA-testen for å skille de to artene. I referansematerialet ble det ikke funnet noen fragmenter med samme størrelse, hvilket betyr at her har man også muligheten til å identifisere eventuelle hybrider.

Et omfattende informasjonsarbeid knyttet til amerikansk hummer i Norge ble gjennomført i 2003 av Akvariet i Bergen. På grunn av dette og generelt sterk interesse i media, ble det etter hvert rapportert inn fra fiskere om hummer som lignet på "amerikanere". En stor del av disse ble tatt inn for nærmere undersøkelser, også genetiske analyser. I løpet av 2003 og 2004 ble i alt 20 morfologisk avvikende hummer sjekket med tanke på eventuell påvisning av hybrider. DNA-testene viste imidlertid klart at alle disse var "rene" norske hummere. Dette arbeidet, inkludert utvikling av DNA-metodene, ble presentert på sym-

**Figur 1.6.2**

Fordeling av mikrosatellitt-fragmenter (alleler er lik fragmentstørrelse) hos amerikansk og europeisk hummer i mikrosatellitt-locus *Hgam98*. Frequency distribution of micro-satellite fragments (alleles is the same as fragment size) in American and European lobster for the micro-satellite locus *Hgam98*.

posiet Invasive Crustacea som ble arrangert i Glasgow i juli 2005, i tilknytning til Sixth International Crustacean Congress.

Nye påvisninger i Hordaland og på Sørlandet i 2005

Fra de første påvisningene av amerikansk hummer i 2000 har altså de fleste undersøkte hummer med avvikende morfologi gjennom DNA-testing vist seg å være europeisk hummer. Denne situasjonen ble dramatisk endret høsten 2005. Fra tre krabbefiskere i området rundt Bjørøy fikk vi i begynnelsen av september rapporter om fangst av hummer som morfologisk lignet amerikansk hummer. DNA-testingen slo fast at dette virkelig var amerikansk hummer. Alle tre hummerne ble fanget med krabbeteiner innenfor et relativt begrenset område, og de hadde i tillegg strikk på klørne. Dette tydet på at de var rømt fra et anlegg eller var dumpet fra skip eller lignende. To av hummerne var hunner, derav en med befruktet rogn. Det siste var spesielt urovekkende, da eventuelt gjenværende rognhummer i sjøen sannsynligvis vil klekke eggene sine neste år, og dette kan gi opphav til rekruttering av amerikansk hummer i området. Alle hummerne var fanget i omtrent samme tidsrom, og det var et stort spørsmål om det dreide seg om en mer omfattende rømming som også inkluderte et betydelig innslag av rognbærende hunner.

Med bakgrunn i denne informasjonen satte Havforskningsinstituttet i gang et omfattende forskningsfiske i området, hovedsakelig basert på åleruser. Dette redskapet har tidligere vist seg å være svært effektivt til å fange norsk hummer i perioder hvor temperaturen er relativt høy. Formålet med undersøkelsene var å kartlegge situasjonen mer i detalj samt eventuelt få fisket opp mest mulig av gjenværende amerikansk hummer dersom det skulle vise seg å være snakk om større mengder. Samtidig ville en få omfattende bakgrunnsmateriale på den lokale norske hummeren i området. Dette vil være avgjørende for å kunne vurdere eventuell påvirkning dersom den amerikanske hummeren klarer å rekruttere eller etablere seg under disse miljøbetingelsene. Opptaket ble gjennomført i samarbeid med en lokal fisker fra midten av september og i oktober. Sammenlignet med andre områder var forekomstene av hummer relativt beskjedne, men i løpet av perioden ble det fanget i alt 55 hummer, og alle var norske. Disse ble undersøkt, merket med et plastmerke med et individuelt nummer og satt ut igjen på samme sted de var fanget.

I dette området var det forholdsvis mye redskap i sjøen i tillegg til våre åleruser. Ved flere anledninger var ålerusene flyt-



Figur 1.6.3

Oversikt over hvor de amerikanske hummerne (DNA-bekreftet) er funnet i norske farvann. Runde sirkler er registreringer fra 2000 til 2004 (totalt fire), og stjerner viser registreringer i 2005 (totalt åtte, hvorav fem ved Bjørøy i Hordaland).
Overview of findings of American lobster (confirmed identity through DNA-analysis) in Norway. Rounded circles are registrations in 2000 to 2004 (in total four), and stars are registrations in 2005 (in total eight of which five near Bjørøy in Hordaland county).

tet ut på dypt vann slik at de måtte dregges opp. I ett tilfelle var det skåret hull i en av dem. I samme periode ble media brukt til å oppfordre ordinære fiskere til å ta kontakt dersom de fikk morfologisk avvikende hummer i redskapen. Dette førte til flere henvendelser fra fiskere. Av de nye som ble DNA-testet, var det to som var "amerikanske", den ene var rognhummer. De sistnevnte var begge fanget i samme område ved Bjørøy som de først rapporterte. Til sammen er det til nå påvist fem amerikanske hummer i samme området, og to av disse var hunner med befruktet rogn.

De nye påvisningene av amerikansk hummer i Hordaland vakte stor oppmerksomhet i media, noe som etter hvert førte til lignende rapportering fra fiskere også fra andre steder i landet. Dette gjaldt spesielt på Sørlandet, hvor Havforskningsinstituttets forskningsstasjon i Flødevigen fikk inn flere eksemplarer for nærmere undersøkelser. Disse er blitt nøye kontrollert, inkludert DNA-testing i Bergen. Tre av disse hummerne fra Sørlandet var "amerikanske". Det gjenstår tre eksemplarer til som ble levert/registrert i slutten av desember 2005, derav en hummer fra Rogaland. Tallet på totalt fangede amerikanske hummer i 2005 vil sannsynligvis stige når DNA-testene er gjennomført. I perioden frem til i dag (2000–2005) er det DNA-testet 52 hummere som ser annerledes ut. 12 av disse er identifisert som amerikanske hummer, mesteparten er fanget i 2005. Disse er også funnet over et relativt stort område, fra Oslofjorden, Sørlandskysten og Hordaland til Møre. En oversikt over geografisk fordeling på de påviste amerikanske hummerne er vist i Figur 1.6.3.

Utfordringer videre

Den første påvisningen av amerikansk hummer i norske farvann ble gjort i 2000, men når en ser på perioden frem til nå er det særlig i 2005 det har skjedd en kraftig økning i antall. Av de 12 amerikanske hummerne som totalt er funnet er åtte av dem fanget i 2005. Sett på bakgrunn av

våre forpliktelser i forhold til Biodiversitetskonvensjonen, er det vårt ansvar å følge nøye med situasjonen i årene fremover. Den økte oppmerksomheten blant fiskere gjør at det vil bli rapportert nye funn av potensielle amerikansk hummer, som må verifiseres ved hjelp av DNA-analyser.

Mest foruroligende er funnene i Bjørøyområdet i Hordaland. Her er det funnet amerikansk hummer med befruktet rogn, og det er sannsynligvis flere igjen i sjøen. Dette området bør derfor overvåkes nøye, med et større utvalg av ulike redskaper, ikke minst med hensyn til å kunne påvise eventuell rekruttering av amerikansk hummer.

American lobster in Norwegian waters – status and challenges

Annual landings of European lobster (*Homarus gammarus*) have been relatively low and an increasing demand has led to import of live American lobster (*Homarus americanus*) from USA and Canada. However, American lobster can be a carrier of bacteria causing the disease "Gaffkemia", deadly to its European relative. The lobster population in Norway is considered lowest in size ever in a historical perspective, and could be especially vulnerable in competition to a species like the American lobster. It is unresolved whether or not the two species reproduce in natural conditions and breed viable hybrids. Based on DNA-analysis 12 American lobsters has so far been confirmed found in Norwegian waters. Eight of these were captured in 2005. In the vicinity of Bjørøy in Hordaland, berried American females have been captured, with fertilized eggs. This increases the concern further, and it is utterly important to monitor this area in the coming years.

Undersøkelser de siste årene har vist at sukkertaren har forsvunnet fra store deler av skjærgården på Sørlandet og i tillegg er sterkt redusert langs deler av vestlandskysten. Tilbakegangen har vært mest omfattende i bølgebeskyttede kystområder og på dypere vann, der det som tidligere var store, hengende skoger av sukkertare nå er erstattet av små, tråd- og buskformede alger. Tareskoger er høyproduktive, artsrike samfunn som bl.a. oppsøkes av mange slags fisk på leting etter skjul og mat. Bortfall av sukkertare vil derfor kunne ha alvorlige konsekvenser for mangfoldet i de kystnære økosystemer. Årsakene til, og konsekvensene av, sukkertaredøden er foreløpig ikke kjent.

Frithjof Moy

frithjof.moy@niva.no
Norsk institutt for vannforskning, NIVA

Hartvig Christie

hartvig.christie@niva.no
Norsk institutt for vannforskning, NIVA

Henning Steen,

henning.steen@imr.no

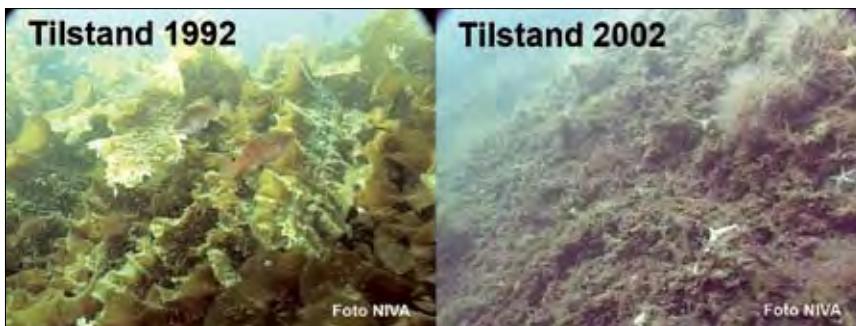
Sukkertare, *Laminaria saccharina*, er en stor, flerårig brunalge med et 1–2 m langt og 10–20 cm bredt, olivenbrunt, bølget blad, festet med en 10–30 cm lang stilk til stein og fjell. Veksten er sterkest om våren, da et nytt blad vokser ut samtidig som det gamle felles, slik at sukkertaren beholder sin form og danner en permanent vegetasjon gjennom hele året. Om sommeren stopper veksten opp, og plantene begynner å utvikle sporer som produseres fram til neste vår. Etter nedslag på egnet substrat spirer sporene til millimeterstore kjønnsplanter (gametofytter), som etter

befruktning vokser opp til en ny generasjon med sukkertareplanter (sporofytter). Sukkertareplantene blir normalt mellom to og fem år gamle og er derfor avhengig av stabil rekruttering for å opprettholde en tett bestand. Hvis ett eller flere stadier i sukkertarens livssyklus svikter vil ikke arten klare å produsere nye individer, og bestandene vil kollapse etter få år.

Sukkertare har en vid geografisk utbredelse på den nordlige halvkule, og finnes langs hele norskekysten (også på Svalbard). Artens sørlige utbredelsesgrense går ved Portugal. Det faller sammen med sommerisotermene på ca. 19 °C i overflaten, og algen dør ved temperaturer rundt 23 °C. Arten vokser fra ca. 1–30 m dyp, og er meget vanlig fra beskyttede til moderat bølgeutsatte lokaliteter.

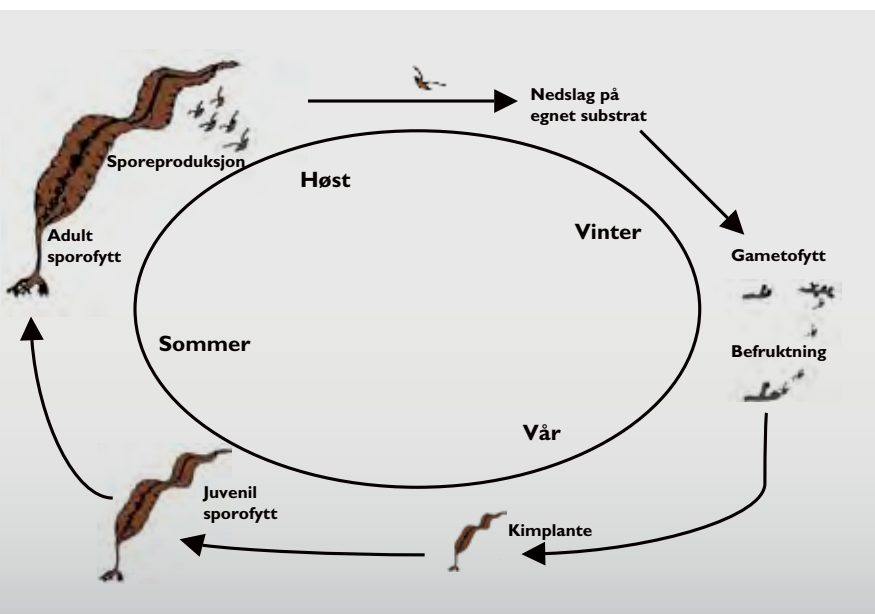
Omfang av sukkertarereduksjoner

Den første indikasjon på at sukkertare var forsvunnet ble funnet ved observasjoner



Figur 1.7.1.

Dramatiske endringer i det undersjøiske miljøet langs kysten av Sør-Norge hvor store bølgende skoger av sukkertare (t.v.) er erstattet av et loddent teppe av nedslammede trådformede alger (t.h.). Seabed on the south coast of Norway dominated by sugar kelp (*Laminaria saccharina*) in 1992 (left) replaced by filamentous algae and sediments in 2002 (right).

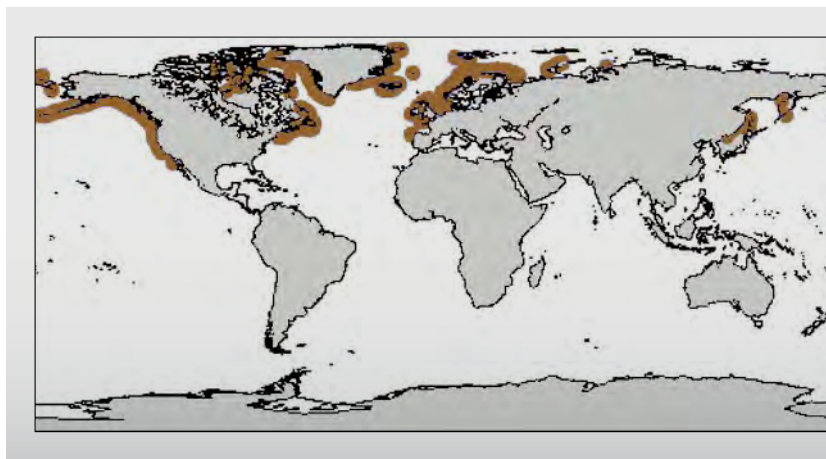


Figur 1.7.2

Livssyklus hos sukkertare (*Laminaria saccharina*). De voksne (adulte) sukkertareplantene (sporofyttene) blir fertile om høsten og sprer sine sporer i et stort antall om vinteren. I løpet av vinteren spirer sporene til mikroskopiske, små hann- og hunnplanter (gametofytter). Etter befruktning spirer kimplanter raskt til synlig størrelse på vårtiden. Sukkertaren kan bli 1 m lang allerede den første sommeren, men begynner ikke å produsere sporer før i sin andre sesong. Life cycle of sugar kelp (*Laminaria saccharina*). The adult sporophytes start producing spores in the autumn, and remain fertile throughout the winter season. Spores develop into microscopic female or male gametophytes. After fertilisation germlings rapidly develop during spring, and the young sporophyte may reach lengths of 1 metre in its first year, and becomes reproductive during the second year.

Figur 1.7.3

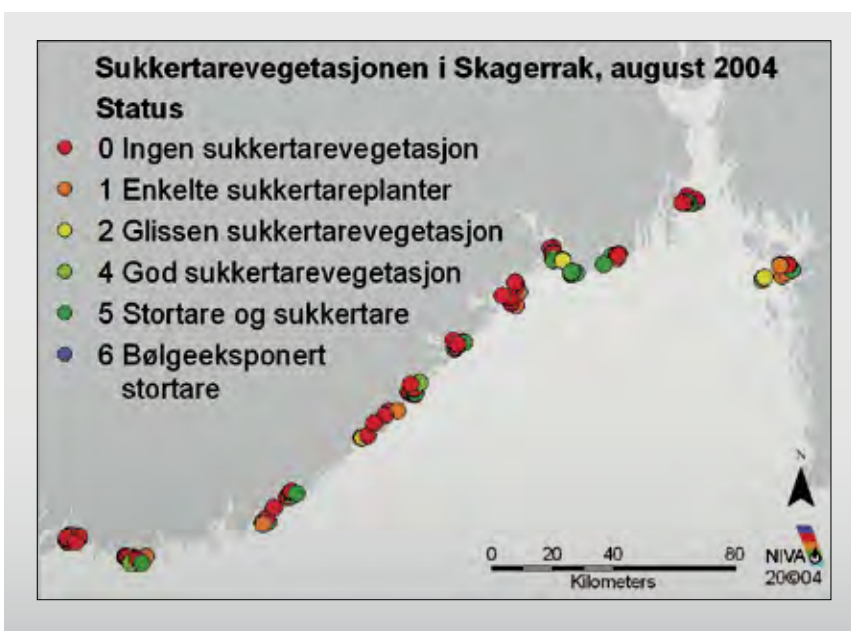
Geografisk utbredelse av sukkertare (*Laminaria saccharina*).
Geographical distribution of sugar kelp (*Laminaria saccharina*).

**Figur 1.7.4**

Forekomst av sukkertare (*Laminaria saccharina*) på 108 stasjoner langs Skagerrakkysten sommeren 2004.
Abundance of sugar kelp (*Laminaria saccharina*) on 108 stations surveyed along the southeast coast of Norway during summer 2004.
0–4: no kelp – sugar kelp forest.
5–6: wave exposed L. hyperborea dominated locations.

Figur 1.7.5

Vertikalprofil som viser dekningsgrad (0–100 %) av makroalgensamfunn på hardbunn på Terneholmen utenfor Flødevigen, Arendal i A) 1996 og B) 2004.
Vertical distribution and abundance (in percentages) of macro algal groups at Terneholmen, outside Flødevigen, Arendal in 1996 (A) and 2004 (B), respectively. Green area reflects cover of sugar kelp.

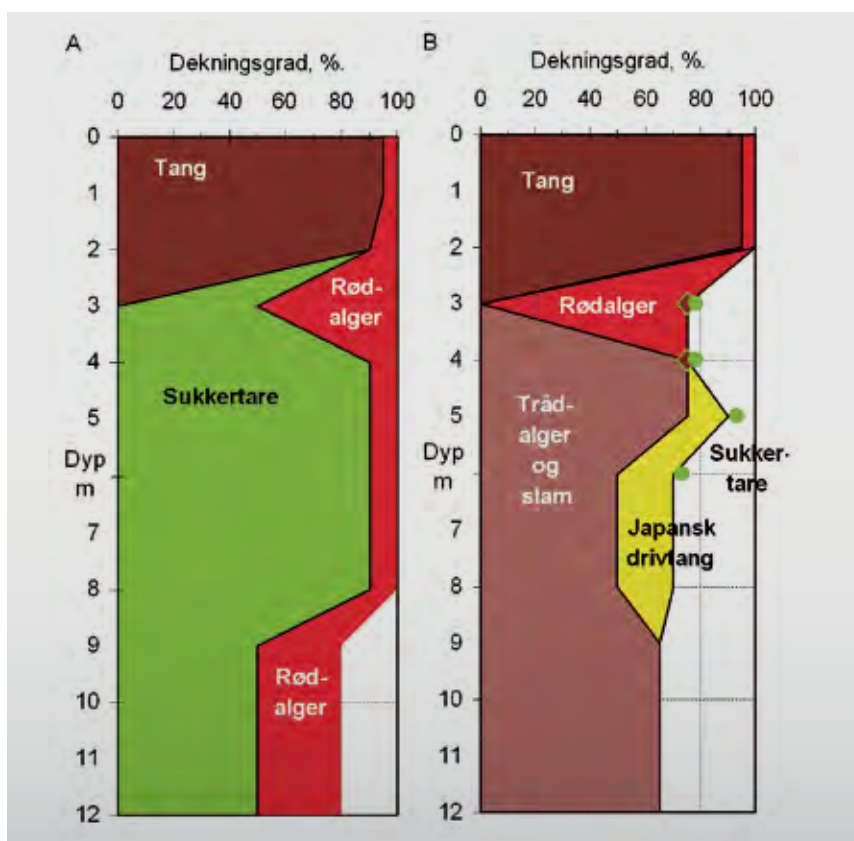


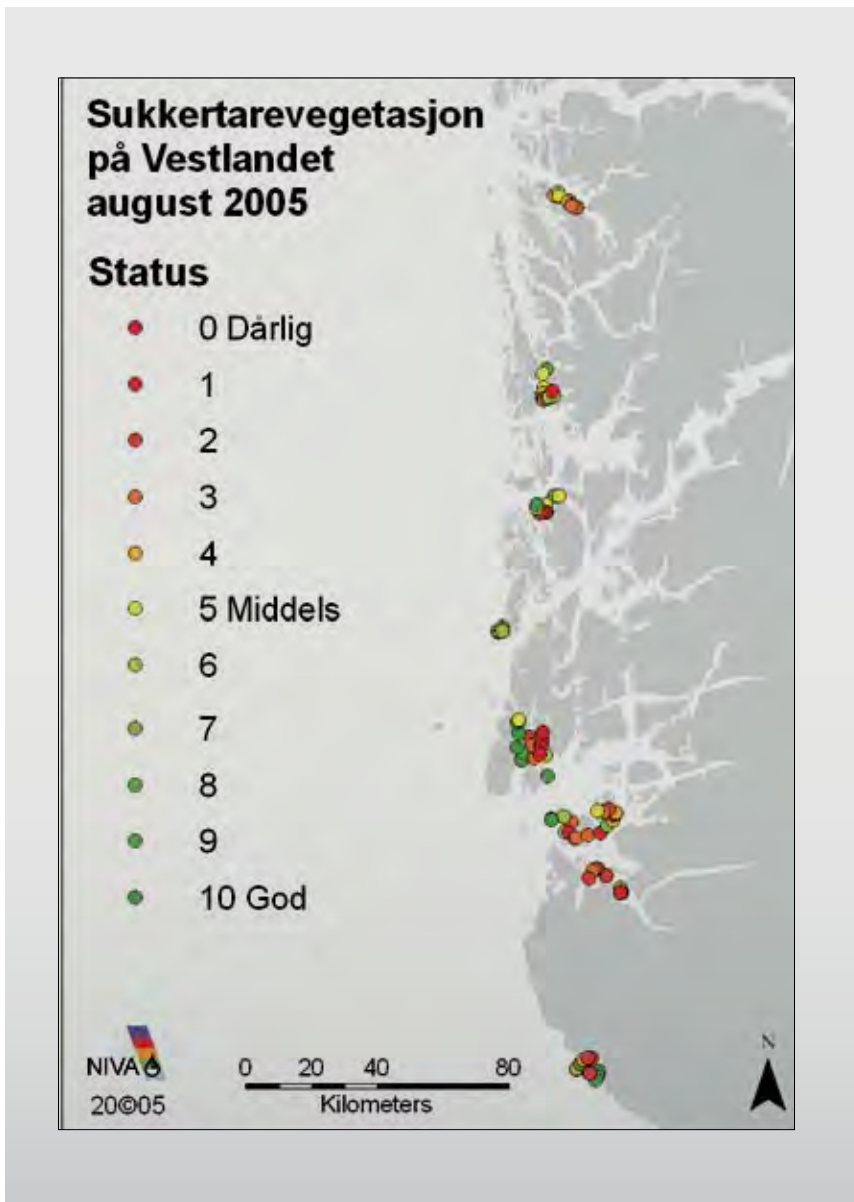
i Aust-Agder i 2002. En undersøkelse av 108 stasjoner på kyststrekningen fra sven-skegrensen til Lindesnes sommeren 2004 viste at sukkertareskogen var blitt borte på 90 % av stasjonene. På Terneholmen utenfor Flødevigen, Arendal, var forekomsten av sukkertare så godt som forsvunnet, dvs. redusert fra nær 100 til 0 % dekningsgrad. Samme resultat ble funnet for andre lokaliteter med eldre observasjonsdata. Tilstanden syntes å være dårligere i mer beskyttede kystområder enn på bølgeutsatte lokaliteter.

I Rogaland og Hordaland ble tilstanden vurdert som god for sukkertarevegetasjonen på ca. en tredjedel av 110 stasjoner undersøkt sommeren 2005. På 20 % av stasjonene var sukkertareskogen glissen, og store mengder trådformede alger vokste på tareplantene og bunnen. På rundt halvparten av stasjonene ble tilstanden klassifisert som dårlig, med lite eller ingen sukkertare og dominans av trådformede alger. På 14 av stasjonene forelå det eldre data, og en sammenlikning viste at forekomsten av sukkertare generelt var blitt halvert i forhold til åtti- og nittitallet. Dagens undersøkelse gir et øyeblikksbilde av situasjonen på Vestlandet, men avdekker likevel tydelige problemer for sukkertarepopulasjoner som gir grunn til bekymring.

Nedslammet teppe av trådalger

På Sørlandskysten er sukkertareskogen erstattet av et nedslammet teppe dominert av trådformede alger som rødalgedokke (*Polysiphonia* spp.), rekeklo (*Ceramium*





Figur 1.7.6

Tilstand i algesamfunn på stasjoner i Rogaland og Hordaland undersøkt sommeren 2005. Tilstanden er vurdert ut fra forekomst av sukkertare (*Laminaria saccharina*), andre dominerende arter og mengde opportunistiske trådformede alger. Quality between bad (red, 0) and good condition (green, 10) in macro algal communities along the southwest coast of Norway, based on the abundance of sugar kelp and other dominating species.

spp.), rødlo (*Bonnemaisonia hamifera*), havpyrd (*Callithamnion* sp.), japansk sjølyng (*Heterosiphonia japonica*), sli (*Ectocarpales*) og bruntufs (*Sphacelaria* spp.), sammen med blågrønnbakterier og benthiske diatoméer. Tykke, læraktige rødalger som krusflik (*Chodrus crispus*), krusblekke (*Phyllophora pseudoceraniodes*) og svartkluft (*Furcellaria lumbricalis*) var vanlige sammen med blad/rørformede alger som fagerving (*Delesseria sanguinea*, rødalge), kransrør (*Chylocladia verticillata*, rødalge), havsalat (*Ulva lactuca*, grønnalge), bleiktuste (*Spermatococcus paradoxus*, brunalge), vortesmokk (*Asperococcus fistulosus*, brunalge) og kalkkrødalgen krasing (*Corallina officinalis*).

Miljøverndepartementet med Statens forurensningstilsyn (SFT) og Direktoratet for naturforvaltning (DN) har tatt meldingene om sukkertaredød alvorlig og bevilget ekstra forskningsmidler. I arbeidet med å finne årsaker og konsekvenser samarbeider NIVA, Havforskningsinstituttet, Universitetene i Oslo og Bergen, Bioforsk (Jordforsk, Planteforsk), Nansensenteret og Meteorologisk institutt i ulike prosjekter, hvor alle bidrar på sine fagområder.

Årsaker

Det er flere mulige årsaker til sukkertareskogenes tilbakegang langs kysten av Sør-Norge i de senere år. Det kan skyldes naturlige svingninger, menneskeskapt forhold eller en kombinasjon. De mest sannsynlige årsaker slik vi ser det i dag er overgjødning (eutrofi), nedslamming og klimaendringer.

Overgjødning gir overproduksjon av alger, slik at den naturlige balansen forstyrres, og negative effekter av overgjødning omtales ofte som eutrofiering. Et resultat av overgjødning kan være at flerårige alger (f.eks. tang og tarearter), blir overgrodd og utkonkurrert av trådformede alger som har en mer effektiv omsetning av næringssalttilskuddene. Det er flere

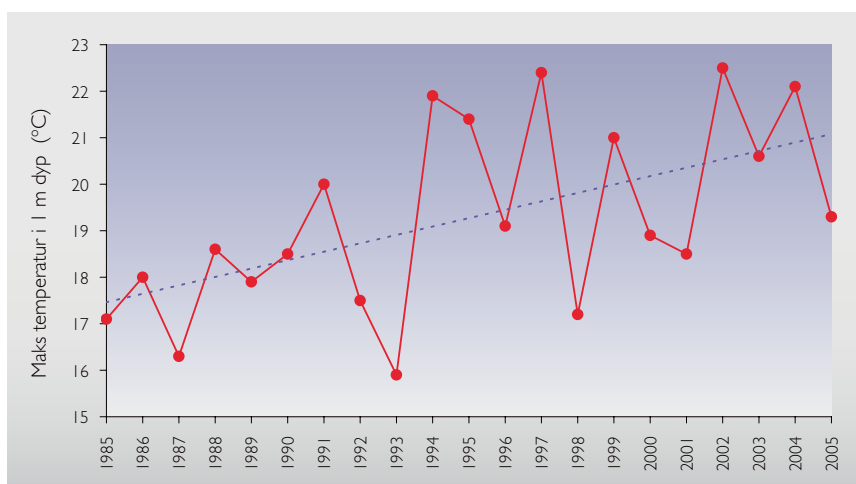


Figur 1.7.7

Overgjødning gir både nedslamming (sedimentering fra økt planktonproduksjon) og sterk vekst av hurtigvoksende trådformede grønnalger.
High nutrient load (eutrophication) increases sedimentation and growth of filamentous algae.

Figur 1.7.8

Maksimumstemperaturer for august måned på 1 m dyp i Flødevigen i perioden 1985–2005. Maximum temperatures at 1 m depth in August at Flødevigen field station, southern Norway, between 1985 and 2005.



årsaker til overgjødning, og foruten lokale kilder kommer det betydelige mengder med næringssalter langtransportert med havstrømmene fra Nordsjøen.

Nedslamming kan være skadelig for tareplantene direkte, eller forhindre etablering og spiring av kimplanter. Viktige kilder til slam er jorderosjon med avrenning via bekker og elver, oppvirvling av slam fra sjøbunnen og råtnende biologisk materiale fra land, ferskvann eller marin produksjon. Noe kommer også langtransportert med havstrømmer. Målinger fra Kystovervåkingsprogrammet har vist en signifikant økning av partikler (TSM) i kystvannet på Sørlandet de siste 10–15 år. SFT har satt i gang et måleprogram for sedimentbelastningen og sporing av partikkelkilder. Ut fra analyser så langt består halvparten av slammet av mineralisk leire fra lokale kilder og halvparten av organisk materiale. Av sistnevnte er 25–50 % tilført fra land eller ferskvann, mens 50–75 % er marint produsert materiale.

Klima er en viktig faktor som påvirker mange forhold med direkte betydning for livet i havet og indirekte via endret landklima. En klimastudie initiert av SFT har pekt på noen klimatiske forhold som kan ha hatt stor betydning for sukkertarens skjebne. Somrene 1997, 2002 og 2004 var spesielt varme, med sjøtemperaturer opp mot sukkertarens tålegrense på 23 °C. Milde vintre med mye nedbør og stor avrenning fra land i 1999 og 2000 ga økt tilslamming av sjøbunnen og ugunstige forhold for rekruttering av sukkertare. Flere påfølgende år med ugunstige forhold i følsomme perioder av livssyklusen kan ha redusert sukkertarebestanden.

Av andre mulige årsaker mener vi kråkebollebeiting er lite sannsynlig, mens konkurranse fra de introduserte artene japansk drivtang (*Sargassum muticum*) og japansk sjølyng (*Heterosiphonia japonica*) kan være en medvirkende årsak til sukkertarens tilbakegang. Ellers er det kjent at sykdom, infeksjoner av parasitter og virus kan

desimere populasjoner av marine alger og planter.

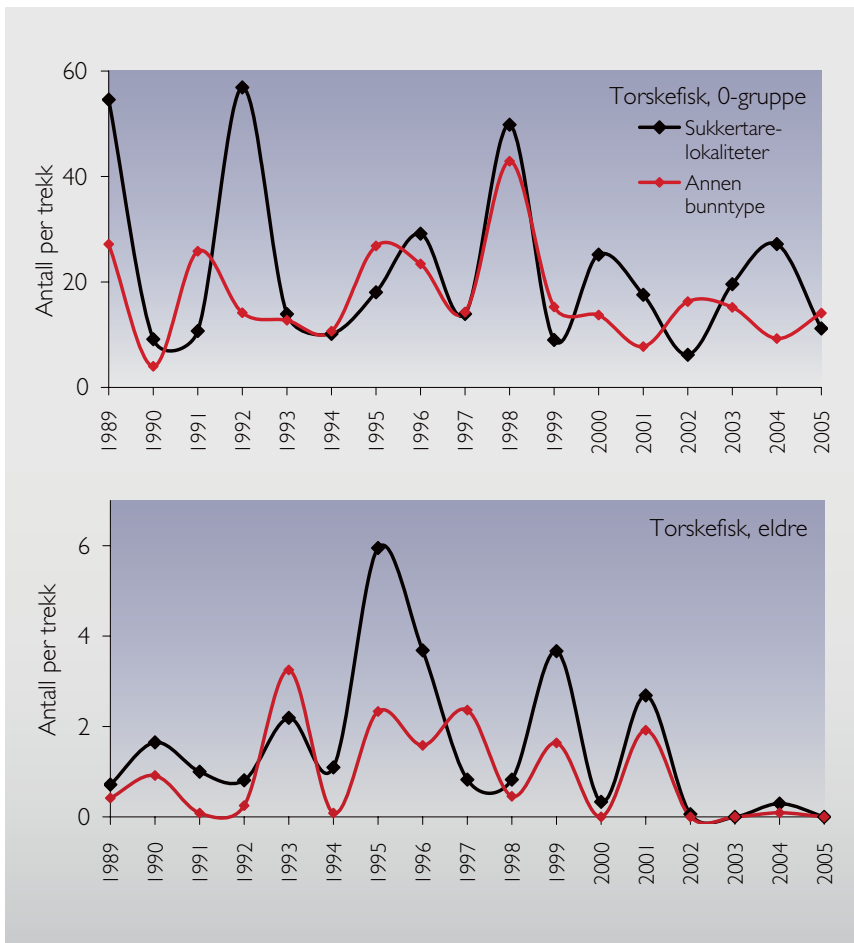
Konsekvenser

Miljøverndepartementet med SFT og DN har i første omgang satt fokus på å finne årsaker til reduksjonen av sukkertare med sikte på eventuelle tiltak. Samtidig er det også viktig å få kunnskap om konsekvenser av endret algevegetasjon for næringskjedene i kystsonen, oppvekstvilkår for fisk og sjøfugl og for kystmiljøet som helhet. Tang- og tareskogene er blant klodens mest produktive systemer og er blitt sammenliknet med undersjøiske regnskoger. De skaper rom for et rikt biologisk mangfold og husholder en produksjon som går inn i mange næringskjeder. De gir husly og er matfat for krepsdyr, yngel, småfisk og stor fisk. Bortfall av undervannsvegetasjonen kan derfor få konsekvenser for kystfisket, turistnæringen og hele kystsamfunn.

I prøver av sukkertare er det i gjennomsnitt talt opp ca. 5000 individer og ca. 40

**Figur 1.7.9**

De introduserte algene japansk drivtang (*Sargassum muticum*) t.v., og japansk sjølyng (*Heterosiphonia japonica*) t.h., har hatt en voldsom spredning langs kysten av Sør-Norge i de senere år. The introduced Japanese algal species *Sargassum muticum* (left) and *Heterosiphonia japonica* (right) have become abundant along the Norwegian south coast in recent years.

**Figur 1.7.10**

Gjennomsnittlig antall 0-gruppe torskefisk (øvre figur) og eldre torskefisk (nedre figur) tatt per strandnottrekk i perioden 1989–2005 på stasjoner med tidligere sukkertarevegetasjon (sort linje) og stasjoner med annen bunntype (rød linje). Gruppen "torskefisk" består av torsk, sei, lyr og hvitting.

Mean number of 0-group codfish (upper graph) and older codfish (lower graph) per haul of beach seine between 1989 and 2005. The graphs distinguish between stations with *Laminaria saccharina* present (black line) and absent (red line). The codfish group includes cod (*Gadus morhua*), saith (*Pollachius virens*), pollack (*Pollachius pollachius*) and whiting (*Merlangus merlangus*).

Figur 1.7.11

Tett sukkertareskog på en bølgeutsatt lokalitet ved Homborøy utenfor Grimstad våren 2005, etter at stormer har revet vekk den ellers dominerende stortaren. Dense stands of sugar kelp (*Laminaria saccharina*) at a wave-exposed locality at Homborøy, Grimstad, southern Norway, in spring 2005, after winter storms cleared away *L. hyperborea*.



Foto: Frithjof Møy



Figur 1.7.12

“Er det liv – er det håp”. En enslig sukkertareplante har funnet fotfeste på en ellers nedslammet og grå sjøbunn på Terneholmen utenfor Flødevigen, Arendal.

Lokaliteten var tidligere dominert av frodig sukkertarevegetasjon.

A single sugar kelp (Laminaria saccharina) plant observed at Terneholmen, outside Flødevigen, Arendal.

The locality was formerly dominated by dense stands of this species.

arter marine dyr, hvorav flere er viktig føde for fisk. I det nedslammede trådalgesamfunnet som nå erstatter sukkertaren, er det i gjennomsnitt funnet mindre enn 1000 individer på tilsvarende areal og bare rundt halvparten av artene. En sammenligning av forekomster av fisk fanget med strandnot viser noe høyere antall torskefisk fanget på stasjoner med sukkertarevegetasjon enn stasjoner med annen bunntype. Vi kan imidlertid ikke si at endringen i forekomst av torskefisk over tid har vært større på lokaliteter med bortfall av sukkertare enn på andre lokaliteter, selv om dekningsgraden av sukkertare på undersøkte strandnotlokaliteter har gått ned fra gjennomsnittlig 22 % i 1989–91 til 4 % i 2005. Det skal tas forbehold om at strandnotlokalitetene er valgt ut fra andre hensyn enn for studier av sammenhenger mellom fisk og sukkertare. Strandnotfangstene viser store år-til-årvariasjoner, med enkelte sterke årsklasser som går igjen og gjør det vanskelig å si noe om trender over korte tidsperioder. Fangstresultatene tyder imidlertid på en generell nedgang siste ti

år, og etter 2001 er det omtrent ikke blitt fanget eldre torskefisk i strandnottrekkene på disse lokalitetene. Hva dette skyldes vet vi ikke, men det sammenfaller tidsmessig med bortfall av sukkertare.

Håp

Sukkertaren er en meget voksevillig art med evne til rask gjenvekst. Vi har observert at sukkertare under akseptable miljøforhold raskt okkuperer ledig plass, og at den hurtig danner tette skoger på lokaliteter hvor stortare har blitt revet bort i vinterstormer. Dette var spesielt tydelig på eksponert kyst etter stormenes herjinger vinteren 2004–2005. Vi tror derfor sukkertaren har evne til å kunne reetablere seg og bringe sukkertareskogene tilbake om miljøforholdene i skjærgården blir akseptable. Det videre arbeidet vil derfor ha fokus på hva det er som forhindrer sukkertaren i å reetablere seg.

Disappearance of sugar kelp

Stand reductions and disappearance of sugar kelp (*Laminaria saccharina*) has been observed along the south and southwest coast of Norway in recent years. The reductions has been most pronounced in wave protected and semi-sheltered areas, where dense forests of sugar kelp have been largely replaced by carpets of filamentous algae, covered by sediments. The causes and ecological consequences of these vegetational changes are still unknown. Kelp forests are highly productive and diverse communities, providing important feeding and nursery habitats for many species of fish, and their disappearance may thus have negative effects on coastal ecosystems.



Kråkebollene i Porsangerfjorden – å spise eller bli spist

Porsangerfjorden er en prinsesse. Med sine forrevne klipper, sjeldne blomster, frodige åser og kar-rige holmer er hun et Finnmark i miniatyr. Eller Norge på sitt aller vakreste. Men lykken varte ikke evig. En dag rundt ca. 1975 stakk prinsessen seg på en torn. Deretter ble hun langsomt svakere, til hun for ti år siden sovnet helt hen. Tornen, eller rettere sagt piggen, tilhørte en kråkebolle, og det var ikke til å unngå at hun ble stukket, for overalt i fjorden var bunnen dekket med denne piggete skapningen. Kråkebollene spiste opp mesteparten av tang- og tarebeltet, og forvandlet den tidligere så frodige havbunnen til noe nær et marint månelandskap. Deretter ble fisken borte. Fra den tidligere så fiskerike fjorden forsvant i løpet av ti års tid steinbit, rødspette, sild, torsk og sei, for å nevne de viktigste.

Hans Kristian Strand

hans@holmfjord.no
Holmfjord AS

Hartvig Christie

hartvig.christie@niva.no
NIVA

Jim Olav Hansen

jim.olav.hansen@porsanger.kommune.no
Porsanger kommune

Eller var det ikke slik det foregikk? Kanskje var synderen heller selen som vellet seg innover i fjorden på 80-tallet, spiste opp en stor del av fisken og skremte bort resten? Eller kanskje var det fiskernes feil? Overgang til småmaskede garn kan ha vært mer på gytebestandene enn hva godt er, og hva har et til dels intenst snurrevadfiske betydd? Eller ligger problemet i måten vi forvalter fisket på: Kanskje medførte nye reguleringsregimer at det blir fisket uforholdsmessig hardt på fjordbestandene i deres felles beiteområder i utkanten av fjordsystemene?

Nasjonalt laboratorium for fjordøkologi

Spørsmålene synes å utgjøre et fjell, mens de gode svarene foreløpig er så få at de kan få plass i navlen til en mygg. *Porsan-*

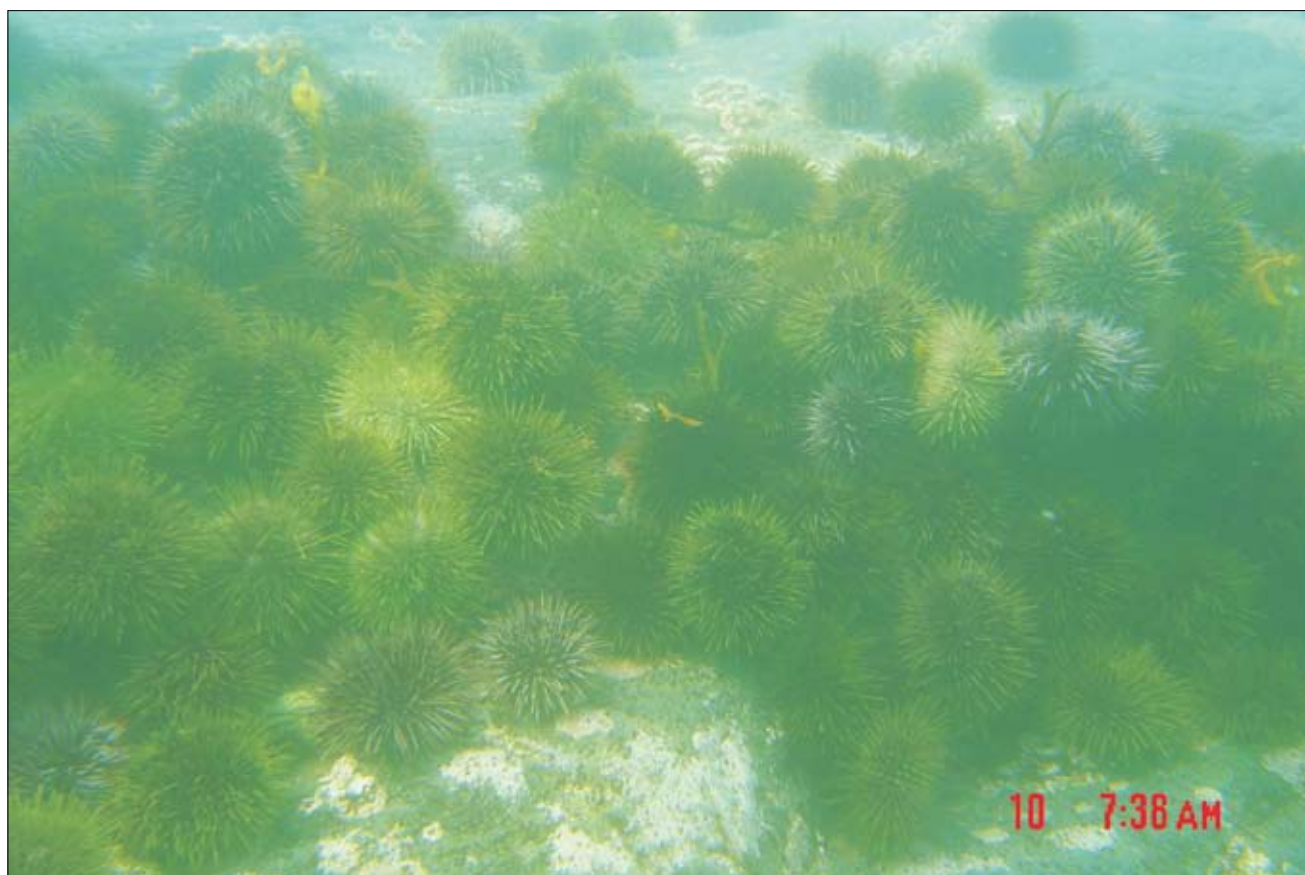
gerfjorden som nasjonalt laboratorium for fjordøkologi er et unikt prosjekt der lokal forvaltning og forretningsliv har gått sammen med landets fremste forsknings-ekspertise på marine økosystemer. Målsettingen er å krympe fjellet av spørsmål, og gjøre svarene så mange og så gode at vi kan iverksette tiltak som på ny gir de ulike fiskeslagene gode levekår i fjorden. Underveis vil det også bli utviklet ny, spennende næringsvirksomhet basert på kråkebolle, som er en av de artene vi tror bidrar vesentlig til fjordens ubalanse. Således vil de glupske kråkebollene selv bli mat til japanske sushielskere.

Vi er ikke sikre på hvorfor kråkebollene i løpet av en kort periode for omtrent tretti år siden plutselig steg voldsomt i antall fra Trøndelag og nordover. Men antallet økte så raskt at man fikk inntrykk av en invasjon. En populær folkelig hypotese, som riktignok står svakt i dag, har vært at sel, fiskere eller dykkere fanget for mye gråsteinbit, og at dette igjen førte til at det ikke var noen igjen som spiste kråkebolle. Sannsynligvis betyr dødeligheten på de tidligste livsstadiene mye mer for en bestand enn dødeligheten som finner sted når dyrene nærmer seg kjønnsmoden alder. Kanskje var det slik at kråkebollene fikk

Figur 1.8.1

I en intakt tareskog finner mange ulike livsformer både mat og skjulesteder.
Several life forms depend on the kelp forest in their search for food and shelter.





Figur 1.8.2

I Porsangerfjorden finner vi enkelte steder mer enn 100 kråkeboller per kvadratmeter. At some localities in the Porsanger fjord, sea urchins reach a density of more than 100 individuals per square meter.

spesielt gode levekår da den enorme sildebekstanden utenfor kysten brøt sammen mot slutten av 1960-tallet, og sildesnurperne jaktet etter den siste silda langt inne i de nordnorske fjordene. Sild er nemlig glupsk med hensyn til å fortære smådyr, og kråkebollene lever sine første leveuker som frittsvevende små “matpakker” for andre, før de slår seg ned på bunnen. Da silda nesten forsvant, ble levekårene for nyfødte kråkeboller plutselig overmåte gode. Kanskje var dette grunnen, eller kanskje var det klimaforandringer som bikket livsvilkårene over i kråkebollenes favør? Egentlig hadde vi hatt god bruk for en tidsmaskin, slik at vi kunne reise tilbake i tid for å studere fenomenet mens det utviklet seg.

Fra rikt liv til steinørken

Uansett hva årsaken var: I løpet av kort tid ble havbunnen forvandlet til en grå, steinete og naken bunn, overbefolket av kråkeboller der frodige vannplanter tidligere hadde duvet og sugd næringsstoffer ut av det livgivende vannet. Ja, som en omvendt kong Midas forvandlet kråkebollene alt de kom borti til gråstein. Og fjerner man plantene, fjerner man også det eneste leddet i næringskjeden som kan benytte lysenergi til å lage organisk materiale som karbohydrater, fett og proteiner. Sagt på en annen måte, så har kråkebollene gnagd over den navlesnoren som knytter lys og uorganiske næringsstoffer til planter, fisk og myriader av andre høytstående livsformer. Når tare-

skogen først er borte, forsvinner også de små dyrene som holder til der: Steinbityngel, rødspetteyngel, tanglopper etc. Alle disse kan også spise knøtt små kråkeboller med god appetitt.

Det er anslått at kråkebollene har beitet ned 2000 kvadratkilometer tareskog langs kysten av Nord-Norge. Tareskogen er omtrent like produktiv som de tropiske regnskogene. Litt mer vitenskapelig uttrykt, kan man si det produseres over tusen gram karbon per kvadratmeter per år i begge naturtypene. At nedbeiting av tareskogen ikke har fått samme oppmerksomhet som ødeleggelse av regnskogen, skyldes nok delvis at taren vokser under vann og der ved ikke er så lett å få øye på, og delvis at det er kråkebollene som er synderen. Noen finner det formildende at kråkeboller i motsetning til bulldosere er naturlige, selv om resultatet av deres framferd ikke er helt ulikt. Kråkebollene har ikke tynnet jevnt i tareskogen i hele sitt utbredelsesområde. Hadde det bare vært så vel! De lever på grunt vann og liker bølger dårlig. De har derfor konsentrert innsatsen mellom holmer og skjær og inne i fjordene, og latt tareskogen ut mot havet stå temmelig intakt tilbake.

Omfattende puslespill

I prosjektet “Porsangerfjorden som nasjonalt laboratorium for fjordøkologi” er det formulert en hypotese om at fraværet av tareskog inne i fjordene er en vesentlig

årsak til at torsk og andre fiskearter ikke lenger klarer å fullføre reproduksjons-syklusen her. Det har seg nemlig slik at torskelarver og yngel lever de første månedene av livet sitt rimelig frittsvevende i vannmassene. Når høsten kommer, søker imidlertid kysttorsk yngelen ned mot bunnen for å finne mat og gjemmesteder, fra fjæresteinene og ned til 10–15 meters dyp. Det er dette leveområdet som mange steder inne i fjordene i Nord-Norge nå er forvandlet til et månelandskap. Har kraftig reduserte tang- og tareforekomster med tilhørende myldrende smådyrfauna medført at ynglene finner mindre mat og mindre skjul for sine fiender, og derfor blir spist opp, sulter, eller svømmer ut av fjorden til områder hvor tang- og tarebeltet fremdeles er intakt? Puslespillet som har munnet ut i denne problemstillingen er satt sammen av kunnskapsbiter produsert både nasjonalt og internasjonalt, i grunnforskningsmiljøer og ved institutter for anvendt forskning.

“Porsangerfjorden som nasjonalt laboratorium for fjordøkologi” er et prosjekt som har til hensikt å vekke prinsessen

til liv igjen, før hundre år har gått! Først vil vi gå inn og ta ut så mange kråkeboller som mulig i et avgrenset område, og deretter dokumentere hva som skjer når tareskogen sannsynligvis vil komme tilbake. Det er forskernes oppgave, og deres tilstedeværelse og aktive bidrag er et prosjektets vesentligste fortrinn. Kråkebollene som hentes ut går inn i et kommersialiseringsprosjekt, som har til hensikt å forvandle utsultede, verdiløse boller til rognfylte delikatesser som kan selges på det asiatiske markedet. Lykkes vi med dette, har vi skapt en selvfinansierende “kråkebolleryddemaskin”, som beveger seg sakte bortover bunnen og gjenoppretter den økologiske balansen på sin ferd. Nesten som en virkelig kong Midas.

Sel forsterker problemene

Vi kommer ikke unna noen ord om selen. I Porsangerfjorden er det mange av dem, og det er også langt mer kontroversielt å redusere selbestanden enn kråkebollebestanden. Så la det være sagt med en gang: Vi tror ikke selen er hovedårsaken til den økologiske kollapsen. Den forsterker imidlertid problemene som allerede eksisterer, og vi

insisterer derfor på en fornuftig forvaltning av også denne medspilleren i økosystemet. En slik forvaltning forutsetter at vi har kunnskap om hvor mange seler det finnes, hvilke arter vi snakker om, hvor lenge de er i fjorden, og ikke minst hva de spiser.

Selv om det kanskje hadde vært edelt, er ikke hensikten med gjenopplivingen først og fremst å la Porsangerprinsessen henleve sine dager som gammel kammerjomfru. Nei, hun vil bli vekket opp og klargjort for den nye tid: Kunstig anlagte tareskoger med dressert torsk og andre fiskeslag har et formidabelt potensial for å tiltrekke seg kresne og opplevelseshungrige turister. Ny molo og levendelagring av fisk gir oss mulighet til å fly ultraferske produkter fra Finnmark til verdens mest betalingsdyktige markeder ute i den store verden. Og dette er bare begynnelsen.

Skal økosystembasert forvaltning ta spranget ut av festtalene og inn i det virkelige liv, er det viktig at det skapes arenaer hvor kystforskere og havforskere kan møtes for å studere alle leddene i næringskjeden. “Porsangerfjorden som nasjonalt labora-

torium for fjordøkologi” har ambisjoner om å bli en slik arena. Noe liknende som det som nå skjer i Porsanger har ikke tidligere vært iverksatt i Finnmark. Ikke i Norge heller. Og kanskje ikke i hele verden. Kanskje er det en modell som har framtiden for seg. Prosjektet stiller enorme krav til gjennomføringsevnen. Ikke må vi se konturene av et akademisk elfenbeinstårn. Ikke av de grå dressene heller. Og ikke av en lokal særinteresseforening. En ny slagkraftig modell der academia, forvaltning og næring sammen fungerer som et brenn-glass, og samler energi nok til å vekke en prinsesse ut av tornerosesøvn, er det vi må prøve å få til. En modell der kreativitet, humor og pur arbeidsglede driver utviklingen framover. En utvikling mot et Finnmark – der drømmer blir virkelighet!

Figur 1.8.3

De store tetthetene av kråkeboller har snaubeitet berg der det tidligere var rik tarevekst.
Grazing by high densities of sea urchins has almost depleted the rich and productive kelp forest.



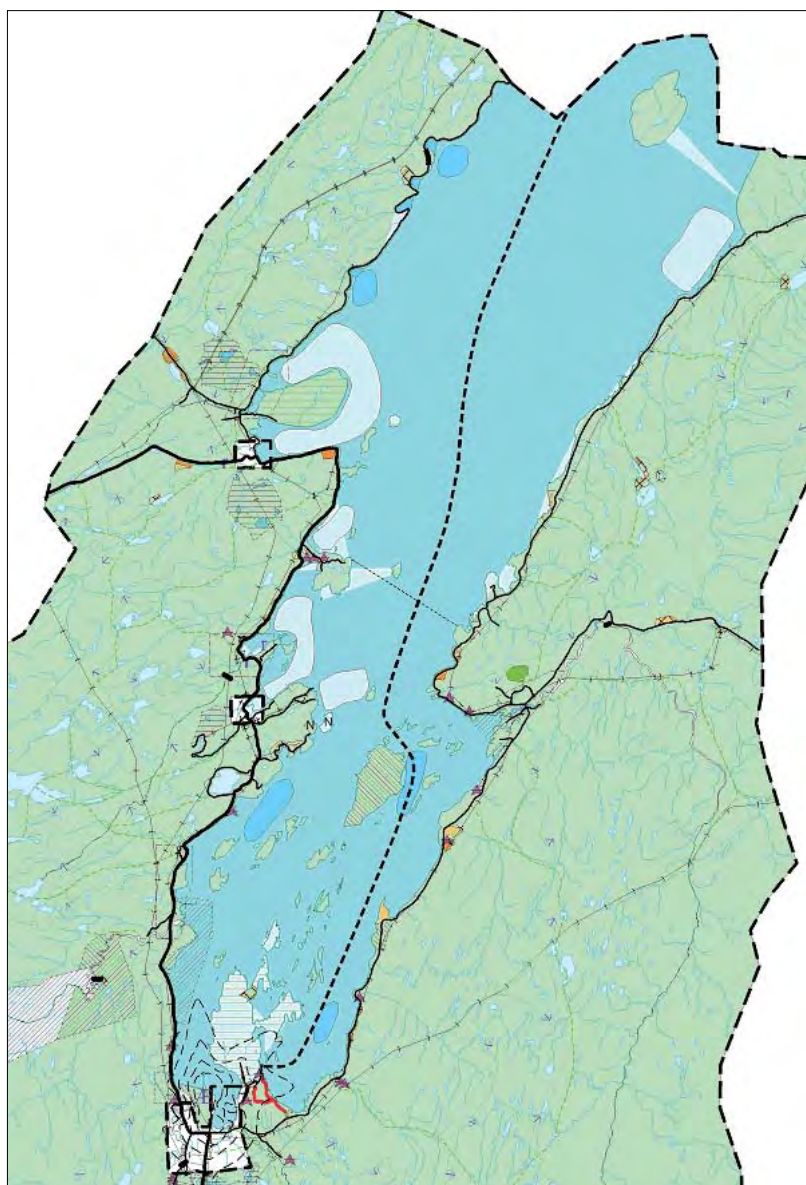
Kråkeboller i Porsangerfjorden

Porsangerfjorden har i likhet med kyst- og fjordområder langs hele kysten fra Trøndelag og nordover blitt invadert av kråkebollearten *Strongylocentrotus droebachiensis* som har forvandlet frodige naturtyper til kråkebolleørkener. Denne arten kalles gjerne grønn kråkebolle, men det fins ulike fargevarianter. Den kan bli 7–8 cm i diameter, og det sies at den kan bli så gammel som oppimot 50 år, men nøyaktig alder er vanskelig å bestemme når de nærmer seg ti år. Kråkebollene gyter tidlig på våren og larvene svever fritt i vannmassene som plankton i ca. to måneder. Da søker de mot bunnen og forvandles til små kråkeboller som kun er en halv mm store. Under gode forhold kan de vokse en drøy cm i året til de når kjønnsmoden alder ca. tre–fire år gamle. De minste kråkebollene kan man finne hvis man leter på gode skjulesteder, men utover sommeren og høsten har mange fiender og konkurrenter gjort at det er få igjen. Paradoksalt nok er det på de nedbeitete områdene at det er minst forekomst av fiender, og sammen med det forhold at kråkebollene ser ut til å klare seg lenge under dårlige næringsbetingelser, kan det være en forklaring på hvorfor nedbeitingsområdene virker stabile over lang tid.

Selv etter over 30 år ser vi at kråkeboller dominerer i tettheter på 30–50 individer per m². Slike tettheter finner vi for det meste på grunt vann. Tettheten avtar ofte fra rundt 5 m dyp og nedover. Regner vi et gjennomsnitt på 20 kråkeboller per m² på det arealet som er anslått nedbeitet, vil en kalkulator anslå at vi har 40 milliarder kråkeboller i Midt- og Nord-Norge.

Ved å telle og måle kråkeboller i Porsangerfjorden fant vi en tetthet av kråkeboller på mellom 30 og 50 per m², et vanlig nivå i de øverste fem m. Ett sted var tettheten over 100, og da kunne man knapt se bunnen. De fleste hadde en størrelse i nærheten av gjennomsnittet på rundt 35 mm, men vi fant kråkeboller på mellom 15 og 70 mm. Vi har gjort en rekke observasjoner og foretatt grundigere undersøkelser på 18 fast avmerkete lokaliteter. Ingen av disse stedene observerte vi frodig vegetasjon av tare eller andre alger, bortsett fra det som vokser i fjæra der kråkebollene ikke kommer til. Det var heller ikke mye fisk å se, kun spredte observasjoner av en og annen yngel av torskfisk ble observert oppe i algebeltet i fjæra, og noen få ulker.

Kråkebollene rensker bunnen for det meste av planter og dyr, men noen sjøstjerner, pyntekrabber, O-skjell, snegl og eremittkreps er ikke uvanlig å observere på disse nedbeitete bunnområdene. Vi har tidligere satt ut små feller for å samle inn snegl



Figur 1.8.4

Porsangerfjorden – Norges nest største fjord målt etter areal og den fjerde lengste om man måler med linjalen. Porsanger fjord. The second largest fjord of Norway, and the fourth longest, if measured by a ruler.

og krepsdyr osv., og har gjerne fått gjennomsnittlig 40 arter og over 500 individer slike dyr per felle. Ved å gjøre tilsvarende i Porsangerfjorden fant vi gjennomsnittlig fem arter og 70 individer, hvorav det meste ble utgjort av små blåskjell. Tareskogen er regnet blant klodens mest produktive økosystemer, og den inneholder meget høye tettheter av små dyr som igjen tiltrekker seg store svermer av små torskfisk utover sommeren og høsten. Av de 18 lokalitetene vi har undersøkt skal ni få være i fred, mens det skal høstes kråkeboller på de øvrige ni. Det skal bli spennende å se om høstingen fører til at tareskog og et rikt økosystem etablerer seg utover i 2006 og videre fremover.

Sea urchins

The fjords in the northernmost parts of Norway are heavily populated with sea urchins. The situation has lasted for approximately 30 years, and the reduction in macro algae production caused by this invasion, has been estimated to about 20 million tonnes annually. Simultaneously to this reduction, there has been a substantial decline in the catches from important commercial fjord populations of fish species such as cod (*Gadus morhua*), plaice (*Pleuronectes platessa*) and wolffish (*Anarhichas lupus*). The kelp and macro algae habitat constitute an important nursery area for juvenile fish. It has been questioned whether the reduction in this habitat type has influenced the recruitment process, or whether it is the high fishing pressure by man or seals that is the most important factor when explaining the reduction in the commercial catches? The Porsangerfjord project will try to solve this out!

Områdevern er ikke en ny “oppfinnelse” i norsk fiskeriforvaltning. Ulike typer vern med ulike formål har vært benyttet over lengre tid. Nå vurderes områdevern innført i forbindelse med oppbygging av den norske hummerbestanden, som det har vist seg vanskelig å beskytte ved hjelp av tradisjonelle regulerings tiltak. Internasjonalt er det stor interesse for arbeid med marine verneområder, MPA-er (Marine Protected Areas).

Jan A. Knutsen

jan.atle.knutsen@imr.no

Thorbjørn Thorvik

thorbjorn.thorvik@fiskeridir.no
Fiskeridirektoratet

Vernebehov og hjemmelsgrunnlag

Det finnes flere mulige tiltak for å verne hummerbestanden. Hjemmelsgrunnlaget for vernetiltak finnes i saltvannsfiskelovens § 4. For å forvalte levende ressurser i havet på en hensiktsmessig måte kan det med medhold i denne loven fastsettes forskrifter om fredningstid og forbud mot fiske og fangst på visse områder og for

visse arter. Et slikt forbud kan avgrensnes til å gjelde visse fiskemetoder og redskaper, slik at bruk av noen redskapstyper fortsatt skal være tillatt. Generelt skal reguleringer i verneområder ikke være mer omfattende enn det vernebehovet tilsier. Men også dette er problematisk, da vernebehovet ofte vil være et spørsmål om i hvilken takt en ønsker en bestand restituert. Her vil mange faktorer komme inn, både av samfunnsøkonomisk og biologisk art.

Områderegulering som vernetiltak

Generelt kan det altså, som nevnt ovenfor, slås fast at områdevern ikke er noe nytt fenomen i norsk fiskeriforvaltning. Trål-

Figur 1.9.1

Hummerbestanden langs norskekysten har i mange år ligget nede på et lavmål, hovedsakelig på grunn av overbeskatning. Nå planlegges det pilotforsøk med vernede områder (MPA-er) for å se om dette kan være et nyttig verktøy i hummerforvaltningen.

The Norwegian lobster stock has for many years been on a minimum level, mainly due to an overtaxing of the resources. Pilot projects are being planned in order to find out whether Marine Protected Areas (MPAs) may be a suitable tool in the lobster management.





Figur 1.9.2

Forskere og fiskeriforvaltere ønsker å beskytte havets kardinal, og håper områderegulering vil vise seg å kunne gi hummeren et bedre vern i fremtiden.

Researchers and fishery managers want to protect the Cardinal of the Sea. Hopefully Marine Protected Areas (MPAs) will secure the Norwegian lobster more effectively in the future.

forbud i kystnære farvann, trålfrie soner, fleksible områder, forbud mot fiske av torsk innenfor fjordlinjer i området nord for 62° N og midlertidig stenging av områder for rekefiske og torsketrål i Barentshavet, er alle eksempler på bruk av områdevern i norsk fiskeriforvaltning. Med tanke på beskyttelse av fiskebestander antas områdevern å ha bidratt sterkt til at størrelsen på viktige bestander i nordlige farvann ikke er blitt sterkere redusert; spesielt gjelder dette effekten av midlertidig stenging av områder for tråling etter bunnfisk og reke.

Gitt at flere viktige bestander i norske farvann er i en dårlig biologisk forfatning, vil vernede områder i en eller annen form kunne være et høyst aktuelt forvaltningstiltak i de kommende år. Uer, blåkveite og kysttorsk i området nord for 62°N er bestander som det kan være aktuelt å styrke ved

hjelp av slike ordninger. Det samme gjelder torsk sør for 62°N samt hummer langs store deler av norskekysten, der vernede områder kan være ett av flere aktuelle forvaltningstiltak som del av en gjenoppbyggingsplan.

MPA – definisjoner og effekter

Vernede områder som reguleringsstiltak er for tiden mye diskutert internasjonalt og blir ofte definert som *Marine protected areas* (MPA-er). Hva som faller inn under begrepet MPA er det imidlertid noe ulike oppfatninger om. Forvirrende nok foreligger også ulike definisjoner av begrepet. Imidlertid vil de aller fleste akseptere at det også kan foregå aktiviteter/fiskerier innenfor et MPA. Utgangspunktet er her, som for de norske reguleringsordningene, at en ikke skal iverksette strengere tiltak enn det behovet tilsier. Fra enkelte er det rik-

tignok hevdet at et MPA innebærer et totalt forbud mot for eksempel fiskeri. Dette vil imidlertid være en så kraftig og generell innsnevring av ordningen at hele begrepet står i fare for å miste sin legitimitet.

I mange land og organisasjoner forsøker en å bruke kategorier av verneområder, definert for eksempel ut fra vernekategoriene til The World Conservation Union (IUCN), Verdens naturvernunion. Dette kan for så vidt være greit som et utgangspunkt når en vil karakterisere et område i relasjon til en type vern. En kommer likevel ikke bort fra at hovedproblemet knyttet til vernede områder (MPA) er å avgjøre hvilke tiltak som trengs for å få til tilfredsstillende vern.

Hvor effektivt MPA er som vernetiltak for de enkelte arter vil variere. Mange av de

undersøkelser som er gjort omkring dette synes i mange tilfeller å dreie seg om relativt stasjonære bestander, og for slike bestander kan MPA være et relevant tiltak. Dette gjelder også for hummer. Ikke overraskende viser et stort antall vitenskapelige publikasjoner at overfiskede bestander gjenoppbygges når fisket opphører. Det må imidlertid legges til at et MPA av strengeste kategori – marine reservater – som praktisk talt innebærer full stopp i alt fiske i et bestemt område, er best egnet for mer stasjonære bestander. For store, vandrende fiskebestander vil denne typen MPA kunne være et mindre egnet forvaltningsverktøy.

Forskning gir grunnlag for optimisme

Internasjonalt har det de siste 20 årene vært gjort en relativt stor forskningsinnsats for å avklare hvilken betydning marine reservater har for marint vern og marin forvaltning av kystområder. Dette finnes det mye faglitteratur om. De potensielle fordelene eller, om man vil, teoretiske ønskeeffektene av marine reservater, er behandlet i flere arbeider. Felles for disse er at de har vurdert effekten av områdevern ved å måle respons i biomasseøkning, størrelse, mengde og artssammensetning. Per dags dato har kun et fåtall studier gitt god dokumentasjon for de teoretiske effektene, og spesielt gjelder dette fra tempererte områder.

Ved gjennomgang av litteraturen fremgår det at det er store metodiske og designmessige utfordringer for å sikre at man blir i stand til å måle de responser som man ønsker, herunder behovet for undersøkelser før det marine reservatet etableres, og likedan parallelle kontrollundersøkelser under forsøkets gang. En svakhet med flere av undersøkelsene er nettopp at det ikke har vært foretatt tilstrekkelige for-undersøkelser før "det marine reservatet" ble etablert, og tilsvarende mangler flere av undersøkelsene parallelle kontrollundersøkelser.

Opprettelse av marine reservater kan med andre ord være et tiltak med stort potensial. Slike områder kan fungere som reservoarer som sprer overskudd av fisk og skaldyr

til omkringliggende områder der høsting er tillatt. Det må således kunne legges til grunn at et MPA som omfatter områder for gytting og oppvekst, vil kunne gi fiskebestander en effektiv beskyttelse.

MPA som reguleringstiltak for hummer

Som kjent er det fastsatt minstemål og fangsttid for hummer. Bestanden er likevel i en så dårlig forfatning at det må iverksettes ytterligere tiltak. Et tiltak som nå foreslås på Skagerrakkysten er fangstforbudsområder. Dette reguleringstiltaket er også kjent fra andre land, bl.a. Sverige. I dette ligger at en vil forby alt fiske av hummer hele året. For å sikre at hummer ikke tas med andre redskaper enn teiner, er det også aktuelt å forby bruk av visse redskaper innen nærmere definerte områder. En slik ordning er i prinsippet ikke noe nytt innen fiskerireguleringene og har vært nyttest for flere arter over lang tid. I en erkjennelse av at tidligere reguleringstiltak ikke har hatt den ønskelige effekt, har imidlertid opprettelse av vernede områder blitt mer aktuelt i senere tid.

Mål for etablering og oppfølging av MPA

Ved etablering av MPA-er på norskysten av strengeste kategori, altså marine reservater, er det viktig at det foreligger en klar målsetting for arbeidet. Følgende mål vil være sentrale:

Mål 1:

Vise at MPA kan øke aktuelle bestander innenfor reservatene, og bidra til økt rekruttering utenfor.

Mål 2:

Vise at MPA er et reelt forvaltningsverktøy i relasjon til biomangfoldsperspektivet, habitatsvern, artsvern osv.

Mål 3:

Vise biologisk ønskede effekter av MPA (biomasseøkning, økt gytepotensial, spill-over-effekt, nettotransport av hummerlarver og -yngel, biodiversitetsmål).

Mål 4:

Generere kunnskap om hvordan man skaper forståelse og legitimitet for MPA-er som forvaltningsverktøy blant interessenter som berøres.

Mål 5:

Kartlegge hvordan kystfiskere og andre berøres av opprettelse av MPA.

Mål 6:

Utvikling av metoder for hvordan Lokal Økologisk Kunnskap (LEK) kan brukes for etablering av MPA.

MPA bedrer utsiktene for bestanden

Erfaringene viser at tradisjonelle reguleringstiltak ikke har gitt hummerbestanden i norske farvann tilstrekkelig vern, og bestanden er i dag på et mye lavere nivå enn ønskelig både ut fra biologiske og samfunnsøkonomiske hensyn.

Som vist til ovenfor vil vernede områder kunne være et virkningsfullt tiltak for en stasjonær bestand som hummer. Eventuelle forsøk på Skagerrakkysten fra 2006 sammen med informasjon om vernede områder for hummer i andre land, vil være viktige erfaringer å ta med i det videre arbeidet. I forhold til å øke og gjenoppbygge hummerbestanden i norske farvann, vil det i framtiden kunne bli aktuelt med flere og større vernede områder.

MPA – important tool in future management

Marine Protected Areas (MPAs) is a promising tool for preventing overexploitation of marine biological resources. However, there are still a few MPAs in temperate waters. Recently, Norwegian Directorate of Fisheries has encouraged the establishment of lobster MPAs in the Skagerrak, indicating use of various strategies in the management of biological resources in the coastal zone.

Gytefeltene til de store kommersielt utnyttede fiskebestandene vest og nord i Norge, slik som nordøstarktisk torsk og norsk vårgytende sild, er godt dokumentert. Tilsvarende kunnskap er meget begrenset for mindre, kystnære fiskebestander og en hel rekke ikke-kommersielle arter som vi vet gyter i kystsonen. Den begrensede kunnskapen som finnes om gytefelt langs kysten, bygger derfor ofte på opplysninger fra lokale fiskere og kjentmenn.



* Att pilka upp ett kok torsk går inte för sig under årets första tre månader. Då råder förbud mot allt torskfiske innanför trälgränsen.

Stopp för allt torskfiske – även med handredskap

Nu är det förbjudet att fiska torsk, kolja och lyrtorsk i det bohusslänska kustvattnet innanför trälgränsen. Förbudet gäller allt slags fiske, alltså även handredskap.

Sedan flera år tillbaka är 1 januari datumet då allt torskfiske i Bohuslän innanför trälgränsen blir förbjudet.

Att med pilk, meta, spinnspö eller något annat redskap fånga torsk för att ta med sig hem till stekpannan eller grytan är inte tillåtet under denna tid.

Enligt Fiskeriverkets bestämmelser måste torsk, kolja eller lyrtorsk som fångas innanför trälgränsen under peri-

oden 1 januari till 31 mars omedelbart släppas tillbaka i vattnet.

Anledningen till att de tre arterna fredas i början av året är dels att bestånden är små, dels att det kan finnas lokala, skyddsvärda bestånd som fortplantar sig i fjordarna under denna period.

Den 1 april blir det sedan samtidig premiär för lax, öring, torsk, kolja och lyrtorsk vid Bohuskusten. T.A-n

Halvor Knutsen

halvor.knutsen@imr.no

Jan Atle Knutsen

jan.atle.knutsen@imr.no

Esbjen Moland Olsen

esben.moland.olsen@imr.no

Gyteplasser for kystfisk er vanligvis begrenset til deler av fjorder, bukter og vikar samt områder innenfor og mellom holmer i skjærgården. De er ofte geografisk svært avgrenset og lite variable i utstrekning over tid. Gytefeltenes størrelse varierer i ulike deler av landet. Det kan synes som om de er mindre i utbredelse i sør og mer flekkvis fordelt, enn hva de er i de store fjordarmene vest og nord i Norge.

Kystnære gytefelt – viktige både for fisken og kystfiskerne!

Fisk i norske kystfarvann samles på avgrensede gytefelt når de skal reproducere og føre slekten videre. For noen arter samles tusenvis av gytefisk, mens det for andre arter kan dreie seg om bare et fåtall. Uansett vil egg som gytes spres over større eller mindre geografiske områder og få stor betydning for ulike deler av økosystemet og kystmiljøet, enten dette er et stort område eller kun deler av en enkelt fjord. Gytetidspunkt og gytefrekvens varierer betydelig både innen og mellom ulike arter av fisk. Det samme gjelder avstanden fisken må svømme for å nå gyteplassene. Gyteplassene er nøkkelområder i sjø for alle fiskeslag, ettersom det bare er her gyting kan skje og en ny årsklasse av fiskeyngel kan bli til. Selv om gytefeltene noen år kan flytte seg, forekommer gytingen vanligvis på de samme lokaliteter år etter år. Over tid kan det dermed dannes populasjoner som er genetisk ulike hverandre.

Fisken står tett under gyting, og blir ofte utsatt for beskatning, eksempelvis kan garnfiske i gyteområder ofte gi gode fangster. For en del mindre bestander av kystfisk kan fangst på gytefeltene fort bli svært problematisk. Den harde beskatningen kan tenkes å føre til vesentlig lavere yngelproduksjon og relativt raskt dårligere fiske. I ekstreme tilfeller vil lokale populasjoner kunne stå i fare for å bli truet av rekrutteringsoverfiske ved denne typen intensivt og ukontrollert fiske på gyteområdene. For mange lokale fiskebestander i sørlandsfjordene er dette i dag en realistisk beskrivelse. På vestkysten i Sverige er

fiskebestandene nå så redusert at man har innført totalfredning av torskefisket i perioden 1. januar til 31. april. Forbudet gjelder for både fritidsfiskere og yrkesfiskere og alle redskapstyper, til og med håndsnøre (se Figur 1.10.1, som viser et oppslag i Lysekilsposten fra 5. januar i år.)

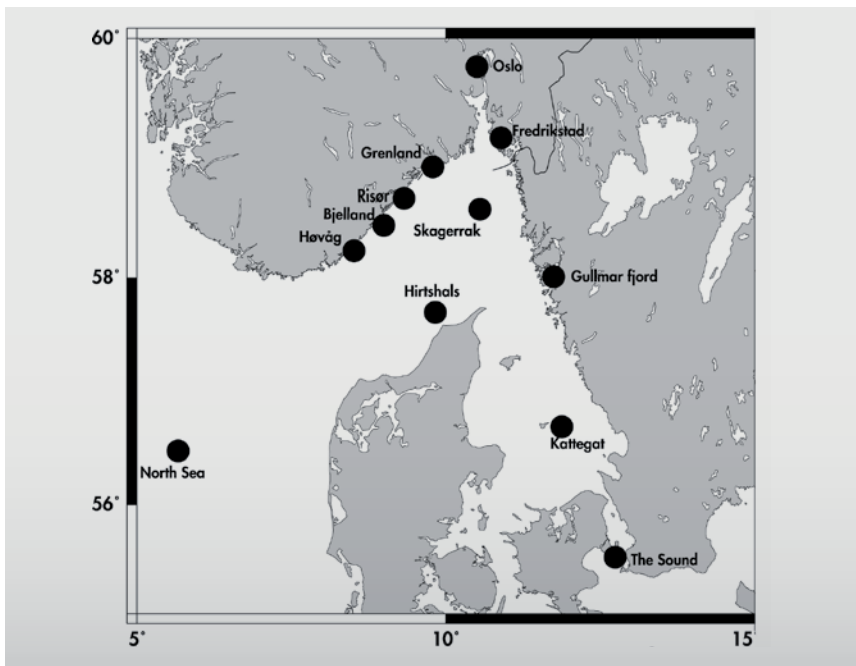
Kunnskap om kysttorsk – overføringsverdi til andre kystarter?

Da vi har lite kunnskap om gytefelt og gyteadfærd for mange arter av fisk på kysten, kan slik ny kunnskap om kysttorsken ha overføringsverdi til andre fiskearter i kystsonen. Kunnskapen om kysttorsk har spesielt lang historie på Skagerrakkysten, der Forskningsstasjonen Flødevigen ble etablert i 1882. Flere ulike metoder er benyttet til bl.a. å undersøke om torsken består av én eller flere uavhengige populasjoner, og dermed om gytefelt fra ulike fjordsystemer brukes av fisk fra ulike bestander. For det første har en ved hjelp av en rekke merkestudier lært at kysttorsken er meget stasjonær. Nyere forskning basert på bruk av både akustiske og mer tradisjonelle merkedata støtter opp om resultatene fra disse tidligere undersøkelsene.

For det andre har Forskningsstasjonen Flødevigen, i samarbeid med Biologisk institutt ved Universitetet i Oslo, foretatt nye genetiske undersøkelser basert på moderne DNA-teknikker. Gytemoden torsk fra Nordsjøen og kysttorsk (både voksen og ungfisk) langs Skagerrakkysten, fra Høvåg i Vest-Agder til Øresund i Sør-Sverige (Figur 1.10.1) er undersøkt. Generelt viser resultatene at torsk fra ulike lokaliteter genetisk sett skiller seg mer fra hverandre enn individer som kommer fra samme lokalitet. Med andre ord har vi å gjøre med ulike bestander (populasjoner) av kysttorsk i dette området. De gyter lokalt inne i fjordene langs kysten, og grovt sett ser det ut til at hver fjord kan ha sin egen torskebestand. Når det gjelder gytefelt som er viktige i regional og lokal sammenheng, vet vi at mange av dem finnes inne i terskelfjordene. Tersklene bidrar til at pelagiske egg holdes igjen i fjordsystemet og stedeigne populasjoner dannes (Figur 1.10.2). Nyere studier viser at terskeldypet er blant de viktigste faktorene i å bestemme tettheten av egg i ulike deler av fjordsystem, og vi undersøker nå om dette kan være med på å bestemme hvor effektiv en fjord er, hva angår å holde eggene igjen i fjorden.

Figur 1.10.1

Et oppslag i Lysekilsposten fra 05.01.06 forteller om innføring av total stopp i alltorskfiske i farvannet utenfor Bohuslän. The Swedish paper "Lysekilsposten" refers to a decision of a total moratorium concerning coastal cod in the Bohuslän area.



Figur 1.10.2

Kart over Nordsjøen–Skagerrakområdet med posisjoner for genetisk prøvetaking av voksen torsk (svarte prikker). Kysttorsk fra de ulike lokalitetene viste seg genetisk sett å være mer forskjellige enn individer som kom fra samme lokalitet.

Map of the sampled region along the Skagerrak coast. The positions of the sampling sites are identified with solid circles. Atlantic cod from the sampled sites was sub structured into genetically differentiated populations.

Spawning grounds of coastal fish

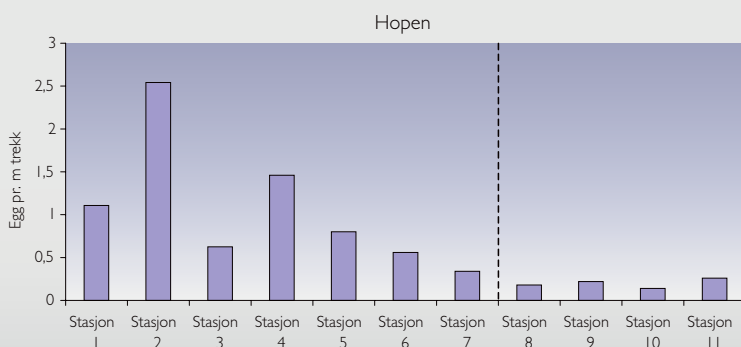
Very limited knowledge exists regarding distribution and ecology of the spawning grounds of fish in the coastal zone. Local fishermen are often the best source for gaining information about such species. Typically they describe that coastal fish are patchily distributed during the spawn-

ing period. Given the lack of detailed information of many non-commercial coastal fish species, information from other more thoroughly studied species like the coastal Atlantic cod may be used as hypothesis generating ideas and for possible ways of studying these species.

Figur 1.10.3

Tetthet av torskeegg i et transekt ut en nordnorsk fjord (Hopen). Y-aksen angir antall egg per meter håvtrekk, og X-aksen forteller at de innerste stasjonene har høyere tetthet av egg enn de ytterste stasjonene. Analyser av mange fjordsystemer i Norge tyder på at terskeldypet (stiplet linje) påvirker fordelingen av egg, slik at det er relativt mye egg innenfor grunne terskler.

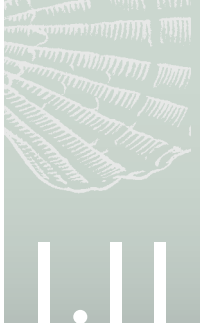
Raw data showing the number of eggs per meter haul (Y-axis: from zero to three) in transects out a Norwegian fjord (left bar on the x-axis denote the innermost station in the transect). The vertical dotted lines show the location of the sill for each fjord. Analyses of multiple fjords seem to support the hypothesis that sills retain eggs inside fjords.



At kysttorsk er delt inn i separate bestander, som bare i liten grad blander seg med hverandre, innebærer at bestandsutviklingen i stor grad påvirkes av lokale forhold. Dette bør tas hensyn til i forvaltningen av kysttorsk, og ved utarbeiding av lokale og regionale planer for kystsonen. Spesielt bør fisketrykket tilpasses rekrutteringsgrunnlaget i de lokale bestandene. Viktige lokale gyte- og oppvekstområder bør identifiseres og sikres mot inngrep som ødelegger slike områder for rekruttering av torsk. Overføringsverdien til andre arter kan være stor, da mekanismene som er med på å opprettholde lokale kysttorskbestander også gjelder for andre arter i kystsonen.

Trusler og sårbarhet

Forringelse eller tap av gytehabitat kan tenkes å være en trussel mot opprettholdelse av en del lokale bestander. Få tallige bestander som er avhengig av arealmessig små gyteområder med begrenset vannutskifting, vil være særlig sårbare. Potensielle trusler mot slike områders økologiske funksjon som gytefelt, er utslipp av næringssalter og organisk stoff som bidrar til redusert oksygeninnivå. Utbyggingstiltak, inkludert mudring og dumping av mudder, kan også innebære risiko for tap av gytehabitat og oppvekstområder for fiskeyngel. Vi vet foreløpig lite om bestandsstruktur og -størrelse av stedege arter langs kysten. Naturlig nok er det gjort flest studier av torsk, som vi vet er delt opp i lokale bestander med til dels liten geografisk utstrekning. Om ungfisk fra slike bestander får dårlige vilkår for å vokse opp, vil få nå gytemoden alder og mengden av gytefisk vil kunne avta. Videre kan et uregulert fiske på små, lokale bestander fort få karakter av av overfiske. Vi ser en fare for at flere lokale kystressurser er i ferd med å reduseres til ikke-bærekraftige bestander og over tid kan forsvinne, samtidig som forskere og forvaltning sitter med mangelfull oversikt over og kunnskap om tilstanden.



Lofoten – egnet område for torskeoppdrett?

Genetisk og økologisk påvirkning på ville bestander er en av de viktigste miljøutfordringene ved oppdrett. Selv om omfanget av torskeoppdrett ennå er svært lite i forhold til lakseoppdrett, er det allerede rapportert om større rømmingsepisoder. Sammenlignet med laks er det flere forhold som tilsier at utfordringene vil bli større med torskeoppdrett. Torsk har en annen atferd enn laks, og har lettere for å rømme når det først er hull i merden. Kysttorsk har gyte- og oppvekstområder i de samme områdene som oppdrettsanleggene ligger, uten barrierer. Under normale forhold blir torsk kjønnsmoden etter to år i oppdrett, og genetisk påvirkning kan da skje uten at torken rømmer, ved at befructede egg slippes ut av merden. I en startfase av torskeoppdrett med til dels manglende kunnskap om genetiske og økologiske interaksjoner bør en vente med å legge oppdrett i viktige gyteområder som Lofoten.

Terje Svåsand

terje.svaasand@imr.no

Øivind Bergh

oeivind.bergh@imr.no

Geir Dahle

geir.dahle@imr.no

Lars Hamre

lars.hamre@imr.no

Knut E. Jørstad

knut.joerstad@imr.no

Geir Lasse Taranger

geir.lasse.taranger@imr.no

Paal Arne Bjørn

paal-arne.bjorn@fiskeriforskning.no
Fiskeriforskning

Genetisk påvirkning

Havforskningsinstituttet har siden 1960-tallet gjennomført genetiske studier av torsk sammen med andre forskningsmiljøer.

Studier av genetisk struktur hos torsk

- Genetisk variasjon i blodprotein og ulike antistoffer på 1960-tallet
- Undersøkelser basert på vevsenzym (allozymer) fra 1980-tallet
- Genetiske studier, del av Havbeiteprogrammet PUSH (1990–1997)
- DNA-analyser (*Pan I*) viser klare forskjeller mellom kysttorsk og nordøstarktisk torsk (professor Svein-Erik Fevolden, Fiskerihøgskolen i Tromsø, 1995–2004)
- Storskala kartlegging av kysttorsk langs hele norskekysten (2002–2006), basert både på tidligere og nye DNA-baserte genmarkører

Fra 2002 har Havforskningsinstituttet gjennomført en storskala kartlegging av kysttorsk langs hele norskekysten, basert på tidligere (sju protein-loci) og nye DNA-baserte genmarkører (fem mikrosatellitt-loci og *Pan I*). Over 7000 prøver er samlet inn fra 70 lokaliteter langs hele kysten. De nye analysene bekrefter at det er store genetiske forskjeller mellom nordøstarktisk torsk (skrei) og kysttorsk. Det er stor genetisk variasjon mellom kysttorsk fra ulike områder – særlig mht. nord/sør. Bestanden av nordøstarktisk torsk i Barentshavet er i bra befatning, med et anbefalt uttak for

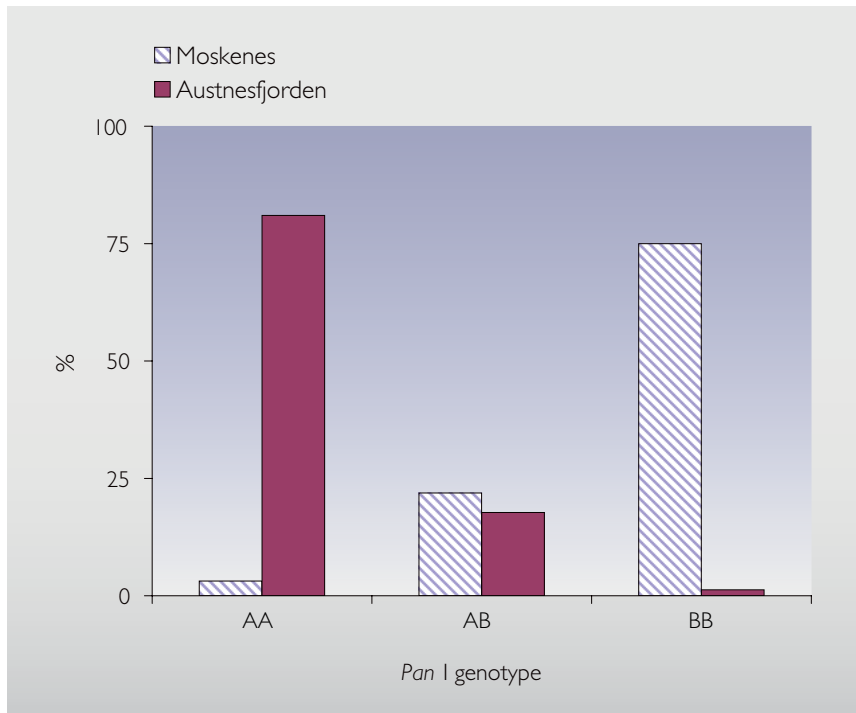
2006 på 471 000 tonn. For kysttorsk har vi registrert minkende bestander de siste ti årene, og anbefalingen er at det ikke fiskes på disse bestandene i 2006.

Ved siden av å være det viktigste gyteområdet for nordøstarktisk torsk, er Lofoten og de tilstøtende fjordområdene viktige gytefelt for kysttorsk. For å kunne hindre at det tas for mye kysttorsk under Lofotfisket, er det behov for effektive metoder for å skille de ulike bestandskomponentene. I 2005 gjennomførte Havforskningsinstituttet et pilotprosjekt under Lofotfisket som viste at *Pan I*-analyser (med kun tre allelkombinasjoner, se Figur 1.11.1 og Kapittel 2.2.1) vil kunne erstatte den mer subjektive og erfaringskrevende avlesningen av otolitter. Undersøkelsene som er gjennomført i Lofoten og på bankene utenfor viser at nordøstarktisk torsk dominerer i fangstene på utsiden, mens kysttorken dominerer oftest i området fra Henningsværstrømmen–Hølla/Austnesfjorden (Figur 1.11.2). Men det er også store variasjoner i blandingsforholdet mellom de to gruppene fra år til år.

Nordøstarktisk torsk er en livskraftig bestand som trolig ikke vil være så utsatt for negativ genetisk påvirkning fra rømt oppdrettstorsk, i alle fall på kort sikt. Kysttorken derimot har i de fleste tilfellene en begrenset vandring, noe som også er vist ved merkeforsøk i Lofoten. Det generelle fiskepresset på kysttorskstammene har vært stort i en årrekke, ikke minst i Lofoten. Dette gjelder i særlig grad når hovedtyngden av nordøstarktisk torsk ikke trekker inn i Vestfjorden, men gyter i de ytre områdene og ute på Røst- og Moskenesbankene. I disse årene er fangstuttaket på innsiden av Lofoten dominert av kysttorsk. Dette er også mye av bakgrunnen for de kontroversielle forslagene om nye reguleringer og fredning i dette området. Fiske på kysttorsk er et viktig grunnlag for mye av bosetningen langs kysten, da de har begrenset vandring og kan fiskes hele året. Utviklingen i kysttorskbestandene har vært så negativ at Det internasjonale råd for havforskning (ICES), gjentatte ganger har anbefalt totalfredning. Det er sannsynligvis disse bestandene som vil være mest utsatt for uheldig genetisk påvirkning fra rømt oppdrettstorsk i fremtiden. Foreløpige data tyder også på at det er flere, genetisk sett ulike stammer, som gyter i Vesterålen, Vestfjorden og Ofotfjorden/Tysfjord.



Figur 1.11.1
Bildet av en prøve med ti individer. De tre forskjellige genotypene med båndmønster AA, AB og BB er markert med pil.
The displayed banding pattern for Pan I for ten individuals, showing the AA, AB and BB genotypes.



Figur 1.11.2
Fordeling av de tre Pan I-genotypene i prøver fra Moskenes og Austnesfjorden tatt våren 2005.
Distribution of the three Pan I genotypes in samples from Moskenes and Austnesfjorden in Lofoten in 2005.

Gyting i merd

Under normale vekstforhold vil mesteparten av oppdrettstorsken bli kjønnsmoden ved toårsalder, og under særlig gode forhold allerede som ettåringer. Oppdrettstorsken blir tidligere moden enn tilsvarende torsk i vill tilstand hvor modningen gjerne først inntreffer mellom tre og åtte år, avhengig av bl.a. vekstforholdene. Det er sannsynligvis den gode fødetilgangen og veksten som forårsaker tidlig modning i oppdrett. Kjønnsmoden oppdrettstorsk kan representere en genetisk trussel mot de ville torskestammene hvis den rømmer fra merdene, eller ved vellykket gyting og befruktning av egg i merdene. Oppdrettstorsk produserer store eggmengder, og en stor bestand av gyttende oppdrettstorsk langs kysten tilsvarer en stor andel gyttede egg i forhold til villtorsk. For å få mer data om effekten av gyting i merd, vil Havforskningsinstituttet i 2006 gjennomføre forsøk hvor en setter ut en stamfiskbestand bestående av genetisk merket torsk i et avgrenset fjordsystem. Bruk av genetisk merket stamfisk mulig-

gjør identifisering av avkom, og dermed kvantifisering av naturlig gyting i merd.

Forskning har så langt vist at vi kan utsette, men ikke stoppe, kjønnsmodning av oppdrettstorsk med lysstyring i merdene. På samme måte som for laks, kan bruk av lys utsette første modning og øke veksten hos oppdrettstorsken. I kar kan vi ved hjelp av lysstyring utsette kjønnsmodningen hos torsk til den er minst tre år gammel. I merd har vi imidlertid så langt bare klart å utsette modningen med rundt fire til seks måneder, slik at selve modningen finner sted om sommeren, i stedet for den naturlige gytesesongen som normalt strekker seg fra februar til april.

Det er foreløpig usikkert om den lysstyrte torskens virkelig slipper egg i merdene når den blir moden i sommermånedene, og eventuelt om disse eggene blir befruktet og kan gi levedyktig avkom. Høye sommertemperaturer forhindrer sannsynligvis torskens gyting, men dette har vi ikke studert ennå. Selv om lysstyring kan bidra til

bedre produksjonsresultat for torskeoppdretterne, og muligens også forhindre eller redusere utslipp av befruktete torskeegg fra merdene, vil slik lysstyring ikke forhindre gyting hos rømt torsk. Torsk ser ut til å rømme lett fra oppdrettsmerdene, og det kan derfor bli behov for alternative teknikker for å hindre kjønnsmodning og gyting hos oppdrettstorsk. Dette kan omfatte produksjon av steril torsk, for eksempel ved triploidisering, som innebærer at fisken har tre kromosomsett, to fra mor og ett fra far. Triploid fisk er normalt helt steril. Den triploide fisken produseres normalt ved at en utsetter eggene for et trykksjokk like etter befruktning, men dette er ennå ikke testet for torsk. Det er også usikkert om triploid torsk vil klare seg like godt i oppdrett som normal torsk.

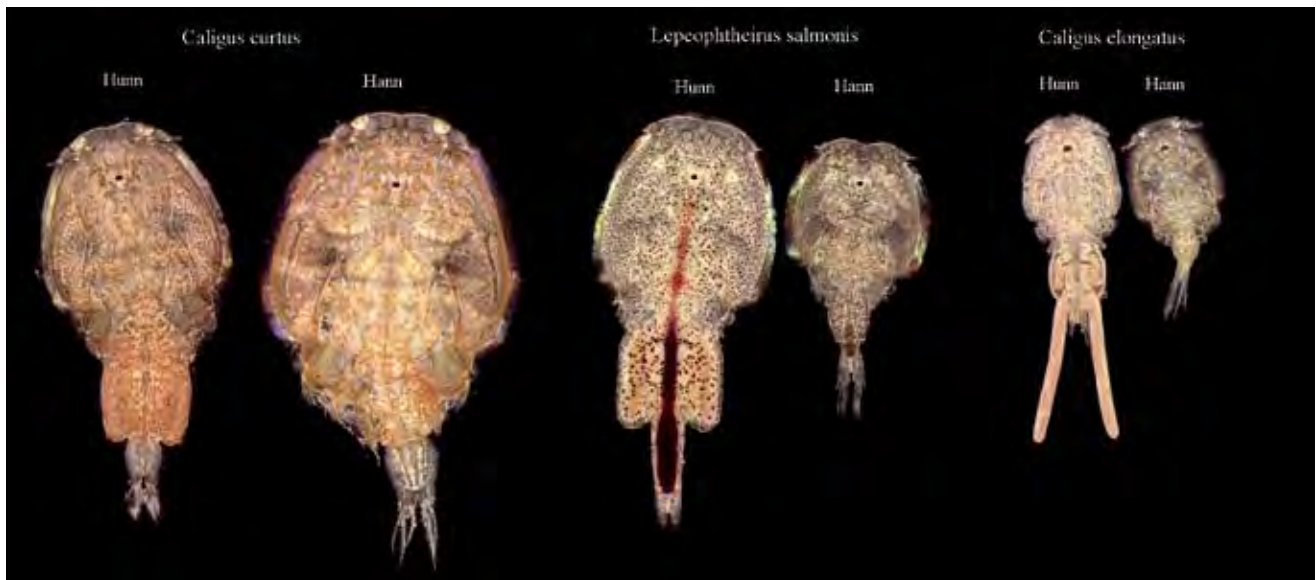
Spredning av patogener fra torskoppdrett

Spredning av patogener fra oppdrettsanlegg til ville bestander kan bli et betydelig miljøproblem. Ikke minst problemene med lakselus har vist at slik spredning kan gi store negative effekter på ville bestander. Spesielle hensyn må tas når oppdrettsanlegg legges i viktige oppvekst- eller gyteområder for villfisk.

Spredning av bakterier og virus

Sykdomsfremkallende mikroorganismer vil ha ulik overlevelsessevne i de frie vannmasser. Frie viruspartikler vil bli mer eller mindre inaktivert av UV-stråler, mens virus som er bundet i organiske partikler i større grad vil kunne bli stabilisert. Det vil også være stor forskjell i overlevelsestid mellom ulike typer virus, siden virus er "konstruert" svært forskjellig fra naturens side. De fleste bakterier som kan forårsake sykdom hos fisk er det vi kaller opportunistisk sykdomsfremkallende, og kan overleve i vann i lengre tid og formere seg utenfor verten. Omkring 1990 ble det publisert flere arbeider som omhandlet bakteriers evne til å tåle sulting, og de konkluderte med at mange slike bakterier kan overleve lenge, både i vannmasser og i sedimenter.

I dag vet vi at bildet er mer sammensatt. Omsetningen av bakterier i naturen kan være høy, og det betyr at bakterier som ikke formerer seg raskt kan minke i antall. De fleste bakterier som kan framkalle sykdom hos fisk er såkalte "opportunist". De har et mye videre sett av overlevelsesstrategier enn det vi finner hos virus eller såkalt "obligat sykdomsfremkallende" bakterier, som bare kan overleve ved å framkalle sykdom hos en vert. Opportunister kan ikke bare overleve uavhengig av verter, de kan ofte utgjøre en del av vertenes normalflora. Det betyr at de er til stede hos friske individer og først utløser syk-



Figur 1.11.3

Fra venstre: torskelus, lakselus og skottelus. Hunner av lakselus er ca. 1 cm lange, og bildet gjengir et noenlunde korrekt størrelsesforhold mellom lusene.

From the left: cod louse, salmon louse and *Caligus elongatus*. Female salmon lice are approximately 1 cm long. The image shows the relative size of the different kinds of lice.

dom når verten svekkes, for eksempel som følge av temperaturendringer, ekstrem sult eller andre former for stress. Mange slike bakterier, for eksempel vibriosebakterien *Listonella (Vibrio) anguillarum* og atypiske furunkulosebakterier (*Aeromonas salmonicida*), er kjent fra mange arter. Også viruset IPNV har et vidt vertsspekter. IPNV er viktig hos laks, og har også vært en viktig dødsårsak i oppdrett av kveite og piggvar. Vi vet lite om slike virus hos villfisk, men det er ikke usannsynlig at de har en vid utbredelse i ville fiskebestander, kanskje også hos torsk.

Nodavirus, kjent fra kveite i Norge, kan også ramme torsk. Blant annet har kanadiske torskeyngeloppdrettere rapportert om betydelige problemer med dette viruset. Sykdommen er sannsynligvis underreportert i Norge, siden påvisning vil medføre båndlegging og alvorlige økonomiske tap for oppdretterne. Det er dokumentert flere andre virussykdommer hos torsk, og all erfaring fra andre oppdrettsarter tilsier at slike problemer vil oppstå. Hvilke effekter dette vil ha på villfisk er det ikke mulig å si noe sikkert om i dag. I områder med høy konsentrasjon av oppdrettsanlegg er risiko for smittespredning fra oppdrett til villfisk størst. Her vil det være viktig å skjerme de viktigste gyteområdene – som Lofoten – for torskoppdrett.

Parasitter

Over 100 forskjellige parasittarter er kjent fra torsk. Noen av disse vil nok forårsake problemer i torskoppdrett. Generelt vil parasitter med direkte smittevei (dvs. uten mellomverter) være de som kan gi størst

problemer. Slike parasitter vil få gode livsbetingelser i et system med høy tetthet av verter – noe som per definisjon finnes i oppdrett. Parasitter med mer kompliserte livssykluser vil i mindre grad gi problemer. I ekstensive og semi-intensive oppdrettsanlegg, der dyreplankton blir brukt som fôr, kan slike parasitter komme inn. Etter hvert som intensive produksjonsmetoder tar over, vil problemet reduseres.

Lus

Lakselus er blitt et kjent begrep for de fleste etter problemene denne parasitten har skapt for oppdrettsnæringen i de senere årene. Mindre kjent er det kanskje at lakselusen har en rekke slektninger, og at de fleste fisk i havet har sine "lus". Når det gjelder torskoppdrett, er det spesielt to arter som kan lage problemer, torskelus (*Caligus curtus*) og skottelus (*Caligus elongatus*). Torskelus finner man på torsk og ulike andre torskefisk som f.eks. lange, lyr, sei og brosmme, mens skottelus er en generalist som man har funnet på mer enn 80 fiskearter fra ulike familier.

En betydelig andel av lakselusen man i dag finner i de frie vannmasser er produsert av lus som sitter på oppdrettsfisk i merd. Vill laksefisk blir derfor utsatt for et langt høyere smittepress enn hva som ville vært tilfelle i et naturlig miljø uten oppdrett. Spørsmålet er da om det samme vil skje med lus på oppdrettstorsk. Et scenario der omfattende torskoppdrett langs kysten er kombinert med at torskelus og/eller skottelus trives i merdene, vil utgjøre en vesentlig økologisk utfordring, ettersom villfisk i merdenes nærrområder vil være naturlige

verter for både torskelus og skottelus. Det er vist at lakselus kan overføre virus fra en fisk til en annen. Om torskelus eller skottelus kan fungere som smittebærere vet vi lite om, men potensialet for en toveis overføring av sykdom mellom villfisk og fisk i merd er til stede. Dette er spesielt aktuelt da både skottelus og torskelus synes å være mer tilbøyelige til å hoppe mellom verter enn lakselusen, og merdene naturlig er omgitt av villtorsk og andre nært beslektede arter.

Ved Havforskningsinstituttet har vi de siste årene undersøkt torskelusens livssyklus og forekomsten av lus på gytetorsk langs kysten. Undersøkelser av garnfanget torsk fra Tromsø til Stavanger har avdekket små forekomster av torskelus. Erfaringer fra laboratoriet viser imidlertid at lusen svært lett faller av fisken ved håndtering, og det er uklart i hvilken grad vi kan stole på data fra fisk fanget i garn. Erfaring tyder også på at denne lusearten forsvinner fort fra infisert fisk som settes i både merd og kar. Det synes derfor klart at torskelusen har en helt annen atferd enn lakselusen, som er tettere bundet til sin vert. Et åpent spørsmål er derfor om torskelusen vil trives i merdene.

Forekomst, økologi og atferd hos torskelus og skottelus er generelt lite undersøkt, og det er vanskelig å spå hva fremtiden vil bringe. Det avgjørende vil være om lusen vil infisere torsk i merd og trives der, og om avkom fra lus på oppdrettstorsk bidrar til økt smittepress for villfisk og annen oppdrettstorsk. Skal vi kunne si noe nærmere om hvilke konsekvenser torskoppdrett

kan ha for spredning av lus, må det legges en innsats i forskning på disse to artene i årene fremover. Først og fremst er det viktig å bringe på det rene om fisk i merd smittes, eventuelt hvor vanlig slik smitte er og hvordan fisken smittes. Er det fullvoksen lus som svømmer gjennom noten og hopper på fisken, eller vokser lusen opp på fisken i merden? Videre må oppdrettsanlegg overvåkes og data samles, slik at en kan oppdage endringer i infeksjonsbildet over tid. Spesielt viktig er også kunnskap om normalsituasjonen i havet og i oppdrettsanlegg før torskeoppdrettet brer om seg, slik at det blir mulig å måle eventuelle effekter av torskeoppdrett. Og denne innsatsen må komme nå, venter vi vil det være for sent. Innen denne kunnskapen er på plass vil det være en god strategi ikke å legge oppdrettsanlegg i torskens viktigste gyteområder.

Kan oppdrettsanlegg påvirke torskens gyteatferd?

Hvordan lakseoppdrettsanlegg påvirker torskens gyteatferd har vært studert i to forskningsrådsprosjekter¹, som har vært gjennomført i samarbeid mellom Havforskningsinstituttet og Fiskeriforskning. Det første prosjektet, hvor Havforskningsinstituttet hadde prosjektansvaret, undersøkte:

- Om torsk tiltrekkes/frastøtes av lukstoffer fra oppdrettsanlegg.
- Om torsk tiltrekkes/frastøtes av lys fra oppdrettsanlegg, og om gonademod-

ning og gytetidspunkt påvirkes.

- Om oppdrettsanleggene påvirker miljøforholdene på feltlokaliteten.
- Kartlegging av torskens vandring i fjordområde med oppdrettsaktivitet.

Et mangelfullt kunnskapsgrunnlag ved oppstart av prosjektet medførte at ressursene måtte spres på mange områder, med det resultat at innsatsen ble for liten til å gi utvetydige svar for flere av delmålene. På det første delmålet (Om torsk tiltrekkes/frastøtes av lukstoffer fra oppdrettsanlegg) oppnådde vi imidlertid klare responser i karstudier. Torsk unngikk vann med lakselukt.

Problemstillingen ble videreført i et nytt prosjekt der Fiskeriforskning hadde prosjektansvaret. Laboratoriestudier våren 2004 bekreftet at torsk fra områder uten oppdrett unngår "laksevann", og at dette også skjer ved svært lave konsentrasjoner. Responser er også spesifikk for vill torsk, siden oppdrettstorsk ikke responderer på lukt av laks, og den er mindre (men fortsatt til stede) hos torsk fra fjorder med oppdrett. Nye resultater fra våren 2005 indikerer dessuten at responsen ikke er artsspesifikk – torsk viser også en aversjon fra kar med "torskevann". Én tolking kan være at laboratoriedesignet er for sensitivt. Feltstudier har imidlertid også vist at fjordtorsk samler seg rundt oppdrettsanlegg for torsk, og at enkelte individer kan være svært stasjonære over lang tid. Det er i tillegg indikasjoner på at oppdrettsanlegg ikke generelt

avskrekker stasjonær fjordtorsk, som tvert imot kan benytte dem som en "ressurs" i hvert fall deler av året. Bestanden av torsk i åpne nordlige fjorder, viser imidlertid en stor grad av dynamikk, og kan i perioder både ha innsig av nordøstarktisk torsk og vandrende kysttorsk ("innsigsfisk"). Det kan derfor tenkes at en i fjorder med intensivt oppdrett, både har lokal fjordtorsk som tiltrekkes av oppdrettsanlegg og "innsigsfisk" på gytevandring som unngår oppdrettsanlegg. Laboratoriestudiene indikerer at denne responsen kan være relatert til "lukt av oppdrettsfisk". Det er derfor viktig at laboratorieresponsene etterprøves i naturlige systemer samt at det blir satt i gang langtidstudier av dynamikken til torsk i fjorder med og uten oppdrettsaktivitet. Slike forsøk bør gjøres før en åpner for oppdrett i viktige gyteområder for torsk.

Konklusjoner

Torskeoppdrett er på full vei til å bli en ny næring, men vi mangler fortsatt viktig kunnskap om miljøeffektene som genetiske interaksjoner, spredning av patogener og økologisk påvirkning på de ville bestandene. Lofoten er det viktigste gyteområdet for nordøstarktisk torsk og et viktig gyteområde for kysttorsk. Fortsatt mangler vi kunnskap om populasjonsstruktur hos torsk i Lofoten. Kunnskap om miljøeffekter og populasjonsstruktur hos torsk, bør styrkes betydelig før en bygger ut torskeoppdrett i Lofoten.

1) For nærmere detaljer, henvises det til sluttrapportene fra prosjektene (http://www.fiskerifond.no/index.php?current_page=prosjekter&subpage=&detail=1&id=95&gid=3;)

Farming of Atlantic cod – prosperous, but not without challenges

Today, farming of Atlantic cod is in the process of becoming an industry. The environmental challenges are many, and need to be dealt with now. It is essential to learn from salmon farming, where the necessary studies of environmental effects were started only after salmon farming had already become an industry. The major environmental challenges for cod farming are genetic interactions with wild cod (including spawning in net pens) and spread of pathogens. Current farming experience has already shown that cod easily escape from even small holes in the net pens, and large escapes have already been reported. Normally, Atlantic cod mature at an age of two years (males one to two years) after hatching, and spawn-

ing in net pens can produce viable offspring that are capable of interbreeding with wild cod in the same way as escaped cod.

The genetic structure of Atlantic cod in Norway will be described on the basis of genetic profiles of more than 7000 cod sampled from 70 sites along the Norwegian coast. There has been a special emphasis on the Lofoten area, which is the main spawning area for the Northeast Arctic cod, and local coastal cod populations. This will provide a baseline for present and future studies of the effects of escaped cod, and for advice on Atlantic cod farming management. The Institute of Marine Research is also doing research in order to prevent the maturation of cod. The effects of spawning in net pens

will be studied in 2006 using a genetically marked broodstock. Control of disease is crucial to success in aquaculture.

In the case of cod, a wide range of disease-causing bacteria, viruses and parasites are known. It has been hypothesized that some of these could cause problems with an increase in cultured cod biomass. In particular, the transfer of pathogenic agents between farmed and wild cod is a potential risk. Interspecies transfer of pathogenic agents is another possibility. Better knowledge about the population structure and environmental effects of cod aquaculture must be strengthened before cod farming are built out in the main spawning area for Atlantic cod in Lofoten.

Nasjonale laksefjorder

Norge har opprettet 37 nasjonale laksevassdrag og 21 nasjonale laksefjorder som ett blant flere tiltak for å sikre de viktigste laksestammene våre. Ordningen, som ble fremmet i St.prp. nr. 79 (2001–2002) “Om opprettelse av nasjonale laksevassdrag og laksefjorder”, ble vedtatt av Stortinget 25. februar 2003. Det ble på samme tid lagt til grunn at ordningen skal suppleres og totalt omfatte om lag 50 vassdrag med tilhørende fjorder.

Arne Sivertsen

arne.sivertsen@dirnat.no
Direktoratet for naturforvaltning

Vill atlantisk laks er oppdelt i et stort antall bestander knyttet til store og små vassdrag med utløp til Atlanterhavet i Europa og Nord-Amerika. Laksen deles inn i tre genetiske hovedgrupper: Baltisk laks i Østersjøen, øst-atlantisk laks i Europa og vest-atlantisk laks i Nord-Amerika.

Villaksbestandene under press

Norge er i dag ett av laksens kjerneområder, både på grunn av det store antall bestander, og fordi de norske bestandene utgjør en betydelig andel av artens totale forekomst. Laksen er i Norge utbredt langs hele kysten fra svenskegrensen i sør til grensen mot Russland i nord. Norge har en

rekke elve- og fjordsystemer med spesielt tallrike laksebestander. Tanavassdraget i Finnmark, som er lakseførende over mer enn 1100 km, står i denne sammenhengen i en særstilling.

Norge har forholdsvis mange bestander med stor laks sammenlignet med andre land, noe som bl.a. bidrar til å gjøre sportsfisket attraktivt. Det genetiske mangfoldet hos norsk laks er stort, både på grunn av at det er så mange bestander, og at de er fordelt over et stort geografisk område med betydelige variasjoner i miljøet.

Myndighetene regner med at den norske laksen i totalt 445 selvreproduserende bestander er tapt i 45 vassdrag, truet av utryddelse i 30 vassdrag og sårbar i 49 vassdrag. Blant vassdragene der laksen



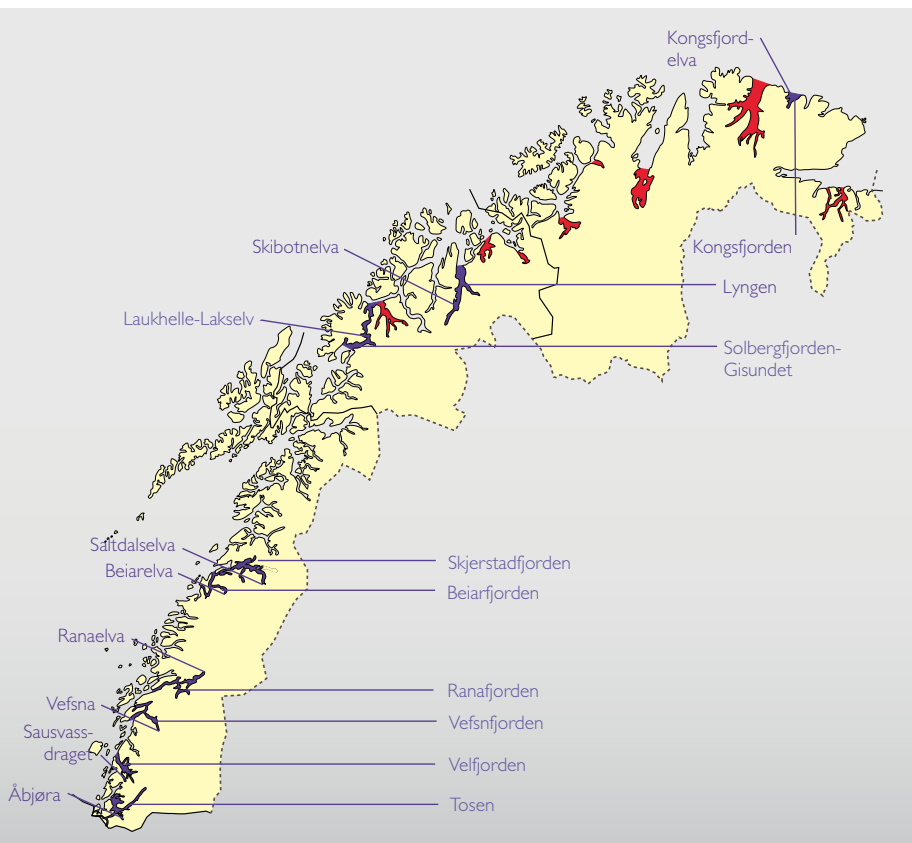
Figur 1.12.1

Vedtatte nasjonale laksevassdrag og fjorder.
Established national salmon rivers and fjords.



Figur 1.12.2
Utredete vassdrag og fjordområder i Sør-Norge. (Merket rødt er allerede vedtatte områder).
Additional proposal of salmon rivers and fjords in Southern Norway. (Areas marked red is already established).

Figur 1.12.3
Utredete vassdrag og fjordområder i Nord-Norge. (Merket rødt er allerede vedtatte områder).
Additional proposal of salmon rivers and fjords in Northern Norway. (Areas marked red is already established).



er utryddet eller sterkt truet finner vi noen av de opprinnelig mest kjente og produktive lakseelver i landet, som Vosso i Hordaland, Lærdalselva i Sogn og Fjordane, Driva og Rauma i Møre og Romsdal, Ognå og Figga i Nord-Trøndelag samt Vefsna i Nordland.

Truet av rømt oppdrettslaks og lakselus

Rømt oppdrettslaks og lakselus fra oppdrettsanlegg har lenge vært ansett som en trussel for villaksen. De nasjonale laksefjordene ble vedtatt i Stortinget ved behandlingen av St.prp. nr. 79 (2001–2002) "Om opprettelse av nasjonale laksevassdrag og laksefjorder" i 2003. I de nasjonale laksevassdragene og laksefjordene skal laksen sikres en særlig beskyttelse.

Rømming

Det er nå godt dokumentert at innblanding av rømt oppdrettsfisk i bestander av vill laks har negative effekter av både genetisk, økologisk og produksjonsmessig karakter. Omfanget og betydningen av de ulike påvirkningene kan variere mellom områder og mellom vassdrag. Generelt vil enkeltstående episoder med oppvandring og gyting av rømt fisk ha mindre effekt enn gjentatte og vedvarende påvirkninger med kontinuerlig oppvandring, slik man har observert i en rekke norske vassdrag over lang tid. Innslaget av rømt oppdrettsfisk i naturen er størst i områder med mye oppdrettsvirksomhet.

En stor innblanding av rømt oppdrettsfisk på gyteplassene vil over tid kunne endre stammens genetiske struktur, med tap av genetisk og biologisk mangfold og med redusert produksjon av vill laks som resultat. Mellom de ulike laksebestandene er det genetiske forskjeller, som over tid vil bli visket ut på grunn av stort tilsig av genmateriale fra rømt laks. Etter noen generasjoner med stadig ytre påfyll av fremmed laks, vil disse bestandene bli stadig mer lik hverandre og samtidig mer lik oppdrettslaksen som donorpopulasjon. Dette er en variant som er avlet fram med sikte på best mulig tilpasning til produksjons- og markedsmessige krav i oppdrettsnæringen, og med mindre genetisk mangfold og redusert tilpasning for overlevelse i naturen som følge. Dermed må en forvente at produksjonen av laks i elvene synker, og at bestandene blir mer sårbare for endringer i miljøet.

Vi har i dag indikasjoner på at 30–50 % av rømmingene skjer som kontinuerlige og vedvarende små drypp på smolt-/postsmoltstadiet. Disse vil ikke kunne fanges opp i rapporterte rømminger. Kjente rømminger utgjør under 5 % av det totale svinn av oppdrettsfisk og minst en fjer-

dedel av svinnet har ukjent årsak. Det er derfor trolig at de reelle rømmingstallene er høyere enn det som fremgår av rømmingsstatistikken.

Lakselus

Lakselus eter på fiskens hud, og dette gir fisken problemer med saltbalansen, ned-satt immunforsvar og kan føre til død eller redusert vekst, eksponering for økt predasjon og endring av fiskens oppholdstid i sjøen. Veksten i oppdrettsnæringen har ført til at lakselus nå har et svært høyt antall potensielle verter i kystfarvannene gjennom hele året. Økt smittepress av lakselus på utvandrende laks har bidratt til økt dødelighet på vill laksemolt. Lakselus vurderes nå som en betydelig potensiell tapsfaktor for villaksbestandene.

Nasjonale laksefjorder

Gjennom vedtaket om nasjonale laksefjorder ble noen av de grunnleggende prinsippene fra de midlertidige sikringssonene (MSL), som ble innført i 1989, videreført. De fleste av de nå vedtatte nasjonale laksefjordene har derfor allerede siden 1989 hatt visse restriksjoner på lakseoppdrett.

De nasjonale laksefjordene fordeler seg langs hele norskekysten (Figur 1.12.1). Valget av nasjonale laksevassdrag og -fjorder bygger på biologiske, kulturelle, rekreasjonsmessige og økonomiske kriterier, derunder en avveining av de positive og negative effektene av tiltakene. Gjennom denne ordningen vil en på en god måte kunne være i stand til å ivareta mer enn tre fjerdedeler av de samlede norske villaksressursene.

Som en del av arbeidet med å ferdigstille ordningen, utredet Direktoratet for naturforvaltning (DN), på oppdrag fra Miljøverndepartementet, ytterligere 27 laksevassdrag og 19 fjordområder. Denne utredningen har vært på høring. Sammenfatning av høringen og DNs anbefaling ble oversendt Miljøverndepartementet i januar 2005. Miljøverndepartementet forbereder nå en proposisjon som legges fram for Stortinget i 2006. (De foreslåtte områdene fremgår av Figurene 1.12.2 og 1.12.3).

Forvaltningsregimet

I St.prp. nr. 79 er det videre angitt beskyttelsesregimer for forskjellige aktiviteter innenfor de nasjonale laksevassdragene og laksefjordene. Vilårene i disse regimene gir viktige føringer for arbeidet med å etablere et forvaltningsregime og overvåkings- og evalueringsprogram for ordningen.

Det tillates ikke oppdrett av anadrome arter matfisk innenfor grensene for nasjonale laksefjorder i følgende fjorder: Svenner-

bassenget, kyststrekningen Jæren–Dalane, Sognefjorden, Nordfjord, Sunndalsfjorden, Romsdalsfjorden, Halsafjorden, Trondhjemsfjorden, Namsenfjorden, Neidenfjorden/Bøkfjorden, Kvæningen, Altafjorden, Porsangen. Oppdrettsanlegg som allerede befinner seg i områder hvor det ikke tillates oppdrett av anadrom matfisk skal innen 1. mars 2011 flyttes til andre områder.

Forvaltningsregimet i nasjonale laksefjorder hvor det tillates oppdrett skal utformes av fiskerimyndighetene og gi en strengere regulering av driften innenfor fjordområder som får status som nasjonale laksefjorder. I laksefjordene skal det bl.a. ikke etableres nye matfiskanlegg for laksefisk, og eksisterende virksomhet skal underlegges særskilte regler for rømmingssikring og helsekontroll. Utformingen av dette forvaltningsregimet med hensyn til oppdrett og samlet oppdrettsbelastning i de beskyttede områdene, vil ha stor betydning for om ordningen med nasjonale laksefjorder vil gi en særlig beskyttelse av villaksstammene slik Stortinget forutsatte.

Overvåking

Etter forslag fra energi- og miljøkomiteen (Innst. S. nr. 134 (2002–2003)), forutsatte Stortinget at ordningen med nasjonale laksefjorder og vassdrag skulle evalueres når det var mulig å vurdere de konkrete effektene, og senest ti år etter at den er opprettet.

Forslag til overvåkingsprogram er derfor utarbeidet. I tråd med de føringer som ble gitt i stortingsproposisjonen (St.prp. nr. 79) skal overvåkingsprogrammet ivareta følgende:

- gi tilstrekkelig kunnskap om bestandsutviklingen
- følge utviklingen av de enkelte påvirkningsfaktorer både i vassdrag og fjorder
- etablere gode rapporteringsrutiner som sikrer en helhetlig oversikt

Et overvåkingsprogram skal både gi grunnlag for en mest mulig effektiv beskyttelse av bestandene og gi tilstrekkelig kunnskap for evalueringen av ordningen.

National salmon rivers and salmon fjords

The situation for the wild salmon is serious throughout the species' entire range.

Threats such as salmon lice and the escape of farmed salmon are considered to have a major negative impact on salmon stocks and the situation calls for action.

Norway has established 37 national salmon rivers and 21 national salmon fjords as one by several measures in order to save the wild salmon (Proposition to the Storting No 79 (2001–2002)). At the same time it is considered necessary to enlarge this protection to approximately 50 rivers with connected fjords. This additional proposal will be put forward to our Parliament in 2006.

In the fjords the protection is directed at salmon farming operations and intervention in the estuaries of the watercourses. A system of national salmon watercourses and national salmon fjords will help protect and strengthen the largest and healthiest salmon stocks.

Sporing av rømt oppdrettslaks – kva no?

Ifølgje fiskeriforvaltinga er det knytt stor uvisse til kor mykje laks som faktisk rømer frå norske oppdrettsanlegg. Kor kjem dei frå, rømlingane, og kva er den relative fordelinga av rapportert og urapportert røming? Fiskeridepartementet tok i 2003 initiativ til oppretting av eit nasjonalt utval (Merkeutvalet) for å greia ut spørsmål knytt til merking av oppdrettsfisk. Initiativet hadde bakgrunn i St.meld. nr. 12 (2001–2002) Reint og rikt hav, og Inst. S. nr. 134 (2002–2003) om oppretting av nasjonale laksevasdrag og laksefjodar. Utvalet konkluderte med at det er to ulike tilnærmingar eller metodar som kan vera eigna for å identifisera rømt laks: “Snutemerking” og “Beredskapsmetoden”. Begge forutset utprøving under kontrollerte norske forhold før ein kan gje klare tilrådingar i høve til presisjon, logistiske forhold og kostnadseffektivitet. Havforskningsinstituttet har no, saman med fleire andre forskingsmiljø og med støtte frå Noregs forskingsråd, innleia arbeidet med å testa ut “Beredskapsmetoden”.

Øystein Skaala

oystein.skaala@imr.no

Vidar Wennevik

vidar.wennevik@imr.no

Kevin Glover

kevin.glover@imr.no

Lovande DNA-identifisering

Innleiane arbeid ved Havforskningsinstituttet har vist at DNA-markørar og nye statistiske testar i mange tilfelle gir høve til å identifisera laks med god presisjon. I eit av prosjekta våre fann vi store skilnader mellom dei største avlslinjene i Noreg, i DNA-profilar basert på 12 DNA-mikrosatellittmarkørar. Undersøkinga viste at laks frå dei fem største avlslinjene i Noreg kunne skiljast med høg presisjon, kring 95 %. Presisjonen i identifiseringa av villaksbestandane var noko lågare, med unntak av Neiden, der presisjonen var 93 %. At Neiden skil seg ut slik, skuldast at stamma tilhøyrer ei nordleg undergruppe av atlantisk laks, som er noko ulik laksen lengre sørover langs norskekysten. Basert på materialet i denne undersøkinga, var det berre 3–4 % feilidentifisering mellom oppdrettslaks og villaks.

I eit sporingsforsøk med laks frå sju smoltgrupper, levte frå fire matfiskanlegg i Hardangerfjorden, lukkast det å identifisera over seks av ti individ til rett matfiskanlegg ved åtte DNA-markørar. Med vidare forbedring av metoden ventar vi å auka presisjonen. Denne metoden gir såleis informasjon om kva anlegg den rømte laksen sannsynlegvis kjem frå, samstundes som

resultata viser kva anlegg rømlingane ikkje kan koma frå. I samband med førekomstar av urapportert røming, tyder dette at fiskeriforvaltinga vil få ein god peikepinn på kva anlegg rømlingane ikkje kjem frå, og ein indikasjon på kva anlegg ein bør setja i verk teknisk kontroll på.

To aktuelle metodar for sporing

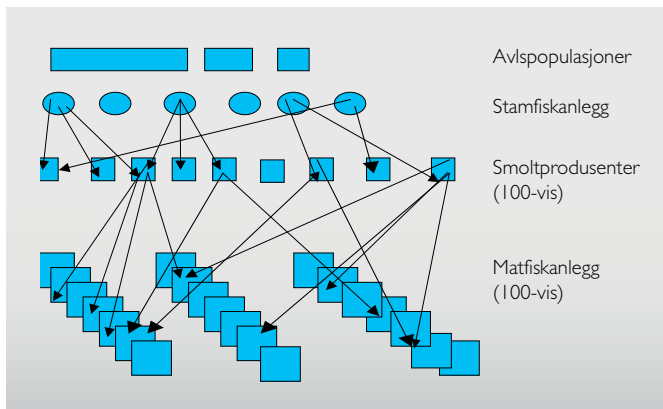
Produksjonskjeda for laks består av fleire ledd: avlspopulasjonar, stamfiskanlegg, smoltproducentar og matfiskanlegg. Smoltproducentane produserer halvtårs- og eittårs-smolt som dei leverer til fleire hundre matfiskanlegg. Avlsstasjonar og stamfiskanlegg leverer også smolt. I kvart produksjonstrinn blir fiskematerialet sortert etter storleik og slått saman i nye grupper for å optimalisera miljø, fiskevelferd og økonomi i anlegget. I praksis tyder dette at avkom frå eit gitt foreldrepar blir fordelt til fleire smoltanlegg og vidare til fleire matfiskanlegg. Dette medfører at det er til lite nytte å etablera databasar med genetiske eller andre opplysningar frå avls- eller stamfiskstasjonar eller smoltanlegg. Når føremålet er å spora rømt laks tilbake til matfiskanlegg, må referanseprøvane skaffast frå kvar matfisklokalitet.

Både fysiske merkeметодar for identifisering via førtilsetjingar, avleiring av kjemiske sporstoff og naturlege kjemiske og genetiske profilar vart vurderte av Merkeutvalet. Utvalet kom fram til at det i dag ikkje finst metodar som er klare for implementering i oppdrettsnæringa, men at to metodar kan tilpassast til føremålet: “Snutemerking” og “Beredskapsmetoden”.



Figur 1.13.1

Rømt oppdrettslaks i fjæra er periodevis eit vanleg syn langs Hardangerfjorden. Her er resultatet av ein times stangfiske vinteren 2005. Escaped farmed salmon are frequently captured along the beaches of the Hardangerfjord.



Figur 1.13.2

Logistikken i produksjonskjeda tilseier at det ikkje er føremålstenleg å utvikla databasar med genetiske eller andre profilar basert på avlspopulasjonar, stamfiskanlegg eller smoltanlegg. Ei merking må truleg skje på kvart matfiskanlegg.

Due to the logistics in the production chain in salmon farming, baseline samples for identification of escaped salmon cannot be collected from brood stocks or smolt producers, when the aim is to identify the sea cage of origin of escapes.

Snutemerking

- Gir informasjon om rømingkjelder også ved mindre omfattande rømingar
- Gir informasjon også om fisk som har vore lenge på rømmen
- Er problematisk i høve til fiskevelferd og marknad
- Mange feilkjelder dersom fisken skal merkast i smoltanlegget
- Forutset betydeleg innsats med merking også av laks som ikkje rømer
- Kostnaden er høg, 1,00–1,30 kroner per fisk pluss tilpassingskostnader
- Årlege kostnader ved merking av all oppdrettslaks er 150–200 millionar kroner.

Beredskapsmetoden

- Nyttar laksen sine naturlege eigenskapar, som DNA, feittsyrer og kjemiske sporstoff
- Medfører ingen tilførsel av merke eller indikator
- Samanliknar den rømde laksen med laks i matfiskanlegg innafor eit geografisk område
- Kan primært nyttast ved større rømingar der laksen vert registrert tidleg
- Aktivitet og kostnader blir berre utløyste ved konkrete episodar
- Er mindre eigna til å gje informasjon om små mengder rømingar, seint oppdaga rømingar, eller til å gje informasjon om laksevandring og geografisk spreiding.

For begge metodane er det ein føresetnad at det føreligg eit effektivt overvakingssystem som både registrerer røming, rapporterer til rette forvaltings- og fagmiljø, og som dessutan kan samla inn prøvar av den rømde fisken og levere desse til avtala laboratorium for rask identifisering.

Kan vi bruka laksen sine naturlege eigenskapar?

Hausten 2004 og vinteren 2005 vart det registrert svært mykje rømt laks i Hardangerfjorden. Noko var rapportert, men tilsynelatande var det også ein god del urapportert rømt laks i fjorden. Fiskeridirektoratet og Direktoratet for naturforvaltning tok i fellesskap initiativ til å etablera eit større pilotprosjekt på sporing og identifisering av rømt laks. Med utgangspunkt i at Hardangerfjorden er ein svært tung oppdrettsregion, der det er etablert eit godt samarbeid mellom næringa og forskingsmiljøa for å redusera problema med lakselus, var det føremålstenleg å gjennomføra eit pilotprosjekt på sporing i dette fjordbassenget i 2006 og 2007.

I prosjektet TRACES (Tracing escaped farmed salmon by means of naturally occurring DNA markers, fatty acid profiles, trace elements and stable isotopes) har fleire forskingsmiljø i samarbeid med næringa og forvaltninga utforma eit forslag for å testa ut metodar for sporing av rømt laks. I prosjektet blir det lagt vekt på å prøva ut metodar som berre nyttar laksen sine naturlege karakterar, som DNA-profilar, feittsyreprofilar og sporstoff. Målet med prosjektet er å testa om ein kan oppnå tilfredsstillande presisjon i identifiseringa ved hjelp av laksen sine naturlege eigenskapar. Styringsgruppa er leia av Fiskeridirektoratet og Direktoratet for naturforvaltning i fellesskap.

Med utgangspunkt i “Beredskapsmodellen” utforma prosjektgruppa våren 2005 eit prosjekt som omfattar ei rekkje genetiske og kjemiske metodar. Noregs forskingsråd



Figur 1.13.3

I prosjektet TRACES blir det lagt vekt på å testa ut identifisering av rømlingar ved DNA-profilar, feittsyreprofilar og sporstoff. Målet med prosjektet er å finna ut om ein kan oppnå tilfredsstillande presisjon i identifiseringa ved hjelp av laksen sine naturlege eigenskapar. In TRACES a number of genetical and chemical methods will be employed to test the precision in identification of escaped salmon by means of naturally occurring traits in salmon and the “Red alert” approach.

har løyvd 5 millionar kroner, som representerer ei viktig støtte til metodeutviklinga i prosjektet. Av denne summen kjem 1 million frå næringa sjølv. Finansieringsbehovet for TRACES, slik det framgår i prosjektutforminga, er imidlertid større. Det gjenstår difor ein del arbeid på finansieringssida før dei aktuelle metodane kan testast ut i full målestokk.

Tracing escaped salmon to its sea cage of origin

According to the Norwegian fisheries management authorities, there is some uncertainty as to the number of salmon that escape from salmon farms. What is the relative proportion of reported and non-reported escapes, and from which sea cages do they originate? In 2003 the Norwegian Ministry of Fisheries and Coastal Affairs took the initiative to establish a national committee to elucidate the best possible methods to identify the sea cage of origin of escaped salmon. The committee concluded that two different methods should be investigated further; “Coded wire tagging” and “Red alert” which is a case-based approach that relies on genetic and chemical signals naturally occurring in salmon. The Institute of Marine Research has now, in close cooperation with a number of research institutions and with financial support from the Norwegian Research Council, developed a project to test the precision in identification based on naturally occurring signals, and the “Red alert” approach.

I mange norske laksevassdrag har det blitt påvist rømt oppdrettslaks sidan slutten på 1980-talet, og i fleire av vassdraga har andelen rømlingar vore høg heilt sidan undersøkingane starta. Dette utløyste tidleg spørsmål om villaksbestandane sine arvelege eigenskapar ville bli endra, og korleis ei slik endring ville påverka overlevingsevna hos villaksen. Eit av dei aller fyrste initiativa til eit nasjonalt møte for å diskutera problema og mulege tiltak, kom frå Miljøavdelinga hos Fylkesmannen i Finnmark i april 1985. Ei medverkande årsak til at akkurat dette fylket var så tidleg ute, var naturleg nok bekymring for dei viktige villaksbestandane der, med Tana som ein av verdas aller største laksepopulasjonar. Det var bakgrunnen for det fyrste nasjonale fagmøtet om miljøeffektar av lakseoppdrett, og ei innleiing til opprettinga av nasjonale laksevassdrag og nasjonale laksefjorlar, tiltak som skal bidra til å sikra villaksbestandar. Det er no ei viktig oppgåve å overvaka genetiske eigenskapar i ville bestandar av laks, slik at vi veit kva bestandar som blir påverka og kva bestandar som er intakte.

Tabell 1.14.1

Observerte genetiske skilnader mellom villaks og oppdrettslaks i nøytrale einskildgenar og i eigenskapar som påverkar overlevinga. *Observed genetic differences between domesticated and wild salmon at neutral single genes and at fitness related traits.*

Øystein Skaala
oystein.skaala@imr.no

Kevin Glover
kevin.glover@imr.no

Vidar Wennevik
vidar.wennevik@imr.no

Villaks og oppdrettslaks – er dei eigentleg så ulike?

I Noreg oppretta ein tidleg egne avlsprogram for laks for å betra laksen sine produksjonsegenskapar og tilpassa han til eit oppdrettsmiljø. Gjennom avlsarbeidet endrar oppdrettslaksen seg frå generasjon til generasjon. For 20 år sidan hadde ein lite kunnskap om korleis rømlingar ville påverka villaksen, i dag veit vi langt meir, og det er godt dokumentert at innkryssing har negative effektar på dei ville laksebestandane. Vi har imidlertid ikkje oversikt over kva laksebestandar som er påverka og kva bestandar som er upåverka av oppdrettslaks. I 2005 vart det også lagt fram vitenskaplege data som antyd at genetisk påverknad frå oppdrettslaks kan skje gjennom andre mekanismar enn direkte innkryssing, ved at smitteutbrot endrar immungenane hos villaksen og hos andre arter.

På landsbasis har den gjennomsnittlege andelen rømt laks i villaksbestandar variert frå 11 til 35 % frå 1989 til 2003, men då med store variasjonar mellom år, regionar og elvar. I nokre villakspopulasjonar, som til dømes i Etneelva i Hordaland, har andelen rømt laks dominert sidan 1989. I kontrast til dette står elvar på Jæren, eit område med lite oppdrettsaktivitet, og svært lite rømlingar i villaksbestandane. Ved undersøkingar av pigment i rogn og yngel som reflekterer ulik diett hos villaks og oppdrettslaks, fann ein tidleg på 1990 talet at rømt laks faktisk produserte levedyktig avkom i fleire elvar. I ei skotsk undersøking fann ein pigment frå rømt laks i 14 av 16 undersøkte elvar, med eit gjennomsnittleg innslag på 5.1 % frå rømlingar. I Vosso

i Noreg vart bidraget frå rømt laks estimert til opp mot 80 %.

Kva veit vi så om endringar i arvelege eigenskapar hos dei ville laksebestandane? Forskarar både i inn- og utland har vore opptekne av dette, i alle fall sidan slutten av 1980-åra. Etter kvart føreligg det atskillege undersøkingar basert på ulike metodiske innfallsvinklar, der ein har freista å svara på spørsmålet. Undervegs har dei molekylargenetiske metodane gjennomgått ei revolusjonerande utvikling, slik at forsøk som blir gjennomførte i dag, har langt større presisjon og informasjonsverdi enn tidlegare undersøkingar. Undersøkingane kan delast i tre grupper avhengig av metodisk tilnærming:

- Samanlikningar av arvelege eigenskapar hos villaks og oppdrettslaks. Dette kan vera variasjonsmengde i spesifikke eigenskapar, anten nøytrale einskildgen eller samansette eigenskapar som påverkar overleving, tilvekst, aggresjon eller åtferd
- Samanlikningar av arvelege eigenskapar i villaksbestandar over tid. Her utformar ein profiler av laksebestandane sitt arvemateriale ved hjelp av DNA frå skjelmateriale innsamla før og etter at rømt oppdrettslaks vart eit problem.
- Eksperimentelle undersøkingar, eller "common garden"-undersøkingar der ein samanliknar vekst, overleving og åtferd hos avkom av villaks, oppdrettslaks og hybridar mellom desse, anten innafor ein del av ein generasjon eller over generasjonar. Dette kan gjerast anten i naturleg miljø eller i forsøkskar.

Ved hjelp av ulike biokjemiske og molekylargenetiske metodar er det vist at rømt oppdrettslaks gyt i elvar. I fleire tilfelle er det også vist at dei arvelege profilane i villaksbestandar har endra seg. Provfør at rømt laks produserte levedyktig avkom vart også funne i Irland ved hjelp av arve-

Eigenskap	Observasjon
Proteinkodande gen	Reduksjon i genetisk variasjon
DNA-minisatellittmarkørar	Sterk reduksjon i genetisk variasjon
DNA-mikrosatellittmarkørar	Sterk reduksjon i genetisk variasjon
Tilvekst	Ungar av oppdrettsfisk veks fortare enn ungar av villfisk
Aggresjon	Ungar av oppdrettsfisk er meir aggressive enn ungar av villfisk
Predatorrespons	Redusert hos ungar av oppdrettsfisk
Veksthormon	Høgare innhald av veksthormon hos oppdrettsfisk enn hos villfisk

lege markørar. I ei av undersøkingane, fann ein også at rømt laks som vandra opp i elva som umoden, overlevde og returnerte ved kjønnsmodning for å gyta i elva. Også langt utanfor det naturlege utbreingsområdet til den atlantiske laksen, i British Columbia, er det vist at rømt atlantisk laks produserer levedyktig avkom.

Lekkasje av avlsmateriale – kva medfører det?

Det er framleis berre gjennomført to empiriske studiar under naturlege miljøtilhøve, som verkeleg evaluerer dei genetiske effektane av at rømt oppdrettslaks kryssar seg inn i villakspopulasjonar. Det eine vart gjennomført i Burrishoole i Irland, det andre i Imsa i Noreg. Inntil seinare tid har det vore avgrensingar i metodane som har vore tilgjengelege for å identifisera genpåverknad frå rømlingar, men med dei nye molekylargenetiske metodane for foreldre-/avkomidentifisering, har det oppstått ein heilt ny situasjon med godt verktøy for å undersøka desse effektane.

Slike “common garden”-studiar i naturlege miljø der ein samanliknar tilvekst, åtfærd og overleving hos definerte familiegrupper av oppdrettslaks, villaks og hybridlar, er ei svært direkte og informativ tilnærming til problematikken. Undersøkingane baserer seg på anten utplanting av lakserogn frå definerte og DNA-identifiserbare familiar av oppdrettslaks, villaks og hybridlar, eller utsetting av kjønnsmodne individ med kjende genetiske profilar i naturleg elvemiljø. Alle individ i ulike livsstadium frå rogn til kjønnsmodning blir identifiserte ved DNA-markørar.

I eit større EU-finansiert prosjekt i Burrishoole, Irland, undersøkte ein tilvekst, overleving og populasjonsdynamikk hos villaks, oppdrettslaks og hybridlar gjennom to generasjonar. Ei stor mengd individ frå mange familiar av villaks, oppdrettslaks,

ulike hybridlar av vill x oppdrett, tilbakekryssingar til vill, og tilbakekryssingar til oppdrett, vart planta ut i tre årsklassar som augerogn ovanfor fiskefella i Burrishoole. Tilsvarande grupper vart sette ut som smolt for å samanlikna gruppene gjennom den marine delen av livssyklusen. Ein omfattande innsats med innsamling og DNA-identifisering av alle individ, vart gjennomført frå yngel til gytefisk som vende tilbake frå havet etter eitt og to år i sjø.

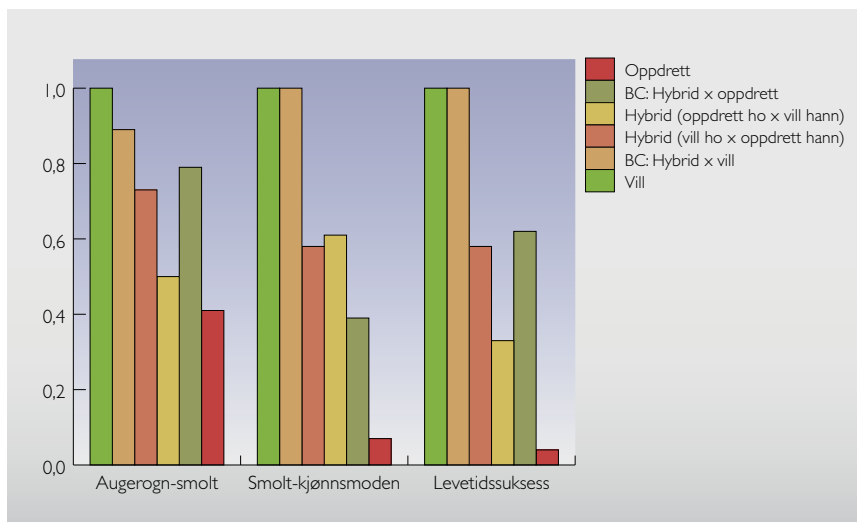
Ikkje overraskande, viste det seg at oppdrettslaksen vaks betre enn villaksen, og at den større oppdrettsparren fortrengde den ville parren nedover elva gjennom konkurransen. I alle tre årsklassar hadde oppdrettslaksen klart lågare representasjon enn villaksen i prøvar av 0+ parr. Sjølv om oppdrettslaksen vaks betre og fortrengde ein del av den juvenile villaksen, var smoltproduksjonen av oppdrettslaks berre høvesvis 34, 34 og 55 % samanlikna med villaksen i dei tre årsklassane. Den gjennomsnittlege gjenfangsten etter sjøopp-haldet var 0.3 % for oppdrettslaksen og 8 % for villaksen. Hybridane viste seg ofte å ha prestasjonar som låg ein stad mellom villaks og oppdrettslaks.

Eit liknande prosjekt vart gjennomført i Imsa, Noreg. I dette prosjektet vart det sett ut kjønnsmodne villaks og oppdrettslaks med kjende genetiske profilar ovanfor fiskefella i Imsa. Dei to gruppene hadde liknande vandringsmønster og valde dei same gytestadane i elva, men ville hannlaks var meir aktive i kurtisering av holaksen enn oppdretthannane var, og hadde dessutan mindre av gonadane att etter gytinga enn oppdretthannane hadde. Gytesuksessen var mykje lågare hos oppdrettslaksen både for hannar (24 %) og hoer (32 %), samanlikna med villaksen. Gjennom ferskvassfasen endra andelen av genotypar seg i disfavour av oppdrettslaksen, og det meste av genmaterialet frå oppdrettslaks var represen-

tert i form av hybridlar, der oppdrettshoer hadde gytt med ville hannar. Undersøkingar av dietten viste ein monaleg overlapp i næringsval, noko som viser næringskonkurranse mellom oppdrettslaks- og villakslungar. Smoltproduksjonen var 28 % lågare enn forventa ut frå rognmengda, og erfaringsgrunnlaget i Imsa med omsyn på relasjonen mellom rognmengde og talet på smolt, er at oppdrettslaksen smoltifiserte og vandra ut tidlegare og ved lågare alder enn villaksen. I motsetnad til resultatata frå Burrishoole-prosjektet, fann ein i Imsa-prosjektet ingen skilnad mellom gruppene med omsyn på marin overleving.

Framleis er det berre gjennomført to slike “common garden”-undersøkingar. Dette er eit tynt grunnlag for generaliseringar, særleg sidan dei to undersøkingane på nokre punkt gir ulike resultat. I prosjektet vårt “*Survival, growth and disease resistance in offspring of domesticated and wild Atlantic salmon and their hybrids*”, byggjer vi på erfaringane frå Burrishoole, ved at familiegrupper av vill og domestisert laks, og hybridlar mellom desse, er definerte. Samstundes som egg av familiegruppene blir planta ut i det naturlege elvehabitatet ovanfor smoltfella i Guddalselva, Hardangerfjorden, er det lagt inn egg frå kvar gruppe ved Havforskningsinstituttet Matre som kontroll for klekking, tilvekst og overleving. Sidan all foreldrefisk er genotypa med DNA-markørar, kan alle individ utplanta som augerogn i elvemiljøet identifiserast til familie. Undervegs er det samla inn juvenil laks av alle dei tre utplanta årsklassane frå elvehabitatet, slik at vi kan samanlikna tilvekst og overleving for dei ulike familiane.

Ved smoltutvandringa over fiskefella, blir all smolt genotypa og identifisert til familie. Resultata så langt tyder på høg overleving av utplanta augerogn, og i løpet av 2006 vil genotypinga også visa korleis tilvekst og overleving har vore for dei ulike familiegruppene. Eit anna spørsmål som prosjektet prøver å svara på, er kva mekanismar som eventuelt fører til skilnad i overleving hos domestisert og vill laks. Er det konkurranse om mat, eller kan det vera mortalitet på grunn av predasjon, eller er det begge deler?



Figur 1.14.1

Overleving og levetidssuksess for gruppene “vill”, “oppdrett” og “hybrid” av atlantisk laks. Resultata representerer gjennomsnittsverdiar over tre årsklassar. Overleving hos vill gruppe er sett til 1.0. (Etter McGinnity og kollegar 2003). *Survival and lifetime success for farmed and hybrid categories of salmon relative to wild salmon.* (After McGinnity et al. 2003).



Figur 1.14.2

I studiar av villaks og oppdrettslaks under naturlege miljøtilhøve er representativ prøvetaking ei stor utfordring. Fiskefellene ved feltstasjonen i Guddalselva sikrar prøvar av all utvandrande laksesmolt og all oppvandrande gytelaks. Ved DNA-identifisering kan vi samanlikna tilvekst, overleving, alder og storleik ved smoltifisering og kjønnsmodning hos villaks, oppdrettslaks og hybridlar. *Representativ sampling is a challenge in experimental common garden studies in natural habitats. The fish traps in River Guddal are a key component in the study of genetic impact on wild salmon from escapes. By DNA identification every individual can be assigned to family and to wild, farmed and hybrid category.*

Er dei norske villaksstammene tapt?

Sidan to undersøkingar har vist at innkryssing av rømt oppdrettslaks medfører redusert overleving hos villaks, var det naturleg å spørja i kva grad norske laksestammer er endra som følge av rømt oppdrettslaks. Som ei innleiande undersøking laga vi DNA-profilar på dei sju laksepopulasjonane Namsen, Etne, Opo, Vosso, Granvin, Eio og Håelva. Til dette brukte vi gamle skjelpørvar og materiale innsamla i nyare tid, etter lengre tids immigrasjon av rømt

oppdrettslaks. Resultata var til dels overraskande. I tre av laksebestandane, Opo, Vosso og Eio i Hordaland, fant vi sikre endringar i dei genetiske profilane over tid. Alle desse bestandane har hatt høge andelar rømt laks over lang tid, så dette var ikkje uventa. Meir overraskande var det likevel at vi ikkje fant endringar hos etnelaks, namsenlaks eller laks frå Granvinelva, som også har hatt høge andelar rømlingar i gytebestandane, permanent eller periodisk. Det er også viktig å merkja seg at i Håelva på



Figur 1.14.3

Ny forskning tyder på at genetiske endringar kan skje ved andre mekanismar enn direkte innkryssing. Immungena hos aure (*Salmo trutta* L.) kan bli endra ved smitteutbrot i oppdrettslaks. *Recent studies suggest that disease outbreaks in farmed salmon can induce changes in immune genes also in trout (Salmo trutta L.).*

Jæren, der det mest ikkje er lakseoppdrett, fann vi ikkje endring i dei genetiske profilane. I denne elva har andelen rømt laks vore svært låg, truleg under 5 %.

Resultata viser at i nokre villaksbestandar er påverknaden frå rømt laks mindre enn ein skulle venta ut frå observasjonar av andelen rømt laks. Framleis har vi mange villaksbestandar som er lite eller ikkje påverka. Det er viktig at vi veit noko om kva bestandar som er påverka, kva bestandar som er upåverka og kva mekanismar som reduserer genpåverknaden frå rømlingar. Resultata understrekar at overvakingsprogrammet knytt til nasjonale laksevassdrag og -fjorlar må omfatta ei overvaking av genetiske profilar i eit utval av laksebestandar. Havforskningsinstituttet har difor initiert eit eige overvakingsprogram for dette, der vi i fyrste rekkje følgjer 12 utvalde villaksbestandar frå Jæren til Finnmark.

Gene flow from escapes reduce survival in wild salmon populations

In many Norwegian salmon rivers, escaped domesticated salmon have been detected for about 20 years. In some rivers the proportion of escaped salmon has been high. This has led to a concern for a negative genetic impact that could possibly reduce the survival rate in wild salmon. Scientists have employed various methods to learn more about the consequences of gene flow from domesticated to wild salmon. Not unexpected, domesticated salmon deviates genetically from its wild counterpart in many aspects. Allelic diversity measured at single genetic loci has been shown to be significantly lower in domesticated salmon. In more complex traits such as growth, aggression and predator avoidance, all known to affect survival in nature, significant differences between domesticated and wild salmon have also been documented. In experimental common garden field studies, survival of hybrids and domesticated salmon has been found to be significantly lower than that of wild salmon, suggesting that gene flow from escapes tends to reduce the fitness of wild populations. More recently, it has been suggested that genetic changes in wild populations can also result from disease outbreaks in domesticated salmon, which also change immune genes in wild salmon and trout. There is a great need to monitor wild salmon and trout populations genetically, to know which populations that are affected and which are not.



Kapittel 2

Kystressurser

Havert

Halichoerus grypus

- ▶ Havert er utbredt på begge sider av Nord-Atlanteren. I Europa finnes den fra Biscaya i sør til kysten av Kola i nord, inkludert i Østersjøen. Langs norskekysten, fra Rogaland til Finnmark, holder den vanligvis til på de ytterste og mest værharde holmer og skjær. Haverten er lett kjennelig med sitt hestelignende hode og sin lange snute. Arten er flokkdyr som danner kolonier, særlig i forbindelse med ungekastning (fødsel) og parring (september–desember) og hårfelling (februar–april). Den er en utpreget fiskepiser med en rekke kystnære arter på menyen, særlig steinbit, torsk, sei og hyse, og er hovedvert for parasitten torskekveis som er et betydelig problem i kystfisket. Havert kan også skape problemer for fiskeoppdrettere ved at den kan spesialisere seg på å hente mat i merdene. Hannene kan bli 2,3 m lange, og veie over 300 kg, hunnene er betydelig mindre, opp til 1,9 m og 190 kg. Alder ved kjønnsmodning er 5–7 år, og dyrene kan bli rundt 35 år gamle.

Kystselene havert og steinkobbe er utbredt langs hele norskekysten, og begge artene beskattes i kvoteregulert jakt. Resultater fra landsdekkende undersøkelser i 2001–2003 indikerte en havertbestand på 5000–6200 dyr (ett år og eldre) basert på en årlig produksjon av rundt 1200 unger. Landsdekkende tellinger, basert på flyfotograferinger av steinkobbe under hårfellingsperioden i 2003–2005, resulterte i et minimumsestimat på ca. 5800 steinkobber.

Kjell Tormod Nilssen

kjell.tormod.nilssen@imr.no

Undersøkelser av bestandsstørrelse

Steinkobbe kartlegges ved flyfotografering i hårfellingstiden (august–september), som er en periode da dyrene ligger mye på land og dermed er tilgjengelige for fotografering. Alle kjente lokaliteter blir undersøkt, og flygingene gjennomføres på en tid på døgnet (særlig i forhold til fløfjære) da det antas at flest sel ligger oppe. Siden det alltid vil være sel som ikke ligger på land, kreves det spesielle undersøkelser av dyrenes adferd i koloniene for at den totale populasjonsstørrelsen skal kunne beregnes basert på flytellingene. Slike data er innsamlet ved bruk av radiomerking og visuelle observasjoner av steinkobbe, men er foreløpig under analysering. Der stedegne forhold gjør flyging vanskelig, må det suppleres med visuelle tellinger.

Ungeproduksjonen til havert estimeres på grunnlag av tellinger, stadiestemmelser og merking av havertunger gjennom båtbaserte feltundersøkelser i alle havertens kastekolonier langs norskekysten. Ved å bruke observerte årlige vekstrater på 6.4–12 % for havertbestander i andre områder, ble det estimert faktorer (4.28–5.35) for omregning mellom årlig ungeproduksjon og bestanden av ett år og eldre dyr (1+).

Bestandstallene for kystsel langs norskekysten er minimumsanslag. Først når det foreligger tidsserier for bestandsestimater, vil det være mulig å utvikle bestandsmodeller hvor også fangst blir inkludert. Slike modeller kan brukes til å beregne

fangstkvoter, og til evaluering av hvordan forskjellige fangstnivåer vil påvirke bestandenes utvikling.

Status for kystselbestandene

Det ble innført nye forskrifter for forvaltning av kystsel i 1996, uten at bestands-situasjonen for steinkobbe og havert var kartlagt. Forvaltningen av kystsel er basert på at det skal gjennomføres landsdekkende tellinger av steinkobbe og havert omtrent hvert femte år.

Steinkobbe forvaltes fylkesvis, men det foreligger ingen genetiske undersøkelser av steinkobbe som kan avklare om det er flere bestander langs norskekysten. I andre land er det funnet at bestander har utbredelsesområder på 300–500 km. Merkeforsøk langs norskekysten kan indikere at utbredelsesområdene for steinkobbe i Norge kan være av samme størrelse. Det er imidlertid nødvendig å gjennomføre genetiske studier for å avklare om det er egne bestander langs norskekysten.

Havert blir forvaltet regionalt innenfor områdene Lista–Stad, Stad–Lofoten og Vesterålen–Varanger. Foreløpige resultater fra DNA-undersøkelsene hos havert i de tre nåværende forvaltningsområder viser en sterk genetisk differensiering mellom alle tre områdene.

I 1994–1998 ble kystselbestandene kartlagt, basert på flyfotografering og i noen områder båtbaserte visuelle tellinger. Undersøkelsene resulterte i minimumsestimater på henholdsvis 7700 steinkobber og 4400 havert langs norskekysten. Disse anslagene var 90 % høyere for steinkobbe og 40 % høyere for havert enn tidligere landsdekkende tellinger i 1960-årene. De høyere tallene skyldes sannsynligvis en kombinasjon av bedre tellemetoder og faktisk vekst i bestandene.

I 2001–2003 ble det gjennomført båtbaserte undersøkelser av havertens kasteområder og ungeproduksjon langs hele kysten fra Finnmark til Rogaland. Dette resulterte i et estimat for totalbestanden på 5000–6200 ett år og eldre havert (1+) basert på en årlig produksjon av nesten 1200 havertunger.

I 2003–2005 ble det gjennomført flyfotograferinger og visuelle tellinger av steinkobbe under hårfellingsperioden langs hele norskekysten. Undersøkelsene resul-

terte i et nytt foreløpig minimumsestimert på ca. 5800 steinkobber.

Reguleringer og fangst

Som følge av sterk beskatning og fare for utryddelse av kystsel i noen områder, ble det i 1973 innført totalfredning av kystsel fravenskegrensen til og med Sogn og Fjordane, og fredning fra 1. mai–30. november fra Møre og Romsdal til Finnmark. Det var imidlertid ingen reguleringer i antall dyr som kunne fanges i det nordlige området. Som en oppfølging av "Landsplan for forvaltning av kystsel" (NOU 1990: 12), ble det 6. mai 1996 vedtatt en ny forskrift for forvaltning av sel på norskekysten. Formålet med den er å sikre livskraftige selbestander langs kysten. Innenfor denne rammen kan selene beskattes som en fornybar ressurs, og bestandene reguleres ut fra økologiske og samfunnsmessige hensyn. Forskriften gjelder sel av alle arter som opptrer langs norskekysten, men er spesielt rettet mot havert og steinkobbe. Fra og med 1997 ble det innført kvoter for fangst av kystsel langs norskekysten.

Havforskningsinstituttet har anbefalt fangstkvoter på 5 % av bestandsanslagene, med mulighet for inntil 30 % økning av den anbefalte kvoten i områder hvor tettheten av kystsel er størst og hvor det kan være konflikter mellom sel og fiskerier. Det anbefales at lokale forekomster under et visst minimumsantall (50 dyr) ikke beskattes. Kvotene blir bestemt av Fiskeridirektøren, som også innhenter råd fra fiskerinæringen og andre næringsaktører gjennom Sjøpattedyrrådet. Fordelingen av kvotene delegeres til Fiskeridirektoratets regiondirektører. Det er tillatt å jakte på steinkobbe i tiden 2. januar–30. april og 1. august–30. september. Havert kan jaktes fra 1. februar–30. september i områdene sør for Stad, og fra 2. januar–15. september nord for Stad.

I perioden 1997–2002 var det bra samsvare mellom anbefalte og fastsatte kvoter. Rapporterte fangster i denne perioden var på 26–93 % av steinkobbekvotene, mens 14–35 % av havertkvotene ble tatt (se Tabell 2.1.1). Fiskeridirektoratet bestemte at kvotene for 2003 skulle økes betydelig



Steinkobbe *Phoca vitulina*

- ▶ Steinkobbe er utbredt i det nordlige Stillehavet og Atlanterhavet, med kolonier langs norskekysten, den nordlige kysten av Kola og Forlandet på Svalbard. Arten oppholder seg helst på litt beskyttede lokaliteter i skjærgården (skjær og sandbanker som tørrelegges ved fjære sjø). Den er et utpregget flokkdyr, kolonier dannes særlig i forbindelse med kasting og parring (juni/juli) og hårfelling (august/september). Steinkobben er fiskespiser, med sei og sild som viktig mat. Enkeltindivider kan lære seg å hente mat i oppdrettsanlegg, og det hender at steinkobber svømmer langt opp i laksevassdrag. Steinkobbe bidrar også til å spre torskeveis. Hannene blir inntil 1,5 m lange og kan veie over 100 kg, hunnene blir noe mindre. Kjønnsmotning inntreffer i 4-årsalderen, og dyrene kan bli rundt 35 år gamle.

i forhold til tidligere år. Etter anbefaling fra Sjøpattedyrrådet ble fangstkvoten for steinkobbe satt til 13 % av bestandsestimert i områder hvor arten er mest tallrik, mens kvotene for havert ble satt til 25 % av bestandsanslaget for alle områder. Disse kvotenivåene ble videreført i 2004, 2005 og 2006. I tillegg ble det innført skuddpremie på havert langs hele utbredelsesområdet og på steinkobbe i Troms og Finnmark. Dette har ført til en økning i fangsten på begge arter, men likevel noenlunde innenfor nivåene for Havforskningsinstituttets anbefalte kvoter (se Tabell 2.1.1). Havforskningsinstituttet har påpekt at dersom den fastsatte fangstkvoten på 25 % av estimert bestandsstørrelse av havert blir tatt, så kan det i verste fall medføre en alvorlig desimering av bestanden, særlig dersom uttaket i vesentlig grad består av kjønnsmodne hunner. Denne vurderingen deles også av Vitenskapskomiteen i NAMMCO (North Atlantic Marine Mammal Commission).

Coastal seals

Coastal seals (grey and harbour seals) are exploited along most of the Norwegian coast by local hunters. Combined aerial photographic surveys and visual countings indicated a minimum stock size in Norway of about 7700 harbour seals and 4400 grey seals in 1996–1998. Ship based investigations resulted in a total estimate of 5000–6200 one year and older (1+) grey seals based on an annual production of about 1200 pups in 2001–2003. Aerial photographic surveys and visual countings resulted in a minimum stock size of about 5800 harbour seals in Norwegian waters in 2003–2005.

Recommended regional quotas are usually set at approximately 5 % of the available abundance estimates. However, the Directorate of Fisheries decided to increase the quotas for 2003 to about 13 % and 25 % of the abundance estimates for harbour and grey seals, respectively. These quota levels were prolonged for 2004, 2005 and 2006. The increased quotas and bounty paid for grey seals in all areas and for harbour seals in Troms and Finnmark counties resulted in increased catches, however, approximately within the levels recommended by the Institute of Marine Research (see Table 2.1.1).

Tabell 2.1.1

Kvoter og fangst av steinkobbe og havert langs norskekysten i 1997–2005. Kvotene anbefales av Havforskningsinstituttet (Fiskeriforskning i 2001–2003) og fastsettes av Fiskeridirektoratet. *Quotas and catches of harbour and grey seals along the Norwegian coast in 1997–2005. The quotas are recommended by the Institute of Marine Research (Norwegian Institute of Fisheries and Aquaculture in 2001–2003) and determined by the Directorate of Fisheries.*

	Steinkobbe			Havert		
	Anbefalt kvote	Fastsatt kvote	Fangst	Anbefalt kvote	Fastsatt kvote	Fangst
1997	230	230	60	260	260	36
1998	242	242	83	267	319	34
1999	288	370	308	268	373	130
2000	380	438	359	625	625	176
2001	473	508	466	285	625	105
2002	504	508	412	285	355	110
2003	511	949	457	355	1186	353
2004	511	949	549	368	1186	302
2005	550	989	614	400	1216	379



Kysttorsk

Gadus morhua

► **Gyte-, oppvekst- og beiteområde:**
Fjorder og kystnære områder.

► **Alder ved kjønnsmodning:**
3–6 år. Kan bli 20 år, men sjelden over 15 år, 1,3 m og 40 kg. Førstegangsgytere kan gi 400 000 egg, de eldste 15 millioner egg.

► **Biologi:** Det finnes flere populasjoner av kysttorsk langs kysten fra Oslofjorden til russegrensen. Andelen kysttorsk øker fra nord mot sør. Mengden øker derimot fra sør mot nord, og om lag 75 % finnes nord for 67°N. Kysttorsk finnes fra tarebeltet til dypere vann ned mot 500 m. Den gyter langt inne i de fleste fjordene eller i sidearmer i større fjordsystem, men også i samme områder som nordøstarktisk torsk.

Kysttorsk bunnskråler på svært grunt vann og vandrer sjelden ned på dypere vann før den er 2 år gammel. Den blir tidligere kjønnsmoden enn nordøstarktisk torsk, vokser hurtigere og vandrer i mindre grad.



■ Utbredelsesområde

Forskning gjennom de siste 10–15 år har dokumentert at norsk kysttorsk er utbredt langs hele kysten fra Oslofjorden til grensen mot Russland, og at hovedmengden befinner seg i området nord for 67°N. Det gjennomføres nå egne bestandsvurderinger for kysttorsk nord for 62°N, basert på fangststatistikk utarbeidet fra 1984 og fram til i dag. Bestanden av kysttorsk er i nedgang og ventes å bli redusert ytterligere i 2006.

Erik Berg

erik.berg@imr.no

Fisket

Det kommersielle fisket etter norsk kysttorsk foregår for det meste med passive redskaper som garn, line og juksa, men en del fanges også med snurrevad og trål (Tabell 2.2.1). Nord for 62°N skilles kysttorsken fra nordøstarktisk torsk ut fra strukturen til vekstsonene på otolitten (øresteinen), eller ved genetiske metoder (Kapittel 2.2.2). Andelen kysttorsk i prøvetakingen brukes til å beregne landet mengde kysttorsk ut fra rapporterte landinger av torsk innenfor 12-milsgrensen. Landingene av norsk kysttorsk nord for 62°N økte i perioden fra 1992 til 1997 fra 42 000 tonn til 63 000 tonn. Etter dette har landingene gradvis avtatt, men økte noe fra 2001 (30 000 tonn) til 2002 (41 000 tonn) (Tabell 2.2.1 og 2.2.2). Landingene i 2003 og 2004 gikk ned til henholdsvis 35 000 og 33 000 tonn. Landinger i 2005 er ennå ikke beregnet. I tillegg til det rapporterte fisket foregår et betydelig urapportert fritids- og turistfiske på kysttorsk. Grove anslag for fritids- og turistfiske i 2003 ligger på omlag 10 000 tonn. Det foreligger ingen tidsserie på urapportert fiske, og dette er derfor ikke tatt med i bestandsberegningen.

Tabell 2.2.1

Landinger (tusen tonn) av norsk kysttorsk fordelt på redskapsgrupper, 1995–2004. Landings (thousand tonnes) of Norwegian coastal cod by fishing gear, 1995–2004.

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Garn	27	29	32	26	19	19	16	17	18	17
Line/jukse	16	15	13	11	10	9	7	15	9	8
Snurrevad	10	12	12	9	8	7	6	3	6	7
Trål	5	6	7	6	3	2	1	6	2	1
Totalt	58	62	64	52	41	37	30	41	35	33

Beregningsmetoder

I perioden 1992–1994 ble det foretatt systematisk akustisk kartlegging av norsk kysttorsk i kystnære farvann og i fjorder i deler av området fra 62°N til russegrensen. Fra 1995 til 2004 er det foretatt årlige undersøkelser i hele dette området.

For årene 1997–1999 ble det også laget foreløpige bestandsestimater av norsk kysttorsk i AFWG (Arctic Fisheries Working Group) i ICES ved hjelp av XSA (eXtended Survivors Analysis) (Figur 2.2.1). I disse beregningene inngår resultatene fra de akustiske kystressurstoktene og de nye fangsttallene basert på splitting mellom kysttorsk og nordøstarktisk torsk ut fra otolitt-type. Fra og med 2000 ble bestandsestimater laget ved hjelp av XSA godkjent av ICES.

Bestandsgrunnlaget

Genetiske studier viser at det finnes flere atskilte populasjoner av kysttorsk med ulik veksthastighet og alder ved kjønnsmodning. Det medfører derfor usikkerhet å betrakte disse populasjonene under ett i bestandsvurderingene. I et føre-varperspektiv er det likevel hensiktsmessig å utarbeide prognoser for kysttorsk nord for 62°N som én bestand i påvente av at bestandsstrukturen kartlegges.

Både toktresultatene og bestandsestimering ved hjelp av XSA viser at bestanden av kysttorsk er sterkt redusert de seneste årene (Figur 2.2.1). Resultatene viser også at årsklassene etter 1997 er under middels (Figur 2.2.2). Bestanden av norsk kysttorsk er redusert fra om lag 300 000 tonn i 1994 til 60 000 tonn i 2005. Gytebestanden ble redusert fra 194 000 tonn i 1994 til 39 000 tonn i 2005. Både totalbestanden og gytebestanden er nå på det laveste nivået som er registrert, og alle årsklassene fra og med 1997 er lavere enn for de foregående

år vi har data for. Med mindre uttaket reduseres kraftig de nærmeste årene, ventes en ytterligere nedgang både i totalbestanden og gytebestanden.

Anbefalte reguleringer

Det er ikke fastsatt biologiske referansepunkter for norsk kysttorsk. På bakgrunn av den negative utviklingen av bestanden anbefalte ICES likevel at det ikke burde fiskes på norsk kysttorsk i 2004 og 2005. Den blandete norsk-russiske fiskerikommisjon har i mange år holdt en fast kvote på 40 000 tonn norsk kysttorsk nord for 62°N. Denne ble redusert til 20 000 tonn for 2004, og for 2005 ble den satt opp til 21 000 tonn (Tabell 2.2.2). ICES anbefalte også for 2006 at det ikke må fiskes kysttorsk, mens Den blandede norsk-russiske fiskerikommisjon på nytt fastsatte en kvote på 21 000 tonn.

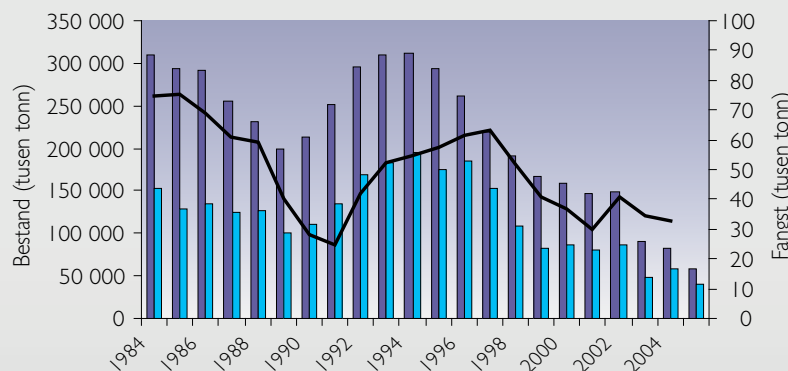
Norsk kysttorsk nord for 62°N og nordøstarktisk torsk fanges i blanding i de samme fiskerier, og i reguleringene blir kvotene for de to bestandene slått sammen. Det betyr at den fastsatte kvoten for kysttorsk i liten grad er styrende for mengden kysttorsk som fanges. For å begrense fisket av kysttorsk ble det i 2005 innført noen nye reguleringer. Disse reguleringene er med små justeringer videreført for 2006. Hovedtanken bak de nye reguleringene er å skyve fisket over fra kysttorsk og mot nordøstarktisk torsk, slik at så mye som mulig av den samlede kvoten blir fylt opp av nordøstarktisk torsk. Dette er tilstrebet ved at kun små båter (mindre enn 15 m) får utøve direkte torskefiske innenfor definerte fjordlinjer, og kun små og mellomstore (mindre enn 21 m) får utøve direkte torskefiske mellom grunnlinjene og fjordlinjene. De største (over 21 m) kan som hovedregel utøve direkte torskefiske med konvensjonelle redskap bare utenfor grunnlinjene. I de områder og årstider hvor innslaget av nordøstarktisk torsk er stort, kan konvensjonelle fartøyer over 21 m utøve torskefiske helt inn til fjordlinjene. Fiske etter annen bunnfisk kan imidlertid utøves med inntil 25 % bifangst av torsk også innenfor disse reguleringslinjene. Det er lite trolig at reguleringene er tilstrekkelige til å stoppe nedgangen i kysttorskbestanden.

Tabell 2.2.2

Norsk kysttorsk. Anbefalt kvote (ICES 1997–2006), avtalt kvote og fangst i tusen tonn, 1997–2005.

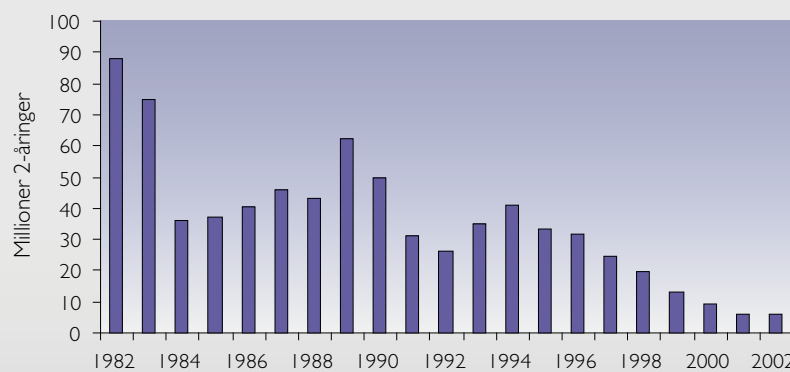
Norwegian coastal cod. Recommended TAC (ICES 1997–2006), agreed TAC and actual catches in thousand tonnes, 1997–2005.

År	Råd fra ICES	Anbefalt TAC	Avtalt TAC	Fangst
1997	Ingen råd		40	64
1998	Ingen råd		40	52
1999	Ingen råd		40	41
2000	Ingen råd		40	37
2001	Redusere F betraktelig	22	40	30
2002	Redusere F i samme grad som for nordøstarktisk torsk	11	40	41
2003	F-2003 = 0.1	5	40	35
2004	Ingen fangst	0	20	33
2005	Ingen fangst	0	21	
2006	Ingen fangst	0	21	



Figur 2.2.1

Bestand (mørke søyler), gytebestand (lyse søyler) og fangst (linje) av norsk kysttorsk, 1984–2005. Stock biomass (dark columns), spawning stock biomass (light columns) and landings (solid line) of Norwegian coastal cod, 1984–2005.



Figur 2.2.2

Norsk kysttorsk. Årsklassenes styrke som 2-åringer, årsklassene 1982–2002. Norwegian coastal cod; year class strength at age 2, year classes 1982–2002.

Norwegian coastal cod

No precautionary reference points have been established for Norwegian coastal cod north of 62°N. The spawning stock is at the lowest observed level and is still declining. The recruitment has been well below average in the period after 1997, and the stock will continue to decline unless the fishing mortality is substan-

tially reduced. ICES has recommended no fishing since 2004. In former years the Joint Norwegian-Russian Fisheries Commission used to set a quota at 40 000 tonnes. For 2004 this was reduced to 20 000 tonnes. For 2006 it is set at 21 000 tonnes. In the Norwegian regulations this quota is combined with the quota for Northeast Arctic

cod. To reduce the catches of coastal cod some special regulations were introduced in 2005, and they will also be in operation in 2006. These regulations aim at reducing the proportion of coastal cod in the combined cod fishery. However they may not be sufficient to halt the decline of the stock.

2.2.1 Genetiske forskjeller mellom skrei og kysttorsk – hvordan identifisere enkeltfisk i blandingsfangster?

Vurderingene av fangstuttak på bestandene av skrei og kysttorsk er avhengige av korrekte identifiseringsmetoder, og dette må videre være grunnlaget for valg av forvaltningstiltak. Et både velkjent og kontroversielt eksempel er torskefisket i Lofoten. Her gyter både kysttorsk og skrei i stort sett de samme områdene og kan derfor tas i de samme fangstene. De siste årene er det gjennomført omfattende genetiske analyser på torsk, både i Lofoten og langs hele norskekysten. De genetiske dataene fra Lofoten-materialet er testet ved hjelp av ulike statistiske programmer for analyse av blandete bestander, og resultatene viste at enkeltfisk kunne bestemmes til skrei- eller kysttorskgruppen med høy presisjon. Disse resultatene var i god overensstemmelse med otolittklassifiseringen. *Pan I* og enkelte av mikrosatellittene var klart best egnet av de undersøkte markørene når det gjaldt individuell identifisering. En utfordring vil nå bli å tilpasse *Pan I*-analysene til feltbruk, slik at metodikken kan brukes om bord i forskningsfartøy eller uavhengig av velutstyrte laboratorier.

Vidar Wennevik

vidar.wennevik@imr.no

Knut Eirik Jørstad

knut.joerstad@imr.no

Geir Dahle

geir.dahle@imr.no

Svein-Erik Fevolden

sveinf@nfh.uit.no

Norges fiskerihøgskole,
Universitetet i Tromsø

Bærekraftig forvaltning av fiskeressurser krever løpende oppdatert kunnskap både om rekruttering og ikke minst uttak i fisken. Her representerer et fiske på blandete bestander en viktig utfordring for fiskeriforvaltningen, både i Norge og ellers i verden. Særlig såkalt svake bestander er utsatt i et fiske der det samtidig høstes av flere bestander. Dette er altså langt på vei tilfellet under Lofotfisket, der skrei (nordøstarktisk torsk) og kysttorsk gjerne inngår i samfengte fangster. Hovedtyngden av kysttorsk gyter vanligvis i de indre områdene som Henningsværstraumen og Hølla utenfor Svolvær, mens skreien oftest dominerer på bankene på utsiden av Lofoten. Her er det imidlertid store variasjoner, og avhengig av temperaturforholdene kan skreiinnsiget enkelte år komme langt inn i Vestfjorden. Hvor stor blanding det er av de to gruppene i fangstene vil derfor variere fra år til år.

Forvaltning av stillehavslaks

Problemer knyttet til fiske på blandete bestander er velkjent for de ulike artene av stillehavslaks. Flere av disse vandrer ut i estuarier og det åpne havet hvor det beiter i de samme havområdene, for deretter å vandre tilbake til den elven de opprinnelig kom fra. Både USA, Canada, Russland og Japan er involvert i utviklingen av forvaltningsregimer for disse artene og deres mange underpopulasjoner. Et kritisk punkt her er å kunne identifisere de enkelte populasjonskomponentene og oppnå størst mulig sikkerhet for at identifiseringen er korrekt. Til å bestemme andelen av enkeltbestander i et blandingsfiske har det i denne sammenheng særlig vært brukt genetisk karakterisering i kombinasjon med utvikling av spesielle statistiske verktøy. Dette arbeidet startet allerede på slutten av 1980-tallet, og

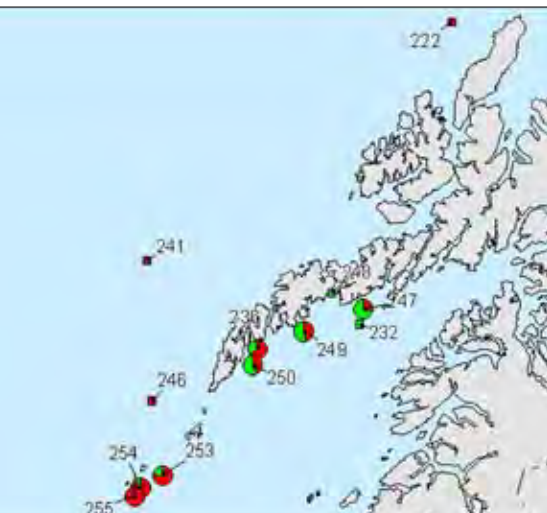
en rekke store laboratorier på Stillehavskysten er involvert. Denne tilnærmingen er videre tatt i bruk i forvaltningen av de ulike lakseartene.

Helt grunnleggende for å kunne bruke genetiske analyser i det som kalles "Genetic Stock Identification" (GSI), er kartlegging av gensammensetningen i de forskjellige bestandene som opptrer i blandingsfangstene i sjøen. For stillehavslaks brukes det prøver av fisk fra de aktuelle elvene, og det er laget en spesifikk genprofil for hver bestand. I starten av dette arbeidet ble det hovedsakelig studert genetisk variasjon i allozymer, men etter hvert har en tatt i bruk DNA-mikrosatellittanalyser. I dag går utviklingen videre mot å bruke såkalte SNP-er ("single nucleotide polymorphism"), som er en mindre genetisk endring i en DNA-sekvens, og disse forekommer relativt hyppig.

Hovedprinsippet for både GSI og den mer moderne utgaven "Mixed Stock Analysis" (MSA) er imidlertid det samme: En blandingsprøve blir analysert ved hjelp av et sett av genmarkører, og de genetiske profilene blir deretter sammenlignet med tilsvarende profiler fra de antatte referansebestandene. Ved hjelp av sofistikerte statistiske metoder (maximum likelihood; Bayes statistikk), beregnes så andelen av hver bestand i den aktuelle blandingsprøven. I noen av metodene, som på engelsk med et fellesnavn kalles "assignment tests" (tilhørighetsanalyser), kan enkeltfisk identifiseres til korrekt bestand. Slike metoder har lenge vært i bruk på stillehavslaks, og i det siste har de også blitt testet med loven- de resultater på torsk i Nordsjøen/Østersjøen og på laks i Østersjøen.

Identifisering av torsk fra Lofoten

I 2002 ble det startet en omfattende genetisk kartlegging av torsk langs norskekysten. Her samarbeidet Havforskningsinstituttet med Norges fiskerihøgskole i Tromsø, og i noen grad også med russiske institusjoner. I perioden frem til i dag er det samlet inn over 7 000 prøver fra 70 lokaliteter langs hele kysten. Materialet er analysert både for de mer tradisjonelle genmarkører (blodproteiner; vevsenzymer) og nye DNA-markører (mikrosatellitter; *Pan I*). Resultatene er for tiden under statistisk behandling.



Figur 2.2.1.1

Fordeling av kysttorsk (grønn) og skrei (rød). Fordelingen er basert på 13 ulike markører (hemoglobin, allozymer, mikrosatellitter, *Pan I*). De fem stasjonene merket som firkanter er stasjoner som ble brukt som referanseprøver (basispopulasjoner) i tilhørighetsanalysene.

Distribution of coastal (green) and Northeast Arctic cod (red). The distribution is based on 13 markers (hemoglobin, allozymes, micro satellites, and *Pan I*). The five stations indicated with a square are the stations used as baseline in the assignment tests.

En vesentlig del av prøvematerialet er tatt i Lofoten i gytetiden, og prøvene som ble samlet inn fra dette området i 2002 og 2003 ble valgt ut for å teste de nye MSA-metodene. Formålet var å se i hvilken grad de kan brukes til å skille mellom kysttorsk og skrei i blandingsfangster. Det ble i alt brukt prøver fra 12 trålhal, hvorav noen var tatt på utsiden (Røstbanken og Moskenesbanken), mens de innerste prøvene var tatt på Hølla utenfor Svolvev og i Henningsværstraumen (Figur 2.2.1.1). I alt ble det analysert for 13 ulike genmarkører, inkludert hemoglobin (HbI), allozymer, mikrosatellitter og *Pan I*. Totalmaterialet ble testet for genetisk differensiering, og for i alt seks ulike genmarkører ble det funnet statistisk sikre (signifikante) forskjeller mellom prøveområdene. Testene på genetisk likevekt i totalmaterialet (Hardy-Weinberg likevekt) viste dessuten betydelige avvik, noe som indikerer at prøvene er tatt fra to eller flere genetisk sett ulike bestander.

Graden av genetisk differensiering i et prøvemateriale og mellom enkeltprøver blir vanligvis angitt ved estimering av såkalte Fst-verdier, som gir et mål for hvor store genetiske forskjeller det er i et prøvemateriale. Disse kan også bestemmes for den enkelte genmarkør og dermed angi hvilke markører som er mest informative med hensyn til å avdekke genetiske forskjeller. I dette testmaterialet var Fst-verdien for *Pan I* (alle prøver) 0,33. Verdien lå svært høyt over tilsvarende verdier for andre markører.

Imaterialet fra Lofoten inngikk ikke "rene" prøver av skrei eller kysttorsk som kunne brukes som referansebestander i de statistiske testene. Tre av trålhalene på utsiden av Lofoten var imidlertid dominert av skrei (otolittanalyser), mens to prøver fra Hølla / Henningsvær hovedsakelig bestod av kysttorsk (angitt med firkanter i Figur 2.2.1.1). Disse prøvene ble derfor benyttet som referanseprøve på henholdsvis kysttorsk og skrei både for "MSA" og individuell identifisering (se Figur 2.2.1.1). De genetiske forskjellene mellom disse to referanseprøvene på skrei og kysttorsk var relativt store, med en gjennomsnittlig (alle genmarkører) Fst-verdi på 0,14. En test på individuell identifisering i dette referansmaterialet viste at 95 % av individene ble korrekt gruppert.

Disse referanseprøvene ble videre brukt til å estimere sammensetningen av skrei og kysttorsk i de andre prøvene. Som vist både i Tabell 2.2.1.1 og Figur 2.2.1.1 øker andelen kysttorsk ettersom prøvene blir tatt lenger og lenger inn mot Svolvev, hvor det var en overvekt med kysttorsk i prøven. De forskjellige statistiske programmene som ble testet med de genetiske dataene, ga alle en klassifisering som var i god overensstemmelse med otolittanalyserne. En vurdering av hvilke markører som hadde størst betydning i de individuelle tilhørighetsanalysene, viste at *Pan I* og to av mikrosatellittene var mest informative.

Fremtidig bruk i forvaltningen?

MSA og individuell identifisering av enkeltfisk til ulike bestander brukes i dag som et viktig verktøy i fiskeriforvaltning, særlig på stillehavslaks. Metodene utvikles stadig, og nye genmarkører (særlig SNP-er) er nå under integrering i forvaltningen.

Bruken av de samme statistiske metodene i analyser av torsk i Lofoten viser helt klart potensialet og mulig anvendelse på marine arter. Et vesentlig element med hensyn til torsk er å etablere mest mulig realistiske og "rene" referanseprøver, både når det gjelder skrei- og kysttorskbestander. Tidligere er det vist at det er store genetiske forskjeller mellom skrei og kysttorsk i *Pan I*-systemet. Dette er fullt ut i overensstemmelse med resultatene beskrevet her, og *Pan I* er klart mest informativ både med hensyn til blandete bestander og den individuelle identifiseringen. I tillegg er flere av mikrosatellittene og til dels også HbI (hemoglobin) informative markører. En utfordring vil nå være å utvikle de tekniske *Pan I*-analysene slik at de blir mer operative, gjerne tilpasset feltmessig bruk. Utstrakt bruk i forvaltningen forutsetter teknisk enkle og ikke minst tidsbesparende metoder der resultatene kan foreligge så raskt som mulig.

Assignment of cod in mixed stocks fisheries

Sustainable management of the fish resources relies upon knowledge recruitment and catches, and fishing on mixed stocks is a challenge for e management. A so-called weak stock is especially vulnerable in a fishery on mixed stocks. Management of the Pacific salmon is a success story about management of mixed stocks, and the method used in this fishery ("Genetic Stock Identification" and the more modern "Mixed Stock Analyses") has also been tested on cod in the North Sea/Baltic Sea region, as well as on salmon in the Baltic. Normally a sample from a mixed stock fishery is analyzed using many genetic markers, and the obtained genetic profiles are then compared with existing profiles from reference or baseline populations. Sophisticated statistical methods (maximum likelihood; Bayes statistics) calculate the proportion of each stock in the mixed sample. Some of the methods (assignment tests) can assign single individuals to the correct stock.

In 2002 a large program was initiated to study the genetic composition of cod along

the Norwegian coast. This cooperation between the Institute of Marine Research, the Norwegian College of Fisheries Science and to some degree Russian institutions resulted in samples of more than 7 000 individuals from 70 locations. The samples are analyzed for both the more traditional markers (hemoglobin and allozymes) and new DNA markers (micro satellites and *Pan I*). Statistical analyses are underway.

Utilisation of statistical analysis of cod in the Lofoten area clearly shows the potential and possibility for using Mixed Stock Analysis on marine species. It is, however, important to establish clean baseline populations on both the Northeast Arctic and coastal cod. Both in this and previous studies the *Pan I* genetic marker system has been the most informative for discriminating between the two cod stocks, both in a Mixed Stock Analyses and in individual assignment. In addition several of the micro satellites and also hemoglobin are informative markers. The challenge in the future is to develop the *Pan I* analysis as a more "user friendly" technique, to be used in field situations as well as onboard a research vessels.

Stasjon nummer	Dato	Posisjon	Skrei (%)	Kysttorsk (%)
236	30.03.2003	N 67,998; E 13,328	64,9	35,1
247	27.03.2002	N 68,1583; E 14,4567	29	71
249	29.03.2002	N 68,0672; E 13,8153	45,9	54,1
250	30.03.2002	N 67,9783; E 13,2887	42,7	57,3
253	30.03.2002	N 67,4953; E 12,3102	75,7	24,3
254	31.03.2002	N 67,443; E 12,0777	86,8	13,2
255	31.03.2002	N 67,4133; E 12,0167	97,1	2,9

Tabell 2.2.1.1

Oversikt over blandingsprøver av torsk samlet inn i Lofoten i 2002 og 2003 (se Figur 2.2.1.1). Andelen kysttorsk og skrei er estimert ved bruk av tilhørighetsanalyser. *Mixed samples of cod collected in the Lofoten area in 2002 and 2003 (see Figure 2.2.1.1). The percentage of coastal ("kysttorsk") and Northeast Arctic cod ("skrei") is estimated using assignment statistics.*

Status for brislingbestanden i kyst- og fjordområdene er ukjent. Det har vært små fangster og dårlig rekruttering de siste årene. Prognosene for brislingfisket på Vestlandet i 2005 var bedre enn for foregående år, og fangstene i dette området økte. Mengdeindeksene fra høsten 2005 tyder på et fangstgrunnlag på samme nivå eller høyere i 2006.

Else Torstensen

else.torstensen@imr.no

Fisket

Fisket på kyst- og fjordbrislingen er et sesongfiske som hovedsakelig foregår i perioden sommer-tidlig høst. Det utøves av kystnotfartøy (< 28 m). Fangsten leveres til hermetikkindustrien, og det er industriens kvalitetskrav (størrelse og fettinnhold) i brislingen, som avgjør åpning og utøvelse av fisket i de enkelte fjordene. Figur 2.3.1 viser utviklingen i de totale landingene av fjordbrisling i perioden 1961–2005. Historisk sett er Sognefjorden og Hardangerfjorden de viktigste områdene. Det har vært en klar nedgang i fangster i denne perioden, med indikasjon på tre perioder med ulike fangstnivåer. I perioden 1962–1975 var det en gjennomsnittlig årlig fangst på 12 800 tonn, for 1976–1988 var den sunket til 9 000 tonn og for 1989–2004 til 3 800 tonn. Det er ikke klart hva denne nedgangen kan skyldes. I 2004 ble det i området Stad–Lindesnes tatt 370 tonn i fjordene, det laveste på mange år. Foreløpige fangstdata indikerer at det her ble tatt om lag 1 200 tonn i 2005, med gode fangster (360–410 tonn) i Sognefjorden, Hardangerfjorden og i sørlige Ryfylke.

Beregningsmetoder

Havforskningsinstituttet foretar akustisk mengdeberegning av 0-gruppebrisling i fjordene om høsten. Resultatene gis som indekser som brukes for å gi prognoser for neste års fiske. Ved å sammenligne mengdeindeksene ett år med foregående års indeks og fangstutbytte, er prognosene uttrykt som sannsynlig økning eller reduksjon i fangst i forhold til året før.



Brisling

Sprattus sprattus

► Utbredelse:

Finnes utbredt fra Svartehavet til Finnmark, men forekommer sjelden nord for Helgelandskysten. Det viktigste området er Nordsjøen, Skagerrak–Kattegat og Østersjøen. Vestlandsfjordene er viktige brislingområder.

► Alder:

maks 7–8 år.
Sjelden over 4–5 år,
14–15 cm og ca. 15 gram.

► Biologi:

Brisling er en stimfisk som lever pelagisk og sjelden finnes dypere enn 150 m. Brislingen foretar ofte vertikalvandring i takt med vekslinger i dagslyset og går mot overflaten når lysstyrken minker. Om sommeren står den høyt i sjøen, ofte nær/i overflaten. Ernærer seg i hovedsak av små krepsdyr (hoppekrepser) og er selv en viktig matfisk for andre arter som sjørret, hvitting og annen torskefisk. Brisling blir kjønnsmoden 1–2 år gammel. I år gammel er brislingen 9–11 cm. I våre områder finnes gytefelt i Nordsjøen, Skagerrak–Kattegat og i fjordene på norskekysten. Brislingen har lang gytesesong, men den viktigste gyttingen antas å være i mai–juni. Den gyter pelagisk og ofte like under overflaten. Den største brislingen registrert i norsk farvann er 19,5 cm og 54 gram.

Tabell 2.3.1

Brisling. Landinger (tusen tonn) i norske kyst- og fjordområder 1992–2005
Sprat. Landings (thousand tonnes) from Norwegian coastal and fjord areas 1992–2005.

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005 ¹
Trøndelag-Helgeland	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Møre og Romsdal	0,3	0,2	0,3	0,8	1,3	0,3	0,2	0,0	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,1
Stad-Lindesnes	3,4	1,8	4,4	2,8	1,7	3,5	2,3	2,7	2,6	1,4	1,2	2,2	0,4	1,2
Skagerrakkysten	0,4	1,2	0,7	0,5	1,0	0,4	1,1	0,2	0,9	1,4	1,6	0,9	1,1	0,1

Kilde: Fiskeridirektoratet

1) Foreløpige tall

Bestandsgrunnlaget

Brisling har kort livsløp, og bestanden i fjordene består av ung fisk, hovedsakelig 0- og 1-gruppefisk. Det at fangstgrunnlaget er avhengig av forekomstene av ung brisling, gjør at fisket i stor grad påvirkes av variasjoner i årsklassenes styrke. Ved god vekst kan årets yngel nå en størrelse på 9,5–10 cm i løpet av høsten og vil komme inn i fangstene allerede i fjerde kvartal. Vi vet lite om brislingens populasjonsstruktur, om rekruttering og vandringer. Den gyter i fjordene, men det meste av bestanden det fiskes på antas å komme fra rekruttering utenfra. Det er gode indikasjoner på at brislingen som står i fjordene om høsten overvintrer og danner grunnlaget for neste års fiske.

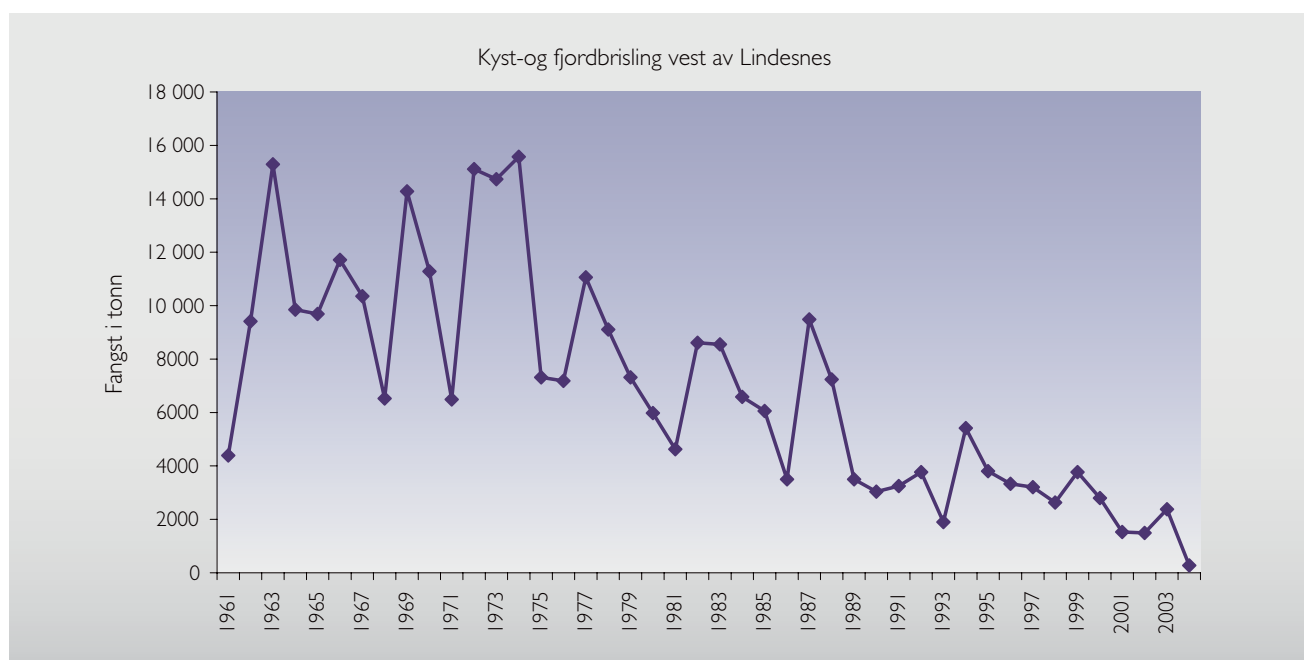
I fjordene sør for Stad var 0-gruppeindeksen i 2005 på nivå med fjorårets verdier. Forekomstene var fortsatt best i Sognefjorden, men med noe lavere verdi enn i 2004. I Oslofjorden var det nok et år med små forekomster av 0-gruppebrisling. I de fleste områdene synes mengden av eldre brisling å kunne gi et ekstra grunnlag for neste års fiske.

Anbefalte reguleringer

Det norske kystfisket etter brisling vest for Lindesnes er ikke kvoteregulert. Brislingen er fredet frem til 1. juni, og den årlige fangstmengden avtales i forhandlinger mellom Norges Sildesalgslag og hermetikkindustrien. Brisling øst for Lindesnes inngår i kvoteforhandlingene med EU. Norske fangster ligger langt under kvoten på ca. 3 900 tonn.

Coastal sprat

Sprat fishery in the fjords is performed by coastal seiners in a fishery for human consumption (canning industry). Total landings in the last years have been less than 2 000 tonnes, which is far below the amount required by the industry (about 3 400 tonnes). The preliminary abundance indices indicate more optimistic prognosis for the fishery in 2006 than for the last four–five years.



Figur 2.3.1

Brisling. Totale landinger (tonn) i det norske kyst- og fjordfisket, 1961–2005.

Sprat. Total landings (tonnes) in the Norwegian coastal and fjord fishery, 1961–2005.

Den fiskbare del av gytebestanden av rognkjeks beskattes høyt. Det anbefales å redusere fangsten, og å holde antall deltakende fartøyer på samme nivå som i 2005. Dette ventes å gi en reduksjon av fangsten i 2006. Det synes ikke å være noen umiddelbar fare for gytebestandens evne til å reproducere, men det er usikkert om den forventede reduksjon i fangstnivå vil føre til en stabil eller økende gytebestand.

Knut Sunnanå

knut.sunnanaa@imr.no

I Norge har rognkjeksfisket vært drevet siden 1950-tallet. Dette er et sesongfiskeri som foregår om våren når rognkjeks kommer inn til kysten for å gyte, og finner i hovedsak sted langs kysten fra Vestfjorden til Varanger. I de norske fiskeriene er det kun rogna som tas vare på. Den saltes og nyttes til produksjon av kaviar. I tillegg til Norge er det Island, Grønland, Danmark og Canada som fisker rognkjeks i noen mengde. Det beste fisket foregår på svært grunne områder, 5–40 m, og oftest på de ytre delene av kysten som er eksponert for det åpne havet. Fiskeriet er dermed svært væravhengig, spesielt siden det på de grunneste områdene brukes små fartøyer. Rognkjeks bidrar for mange fiskere med en viktig del av den årlige inntekten. I de seinere årene har rognkjeksfisket i enkelte områder på kysten av Finnmark vært hindret av bifangst av kongekrabbe.

Variierende deltakelse

Tabell 2.4.1 viser fangst av kjekser og rogn, verdi og deltakelse for rognkjeksfisket de siste årene. I perioden 1970 til 1985 lå fangstene jevnt rundt 300 tonn rogn per år. Etter 1990 har den årlige deltakelsen variert fra under 300 til over 800 fartøyer. I 1997 var den særlig stor, mens den i 1998–2000 var liten. I 2003 gikk den så kraftig opp igjen, til samme høye nivå som på midten av 90-tallet, mens det i 2005 bare var 401 fartøyer som deltok. Fra 1991 til 1998 ble gjennomsnittlig fangst per fartøy halvert. Selv om gjennomsnittsfangsten har vært høy i de seinere år har gjennomsnittlig fangst per fartøy igjen gått ned, og har de to siste år vært nær gjennomsnittet for hele perioden.

Fangstkvantumet forsøkes regulert ved bruk av fartøykvoter. Fra midten av åttitallet var denne kvoten 6 500 liter rogn. I 1995, 1996 og 1997 ble den gradvis redusert til henholdsvis 5 500, 3 000 og 2 000 liter. I de siste årene har den vært den sam-



Rognkjeks

Cyclopterus lumpus

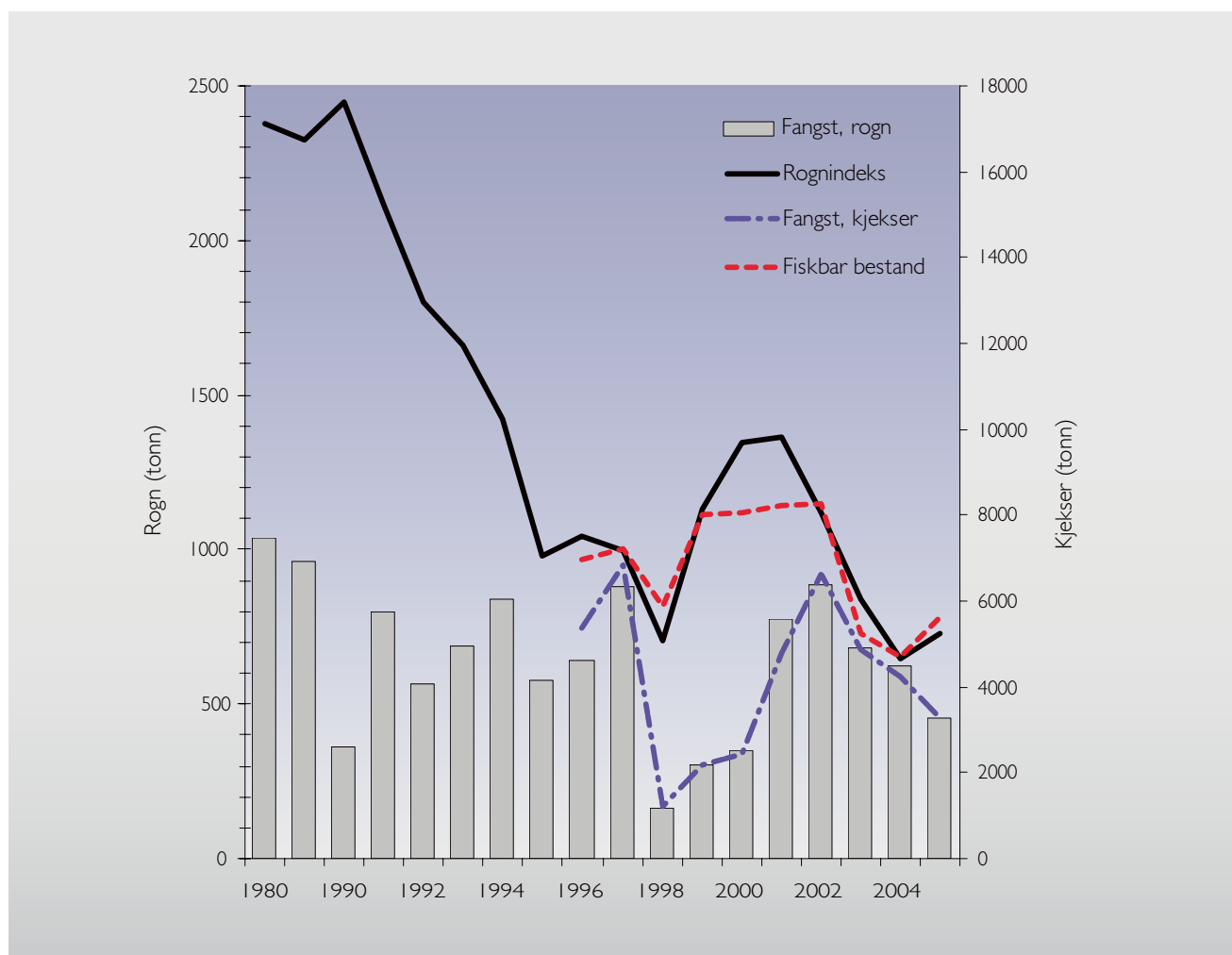
- ▶ **Gyteområde:**
På grunt vann langs hele kysten.
- ▶ **Oppvekstområde:**
Norskehavet og Barentshavet.
- ▶ **Alder ved kjønnsmodning:**
3–5 år.
Hunnene kan bli over 60 cm og 5,5 kg, hannene opptil 55 cm.
- ▶ **Biologi:**
Mellom brystfinnene på buken danner bukfinnene en stor sugeskive. Leker i februar–mai. Hunnene legger opptil 200 000 egg i porsjonsklumper på bunnen i løpet av 14 dager, så trekker hun seg tilbake. Hannene vokter eggklumpene og pisker friskt vann over dem til eggene er klekket. Selv om eggene ligger så grunt at de er på tørr grunn ved fjære sjø, vil ikke hannen forlate dem. Eggene klekkes etter ca. 60 døgn, og larvene svømmer så i tare-skogen. Etter fire døgn er sugeskiven ferdig utviklet, og yngelen kan nå sette seg fast på tare. Ungfisker holder seg i tarebeltet de første to årene.

Tabell 2.4.1

Rognkjeks. Fangstkvantum (tonn kjekser og tonn rogn), førstehandsverdi av landet kvantum rogn (mill. kr) og antall deltakende fartøyer i Norges Råfisklags distrikt. *Lumpsucker. Total Norwegian catches of female lumpsucker (tonnes), roe (tonnes), first hand value of landed roe (mill. NOK) and number of participating vessels.*

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Fangst						5380	6830	1210	2170	2430	4770	6630	4850	4230	3260
Rogn	799	564	686	839	588	641	880	163	305	351	772	883	683	625	454
Verdi	11,2	10,3	19,9	31,2	23,8	31,4	38,0	7,1	9,6	9,6	22,3	27,0	25,1	26,4	15,2
Fartøy	534	449	534	662	568	597	827	226	238	299	508	659	730	583	401

Kilde: Norges Råfisklag / Fiskeridirektoratet



Figur 2.4.1

Rognkjeks. Norske landinger av rognkjeksrogn i tonn (søyler) og modellert bestand gitt som rognindeks i tonn (svart kurve) på venstre akse, fangst av kjekser i tonn (blå kurve) og fiskbar bestand i tonn (rød kurve) på høyre akse.

Lumpsucker. Norwegian landings of roe in tonnes (bars) and modelled stock given as index of roe in tonnes (black curve) on the left axis, catch of females in tonnes (blue curve) and catchable stock in tonnes (red curve) on the right axis.

me som i 1997, men ble redusert til 1 800 liter for 2005. For 2006 er kvoten økt til 2000 kg, med bakgrunn i en revidering av bestandssituasjonen.

Både deltakelse og fangstkvantum avhenger i stor grad av den internasjonale markedssituasjonen for rognkjeksrogn. Således økte totalfangstene med 50 % fra 1995 til 1997 på tross av at kvoten ble redusert med 64 %. Nedgangen i fangstkvantum i 1998 skyldes at markedet var mettet, med relativt store lager allerede før fangstsesongen startet. En gradvis bedring i markedssituasjonen førte til økning både i deltakelse og fangstkvantum fra 1998 til 2002. Frem til og med 2005 ble fangsten kraftig redusert, mens markedet bidro til at fangstverdien fortsatt var høy frem til 2004. Verdien gikk imidlertid betydelig ned i 2005.

Beregningsmetoder

Tabell 2.4.1, som viser utviklingen av fangstmengde, gir ikke et bilde av utvik-

lingen i bestanden. Til dette trengs det også mål på den innsatsen man har benyttet for å få denne fangsten. Siden 1995 er slike data (antall deltagende fartøyer, antall garn og fiskedøgn, fangst per enhet innsats (CPUE)) blitt innsamlet i samarbeid med til sammen nitten lokale fiskere i Lofoten, Senja, Loppa, Nordkapp/Porsanger og Varanger. Innsatsen ble målt som antall garndøgn, og fangstmengden ble registrert som rognmengde, antall rognkjeks og antall rognkaller separat. Registreringene ble gjort for hvert sjøvær eller for hver setting dersom ståtiden varierte mellom settingene. Tre fiskere har dessuten blitt bedt om å registrere lengde og kjønn på alle individene i hver fangst. Etter flere år med innsamling gir disse dataene svært verdifull informasjon om bestandsutviklingen.

I tillegg til dataene nevnt ovenfor har vi også fått tilgang på tilsvarende, eldre CPUE-data fra tre av fiskerne. De enkelte CPUE-seriene ble kombinert til en bestandsindeks for hele området fra Lofoten

til Varanger. For å kunne gi råd om fangst av rognkjeks har vi anvendt en enkel fremskrivingsmodell (SHOT-modellen) som både er tilpasset landingsstatistikken og fangst- og innsatsdataene. I 2005 ble det også tatt i bruk en nyere modell som beskriver bestanden i større detalj. Denne modellen er basert på arbeid med å utvikle en biomasse- og demografimodell for fisk og skalldyr i et treårig prosjekt ved Havforskningsinstituttet, og dette har gitt bedre muligheter for å anslå bestandens størrelse.

Det antas i modellene at rekruttering av en ny årsklasse er tilnærmet proporsjonal med størrelsen på den gytebestanden som ga opphav til årsklassen. Rognkjeks har utstrakt yngelpleie, gyter relativt få egg og hevder revir, slik at mengden yngel som produseres bør være avhengig av antall fisk som gyter. Man kjenner imidlertid svært lite til de prosessene som virker på individene fra yngelstadiet og fram til rekruttering til den fiskbare del

av bestanden tre–fem år senere. Antakelsen om proporsjonalitet mellom gytebestand og påfølgende rekruttering er derfor meget usikker. Det arbeides med å etablere en indeks for størrelsen av rekrutterende årsklasser basert på data, og dette arbeidet har gitt resultater som vil bli anvendt i bestandsanalysene.

Bestandsgrunnlaget

Basert på nyere beregninger antas det at bestanden for tiden er relativt lav og totalt er på ca. 35 000 tonn, fordelt på 25 000 tonn kjekser og 10 000 tonn kaller. Figur 2.4.1 (se forrige side) viser fangst av rogn og den modellerte bestand fra 1988 og fremover gitt som potensiell rognmengde i tonn. For årene 1996 til 2005 er det også oppgitt fangst av rognkjeks i tonn og den fiskbare bestanden i tonn. Gytebestanden er antatt å være større enn den fiskbare bestanden, da rognkjeks blir kjønnsmoden et år før den er stor nok til å fanges med den maskevidde som brukes. Det antas at dagens nivå på gytebestanden av kjekser kan være ca. 10 000 tonn.

Fangstene i tiden før 1988 lå lenge rundt 300–400 tonn rogn, som derfor også er antatt å være et bærekraftig nivå. Dette tilsvarer en totalfangst av kjekser på under 3 000 tonn.

Rekrutteringen til gytebestanden er vanskelig å anslå, men det antas at en svakt bedret rekruttering i disse årene har bidratt til å opprettholde fangsten fra bestanden.

Foreløpige aldersanalyser antyder at gytebestanden består av relativt få årsklasser, og et par år med god rekruttering bidrar derfor vesentlig til gytebestanden. Det må forventes at kommende års rekruttering vil kunne reduseres som følge av antatt nedgang i gytebestanden fra 2002 og fremover.

Anbefalte reguleringer

I lys av at det fremkommer informasjon om rognkjeksbestandens absolutte størrelse, synes det ikke å være noen umiddelbar fare for gytebestandens evne til å reproducere. Videre er det sannsynlig at gytebestandens størrelse svinger mye som funksjon av naturlige faktorer.

Antall deltakende fartøyer er i år som i fjor inkludert i beregningene, og beskatningspresset er direkte proporsjonalt med deltakelsen. Tidligere reguleringstiltak basert på fartøykvoter har vist seg å være lite effektive i å begrense totaluttaket. Det er nærliggende å anta at det reduserte beskatningspresset skyldes nedgangen i deltakende fartøyer. Det anbefales derfor å holde antall deltakende fartøyer på samme nivå også i 2006. Trolig vil dette redusere det totale uttaket av rognkjeks i 2006 til ca. 300 tonn, da det må forventes en fortsatt nedgang i fiskbar mengde rogn.

Rekrutteringen til gytebestanden av rognkjeks er for det meste ukjent, men det synes klart at bestanden i de seinere år er lavere enn tidlig i perioden, og at dette skyldes

naturlige variasjoner i rekruttering. Nedgangen i gytebestand i de seinere år ventes å kunne fortsette dersom de enkle antakelsene om sammenhengen mellom gytebestand og rekruttering er riktige. I tråd med føre-var-prinsippene bør en derfor fortsatt utvise spesiell forsiktighet i forvaltningen av denne bestanden.

Havforskningsinstituttet anbefaler derfor forvaltningsmyndighetene, i samarbeid med fiskerne og forskningsmiljøene, å utarbeide reguleringstiltak som sikrer antall deltakende fartøyer på dagens nivå.

Lumpsucker in decline

Lumpsucker is fished for their roe, which is used for caviar production. The stock declined from the mid-80s to the mid-90s, but due to low catches in the late 90s the stock increased to an average level in 2001. High catches in recent years have, however, been followed by a decline in stock and further decline may be expected. The total stock is assumed to be 35.000 tonnes and the stock of females is assumed to be approximately 10 000 tonnes. The level of catches depends largely on the market situation and the number of participating vessels, and it is recommended that measures be taken to control the total catch of the stock by keeping the number of participating vessels at the present level.

2.5

Europeisk ål

Det er sikre tegn på at ålepopulasjonene er truet over alt i verden. Nedgangen i populasjonene har vært klar helt fra 1980-årene. De siste dataene antyder at rekrutteringen er redusert med så mye som 99 %. I 1999 fastslo Det internasjonale råd for havforskning (ICES) at bestanden av europeisk ål er utenfor sikre biologiske grenser og at fisket de siste årene ikke har vært bærekraftig. Trender i Norge blir nå undersøkt, og de forløpige resultatene indikerer en lignende kollaps i lokale subpopulasjoner. Kollapsen på hele det europeiske kontinent har skjedd uten at vi kan peke på én enkelt hovedårsak. Trolig dreier det seg om en kombinasjon av ulike faktorer, som overbeskatning, tap av habitater i innsjøer og elver, klima- og havstrømsendringer, sykdom og forurensning.

Figur 2.5.1
Livssyklusen til europeisk ål.
Life cycle of European eel.

Anne Berit Skiftesvik
anne.berit.skiftesvik@imr.no

Caroline Durif
caroline.durif@imr.no
Universitetet i Oslo/Havforskningsinstituttet

Jan Atle Knutsen
jan.atle.knutsen@imr.no

EU har rådet medlemslandene til å sørge for at 40 % av fremtidige gytere (blankål) reddes. Denne planen settes i verk i juli 2007 og kan være avgjørende for å gjenoppbygge bestanden. Mengden av ungfisk som kommer inn i bestanden nå er så lav som 1 % av historisk nivå. I tiden frem til planen settes i verk, foreslår kommisjonen å forby ålefiske fra 1. til 15. i hver måned.

Manglende kunnskap

En annen faktor som gjør det hele mer vanskelig, er at veldig lite er kjent om ålens naturlige gytebetingelser. Blankål kan observeres når de forlater ferskvann og kystsystemer, men de forsvinner så snart de når åpen sjø. Det var i 1920-årene at en dansk oseanograf, Johannes Schmidt, fant gyteområdet for europeisk ål. Basert på år med tråling etter leptocephalus-larver (et larvestadium i ålens livssyklus) i Atlanterhavet, lagde han et kart basert på størrelsesfordelingen til larvene og utpekte Sargassohavet, sør for Bermuda, som

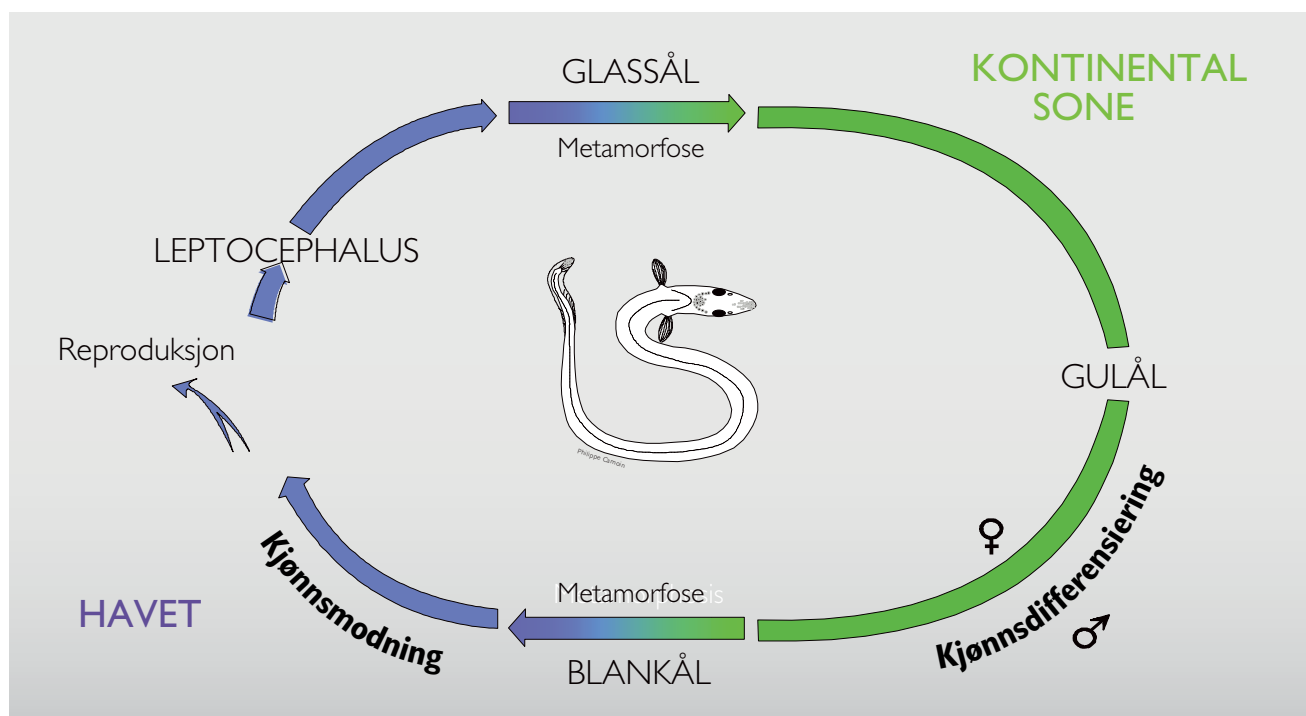


Ål

Anguilla anguilla

- ▶ **Leveområde:** Sargassohavet.
- ▶ **Oppvekstområde:** Langs norskekysten og i elver.
- ▶ **Beiteområde:** Langs norskekysten og i elver og innsjøer.
- ▶ **Alder ved kjønnsmodning:** 5–15 år.
- ▶ **Biologi:** Ålen spiser først og fremst fisk, rogn, krepsdyr, snegler, muslinger og insektlarver, men kan også ta frosk og andunger. Larvene som finnes på gyteplassene i Sargassohavet er glassaktige og ligner på laubblad på høykant. De driver passivt med strømmen og nærmer seg Europas kyster etter 1,5 år, da er de 7–8 cm lange. I 2,5–3-årsalderen, ved kysten, forandres larven til glassål, lengden avtar da noe.

Glassålen starter sin vandring oppover i elvene. I elvevassdrag blir den gulål. Dette stadiet varer i 6–25 år, da er den et nattaktivt rovdyr. Den vandrer så ut igjen som glassål, da avtar fødeopptaket og tarmen tilbakedannes. Kjønnsorganene utvikles først etter at den har forlatt Europa.





Figur 2.5.2
Blankål-hunner.
Female silver eels.

sannsynlig gyteområde. Selv om forskningssamfunnet godtar at ål gyter i Sargassohavet, har alle forsøk på å lokalisere kjønnsmodnende voksne ål vært mislykket.

Ål som blir hindret i å migrere er fysiologisk ute av stand til gjennomgå kjønnsmodning. Det tyder på at seksuell modning blir trigget av faktorer i omgivelsene på reisen til Sargassohavet (for eksempel hydrostatisk trykk sammen med intens svømmeaktivitet). Fremprovosert ovarieutvikling hos ål ble først gjennomført med hell av en fransk fysiolog i 1970-årene, ved hjelp av gjentatte injeksjoner med gonadotropin. Dette er et hormon som stimulerer vekst og aktivitet i kjønnsorganene. I ettertid har det vært en utstrakt bruk av denne metoden, mest i den hensikt å få frem levedyktige larver for å kunne utvikle åleoppdrett. Et russisk team var de første som oppnådde dette med europeisk ål, men larvene overlevde bare noen få dager. Det skjedde i 1980-årene. I nyere tid har Danmark og Nederland gjort slike forsøk, men igjen døde larvene før det var gått en uke. Siden vi ennå ikke er i stand til å oppdrette ål kunstig, er skjebnen til den europeiske ålen basert på at vi klarer å bevare den naturlige bestanden.

Forskning på gytere

Effektiv forvaltning av ål må støtte seg på god kunnskap om biologien. Forskningen i den senere tid har i hovedsak vært konsentrert om å utvikle metoder for å estimere og øke utvandringen av gytere fra ferskvann. Vandreatferd har vært undersøkt både for den glassålen som vandrer opp i ferskvann og blankålen som vandrer ut i havet igjen, med sikte på å lette passasjen ved vannkraftanlegg og for å bidra til at færre ål dør i møte med turbiner. I et europeisk prosjekt er flere studier blitt gjennomført med henblikk på å kartlegge kvaliteten av fremtidige gytere. Målet har vært å verifisere eller avkrefte hypotesene omkring bekymringsfull forplantningssvikt hos europeisk ål, ved å undersøke om ål fra ulike sub-populasjoner har god nok kondisjon til å vandre tilbake til gyteområdene i Sargassohavet, og til å gjennomgå kjønnsmodning. Siden det ikke er mulig å få undersøkt kjønnsmoden voksen ål, måtte forsøkene baseres på kunstig modnet ål. Effekten av forurensning (spesielt PCB-er), virus- og parasittinfeksjon på svømmekapasitet og på motstandsdyktigheten for høyt trykk, ble spesielt undersøkt. I Nederland ble eksperimentene utført i spesialdesignete svømmetunneler hvor

den ca. 6 000 km lange turen ble simulert. Resultatene fra alle disse studiene viste at det var store individuelle variasjoner i kjønnsmodningskapasitet og kondisjon hos ål.

Et annet mysterium i ålens livssyklus er hvordan de navigerer tilbake til Sargassohavet. En hypotese har lenge vært at de orienterer ved hjelp av jordens magnetiske felt, noe mange andre migrerende dyr gjør. Den magnetiske bakgrunnsverdien i et spesielt område kan muligens også utløse at ålen fullfører kjønnsmodningen og gyter. Forskning på dette feltet blir utført i Norge nå. Hvordan ålen navigerer kan være spesielt viktig i forbindelse med gjenoppbygging av ålebestanden. Det har også vært gjort forsøk med gjenoppbygging av lokale ålepopulasjoner, ved å flytte glassål fra ferskvann med mindre nedgang til ferskvann med stor nedgang. Det har imidlertid ingen hensikt, dersom den utgående blankålen bruker de magnetiske signalene de ble preget med på veien inn til ferskvann, for da vil ål som er blitt flyttet ikke finne tilbake til havet og dermed ikke bli en del av gytebestanden.

The decline of the European eel

There is worldwide evidence that eel populations are seriously threatened as recruitment has decreased by as much as 99 %. Preliminary analyses indicate similar trends in Norway. Suggestions for possible causes have included over-exploitation, inland habitat loss, climate and ocean current change, disease and pollution. This decline is especially alarming since there is no artificial reproduction of eels and its consumption relies entirely on the natural stock. The European eel is thought to spawn in the Sargasso Sea, however no sexually maturing adults

have ever been found in their natural environment. Management measures are needed but much information is still required on the biology of the eel. Recent studies have mainly focused on developing methods to estimate and ameliorate spawner escape-ment. Eels are especially vulnerable to turbine entrainment at hydroelectric facilities during their downstream migration. A few studies have examined ways to mitigate mortalities at such power stations. Efficient measures to restore safe passage of eels will, however, necessitate a good knowledge of the migratory behaviour. Other studies have

examined the quality of future spawners in terms of swimming capacity (to reach their spawning grounds in the Sargasso Sea), and the effect of pollutants and pathogens on their maturation ability. Finally, a study currently undertaken in Norway is focusing on the possible use of the Earth's magnetic field by the eel to orient during its long-distance migration. This could be of particular importance if restocking measures were to be implemented.

2.6

Hummer

De offisielle norske fangstene av hummer er fortsatt historiske lave. Mye av dagens fangster holdes utenom de offisielle registreringene. Fangstene har imidlertid gått svakt opp de siste årene, fra et bunnivå på 30 tonn i 2000 til 53 tonn i 2004. Havforskningsinstituttets uavhengige måleserie over fangstutviklingen på Sørlandet viser også en svakt positiv tendens de tre siste årene, og samtidig har sjøtemperaturen økt. Håpet er at dette kan indikere en vekst i hummerbestanden, og at den fortsatt harde beskatningen ikke vil hindre en videre oppgang.

Jan A. Knutsen

jan.atle.knutsen@imr.no

Ann-Lisbeth Agnalt

ann-lisbeth.agnalt@imr.no

I hele etterkrigstiden frem til 1960-tallet var Norge det landet i Nord-Europa hvor det ble fanget mest hummer. Inntektene fra hummerfisket var store, og selve bærebjelken for mange yrkesfiskere på kysten. Fangstene lå mellom 600 og 1000 tonn per år i hele perioden. Etter 1970 viser Havforskningsinstituttets uavhengige fangstovervåkning på utvalgte områder på Sørlandet en jevn nedgang helt til et bunnivå i 2000. Det er liten tvil om at for hard beskatning er hovedårsaken til nedgangen i bestanden. Dagens økning i fangstene gir grunn til å håpe på en viss bedring i hummerbestanden, noe som blant annet kan skyldes at minstemålet i 1992 økte fra 22 til 24 cm total lengde på Skagerrakkysten.

Arbeidsgruppe vurderer tiltak

Hummerbestanden er likevel fortsatt på et historisk lavt nivå. Det er et sterkt behov for å iverksette nødvendige tiltak, slik at bestanden kan bygges opp igjen. Selv om beskatningsmønsteret har endret karakter ved at flere fritidsfiskere i dag enn tidligere fanger hummer, og at fangstene derfor

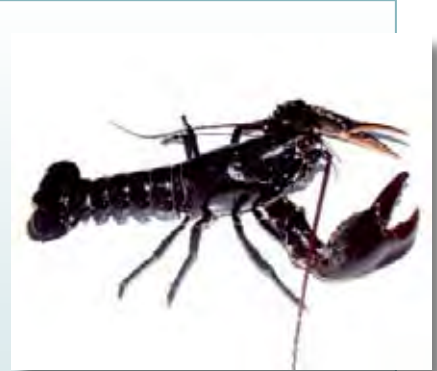
Figur 2.6.1

Fortsatt vet vi ikke hvor den minste hummeren oppholder seg i havet.

We still have no knowledge of the whereabouts of the smallest lobsters.



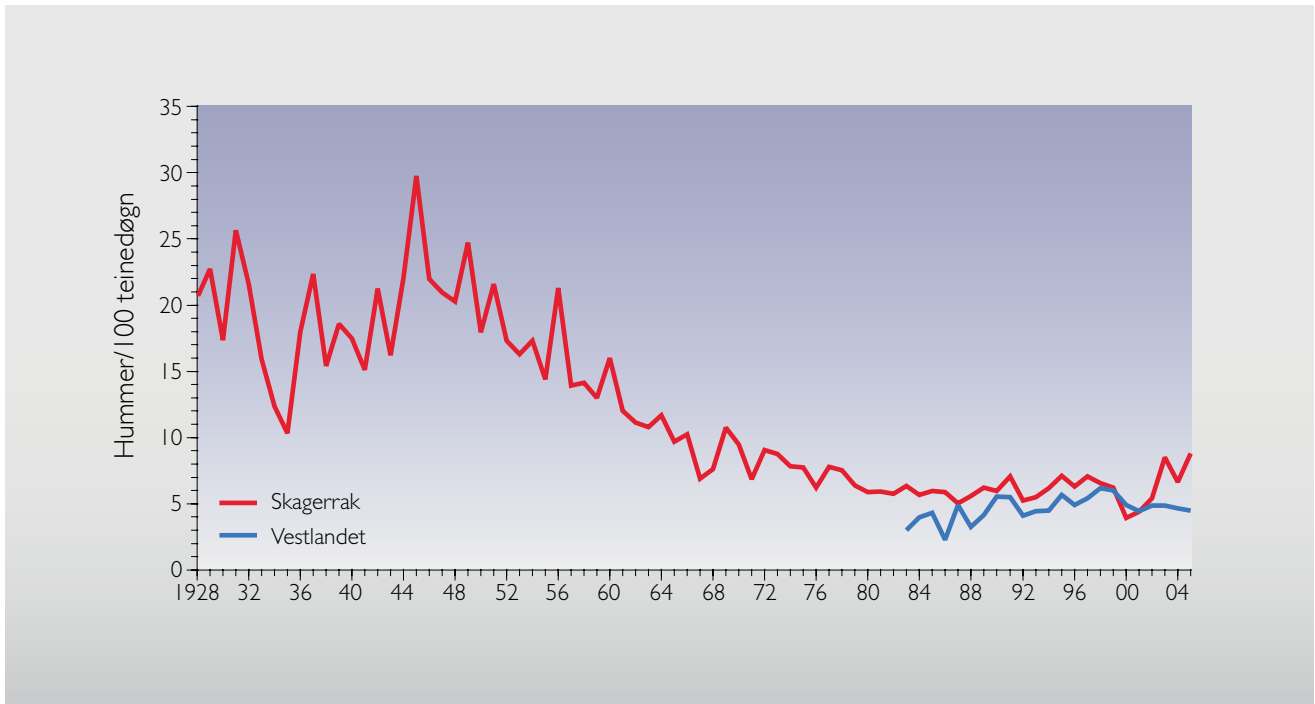
Foto: © Paulsen



Hummer

Homarus gammarus

- ▶ **Utbredelses-, gyte- og beiteområde:** På stein- og grusbunn, helst hvor de kan lage sine huler med flere innganger. Vanligst fra 5–40 meters dyp. Langs kysten fra svenskegrensen til Trøndelag, og sporadisk i Nordland, for eksempel Tysfjord.
- ▶ **Alder ved kjønnsmodning:** 5–7 år.
- ▶ **Størrelse ved kjønnsmodning:** 76–85 mm ryggskjold (22 til 25 cm total lengde). Minst ved Hvaler, gradvis større mot vest og nord.
- ▶ **Maksimal alder:** 60 år (engelsk eksemplar).
- ▶ **Maksimal størrelse:** Sjelden over 130 mm ryggskjold (35 cm total lengde).
- ▶ **Biologi:** Spiser stort sett det den kommer over, spiker er funnet i magen! Kan ta fisk i bakholdsangrep. Yngel under 7 cm er aldri påvist i utbredelsesområdet. Bunnslår seg ved ca. 3–4 cm total lengde. Larven har fire pelagiske stadier (juli–august), men bare de to første stadiene er funnet i planktonsurvey. Larvene i de to siste stadiene er dyktige svømmere.



Figur 2.6.2

Fangstrate målt som antall hummer per 100 teinedøgn 1928–2005. (Data for 2005 er foreløpige.)

Lobster catch rate (CPUE) in number of lobsters caught per 100 traps per day along the Skagerrak Coast and the West Coast of Norway.

ikke rapporteres, er det ingen tvil om at næringen årlig går glipp av store inntekter når hummerbestanden ligger på et så lavt nivå som i dag.

Fiskeridirektoratet har nedsatt en arbeidsgruppe hvor også Havforskningsinstituttet deltar, som gjennomgår hensiktsmessige tiltak for å øke hummerbestanden. Blant de tiltakene som vurderes er blant annet et totalforbud mot fiske av rognhummer, økning av minstemålet, påbud om å innføre fluktåpninger i teiner samt ytterligere tiltak som kan redusere fiskepresset. Arbeidsgruppen vil levere sin endelige innstilling i løpet av våren 2006.

Planlegger egne hummerreservater

Marine verneområder (Marine Protected Areas/MPA-er – se Kapittel 1.9) er blitt et aktuelt tema innen økosystembasert forvaltning. Hovedmotivasjonen er at en lang rekke marine arter er overfisket verden over, og dette kan være ett av flere mulige tiltak for å øke bestandene igjen. Det mest effektive vil kunne være å etablere marine reservater der gytebestander og oppvekstområder vernes. Internasjonalt har det de siste 20 årene vært gjort en relativt stor forskningsinnsats for å avklare hvilken betydning marine reservater har for marint vern og marin forvaltning av kystområder. Havforskningsinstituttet samarbeider nå med lokale fiskere og med fiskeriforvaltningen, med sikte på at fire hummerreservater kan etableres her til lands alt i 2006.

European lobster in Norway

In the 1950s Norway accounted for some of the highest annual landings of European lobster in Northern Europe. This situation has changed dramatically, and the landings today are historically low. However, there has been a small increase in catches since 2000. Plans on how to protect the lobster more efficiently in the years to come are in progress.



Foto: Jan Pedersen

Foreløpige tall fra Fiskeridirektoratet viser at mengden landet taskekrabbe i 2005 ble omtrent som i 2004. Da ble det, for første gang siden krigen, landet over 5 000 tonn krabbe på landsbasis. Ressursundersøkelsene som har pågått siden 2001 antyder videre at man kan ha nådd nivået for maksimalt uttak av taskekrabbe. Resultatene viser at det har vært en nedgang i fangstraten (kg krabbe per forsøksteinehal) i forhold til i 2004.

Maria Jenssen
maria.jenssen@imr.no

Knut Sunnanå
knut.sunnanaa@imr.no

Fisket

I Norge har vi registrert landinger av taskekrabbe (*Cancer pagurus*) siden 1914. Den totale fangsten har variert noe opp gjennom årene, med spesielt store mengder i årene like etter 2. verdenskrig. Siden slutten av 90-tallet har fangsten begynt å øke igjen, og vi nærmer oss muligens en ny topp i fisket. Tabell 2.7.1 viser mengden taskekrabbe landet ved de ulike salgslagene fra 1996 til 2005. Disse tallene utgjør derimot ikke alle landinger, fordi det siden 1950-tallet har vært fritt salg av krabbe på strekningen svenskegrensen til Vest-Agder. Taskekrabbefisket foregår i hovedsak fra august til november, med noe tidligere oppstart i sør enn i nord.

I 2001 ble et ressurskartleggingsprogram satt i gang for å få bedre kunnskap om taskekrabbebestanden. Før det fantes det ingen systematisk registrering av fangstene på taskekrabbe. Pilotprosjektet som ble avsluttet i 2003 viste at arbeidet var vellykket, så prosjektet ble videreført også i 2004 og 2005.

Beregningsmetoder

Data er samlet inn i nært samarbeid med fiskere som gjennom frivillig, men kontraktsbasert arbeid har gjort fangstregistreringer i en periode av sesongen. Fiskerne som var med fikk utdelt fire forsøksteiner, og det er fangsten i disse som er blitt registrert. Registreringer ble gjort ved to hal i uken for hver av forsøksteinene, i ti uker av sesongen. På utdelte skjemaer ble informasjon om kjønn, skallbredde og eventuelt utkast; vasskrabbe, utrogn, minstemål



Taskekrabbe

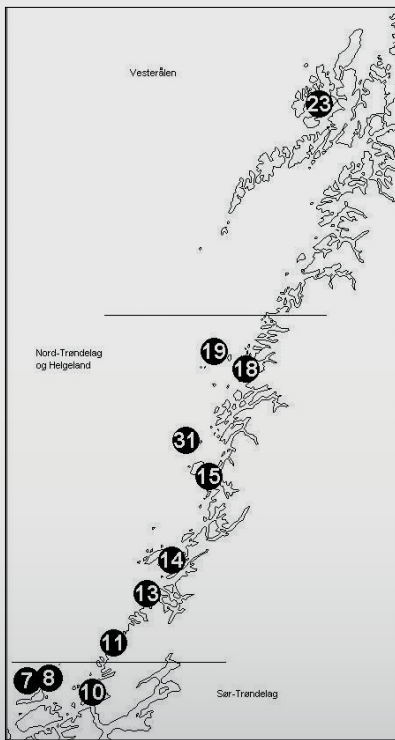
Cancer pagurus

- ▶ **Utbredelsesområde:** I Norge fra svenskegrensen i sør til Troms i nord. Hovedutbredelse ved Den engelske kanal og kysten av Skottland og Irland.
- ▶ **Levested:** På sand- og grusbunn, men også hardbunn med sandflekker. Finnes oftest på 5–40 m dybde, men kan vandre til områder på flere hundre m dybde.
- ▶ **Vandring:** Sesongvandring, gytevandring og døgnvandring. Som regel på dypt vann høst–vår. Hunnkrabber kan vandre flere mil, hannkrabber er mer stasjonære.
- ▶ **Størrelse og alder:** Vi kjenner ikke maksimal alder, men vet at krabbene sjelden blir over 19 cm ryggskjoldbredde. Kjønnsmodne ved 10–12 cm skallbredde (ca. 5 år). Krabbene vokser ved å skifte skall. De første fire år vokser de raskt, deretter skifter de skall mer sjelden. Skallskifte i september–november.
- ▶ **Formering:** Parring ved skallskifte. Levende sperm oppbevares i hunnens spermlommer. Hunnene vandrer til grunne områder tidlig om høsten for å gyte. Gyting skjer som regel om høsten, året etter parring, i oktober–desember. Klekking etter 7–8 måneder. Larvene lever pelagisk og bunnslår etter 6–8 uker.
- ▶ **Føde:** Nattaktive rovdyr og åtselere. Blåskjell er en favoritt.

Tabell 2.7.1

Registrerte landinger (tonn) av taskekrabbe ved de ulike salgslagene, 1995–2005. Edible crab (*Cancer pagurus*). Norwegian landings, 1995–2005.

Salgsorganisasjon	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Norges Råfisklag	1157	1161	1362	2134	1963	2187	2714	3311	3780	4030	4330
Sunnmøre og Romsdal FSL	51	62	45	52	35	29	87	160	95	27,9	70,4
Vest- Norges FSL	258	281	323	408	352	306	300	435	621	694,7	462
Rogaland FSL	338	279	389	401	556	382	334	395	434	513	530
Skagerrakfisk S/L	-	-	-	1	-	-	-	-	2	0,03	0,04
Sum	1804	1783	2119	2996	2906	2904	3435	4301	4932	5265,63	5392,44



Figur 2.7.1

Kart som viser hvor det ble gjort registreringer i 2005. Tre områder: Sør-Trøndelag, Nord-Trøndelag og Helgeland, og Vesterålen. Numrene tilsvarer nummer gitt til den enkelte fisker i databasen.

The location of registrations on the edible crab from fishermen in 2005 in coastal Norway. Three areas: Sør-Trøndelag, Nord-Trøndelag and Helgeland, and Vesterålen. The numbers represent the number given each fisherman in the database.

eller annet (f.eks. sykdom) registrert for hver krabbe i de fire teinene, i tillegg til informasjon om total innsats og levert fangst i kilo. I 2005 ble det gjort registreringer i tre regioner: Sør-Trøndelag, Nord-Trøndelag og Helgelandskysten, og Vesterålen. Registreringene ble i hovedsak gjort i august, september og oktober, av til sammen elleve fiskere: en fra Vesterålen, sju fra Helgeland og Nord-Trøndelag, og tre fra Sør-Trøndelag (Figur 2.7.1).

Registreringene gjør det mulig å sammenligne fangstutbytte, utkast og kjønns- og størrelsesfordeling i de tre regionene. Fangstutbyttet ble beregnet ut fra antall krabber større enn 13 cm skallbredde. Det er dette som er minstemålet for taskekrabbe i regionene hvor registreringen ble gjort.

Bestandsgrunnlag

Sør-Trøndelag

I Sør-Trøndelag har fangstraten vært stabil de årene registreringene har pågått, med verdi på 2,14 kg per forsøksteinehal i 2005 (Figur 2.7.2). I 2005 endret fangst-sammensetningen seg noe, med et økt antall hannkrabber i forhold til tidligere. Andel hunner i levert fangst har minket fra 61 % i 2004 til 52,2 % i 2005. Da registreringene startet utgjorde hunner 74 % av den leverte fangsten i Sør-Trøndelag (Figur 2.7.3) Andelen leverte krabber har gått noe ned; fra 50,5 % i 2004 til 45,7 % i 2005 (Figur 2.7.4).

Nord-Trøndelag og Helgelandskysten

Resultatene fra 2005 viste at Nord-Trøndelag og Helgeland fremdeles har høyest fangstrate, men mengden er noe lavere enn i 2004: Det har vært en nedgang fra 2,94 til 2,69 kg per forsøksteinehal (Figur 2.7.2). I

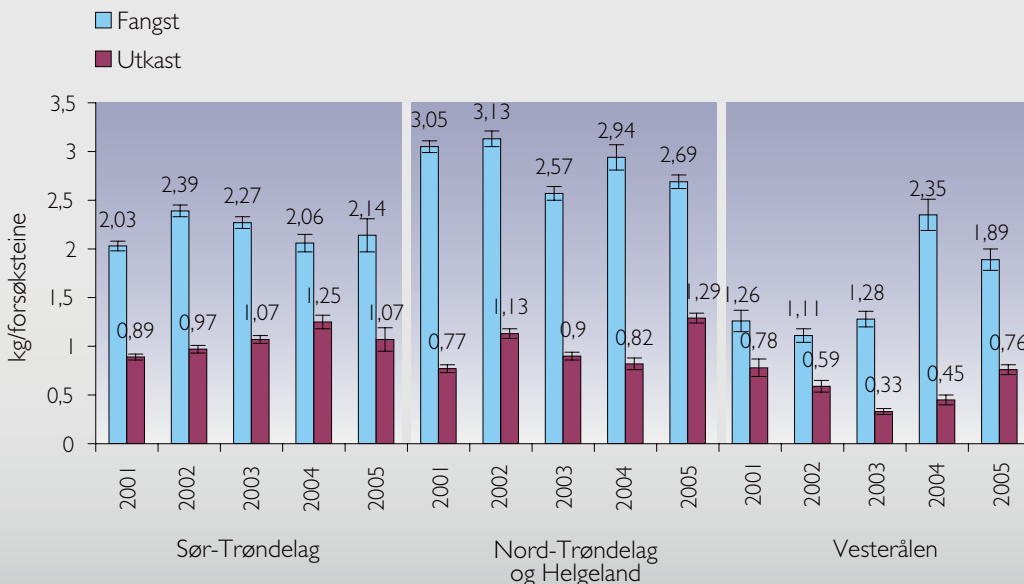
denne regionen har andelen hunner i levert fangst vist en nedadgående trend i perioden registreringene har pågått. Resultatene fra 2005 viste derimot en økning i andel hunner i den leverte fangsten i forhold til 2004, med en økning fra 73 % i 2004 til 79,5 % i 2005 (Figur 2.7.3). Andelen leverte krabber har gått noe ned fra 79 % i 2004 til 61 % i 2005 (Figur 2.7.4). Fordi andelen krabber under minstemål hadde gått noe ned i forhold til fjoråret, må andre utkastårsaker ligge til grunn for denne nedgangen i levert fangst.

Vesterålen

I Vesterålen var det den samme ene fiskeren som gjorde registreringer i 2004, som også stod for registreringene i 2005. Resultatene viste en nedgang i fangstraten sammenlignet med 2004 (Figur 2.7.2), og en nedgang i andel hunner i levert fangst (Figur 2.7.3). Figur 2.7.4 viser at Vesterålen har størst andel leverte krabber i 2005 (70 % av total fangst), men resultatet ville kanskje vært annerledes ved registreringer fra flere fiskere.

Oppsummering og anbefalte reguleringer

Fangstraten varierte fra 2,69–1,89 kg levert krabbe og 1,29–0,76 kg utkast per forsøksteinehal for de tre regionene Sør-Trøndelag, Nord-Trøndelag og Helgeland, og Vesterålen, med lavest fangstutbytte i Vesterålen. Variasjonene mellom de tre områdene kan, i tillegg til forskjellig naturgrunnlag, skyldes ulik fangsthistorikk. Fiskerne lengst sør har hatt en lengre fartstid enn de i nord. I Vesterålen bærer fisket preg av å være nytt ved at fangstene er mindre, fordi man ennå ikke riktig har funnet områdene med høyest krabbetetthet, og leveringsmulighetene er dår-

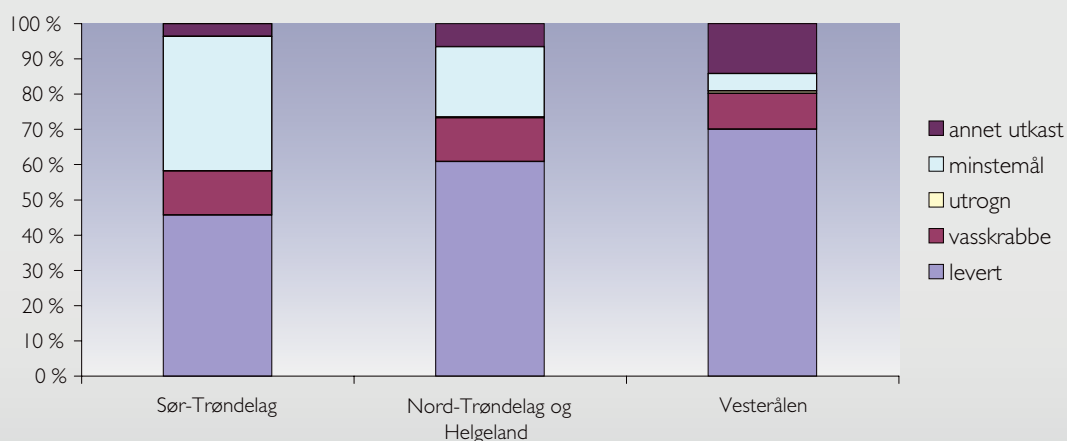
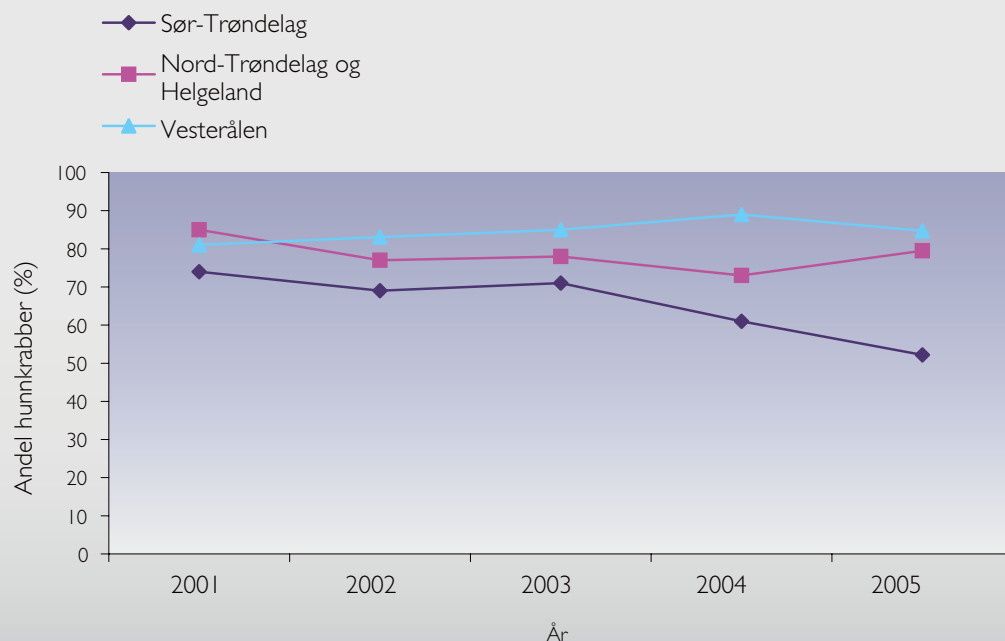


Figur 2.7.2

Fangstraten (kg krabbe per teinehal) i områdene Sør-Trøndelag, Nord-Trøndelag og Helgeland, og Vesterålen for landet fangst og utkast i 2001–2005.

Catch rates as kg edible crab per trap haul from 2001–2005 in Sør-Trøndelag, Nord-Trøndelag and Helgeland, and Vesterålen. Light blue: landed crabs. Purple: discarded crabs.

Figur 2.7.3
Andel hunnkrabber i levert fangst for Sør-Trøndelag, Nord-Trøndelag og Helgeland, og Vesterålen (2001–2005).
Share of landed female crabs in Sør-Trøndelag, Nord-Trøndelag and Helgeland, and Vesterålen (2001–2005).



Figur 2.7.4
Fordelingen av utkastet krabbe og levert fangst i 2005, for Sør-Trøndelag, Nord-Trøndelag og Helgeland, og Vesterålen.
Distribution in 2005 of landed and discarded crabs in Sør-Trøndelag, Nord-Trøndelag and Helgeland, and Vesterålen.

lige. I tillegg er det få fiskere som deltar i krabbefisket her. I Sør-Trøndelag er det rimelig å anta at en økt innsats i fisket kan være en medvirkende årsak til en nedgang i antall hunnkrabber og økt antall småkrabber, siden antallet fiskere og teiner er så stort at hver fisker får et begrenset område å fiske på.

Fangstperioden vil også kunne påvirke kjønnfordelingen. Før gytingen tar til om høsten vandrer hunnkrabbene opp på grunne områder. Når det fiskes der i denne tiden kan en anta at andelen hunnkrabber i fangstene vil være stor. Etter gytingen tar hunnkrabbene til seg lite næring og går derfor sjelden i teinene. Dette vil føre til at andelen hunnkrabber i fangsten går ned.

Det ser ut til at toppen i fiskeriet kan være nådd. Resultatene kan skyldes naturlige svingninger, men det var en generell nedgang i fangstraten gjennom sesongen i 2005 i forhold til tidligere år. Taskekrabbefisket har ikke vært regulert på annen måte enn gjennom minstemål. Det ser ut til at det kan bli aktuelt med andre reguleringer, hvis taskekrabben skal opprettholdes som en økonomisk ressurs.

High landings of edible crab

Edible crab, *Cancer pagarus*, is found along the Norwegian coast from the Swedish border to Troms county. As in 2004, about 5000 metric tonnes of crab were delivered to the commercial trade companies in 2005. The Norwegian landings of edible crab have never been that high, except for a short period after World War II. Since 2001 a research programme has been run, collecting registrations from selected fishermen, in order to register the stock development. The study indicates that we may have reached maximum sustainable yield, because catch per unit effort has decreased compared to 2004.

Det kommersielle kongekrabbe-fisket er blitt betydelig. I 2005 deltok 274 fartøyer, og første-håndsverdien lå på nær 65 millioner kroner. Bifangsten av krabbe i garn- og linefisket utgjør fortsatt et problem i krabbens utbredelsesområde, men ser fra 1999 ut til å være sterkt redusert når det gjelder garn- og linefisket etter torsk. I garnfisket etter rognkjeks har problemet imidlertid økt kraftig. Høsten 2005 ble den fangstbare bestanden i norsk sone av Barentshavet, dvs. antall hannkrabber, estimert til ca. 0,8 millioner individer. Rekrutteringen til fangstbar bestand i Varanger ble kraftig redusert i 2005, mens den er god i områder lenger vest. Norske og russiske myndigheter ble i 2003 enige om å sette en vestlig grense for utbredelsen av kongekrabben ved 26° Ø. Vest for denne grensen var det et betydelig fiske høsten 2004, mens det har vært langt mindre i 2005.

Tabell 2.8.1

Norsk totalkvote, antall deltagende fartøyer, fartøyskvote og gjennomsnittsvikt av landet kongekrabbe i perioden 1994–2005.

TAC, number of vessels in the fishery, vessel quota and mean weight of landed red king crabs in the period 1994–2005.

År	Totalkvote (antall krabber)	Antall fartøyer	Fartøyskvote (antall krabber)	Gjennomsnittsvikt (kg)
1994	11 000	4	2 750	3,4
1995	11 000	4	2 500	4,0
1996	15 000	6	2 500	4,7
1997	15 000	6	2 500	4,6
1998	25 000	16	1 562	5,1
1999	37 500	24	1 540 (+)	5,4
2000	37 500	33	1 100 (+)	5,1
2001	100 000	123	750 (+)	4,3
2002	100 000	127	700 (+)	4,1
2003	200 000	197	1040 (+)	4,1
2004	280 000	256	1140 (Gr. I)(+) 570 (Gr. II)	4,2
2005	280 000	274	1100 (Gr. I)(+) 550 (Gr. II)	4,2

(+) refordeling av kvote ga noen båter tilleggskvote mot slutten av fisket.

Jan H. Sundet

jan.h.sundet@imr.no

Fra oppstarten av i 1994 var kongekrabbe-fisket organisert som et forskningsfiske, men fra og med 2002 ble det innført et kommersielt fiske etter kongekrabbe i norsk sone. I 2005 deltok i alt 274 fartøyer med en fartøyskvote på 1100 krabber i gruppe I og 550 i gruppe II, og av den norske kvoten på 280 000 var 10 000 krabber satt av til forskningsformål.

Beregningsmetoder

Havforskningsinstituttet engasjerte høsten 2005 fire fartøyer til et forskningsfiske med hovedformål å samle inn data på utbredelsen av krabben i vestlige områder samt fangst- og biologiske data i hele utbredelsesområdet i norsk sone. Beregningene av gjennomsnittsvekten for krabben i det norske fisket i 2005 er ikke helt ferdige, men ser ut til å ligge på samme nivå som i 2004; litt over 4 kg (Tabell 2.8.1). Fisket startet 19. september i 2005, omtrent på samme tid som i 2004.

Bifangst av krabbe i garn- og linefisket har ført til store problemer i det kystnære fisket i Øst-Finnmark siden krabben dukket opp først på 1990-tallet. Havforskningsinstituttet fortsatte registreringen av denne bifangsten også i 2005, i samarbeid med

Fiskeridirektoratets regionkontor i Finnmark. Bifangsten av kongekrabbe på torskegarn og line har gått markant ned siden 1999, mens det har vært en betydelig økning i garnfisket etter rognkjeks. Potensielt er rognkjeks-fisket det som er mest utsatt for bifangst, siden dette fisket foregår på områder hvor krabben samler seg i store mengder om våren.

Kartleggingen av kongekrabbe ble gjennomført i løpet av et treukers-tokt høsten 2005 og omfattet de kystnære områdene (innenfor 10 nm) på strekningen Vardø–Sværholt, inkludert Tana, Laksefjorden og delvis Porsanger. I tillegg ble området Østhavet undersøkt ved bruk av et leiefar-

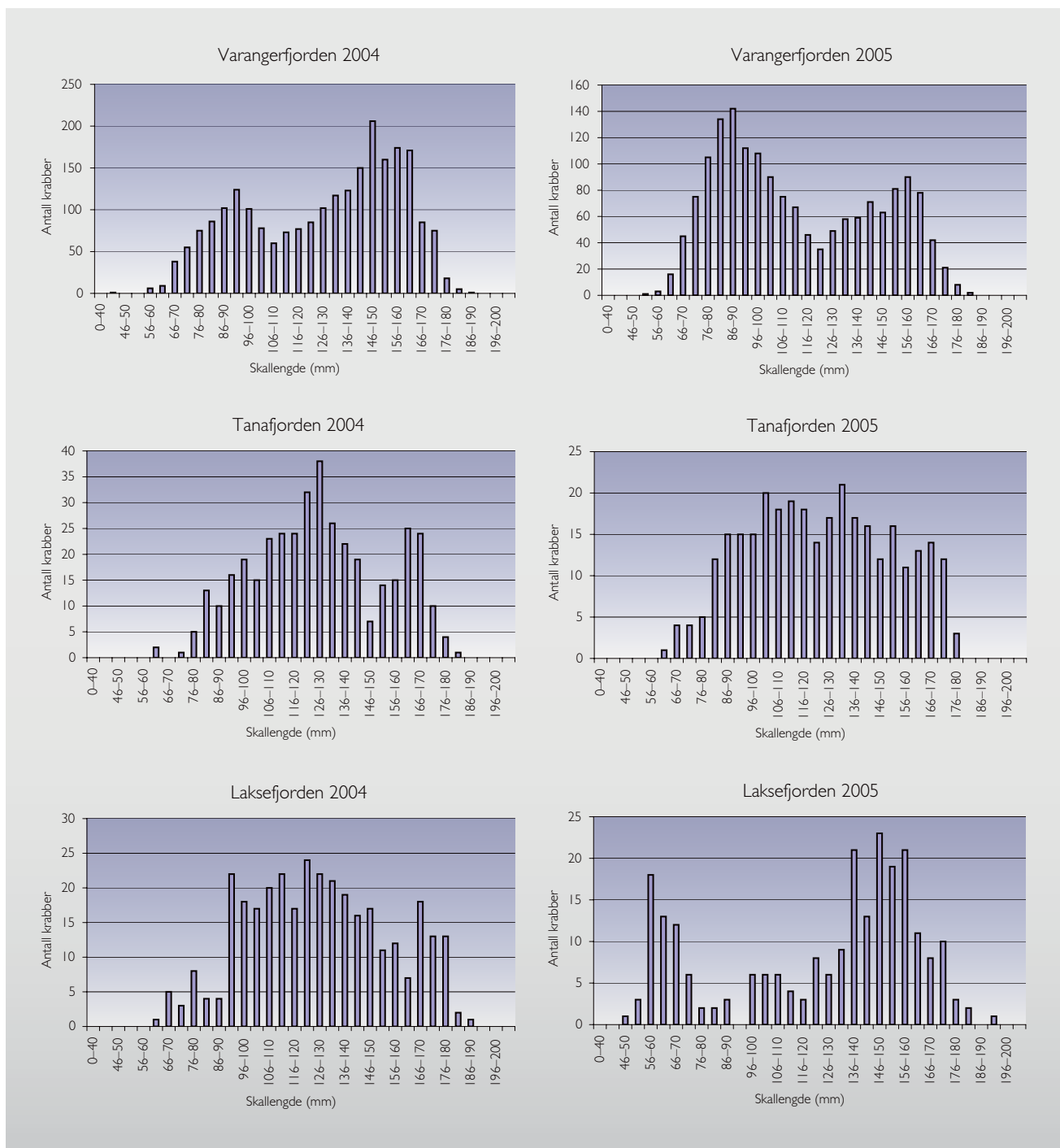


Kongekrabbe

Paralittodes camtschaticus

► **Utbredelse:** Krabben finnes i dag både langs kystområdene og til havs i det sørlige Barentshavet, og i dyp fra ca. 5–400 m, avhengig av årstiden. Blir sjelden 8 kg, skjoldlengde på 2–23 cm i norske farvann.

► **Biologi:** Kongekrabben er introdusert til Barentshavet fra Okhotskhavet i Det fjerne østen. Dietten til krabben består av bunndyr og planter av mange slag hvor børstemark og små muslinger står øverst på listen over byttedyr. Krabben er en kaldtvannsart og finnes helst ved lave temperaturer (0–5°C). Krabben blir kjønnsmoden ved en skal-lengde på ca. 11 cm og går med utrogn hele året før eggene klekkes på våren. Larvene har et pelagisk stadium som varer ca. 1,5 måned før de bunnskrå på grunt vann hvor yngelen oppholder seg de første 2–3 årene.



Figur 2.8.1

Skjoldlengdefordeling hos hannkongekrabber fra Varanger, Tana og Laksefjorden i 2004 og 2005. Stiplet vertikal linje angir minstemål for fangst.

Carapace length distribution in male red king crabs from Varanger, Tana and Laksefjorden in 2004 and 2005. Vertical dotted line indicates minimum legal size in fishery.

tøy i slutten av september. Krabbebestanden ble kartlagt ved hjelp av krabbetrål og firkanteiner som i tidligere år. Metoden for bestandsestimering av kongekrabben er den samme som benyttes i Alaska, og baserer seg på trålt areal som grunnlag for beregningen av bestandsstørrelsen. Gjennomsnittlig tetthet av krabbe beregnes ut fra flere tråltrekk i et gitt område. I tillegg benyttes fangst per innsats i teinefisket for å se utviklingstrender i krabbebestanden over år. Teinefangst av krabbe bidrar også til å gi gode størrelsesfordelinger i bestanden gjennom at antallet krabber som måles blir større enn ved kun trålfangst. Estimertene over fangstbar krabbe i norsk sone ble kraftig redusert i 2005, sammenlignet med 2004.

Bestandsgrunnlaget

Størrelsessammensetningen i krabbebestanden i Varanger viser at de tallrike årsklassene som første gang ble registrert i 1997 fortsatt dominerer i bestanden her, og det aller meste av disse har nådd fangstbar størrelse (Figur 2.8.1). Det har derfor vært en betydelig reduksjon i rekrutteringen til fangstbar bestand i Varanger i 2005, sammenlignet med foregående år. Hovedtyngden av den norske kongekrabbebestanden er fortsatt i Varanger, slik at endringer i bestanden her gir store utslag i den norske totalbestanden. Det var forventet en slik nedgang i Varanger, men en regnet med at det ville bli en bestandsvekst i de andre områdene som ville oppveie nedgangen i Varanger. Dette synes ikke å være tilfelle.

Tabell 2.8.2

Beregnet bestandsstørrelse av fangstbar kongekrabbe i russisk (REZ) og norsk (NEZ) sone av Barentshavet i perioden 1995–2005.

Estimated stock (number) of legal males in Russian (REZ) and Norwegian (NEZ) of the Barents Sea in the period 1995–2005.

Antall fangstbare hanner (CaWi \geq 150 mm eller CaLe \geq 132 mm)			
År	REZ	NEZ	REZ + NEZ
1995	250 000	54 000	304 000
1996	155 000	87 000	242 000
1997	316 000	110 000	426 000
1998	801 000	150 000	951 000
1999	1 508 000	Ikke estimert	-
2000	1 513 000	676 000	2 189 000
2001	1 494 000	445 778	1 939 778
2002	3 271 000	798 552	4 069 552
2003	2 540 000	1 392 000	3 932 000
2004	9 600 000*	1 325 000	14 210 000
2005	11 500 000	815 000	12 315 000

* Estimert er basert på russiske bifangstdata

Rekrutteringen til bestanden i Varanger har generelt vært dårlig de senere årene, men i 2004 ble det registrert en tallrik gruppe med gjennomsnittlig skjoldlengde på ca. 90 mm. Denne vil rekruttere til fangstbar bestand om ca. to år, og inntil da vil rekrutteringen til fangstbar bestand være dårlig i dette området. I andre deler av kongekrabbens utbredelsesområde er situasjonen annerledes. I Tana ser en ikke noen spesielt sterke årsklasser blant rekruttene, og rekrutteringen ser ut til å være jevnt lav den nærmeste tiden. Det samme synes å gjelde for Laksefjorden, bortsett fra at det i 2005 ble funnet en god del små krabber (skjoldlengde ca. 50 mm), noe som kan indikere at en sterk årsklasse er på gang.

Bestandsindeksene for fangstbare hannkrabber i norsk sone for 2005 er gitt i Tabell 2.8.2. Det er fortsatt knyttet stor usikkerhet til bestandsindeksene, men en antar at fangstbar mengde kongekrabbe i norsk sone i 2005 var i størrelsesorden ca. 0,8 mill. individer.

Anbefalte reguleringer

Den norske kvoten for 2006 ble ensidig satt til 300 000 krabber, med andre ord en langt høyere beskatningsgrad enn i de foregående år, da den var på 20 %. Dette vil medføre en reduksjon i fangstbar bestand i 2006.

I november 2003 ble norske og russiske myndigheter enige om en vestlig grense for utbredelsen av kongekrabben i Barentshavet ved 26°Ø (Nordkapp). Denne grensen ble innført som en del av det norske forvaltningsregimet sommeren 2004. Siden kongekrabben er en introdusert art i Barentshavet, ønsker en fra norsk side at den ikke skal spre seg til nye områder. Forvaltningen av krabben vest for denne grensen har som hovedmål å holde bestanden på et lavmål for å hindre videre spredning. Høsten 2004 ble det fanget til sammen ca. 21 500 krabber vest av 26°Ø, mens kvantumet i 2005 har vært betydelig lavere. Dette var både hanner og hunner av forskjellig størrelse.

Red king crab

The commercial fishery for the red king crab has now become a substantial fishery including a total of 274 vessels and a value of landing of almost NOK 65 mill. The TAC for 2006 is set to 300 000 crabs, 20 000 more than in 2005. Bycatches of king crabs in gillnet and longline fishery has decreased significantly since 1999, particularly in the Varanger area, while there has been an increase in bycatch in the gillnet fishery for lumpsucker.

The catchable stock of red king crab in the Norwegian part of the Barents Sea, which

is the same as the number of male crabs, was estimated to about 0.8 million specimens in 2005. This is a reduction compared to 2005 due to a reduced recruitment to the fishable stock in Varanger. There is an insignificant recruitment to the fishable stock in the areas further west.

Norwegian and Russian authorities agreed on a border for the western distribution of the red king crab at 26° E, in the Barents Sea. West of that line, there is a non-legislated fishery aiming to prevent further westward distribution.

Fangsten av haneskjell i Norge er liten og foregår bare i kystområdene i Troms og Finnmark. Undersøkelser i 2005 av feltene i ytre Troms viser at det der finnes gode og fangstbare forekomster av haneskjell. I dag skjer det norske opptaket av haneskjell bare innenfor grunnlinjen i Troms og Finnmark. Det blir derfor heller ikke gjort undersøkelser av bestanden i andre områder.

Jan H. Sundet

jan.h.sundet@imr.no

Fangstknoten for haneskjell har i de siste årene ligget fast på 250 tonn rundskjell. De siste ti årene har denne fangsten vært beskjeden, og enkelte år er totalkvoten ikke blitt tatt. I 2005 ble det ifølge statistikk fra Norges Råfisklag landet ca. 900 kg haneskjell i norsk sone som sannsynligvis er fangst innenfor grunnlinjen. Dette tilsvarer en fangst på ca. 4–5 tonn rundskjell, altså langt under totalkvoten.

Haneskjellfeltene i ytre Troms ble undersøkt i 2005, og rekrutteringen til disse feltene ser ut til å være den samme som ved forrige undersøkelse i 2003. På grunn av skjellfeltenes beskaffenhet er det ikke mulig å få absolutte mål på bestandene. Det etableres derfor en relativ bestandsindeks basert på mange skrapetrek i faste posisjoner ved hver undersøkelse. Sammen med størrelses- og alderssammensetningen i bestanden kan en si noe om utviklingen av de enkelte feltene.

Fangstpresset på denne bestanden har de senere årene vært så beskjeden at det kan se ut som om en er i ferd med å få en akkumulert bestand med mange gamle individer. Den lave beskatningen av skjellfeltene i ytre Troms de siste årene gjør det vanskelig å si noe om totalkvoten på 250 tonn innebærer en bærekraftig høsting på lang sikt, eller ikke. Det er imidlertid ingen tvil om at disse feltene er underbeskattet de siste årene. Haneskjellfeltene ved Berg i Balsfjord og i Porsanger ble ikke undersøkt i 2005, men det er lite som tyder på at disse feltene er beskattet siste år.



Haneskjell

Chlamys islandica

► Leveområde:

Jan Mayen, i Barentshavet og ved Svalbard. Fins også på kysten av Troms og Vesterålen, og i små lokale bestander på Vestlandet.

► Alder ved kjønnsmodning:

3–6 år. Haneskjellet kan bli opptil 13 cm og det er funnet individer som er mer enn 30 år.

► Biologi:

Haneskjell er et forholdsvis langsomtvoksende sub-arktisk kamskjell som kan bli opptil 12–13 cm. Skjellet blir kjønnsmodent ved ca. 4–6 år og gyter millioner av egg ut i de frie vannmassene hvor befruktningen skjer. Larvene har en pelagisk fase på 1–2 måneder, avhengig av temperatur, og bunnslår gjerne på trådformede alger. Skjellet finnes vanligvis i store konsentrasjoner på dyp mellom 20–100 m i strømrrike områder.

Iceland scallops

The Norwegian fishery for Iceland scallops is exclusively a near coast activity. In 2005 scallop beds in coastal areas near Tromsø were surveyed and the scallops were found to be of catchable size. Only a minor part of the coastal TAC of scallops seems to have been caught in the recent years.

2.10 Stortare

Stortare (*Laminaria hyperborea*) danner tareskogene langs norskekysten. Stortareskogene er høyproduktive økosystemer med et rikt mangfold av påvekstalg og dyr. Samtidig er de sårbare systemer som kan påvirkes av forstyrrelser som f.eks kråkebollebeiting og taretråling. Langs store deler av kysten i Nord-Norge er tarevegetasjonen helt nedbeitet av kråkeboller, mens det årlig høstes rundt 150 000 tonn stortare på kyststrekningen Rogaland–Sør-Trøndelag til produksjon av alginat. Tilstanden i tareskog og effekter av tarehøstingen undersøkes gjennom Havforskningsinstituttets årlige overvåkingsprogram.

Henning Steen
henning.steen@imr.no

Stortare (*Laminaria hyperborea*) er en brunalge som består av et festeorgan (nederst), en stilksdel og et oppsplittet, fliket blad øverst (Figur 2.10.1). Festeorganet og stilken er flerårige (og kan bli inntil 20 år), mens bladet nydannes hvert år. Det er hovedsakelig stortare som danner tareskogene langs norskekysten, mens innslag av andre tarearter (bl.a. sukkertare, fingertare, draughtare og butare) forekommer i enkelte områder. Stortaren vokser på hardbunn og er skogdannende fra lavvannsgrensen ned til ca. 20–25 m dyp, mens enkeltindivider kan vokse ned til 40 m dyp i klart kystvann. Stortarens geografiske utbredelse er begrenset til den østlige delen av Nord-Atlanteren, fra Portugal i sør til Kola-halvøya i nord, og arten vokser langs hele norskekysten bortsett fra på Svalbard (Figur 2.10.2).

Produksjon og energiomsetning

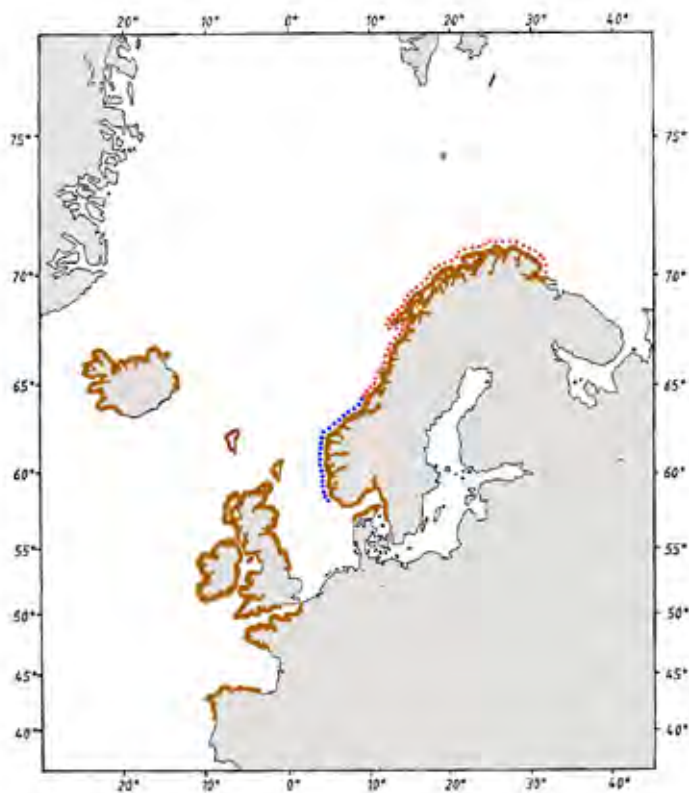
Stortareskogen er en av de rikeste og mest produktive naturtypene langs norskekysten. Den dekker et areal på ca. 5 000 kvadratkilometer og har en biomasse estimert til ca. 50 mill. tonn. Det er store geografiske forskjeller i stortarens størrelse og biomasse. De største forekomstene finnes langs kysten av Møre og Romsdal og Trøndelag med biomasse på 20–30 kg per kvm og opptil 3–4 m høye planter, mens stortaren i Skagerrak sjelden blir over 1 m høy. Den årlige produksjonen av plantemateriale i tareskogene på nordvestlandet er beregnet til nærmere 3 kg karbon per kvm. Få dyr beiter direkte på tareplantene, og mesteparten av det produserte tarematerialet blir omsatt gjennom at dyr spiser løsevne, delvis nedbrutte tarepartikler og gjennom bakteriell aktivitet. Rundt en tredjedel av tareplantenes primærproduksjon utskilles i form av løst organisk karbon og går inn i mikrobielle næringskjeder.



Foto: Michael Guiry

Figur 2.10.1

Deler av stilks og blad hos stortare (*Laminaria hyperborea*) kan tørrlegges i korte perioder ved lav vannstand. Stands of the kelp (*Laminaria hyperborea*) during low tide, when the kelp blade and portions of the stipe are left dry.



Figur 2.10.2

Geografisk utbredelse (brun kystlinje) av stortare (*Laminaria hyperborea*). Høsting av stortare foregår i områdene markert med blå prikker, og områder preget av nedbeitet tareskog er markert med røde prikker. Geographical distribution of the kelp (*Laminaria hyperborea*). Harvesting of kelp is restricted to the Norwegian west coast (dotted in blue) and overgrazing of kelp forests by sea urchins are mainly confined to the northeastern parts of the species' distributional range (dotted in red).

Foto: Øystein Paulsen



Figur 2.10.3

Stortareskoger er artsrike samfunn og viktige oppvekstområder for fisk.
Kelp forests are species rich communities and important nursery grounds for fish.

Økologisk funksjon

Stortares opprette stilk kan bli 2–3 m lang og skaper et tredimensjonalt miljø som er tilholdssted for mange ulike marine organismer. Stilkens ru overflate gir godt feste for alger og dyr (epifytter), og stilkene på eldre individer er ofte overgrodd av blad- og trådformede rødalger. Epifyttene spiller en viktig rolle som næring og skjulested for den mobile faunaen, og over 100 000 virvelløse dyr (hovedsakelig små krepsdyr og snegl) er registrert per kvm tare-skog. Stortaresamfunnene er også viktige oppholdssteder for kystnær fisk, bl. a. som oppvekstområder for flere arter torskefisk, og er dessuten viktige næringsområder for sjøfugl (Figur 2.10.3).

Tapprosesser og forstyrrelser

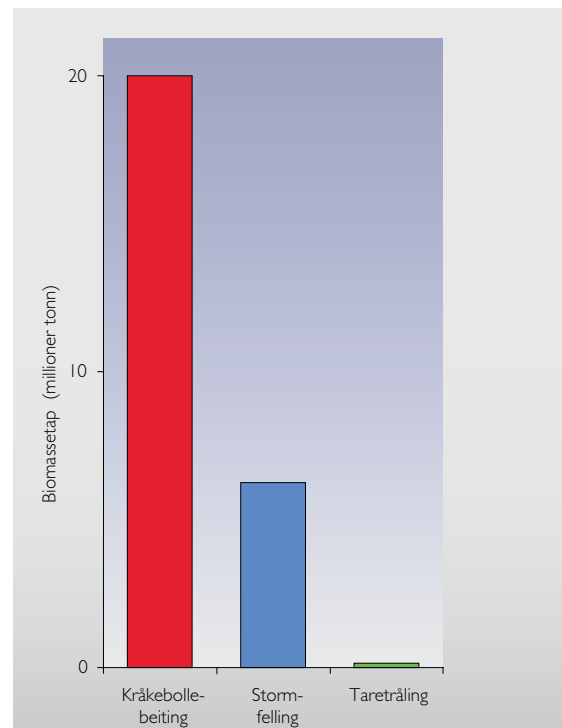
Kråkebollebeiting, stormfelling og taretråling er alle viktige årsaker til tap av tare-skog (Figur 2.10.4). Disse prosessene har varierende omfang og påvirker tarevegetasjonen på forskjellige vis. Kråkebollene beiter i første omgang ned de små tareplantene i undervegetasjonen og epifyttene på tarestilkene, mens de store tareplantene kun beites ned ved høye kråkebolletettheter. I Nord-Norge er store deler av tareskogen beitet helt ned av grønn kråkebolle

(*Strongylocentrotus droebachiensis*), som kan opptre i tettheter på opptil 100 individer per kvm. Anslagsvis representerer kråkebollebeitingen langs norskekysten et tap på rundt 20 mill. tonn tare. Nedbeiting av tareskog kan medføre langvarige og betydelige tap av biologisk mangfold, og langs store deler av kysten i Nord-Norge har den nedbeitede tilstanden vedvart i mer enn 30 år.

Forstyrrelser i form av stormer og taretråling går først og fremst utover de store plantene, mens småplantene i undervegetasjonen stort sett blir tilbake etter slike episoder. Tarekruttene i undervegetasjonen, som det kan finnes mer enn 100 av per kvm, får gunstigere lysforhold når de store plantene forsvinner, og vokser raskt opp. Undersøkelser viser at tarevegetasjonen reetableres i løpet av tre–fem år etter tråling, mens reetableringen av epifytt-samfunnene på stortarestilkene tar lengre tid. Det er anslått at ca. 10–15 % av stortareplantene løsrives hvert år, avhengig av stormfrekvens og styrke.

Stortare som ressurs

Høsting av stortare foregår i den ytre skjærgården på strekningen Rogaland–Sør-



Figur 2.10.4

Biomassetap av stortare (*Laminaria hyperborea*) langs norskekysten, forårsaket av henholdsvis kråkebollebeiting, stormfelling og taretråling. Biomass losses (in million tonnes per year) of kelp (*Laminaria hyperborea*), caused by sea urchin grazing (red bar), storm surging (blue bar) and kelp trawling (green bar).

Trøndelag ved hjelp av tindetrål (Figur 2.10.5). Høstingen reguleres ved at fylkene deles inn i felter som blir rulert, slik at hvert felt er åpent for taretråling hvert femte år (hvert fjerde år i Rogaland). Årlig høstes rundt 150 000 tonn stortare for alginatproduksjon til en eksportverdi på ca. en halv milliard kroner (Tabell 2.10.1).

Havforskningsinstituttet overvåker tilstandsvariasjoner i tareskog og effekter knyttet til tarehøsting på kyststrekningen Rogaland–Sør-Trøndelag. Årlig undersøkes faste stasjoner. Disse inkluderer høstefelt i alle faser (fem) av gjenvækstperioden i to–tre områder i hvert av de fem fylkene med høsteaktivitet samt referansestasjoner i områder som er stengt for taretråling. I Sør-Trøndelag undersøkes et større antall stasjoner fordi dette området regnes som mer truet av nedbeiting av kråkeboller enn fylkene lenger sør. På hver stasjon undersøkes spor etter taretråling, gjenvækst av tareplanter og epifytter samt forekomst av kråkeboller ved hjelp av undervannskamera.

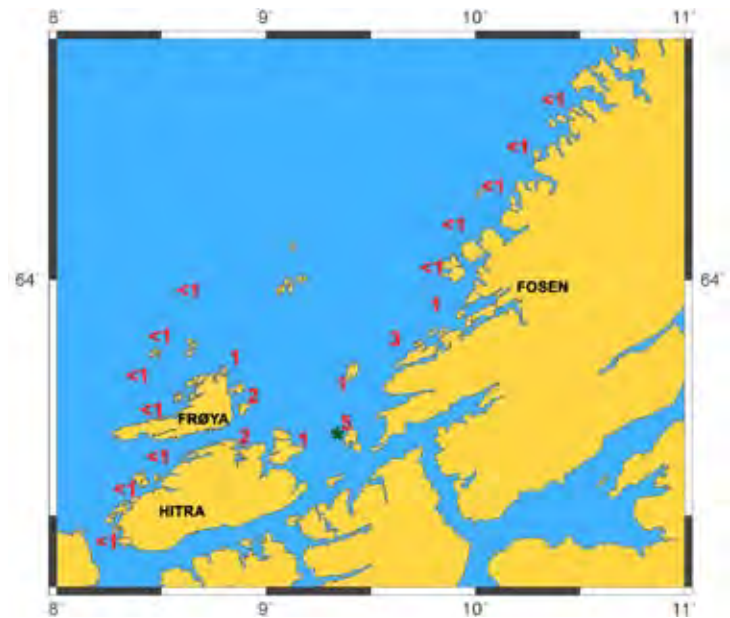


Figur 2.10.5
Taretråler.
Kelp trawler.

På toktet gjennomført i 2005 ble det observert spor etter taretråling på flere av stasjonene, spesielt på de nylig høstede feltene i Møre og Romsdal. Gjenvæksten av stortare i de trålte områdene virket generelt god. Rød kråkebolle (*Echinus esculentus*) ble observert i samtlige fylker, mens grønn kråkebolle kun ble registrert på et felt i Sør-Trøndelag. Bortsett fra på høstefeltene øst for Frøya og sør på Fosen-halvøya i Sør-Trøndelag, var tettheten av kråkeboller generelt lav, med gjennomsnittlig tetthet på <1 individ per kvm (Figur 2.10.6). Trålfeltene øst for Frøya har de seneste årene vært stengt for taretråling pga. høy tetthet av kråkeboller, mens det på feltene sør på Fosenhalvøya foreløpig ikke er innført spesielle restriksjoner, utover fem års høstesyklus.

Kelp forests in the Norwegian coastal zone

The kelp species (*Laminaria hyperborea*) forms the kelp forests along the Norwegian coast. Kelp forests are highly productive and species rich coastal ecosystems and disturbances include sea urchin grazing and kelp trawling. Along the coast of Northern Norway large stretches of kelp forests are grazed down by sea urchins. Kelp is harvested by trawl on the Norwegian west coast, and approximately 150 000 tonnes are harvested per year. Each year the Institute of Marine Research surveys the state of kelp forests and effects of kelp trawling on the west coast of Norway. Conditions and regrowth of kelp forests after trawling were mainly observed to be good during the 2005 survey.



Figur 2.10.6
Gjennomsnittlig tetthet (per kvm) av kråkeboller observert på stasjoner i Sør-Trøndelag i 2005. Observasjoner av grønn kråkebolle (*Strongylocentrotus droebachiensis*) er markert med grønn stjerne. Mean densities of sea urchin (per square meter) observed in the area of Sør-Trøndelag on the northwest coast of Norway in 2005. Observations of green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) are highlighted by green asterisks.

År	Rogaland	Hordaland	Sogn og Fjordane	Møre og Romsdal	Sør-Trøndelag	Totalt
1986	22	1	37	64		124
1987	27	4	37	76		144
1988	24	3	35	84		146
1989	21	1	43	84		149
1990	25	0	40	100		165
1991	26	2	42	96		166
1992	30	4	44	85		163
1993	29	2	42	70		143
1994	27	3	46	85		161
1995	28	1	47	90		166
1996	25	4	46	82		157
1997	27	2	50	97		176
1998	26	1	44	88		159
1999	21	3	44	94		162
2000	19	2	34	98	22	175
2001	28	2	34	96		160
2002	19	2	38	89	20	168
2003	10	1	36	71	24	142
2004	9	0	33	72	19	133
2005	13	2	27	66	28	135

Tabell 2.10.1

Årlig høstekvantom av stortare (*Laminaria hyperborea*) i tusen tonn fordelt på fylker. Yearly landings of kelp (*Laminaria hyperborea*) in thousand tonnes by counties.

Norske fiskere henter enorme rikdommer opp av dypet, men underlig nok finnes det fremdeles arter som er lite utnyttet. Særlig i blandingsfiske med bunntål kan det være bifangster med potensiell verdi. Enn så lenge kastes slik fangst på sjøen igjen, men dette vil forhåpentligvis LUR-programmet få endret på.

Stein Mortensen

stein.mortensen@imr.no

Frank Jakobsen

frank.jakobsen@fhl.no

Fiskeri- og havbruksnæringens landsforening

Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF) har opprettet et eget program for utvikling av "Lite Utnyttede Ressurser", forkortet LUR. I forrige års rapport tok vi for oss en rekke problemstillinger rundt arter med et markedspotensial, og presenterte enkelte arter som kan bli betydelig bedre utnyttet i Norge. I årets rapport fokuserer vi mer på selve LUR-programmet, som i dag har pågående prosjekter på sjøpølser, kongesnegl og stort kamskjell. I tillegg arbeides det med et forprosjekt for å øke utnyttelsen av bifangst fra trålfiske og andre typer kystfiske i Nord-Norge. For å få et sterkere og godt faglig fundamentert fokus på de lite utnyttede ressursene har LUR i samarbeid med Krabbeutvalget finansiert en toårig stilling, lagt til Havforskningsinstituttet i Tromsø.

Økt utnyttelse av fangst fra blandingsfiske

I ulike former for blandingsfiske kan det inngå en betydelig bifangst. Mens enkelte arter er attraktive, blir noen fremdeles kastet, selv om de er salgbare på utenlandske markeder. Utkastet er et problem, sett både fra et etisk, ressursmessig og økonomisk ståsted, og det er viktig å arbeide kreativt for at en maksimal del av fangstene blir utnyttet. Særlig vil mottaksleddet bli utfordret, men det er avgjørende å arbeide i flere ledd av verdikjeden. Det må etableres

rutiner for rett håndtering av bifangststartene, fleksible og effektive mottak og salgskanaler.

Eksempler på arter med et klart potensial er skater og ulike flatfiskarter som smørflyndre og gapeflyndre. Dette er vanlige arter på bløtbunn, og en vanlig bifangst ved bunntåling, for eksempel etter reker. Mange steder er disse artene ettertraktede matfisk, men hos oss går de stort sett lukt på havet igjen. Både smørflyndre og gapeflyndre er velsmakende, men har en relativt tynn filet, og gir derfor lavt utbytte ved filetering. På markedene frembys de derfor som hel, sløyd fisk

Sjøpølser

Sjøpølser er blant verdens best betalte sjømatprodukter. I Kina regnes sjøpølser som svært helsebringende mat og afrodisiaka – potensfremmende mat. I Norge er den røde sjøpølsten, *Stichopus tremulus*, en vanlig art på bløt bunn og vanlig bifangst under tråling etter kreps og reker. Så langt har sjøpølsten ikke vært utnyttet kommersielt, men det arbeides nå med å få håndtert den rett slik at norske sjøpølser kan eksporteres til markedene i Asia.

Det er en rekke utfordringer knyttet til kommersialisering av norske sjøpølser, i ulike ledd av produksjonen. Vasking og punktering eller sløyning bør skje kort tid etter fangst. Håndteringen er relativt arbeidskrevende, og en optimalisering av dette leddet er viktig. Neste store utfordring ligger på bearbeidingsleddet. Det er gjort flere markedsundersøkelser de siste årene. Tilbakemeldingene på vareprøver



Figur 2.11.1

Gapeflyndre (*Hippoglossoides platessoides*) er gjenkjennelig blant annet på den store, bakovervendte kjeften. Den er en utmerket matfisk som vi bør etablere rutiner for å ta bedre vare på.

The American plaice (*Hippoglossoides platessoides*) is easily recognized by the large mouth. It is a tasty fish, which is well worth being handled and placed on the market.



Foto: Lisbeth Harkstad

sendt til Kina tyder på at den største verdiskapingen skjer ved bearbeiding. Tradisjonelt betyr dette tørking, men også konservering i salt kan være aktuelt.

Markedene ligger langt unna, og vi har liten eller ingen erfaring med eksport av sjøpølseprodukter. Markedsundersøkel-sene viser at det er et enormt spenn i prisene på ulike typer sjøpølser. Markedene er svært kvalitetsorienterte, så det er helt sentralt å kunne levere rett produkt – og ha en god dialog med seriøse markedscontakter. Vi arbeider derfor målrettet med å etablere hensiktsmessige metoder for prosessering, tørking og stabil lagring, og forsøker å få tilbakemelding på sluttproduktene fra seriøse markedscontakter.

Vi antar at kvaliteten på sjøpølsene varierer gjennom året, knyttet til årssyklus, gyting osv. Det finnes relativt begrenset kunnskap om både sjøpølsenes biologi og om ressursgrunnlaget. Rapporter fra fiskerne tyder på at det er "rikelig" med sjøpølser de fleste steder hvor det drives bunntåling, men en fremtidig fangstmodell må naturligvis baseres på systematiske, vitenskapelig holdbare målinger. Kunnskap om ressursgrunnlaget har svært høy prioritet i LUR-programmet.

Figur 2.11.2

Disken på et fransk fiskemarked er betydelig mer innbydende enn en hvilken som helst fiskedisk hjemme i Norge. Vi har mye å lære!

The variety of species and products displayed on a French fish market outcompetes any Norwegian seafood market. We have a lot to learn!

Figur 2.11.3

Rødpølsen, *Stichopus tremulus*, er fylt med vann når den kommer opp av sjøen, men tømmer seg raskt og blir vanskelig å bearbeide. Til høyre en ferdig tørket sjøpølse. I levende tilstand hadde den samme farge og størrelse som sjøpølsen til venstre.

*The red sea cucumber, *Stichopus tremulus*, is filled with seawater when it is landed, but ejaculates the water and ends up rather collapsed and difficult to handle. The specimen to the right has been dried. Live, it had the same size and colour as the specimen to the left.*



Foto: Stein Mortensen



Foto: Karl Wilk, Agones

Figur 2.11.4

Ved tråling etter kreps kommer det ofte et betydelig antall sjøpølser i trålen. Disse må sorteres ut. Forhåpentligvis kan de håndteres, prosesseres og stabiliseres, slik at de kan bli et salgbart produkt for fiskerne. *Sea cucumbers are common as by-catch during demersal trawling for Norway lobsters. The sea cucumbers have to be sorted out. Hopefully they may be handled, processed and stabilized in a way that turns them into a valued resource for the fishermen.*



Foto: Stein Mortensen

Modeller for fangsting

Flere av sjøpølseprosjektene har fokus på fangsting. Det finnes i prinsippet to ulike modeller for denne fangstingen, og den ene dreier seg om målrettet fangst av sjøpølser. Siden disse ligger på bunnen, må de fangstes med et bunngående redskap. Da beveger vi oss raskt inn i to problemområder. Ett av dem er bifangstproblematikken. Fangsting av sjøpølser med eksempelvis krepsetrål vil ta med seg en rekke andre bunnlevende arter. Med dagens forvaltningsmodeller kan dette være problematisk. Sjøpølsefangsting med tradisjonelle bunntråltypen må derfor eventuelt sees i sammenheng med nye modeller for blandingsfiske hvor kvotene er mer fleksible og tar hensyn til at fangstene kan ha en variabel sammensetning. Den andre problemstillingen er effekten på bunn og bunnfauna. En del tradisjonelle fangstredskaper, som bomtråler, skjellskraper etc., har negative effekter som ikke er ønske-

lige i dag. Løsningen på disse problemene kan være å utvikle nye redskapstyper. Dette skjer nå i to av de pågående sjøpølseprosjektene. Fiskere og industri på Mørgekysten samarbeider med Møreforskning om en "slede" som hales langs bunnen og nesten utelukkende tar sjøpølser. Havforskningsinstituttet samarbeider med aktører på Karmøy om utvikling av en liten, lett, spesialutviklet trål som ikke ser ut til verken å ta bifangst eller å ha negative effekter på bunnen. Fangsting med en slik spesialtrål kan gjøres av små fartøyer, uten større kostnader. Dette kan ha et stort potensial for kystfiskere med små fartøyer.

Fangstmodell nummer to er basert på ren bifangsthåndtering. Reke- og krepsefartøyer som opererer uten skillerist vil tidvis få en hel del sjøpølser i trålen. Hvis det er regningssvarende, kan sjøpølsene sorteres ut av fangstene, prosesseres på dekk eller når fangstene landes, og stabiliseres

på frys eller i salt. Små partier av sjøpølser kan så samles sammen, videreforedles og frembys for salg.

Kongesnegl

Marine snegler er lite brukt i Norge, men er populære produkter både i Sør-Europa og Asia. Kongesneglen er en av våre største marine snegler, og ganske tallrik langs hele kysten. Det er ingen tvil om at kongesnegler er salgbare. For å vurdere ressursgrunnlaget er det gjennomført prøvefiske i Trøndelag, Troms og Finnmark, og det skal nå danne grunnlaget for et kommersielt fiske. Flere bedrifter vil forsøke seg på fangsting av kongesnegler ved bruk av teiner. Det er etablert to mottak, ett på Frøya og ett på Skjervøy. I tillegg skal et LUR-støttet prosjekt tilpasse teiner og utvikle et optimalt agn for fangst av kongesnegl. Det er også planlagt prøvefiske i Nordland våren 2006. Målsetningen er at fangstingen skal foregå etter føre-var-prinsippet,

**Figur 2.11.5**

Kongesneglen, *Buccinum undatum*, er en av våre største marine snegler. Til nå har det vært liten interesse for denne arten annet enn fra sjømatelskere.

The whelk, Buccinum undatum, is one of the largest marine snails along the Norwegian coast. So far, the interest in exploiting whelks has been limited to passionate seafood lovers.

Illustrasjon: Stein Mortensen



Foto: Stein Hørtensen

basert på fangstplaner som er utviklet i samarbeid mellom mottaksbedriftene og fiskerne.

Stort kamskjell

I Norge har utnyttelsen av stort kamskjell hatt en relativt liten betydning. Siden 1960-årene er det i gradvis økende omfang blitt høstet kamskjell av dykkere. En stor del av fangstene har gått til privat forbruk, men en del skjell er også blitt omsatt. Sent i 1990-årene var det et oppsving i fangstingen, og høstingen har i de senere år fått en viss næringsmessig betydning. Kamskjell kan i dag derfor ikke sies å være en "lite utnyttet ressurs" – i alle fall ikke på de sentrale kamskjellfeltene i Trøndelag. Uttaket fra bestandene her er betydelig, og det er stilt spørsmål om vi står foran en situasjon med overbeskatning. Problemstillingen rundt kamskjell er altså en litt annen enn for de andre LUR-artene. Det er etablert fangsting fra de viktigste bestandene, og markedet er for lengst etablert (se Kapittel 3.7.1). Fangst av kamskjell er imidlertid uregulert, altså uten fastsatt minstemål og begrensninger med hensyn til sesong, redskapstyper, fangstfelt osv. For å sikre et bærekraftig uttak og en videre utvikling av

dette fisket har LUR-programmet i samarbeid med Havforskningsinstituttet i 2005 derfor startet arbeidet med å legge grunnlag for en styrket regulering av utnyttelse av stort kamskjell. Det er i første omgang anbefalt å innføre minstemål og begrensninger på bruk av fangstredskap som har uheldig virkning på bunnmiljøet.

Figur 2.11.6

Stort kamskjell, *Pecten maximus*, håndplukket av dykkere – ferdig størrelsessortert "fra bunnen av", ferske og feilfrie. Great scallops, *Pecten maximus*, picked by hand by scuba divers, selected by size, all fresh and delicate.

Under-exploited species in the Norwegian coastal zone

Marine resources have a major importance in the Norwegian national economy. Still, there are many species that are not yet commercialised. The LUR programme (a Norwegian acronym meaning "less exploited resources") has a special focus on the harvest and commercialisation of some of these species. In particular demersal trawling takes a significant amount of by-catch, and one of the aims of the LUR programme is to establish models to exploit a maximal proportion of the total catch. Several lightly or non-exploited species have potential on export markets. There are some projects

aiming at optimising catch, handling and commercialisation of red sea cucumbers, and the first product samples from these trials have been presented on the Chinese market. The whelk is another non-exploited species that is attractive on several export markets. A project has been started in order to optimise pots and bait for whelk fishing, and two companies have established landing and processing facilities. The king scallop is subjected to a harvest done by divers, and has an established market. Due to the threat of over-fishing, a project has been initiated in order to suggest a management model for scallops.



Kapittel 3

Havbruk

3.1

Kan plankton brukes som fiskefôr?

Marin plankton som krill og raudåte utgjør en betydelig biomasse. Flere forsøk har vist at det kan være gunstig å benytte dem som ingredienser i fiskefôr. Ikke bare er de betydelige kilder for marint fett og protein, men de kan også redusere mengden miljøgifter som finnes i enkelte marine produkter i dag. Det er imidlertid også utfordringer knyttet til bruk av disse råstoffene. Dette gjelder spesielt innholdet av fluor og tungmetaller, hvor både effekter og opptak må undersøkes og dokumenteres. Videre må biomasse og bestander dokumenteres for å få best mulige anbefalinger om uttak.

Rolf Erik Olsen
rolf.erik.olsen@imr.no

Mari Møren
mmo@nifes.no
NIFES

Tor Knutsen
tor:knutsen@imr.no

Gro-Ingunn Hemre,
ghe@nifes.no
NIFES

Produksjonen i fiskeoppdrett har økt så mye i løpet av de siste to tiårene, at man nå begynner å få problemer med å skaffe til veie tilstrekkelig med fiskemel og fiskeolje som er de viktigste bestanddelene i fôret. Selv om det er vanskelig å spå om fremtiden, regner de fleste eksperter med at det vil bli mangel på en eller begge av disse fôringrediensene i løpet av de nærmeste 5–15 årene. For å bøte på denne situasjonen, har man over lengre tid forsøkt å skifte ut fiskemel og olje med ulike plante produkter. Dette har i en viss grad vært vellykket. Spesielt i laks er det nå mulig å erstatte store deler av fiskemelet med plantemel uten at man ser noen klare negative

effekter. Men ved høye utskiftninger får fisken problemer. Spesielt er det mage-tarmsystemet det går utover, slik at man kan finne ulike former for betennelsesreaksjoner. Det er også mulig å bruke store mengder med planteoljer til laks uten at den ser ut til å lide av det. Men dersom man bruker slike oljer, vil innholdet av de såkalte marine n-3-fettsyrene bli lavt i kjøttet. Det er disse fettsyrene som er spesielt gunstige å innta dersom man vil unngå problemer med hjerte-karsykdommer.

Behov for alternative fôr kilder

Dersom man ønsker tilførsel av mer marint protein og fett, er det derfor nødvendig å finne alternative kilder fra det marine miljø. De eneste store ressursene som nå er tilgjengelige i havene, er de som finnes i lavere trofiske nivåer, altså i ulike former for krill og plankton. I Antarktis har det lenge vært stor interesse for fiske på antarktisk krill, først og fremst arten *Euphausia superba*. I Nordatlanten finnes også store mengder av krill og plankton som har potensial som råstoffkilder for både fett og protein. Her er det først og fremst amfipoder (*Themisto libellu-*

Figur 3.1.1

Krill (*Meganyctiphanes norvegica*).
Krill (*Meganyctiphanes norvegica*).



la), krill (*Thysanoessa inermis* og *Meganyctiphanes norvegica*) (Se Figur 3.1.1) samt raudåte (*Calanus finmarchicus*) man har konsentrert seg om. Dersom disse kan brukes i stedet for fiskebaserte råstoffer, kan man forsyne oppdrettsnæringen med råstoffer langt inn i dette århundret.

Etter hvert har man vist i flere fôringsforsøk på arter som laks, torsk og kveite at disse har potensial som fôrildere. Selv om det ennå foregår forsøk, tyder alle resultater så langt på at fisken vokser like godt, eller i noen tilfeller bedre, når inntil 60 % av fiskemelet erstattes med krillmel (Figur 3.1.2). Det samme gjelder når fiskeolje erstattes med olje som kommer fra raudåte (Figur 3.1.3). Det som er interessant i dette tilfellet, er at raudåteolje inneholder fett i form av voksestre, som ikke er egnet som oljekilde for mennesker. Så det fisken gjør, er at den omformer fett som er "usunt" for oss, til sunt fett som vi kan få i oss når vi spiser laksen.

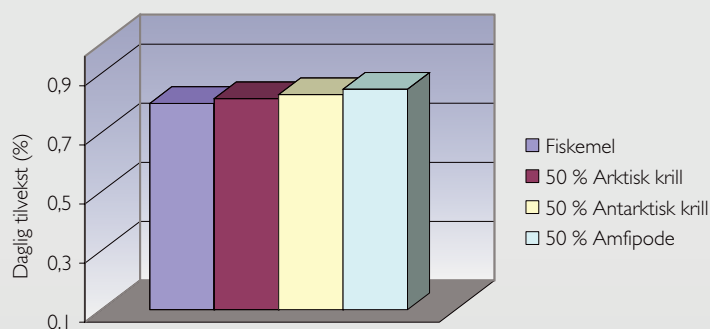
En annen fordel med å hente fett fra lavere trofiske nivåer er at mengden miljøgifter er langt mindre. Mange av disse miljøgiftene har den egenskapen av de akkumuleres hver gang de spises av fisk eller plankton som er høyere opp i næringskjeden. Og siden fisk befinner seg høyt oppe, kan man finne fisk hvor mengden av slike stoffer er relativt høyt. Dersom man så hopper over dette trinnet og gir oppdrettsfisk dietter som er basert på plankton, vil derfor innholdet av miljøgifter være vesentlig lavere.

Ulike utfordringer

Men det er også flere utfordringer forbundet ved bruk av organismer fra lavere trofiske nivåer. Ett velkjent problem er at mange inneholder store mengder fluor, som først og fremst kommer fra skallene der fluor inngår i en kjemisk struktur som gjør skallet hardere ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$). Tidligere arbeid for å finne nytteverdi av krill stanset opp på slutten av 1970-tallet, da det viste seg at regnbueørret tok opp fluor når de ble gitt fôr som inneholdt krill. Dette var fisk som gikk i fersk- eller brakkevann. Fluor i fôr til saltvannsfisk har vist seg å være et mindre problem. Vi har gitt kveite, torsk og laks fôr hvor inntil 100 % av melet var krillmel. Det ble ikke observert noen økning av fluornivå i verken bein, muskel, gjelle, nyre eller skinn/skjell, sammenliknet med fisk som var gitt et fôr laget av fiskeemel (Figur 3.1.4, fluor i prøver fra laks).

Dessuten kan enkelte krillararter inneholde relativt høye mengder av uønskede metaller, og dette er til dels reflektert i melene (Tabell 3.1.1). For eksempel finner man høye kadmiummengder i mel produsert fra arktiske amfipoder. For enkelte krill-

Daglig tilvekst i laks over 160 dager fôret på krill og amfipoder

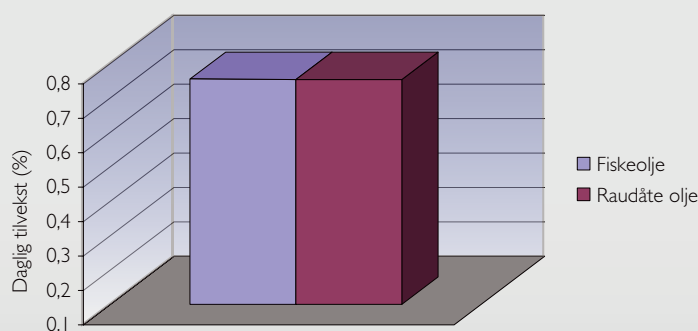


Figur 3.1.2

Gjennomsnittlig daglig tilvekst hos laks på dietter hvor om lag 50 % av fiskemelet er erstattet med mel fra krill eller amfipoder.

Average daily growth in Atlantic salmon on diets where 50 % of the fishmeal was substituted with meals from amphipods or various krill species.

Daglig tilvekst hos laks over 140 dager fôret på dietter tilsatt fiskeolje eller raudåteolje.

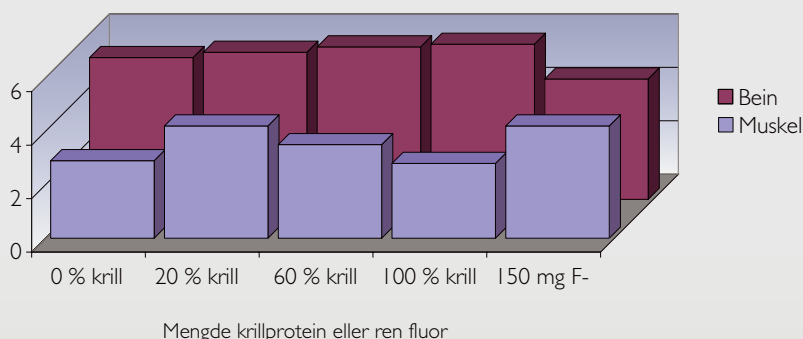


Figur 3.1.3

Gjennomsnittlig daglig tilvekst hos laks på dietter tilsatt fett fra raudåte eller fiskeolje.

Average daily growth in Atlantic salmon on diets containing fish oil or oil from copepods.

Fluor i kjøtt og bein hos laks fôret med krill eller ren fluor



Figur 3.1.4

Innhold av fluor (mg per kilo vev av våtvekten) i prøver fra laksemuskel og laksebein.

Økende mengde krill i fôret gir ikke signifikant økning av fluor i bein- eller muskelprøver. Fôr tilsatt fluor i form av NaF ga heller ikke økte fluornivåer, sammenliknet med gruppen som hadde fått vanlig fiskebaseret fôr.

Content of fluoride (mg per kg tissue wet weight) in muscle or bone tissue from Atlantic salmon. Increased amounts of krill in the diets do not increase the level of fluoride in the tissues. Diets added pure NaF do affect tissue fluoride levels compared with fish fed on fishmeal-based diets.

Tabell 3.1.1

Innhold av kopper, sink, arsen, kadmium, kvikksølv og bly i mel produsert fra arktisk og antarktisk krill og amfipoder (mg kg⁻¹ tørrvekt) sammen med EUs øvre grenseverdier for føringredienser (mg kg⁻¹ 88 % tørrvekt).

Content (mg per kg dry weight) of copper, zinc, arsen, cadmium, mercury and lead in meals produced from Arctic and Antarctic krill and amphipods compared with EU upper limits for feed ingredients (based on 88 % dry weight of material).

	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
Antarktisk krill	46	51	4.0	0.61	0.008	0.09
Arktisk krill	22	81	9.4	1.4	0.009	0.22
Amfipoder	8.2	58	11	12	0.04	0.16
EUs øvre grenser	25*	200*	15	2	0.5	10

*Grenseverdiene gjelder ferdig fôr. Det er ikke satt øvre grense for disse i fôrmidler da de også er essensielle mineraler (i små mengder).

larter har man også observert relativt høye mengder kopper. Kopper og kadmium kan bli begrensende faktorer i forhold til dagens lovverk, dersom funnene gjenspeiler normale verdier i disse artene. Andre potensielle arter bør også undersøkes, siden dette synes å variere, blant annet på grunn av forskjeller fra fangstområde til fangstområde. Det kan derfor være nyttig å kartlegge artene bedre for å vurdere hvordan de egner seg som føringredienser.

Metodeutvikling i fokus

I dag drives det liten eller ingen fangst på plankton i De nordiske hav og Barentshavet. Noe raudåte fanges imidlertid lokalt på kysten, og brukes i hovedsak som fôrtilsetning beregnet på å øke pigmenteringen i laks. I farvannet rundt Antarktis drives derimot et fiske etter krill hvor en rekke nasjoner er involvert, også Norge. For sesongen 2004–2005 ble det tatt i størrelsesorden 165 000 tonn krill av en total TAC (total fangstkvote) på ca. 4 millioner tonn. I dette fisket har man i hovedsak benyttet tradisjonelle finmaskede pelagiske tråler.

Utvikling av ny trålteknologi har imidlertid blitt forsert de siste årene. Dette gjør at fisket på den ene siden er blitt mer effektivt, men også mer attraktivt fordi det nå er mulig å oppnå en langt høyere kvalitet på råstoffet som tas om bord.

Uten tvil vil denne utviklingen fortsette. Det vil føre til økt utnyttelse av krillbestandene i Antarktis og vil svært sannsynlig øke interessen for planktonressurser i nordatlantiske farvann. Fra et forsknings-synspunkt er vi svært oppmerksomme på at utnyttelsen av plankton kan ha uheldige konsekvenser for økosystemene generelt og planktonspisende fisk spesielt. Derfor må vi blant annet utvikle metoder for å kvantifisere de store pelagiske fiskebestandenes konsum med hensyn til plankton. Dessuten må vi styrke kunnskapen om fordeling og reproduksjonsbiologi, og ikke minst etablere sikrere metoder for å mengdemåle viktige planktonbestander i årene som kommer.

The utilisation of marine plankton as feed for farmed fish

The future of carnivorous fish farming relies on ample supplies of protein and lipid sources. Marine plankton and krill species constitute a major biomass in all seas, and several studies have shown that it is feasible to exploit these for fish-feed production. Not only are they good sources for marine protein and fat, but they will also lower the level of environmental toxins found in some marine resources today. Future challenges are mainly concerned with the high level of fluoride and heavy metals shown in some of these species, and where the impact on fish health and product quality needs to be established. Further exploitation also relies on proper environmental monitoring; stock estimation and well-funded recommendations for catch volumes.

Norskekysten har gode naturlige forutsetninger for fiskeoppdrett, og det er forventet at oppdrettsnæringen vil vokse betydelig i årene framover. Artikkelen diskuterer miljøkonsekvensene av økt fiskeoppdrett, og hva vi kan gjøre for å holde miljøpåvirkningene under kontroll.

Figur 3.2.1

Norskekysten er særdeles godt egnet til akvakultur. Bildet viser et oppdrettsanlegg i Herdlefjorden, nord for Bergen.

The Norwegian coastline has a lot of extraordinary good sites for aquaculture facilities. The picture shows a fish farm in the Herdlefjord, north of Bergen.

Arne Ervik

arne.ervik@imr.no

Jan Aure

jan.aure@imr.no

Norskekysten er lang, med et utall av fjorder og øyer. Kystsonen omfatter både grunnhav og mange hundre meter dype fjordbassenger. Utenfor ligger den svære kontinentalsokkelen, overskytt av sørlige havstrømmer som er langt varmere enn breddegraden skulle tilsi. Alt dette skaper et produktivt område med stor biodiversitet. Viktige oseaniske fiskebestander som norsk vårgytende sild, lodde og torsk har kysten som gyte- og oppvekstområde. Men også vi mennesker trenger kysten og fjordene. De er våre viktigste ferdselsårer, her foregår det store fiskerier, og fjordene er våre fremste turistmål. I de seinere tiårene har oljeaktiviteten kommet til, og det høye bruksnivået har aktualisert spørsmålet om naturvern og naturreservater. Det er altså et mangfold av interesser som

er knyttet til bruk av kystsonen, og de er delvis i konflikt med hverandre. En trenger ikke å være synsk for å se at det i framtiden fortsatt vil bli kamp om retten til å bruke kyst- og fjordområdene.

Betingelser for fortsatt vekst

Dersom havbruk skal ha en framtid i Norge, må havbruksnæringen holde seg framme i denne kampen. Norskekysten er særdeles godt egnet til fiskeoppdrett, og vi produserer nå om lag like mye laks og regnbueørret som vi fisker norsk vårgytende sild (0,6 mill. tonn). Næringen har også et stort potensial for videre vekst, men det forutsetter at den får tilgang til de nødvendige arealene og at den bruker kysten både rasjonelt og bærekraftig. Det innebærer at vi må ha forsvarlige og omforente grenser for miljøpåvirkning. Næringen må også dokumentere at den overholder disse grensene, og den må utnytte bæreevnen i de områdene som er avsatt til havbruk.

Dersom vi sammenligner mulige organiske utslipp fra oppdrett med utslipp som ikke er menneskeskapt, kan vi få et begrep om hvilke påvirkninger vi snakker om. Norsk vårgytende sild kommer hvert år inn til kysten for å gyte, og bestanden er på rundt 7 mill. tonn. Vi regner med at gyteproduktene utgjør 20 % av bestandsvekten, det betyr at silda legger igjen 1,4 mill. tonn egg og melke inne på kysten. Til sammenligning produserte vi i 2004 0,6 mill. tonn laks og regnbueørret, og vi regner med utslipp av 200 kg fekalier (avføring) og spillfôr for hvert tonn som blir produsert. Utslippene fra oppdrett på 0,12 mill. tonn partikulært materiale er derfor relativt små i forhold til de mengdene organisk materiale silda transporterer inn til kysten fra Norskehavet.

Tenker vi oss så 30 år fram i tid og antar at havbruksnæringen har tidoblet produksjonen og at de relative utslippene er de samme, vil utslippene ha økt til 1,2 mill. tonn. De er da av samme størrelsesorden som tilførselene fra silda. Sammenligningen er noe haltende fordi sildegytingen er konsentrert til visse områder, mens oppdrettsanleggene er plassert langs hele kysten fra Agder og nordover, og vi vet selvsagt ikke hvordan anleggene blir lokalisert om 30 år. Dersom de er plassert slik som i dag, vil utslippene finne sted inne i fjordene eller inne mellom øyer og holmer langs kysten. Disse områdene er langt mer følsomme for



Foto: Harald E. Tørrisen

organiske tilførsler enn de åpne kystområdene hvor silda gyter.

Positiv vekselvirkning mellom oppdrett og fiskeri?

Oppdrett er en biologisk produksjon og påvirker miljøet på en rekke forskjellige måter. De påvirkningene som til nå har fått størst oppmerksomhet, er genetiske interaksjoner med ville bestander, spredning av smitte, effekter av medisiner og kjemikalier og miljøvirkninger av organisk stoff og næringssalter. I framtiden kan en anta at virkningene på økosystemene på kysten kommer mer i fokus, slik som effekter på villfauna som fugl, fisk og sjøpattedyr, betydning for marine verneområder etc. Et spennende moment som hittil har vært lite påaktet er hvordan organisk stoff og næringssalter fra oppdrettsanleggene påvirker den biologiske produktiviteten i nærområdet. Til tross for at norskekysten er produktiv, er mengden alger og dyr begrenset av mangel på næring. Tilførselene fra anleggene vil kunne gi grunnlag for økt biologisk produksjon i kyst- og fjordområder, og derved også bedre oppvekstforhold for yngel og økt fiske. Disse sammenhengene er ennå lite undersøkt, men de kan åpne for en positiv vekselvirkning mellom fiskeoppdrett og fiske på ville bestander.

Det er ikke slik at miljøvirkningene fra oppdrett nødvendigvis er uforanderlige. På åttitallet var bakterielle infeksjoner og høyt forbruk av antibiotika et alvorlig problem som ble løst ved hjelp av effektive vaksiner og forbedret hygiene. På samme måte vil for eksempel de genetiske interak-

sjonene mellom oppdrettet fisk og villfisk opphøre dersom oppdretterne bruker steril fisk, og lakselus vil ikke lenger være noen trussel mot villfisken dersom vi kan lage en effektiv lusevaksine. På den andre siden er det noen miljøvirkninger som er uløselig knyttet til fiskeoppdrett. Smitteoffer har gode muligheter for å formere og spre seg i monokulturer, og vi kan aldri eliminere sykdom og smittespredning fra oppdrett. Anleggene vil også fortsette å slippe ut næringssalter og organisk stoff, og utslippene kommer til å stige med økende produksjon. Før som er bedre tilpasset fiskens behov og bedre føringssystemer kan likevel redusere de relative utslippene.

Arbeidet med å fastsette tålegrenser og å utvikle reguleringsystemer er kommet lengst når det gjelder miljøvirkninger av næringssalter og organisk stoff. Denne artikkelen legger derfor slike påvirkninger til grunn for vurderingene av hvor mye fiskeoppdrett vi kan ha i Norge, og nytter delvis matematiske modeller til å beregne miljøvirkningene. Det må imidlertid understrekes at alle de viktige miljøeffektene oppdrett har på miljøet har sin egen bæreevne som hver for seg kan begrense produksjonen. Det hjelper for eksempel lite at vi har stor kapasitet til å omsette organisk stoff fra matfiskanleggene hvis samfunnet ikke godtar den påvirkning næringen har på de ville laksestammene.

Organiske utslipp

Med organiske utslipp menes her utslipp av næringssalter og organiske partikler. Næringssaltene, i første rekke nitrogen og fosfor, tas opp av algene som produserer

organisk stoff i fotosyntesen. Mengden utslipp per mengde produsert fisk kan på en enkel måte uttrykkes som förfaktor, det er tørrvekt för dividert på våtvekt fisk. Förfaktoren har avtatt sterkt siden åttitallet, men har de siste årene vært relativt stabil og ligger omkring 1.2. Utslippene av nitrogen og fosfor er i dag ca. 45 og 10 kg per tonn produsert fisk. Som nevnt foran regner vi med at utslippet av organisk stoff, dvs. fekalier og spillför, er omkring 200 kg per tonn fisk.

Organiske utslipp fra oppdrett påvirker omgivelsene på tre måter; det er eutrofiering (se neste avsnitt), videre økt forbruk av oksygen i de dypere delene av vannsøylen når organisk materiale synker og brytes ned og endelig er det påvirkning av bunnen fra spillför og fekalier som sedimenterer under og omkring anleggene. Eutrofiering er knyttet til de frie vannmassene og spres utover. Følgelig er den regional, og virkningen over større områder kan vurderes samlet. Dette i motsetning til virkningen på oksygenforholdene i dypere vannlag og effekten på bunnen. Disse påvirkningene er bestemt av lokale topografiske og hydrografiske forhold, og hvert enkelt område eller vannvolum må vurderes særskilt. En slik vurdering er omfattende og krever inngående opplysninger om lokale forhold. Det er så langt ikke gjort noen samlet analyse av norskekystens bæreevne for oppdrett med hensyn til oksygenforhold i dypet eller for bunnpåvirkning.

Eutrofiering

Med eutrofiering mener vi økt algevekst som følge av økte tilførsler av næringssalter. Primærproduksjonen i havet er vanligvis begrenset av mangel på nitrogen, og vi beregner her eutrofieringen fra fiskeoppdrett innen hvert enkelt fylke på grunnlag av nitrogen som begrensende faktor. Vi regner altså med utslipp av 45 kg nitrogen per tonn produsert fisk, og antar videre at 60 % av nitrogenet skilles ut over fiskens gjeller som ammonium. Ammonium kan direkte nyttes av algene. Vi antar at all ammonium går inn i primærproduksjonen, og videre at produksjonen skjer i det fylket der utslippet finner sted. Vi regner videre med at en del nitrogen produserer 5,7 deler karbon i alger, slik som det i sin tid ble beskrevet av Redfield og medarbeidere. Vi tar ikke hensyn til at primærproduksjonen er lysbegrenset over en firemånedersperiode om vinteren, og setter den midlere naturlige årlige primærproduksjon på norskekysten til 100 g karbon per m². På grunnlag av sjøarealet innenfor grunnlinjen (med unntak av de åpne områdene av Vestfjorden) i det enkelte fylke fra Vest-Agder til Finnmark, beregner vi så den fylkevisen naturlige marine primærproduksjonen og hvor stor produksjon vi kan ha i oppdrett innen

Tabell 3.2.1

Venstre del av tabellen viser produksjon av oppdrettsfisk innen hvert fylke dersom vi tillater at primærproduksjonen øker med henholdsvis 4, 8, 12,5 og 25 %. Høyre del av tabellen viser hvor mange ganger dette vil øke den fylkevisen produksjonen sammenlignet med produksjonen i 2003. The left hand side of the table shows the hypothetical production of farmed fish in each county if we allow an increase in the primary production of respectively 4, 8, 12.5 and 25 %. The right hand side shows how many times this will increase the production per county compared with the production in 2003.

Økning i primærproduksjon (%)	Produksjon i tonn fisk (tonn)				Ganger økning av produksjon i 2003			
	4	8	12.5	25	4	8	12.5	25
Vest-Agder	19 754	32 120	60 225	120 450	1,8	2,9	5,5	11,0
Rogaland	66 986	108 920	204 225	408 450	1,9	3,0	5,7	11,3
Hordaland	97 391	158 360	296 925	593 850	0,9	1,4	2,7	5,4
Sogn og Fjordane	111 487	181 280	339 900	679 800	1,8	2,9	5,5	11,0
Møre og Romsdal	154 267	250 840	470 325	940 650	2,0	3,3	6,1	12,2
Sør-Trøndelag	178 645	290 480	544 650	1 089 300	2,7	4,4	8,3	16,5
Nord-Trøndelag	122 902	199 840	374 700	749 400	3,1	5,0	9,4	18,7
Nordland	489 688	796 240	1 492 950	2 985 900	4,9	8,0	14,9	29,9
Troms	279 308	454 160	851 550	1 703 100	7,4	12,0	22,4	44,8
Finnmark	359 258	584 160	1 095 300	2 190 600	9,5	15,4	28,8	57,6
Total fiskeproduksjon (tonn)	1 879 680	3 056 400	5 730 750	11 461 500				

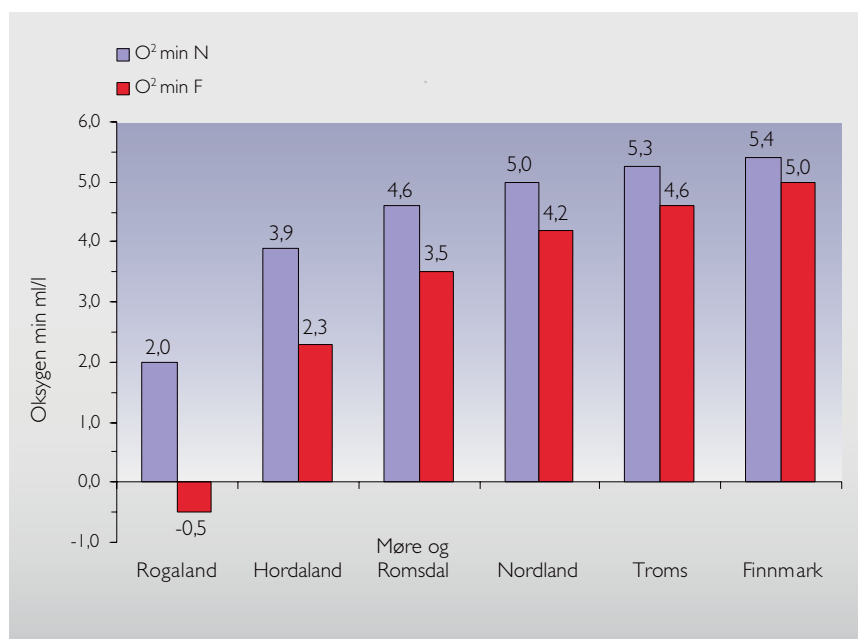
hvert fylke dersom vi tillater at primærproduksjonen øker med henholdsvis 4, 8, 12,5 og 25 % (Tabell 3.2.1).

Tabellen viser at selv relativt beskjedne økninger av primærproduksjonen gir rom for en stor oppdrettsnæring, og at vi kan produsere 11 millioner tonn fisk dersom vi godtar at primærproduksjonen øker med en fjerdedel. Potensialet er størst i de store fylkene i Nord-Norge, og fordi Troms og Finnmark har forholdsvis lite oppdrett i dag, er det her grunnlag for en mangedobling av dagens produksjon. Det forutsetter imidlertid en teknologi som gjør det mulig å legge anleggene ut i sterkt eksponerte områder.

Norskekysten, med unntak av Skagerrakkysten, er ikke eutrofiert. Det vil være vanskelig å påvise at primærproduksjonen øker med 4 eller 8 %. Det er verd å merke seg at oppdrettsaktiviteten i Hordaland allerede i 2003 ga en eutrofiering på over 4 %, slik som det er beregnet her, jf. Tabell 3.2.1. En økning på f.eks. 25 % vil redusere det gjennomsiktige siktedypet, (dvs. så langt ned i sjøen vi kan se en hvit skive med diameter 25 cm) med ca. 0,5 meter eller ca. 10 %. Eutrofieringen vil imidlertid ikke bli spredt jevnt utover slik som i dette regneeksemplet, og i noen regioner vil konsentrasjon av oppdrettsanlegg og lang oppholdstid på overflatevannet resultere i større økning av primærproduksjonen. I følsomme områder som fjorder og poller med dårlig utskiftning av bassengvannet kan oksygenforholdene i dypet bli dårligere, mens i andre områder vil den økte produksjonen stimulere dyrelivet og øke mengden av de artene vi er interessert i å høste.

Organisk belastning i terskelområder

Et terskelområde er et basseng som er avstengt fra områdene utenfor med en grunnere terskel. Eksempler på slike områder er poller som har svært grunne terskler og fjorder som kan ha terskler som er et par hundre meter dype, men der bassengene innenfor kan ha dyp på mange hundre meter. Det er et særtrekk for terskelområder at vannutskiftningen i bassengene er hemmet av tersklene, og at de er følsomme for tilførsler av organisk stoff. Oksygennivået i bassengvannet er derfor lavere enn på tilsvarende dyp utenfor terskelen. Innblandingen av vann fra tidevannsstrømmene i innløpet av terskelområder er med på å bestemme hyppigheten av innstrømming av nytt vann i bassenget, og dermed oksygenminimum i bassengvannet. Tidevannet øker betydelig fra sør til nord (tidevannsforskjellen øker med en faktor på 7 fra Rogaland til Finnmark). Det naturlige oksygenminimum i fjordbassenger vil derfor øke fra sør mot nord.



Figur 3.2.2

Beregnet naturlig oksygenminimum, sammenlignet med oksygenminimum i bassengvannet ved en fiskeproduksjon på 25 000 tonn per år for en middels stor fjord. Blå søyle angir oksygenminimum uten og rød søyle oksygenminimum med oppdrett.

Calculated natural oxygen minimum in the basin water of a medium sized Norwegian fjord without fish farming and with an aquaculture production of 25 000 metric tonnes per year. Blue column shows oxygen minimum without and the red column oxygen minimum with fish farming.

Den organiske belastningen fra oppdrett i terskelområder skyldes særlig spillfôr og fekalier som synker ned under terskeldyp. Tidligere var oppdrettsanlegg vanligvis små og lagt langs land, slik at partiklene bunnfalte over terskelnivå. Oksygenbelastningen på bassengene var derfor liten. I dag er trenden store anlegg som ligger ute i fjordene eller i bratte skrånninger, slik at spillfôret og fekalierne havner nede i bassengene. Figur 3.2.2 viser beregnet oksygenminimum i bassengvannet i en middels stor fjord med og uten fiskeoppdrett i Sør- og Nord-Norge. Den tenkte fjorden har et areal på 100 km², terskeldyp på 50 m og dybden av bassenget er 100 m. Produksjonen i fjorden er satt til 25 000 tonn fisk per år. Anleggene ligger over fjordbassenget, og alt det organiske materialet omsettes inne i bassenget. I forhold til oksygenforbruket i bassengene er det altså den verst tenkelige situasjonen.

Figuren viser at oksygenminimum uten oppdrett øker fra sør til nord, og at effekten av oppdrett slår mye hardere ut i sør enn i nord. Dersom fjorden lå i Rogaland ville oppdrettsaktiviteten ført til oksygenmangel, og bassengvannet ville blitt anoksisk, mens oksygenmengden i Finnmark bare ville bli redusert med 0,4 ml l⁻¹. Dersom vi setter som krav at oksygenminimum i fjordbassenget ikke skal være under 3,5 ml oksygen l⁻¹, kan vi ikke produsere 25 000 tonn verken i Rogaland eller Hordaland, i Møre og Romsdal vil vi ligge akku-

rat på grensen og i Nord-Norge er det god margin.

På samme måte som med eutrofiering, viser påvirkningen på fjordbassenger at bæreevnen for oppdrett er størst i Nord-Norge. Bæreevnen er imidlertid stor også i sør. En perspektivanalyse for oppdrett i Rogaland basert på oksygeninnhold i de dypere delene av vannsøylen, viser en årlig kapasitet på 100 000 tonn laks i de sentrale delene av fylket. Til sammenligning var den totale produksjonen i fylket 30 000 tonn i 2003. En produksjon av 100.000 tonn i Rogaland er beregnet å øke primærproduksjonen med om lag 8 %. På landsbasis vil en slik økning av primærproduksjonen gi en samlet produksjon på ca. 3 mill. tonn.

Områder uten terskler eller områder over terskelnivå har god oksygentilgang mot bunnen, og er lite følsomme for organisk belastning. Kapasiteten for oppdrett med hensyn til oksygentilgang i de dypere delene av vannsøylen er derfor stor ute på kysten og i store fjorder med dype terskler.

Bunnpåvirkning

Vi regner med at 30 til 40 % av primærproduksjonen sedimenterer, det gjelder også den økte produksjonen som skyldes utslippene av næringssalter fra fiskeoppdrett. Det betyr ekstra belastning på bunnen, og denne påvirkningen er regional på



Foto: Pia Kupla Hansen

Figur 3.2.2

Miljøovervåkingen må styrkes vesentlig dersom vi ønsker å bygge oppdrettsnæringen videre ut.

The monitoring of environmental impact must be significantly strengthened if we want to expand the fish farming industry.

samme måte som eutrofieringen. Virkningen av de økte tilførslene vil imidlertid bli bestemt av lokale forhold. I storparten av den norske kystsonen er oksygentilgangen ved bunnen god, og under slike forhold vil tilførslene øke produktiviteten. Omvendt vil områder med lite oksygen ved bunnen få dårligere forhold med mindre oksygen og avtakende produktivitet.

De største partikulære utslippene fra oppdrettsanlegg består av spillfôr og fekalier. De synker raskt, pellets opp til 10 cm s^{-1} , og bunnfeller derfor under og nær anleggene. I oppdrettsnæringens første tid, da anleggene ofte lå i grunne og strømsvake bukter, bygget det seg derfor ofte opp hauger av organisk stoff under merdene. Oksygen-

forbruket i slike avfallshauger er så stort at oksygenet blir brukt opp. Nedbrytningen av det organiske stoffet foregår da ved prosesser som ikke trenger oksygen. Slik omsetning er langsommere enn den som bruker oksygen, og det dannes giftige forbindelser som hydrogensulfid. De dyrene som lever og graver nede i bunnen og som sørger for ekstra tilførsler av oksygen til sedimentene blir da borte, og omsetningshastigheten avtar ytterligere. Sedimentet er da inne i en ond sirkel med akselererende akkumulering av organisk stoff.

Etter at oppdretterne flyttet anleggene ut på dypere og mer strømrrike lokaliteter, ble avfallet spredt over større områder, og slik opphoping av organisk stoff forekom sjeldnere. Arealet av merdene ble imidlertid holdt uforandret over flere år, samtidig som førkvotene hele tiden har økt. Vi har indikasjoner på at følsomme lokaliteter med kompaktanlegg igjen begynner å bli overbelastet, mens andre undersøkelser viser at anlegg som produserer flere tusen tonn og som ligger på gode lokaliteter bare gir moderat bunnpåvirkning

Utformingen av anleggene betyr mye for bunnbelastningen. Kompaktanlegg der merdene ligger i rekker på begge sider av en midtgang har konsentrerte utslipp der sedimenteringen fra en merd overlapper sedimenteringen fra nabomerdene. Sedimenteringsraten blir derfor høy, med fare for akkumulering av avfall. Dette til forskjell fra anlegg der merdene ligger spredt enkeltvis utover, og der de ligger så langt fra hverandre at sedimenteringen fra forskjellige merder ikke belaster samme område. Modellberegninger av bunnbelastning viser at bæreevnen på en lokalitet kan være dobbelt så stor når merdene ligger spredt, som når de ligger samlet i kompaktanlegg.

Moderate tilførsler av organisk stoff vil stimulere bunndyrsamfunnet i områder med god oksygentilgang ved bunnen. Effekten er størst nær anleggene der faunaen er dominert av relativt få såkalte opportunistiske arter som greier å utnytte de spesielle forholdene. Disse artene finnes i stort individantall. Det foreligger få undersøkelser av hvordan tilførslene fra oppdrettsanlegg

forplanter seg i det marine næringsnettet, men bruk av sporstoffer har påvist stoffer fra fiskefôr i reker og fisk omkring anleggene. Det er kjent at særlig sei trekker til anleggene, og smakstester har vist at sei som står ved oppdrettsanlegg er forskjellig fra sei som er fanget i upåvirkede referanseområder.

Det er laget en standard for å overvåke bunnpåvirkning som skal hindre overbelastning av oppdrettslokalteter, den heter NS 9410 "Miljøovervåking av marine matfiskanlegg". Obligatorisk overvåking etter NS 9410 ble innført fra januar 2005. Standarden dekker selve anleggsområdet og områdene omkring (resipienten), og beskriver både hvordan undersøkelsene skal utføres og hvordan resultatene skal vurderes. Parallelt med utviklingen av standarden er det utviklet matematiske modeller som kan beregne eller simulere miljøvirkningene av et planlagt oppdrettsanlegg, og hvor mye vi kan produsere på en gitt oppdrettslokaltet. Simuleringene gjøres på grunnlag av opplysninger om utforming og drift av anlegget og data om strøm og topografi i området, og dekker både vannkvaliteten inne i merdene, oksygenforholdene i de dypere delene av terskelområder og bunnpåvirkning.

Hvor mye oppdrett kan vi så ha?

Eksemplene med miljøvirkninger av organiske utslipp tilsier at verken eutrofiering eller oksygenforhold i terskelområder vil begrense norsk fiskeoppdrett. Dersom tilgangen på areal til oppdrett blir begrenset, kan bunnpåvirkning nær anleggene imidlertid gjøre det vanskelig å utnytte potensialet med hensyn til eutrofiering og oksygenforhold i de dypere delene av vannsøylen. Det kan tvinge fram en ny lokaliseringsstrategi der produksjonen konsentreres til områder som har stor kapasitet for bunnpåvirkning. Enten fordi de ligger ute på kysten med god strøm nedover i hele vannsøylen, eller på sær-

lig dype lokaliteter der avfallet blir spredt over store bunnområder. I tillegg kan det bli aktuelt å legge restriksjoner på bruk av kompaktanlegg. Samlet vil disse tiltakene gi grunnlag for en mangedobling av dagens produksjon.

Eksemplene viser at en stor oppdrettsnæring kan ha betydelige miljøkonsekvenser, og at kontrollen med miljøpåvirkning må styrkes vesentlig i forhold til det vi har i dag (Figur 3.2.2). Det krever helhetlige kontroll- eller reguleringssystemer som omfatter både planleggings- og driftsfasen av oppdrettsvirksomheten. Planleggingsdelen må stedfeste og kvantifisere naturgitte egenskaper og ulike brukerinteresser innen det enkelte område ved hjelp av geografiske informasjonssystemer (GIS), og kunne nytte simuleringmodeller til å forutsi miljøvirkninger og beregne bæreevne for oppdrett. Et slikt redskap kan brukes til å samordne de ulike aktivitetene på kysten og gi myndighetene helt nye styringsmuligheter. Det vil også bidra til å redusere faren for feilinvesteringer og forurensing. Overvåkningsdelen må inneholde standardprosedyrer for hvordan overvåkingen skal gjennomføres, og også omforente grenseverdier for tillatt påvirkning som resultatene fra overvåkingen skal vurderes i forhold til. Fastsetting av disse grenseverdiene er til syvende og sist en politisk beslutning om hvor mye oppdrett vi vil ha. Myndighetene må deretter sette inn passende virkemidler dersom påvirkningen overskrider grenseverdiene.

De viktigste delelementene i et slikt reguleringssystem for miljøvirkninger av organiske utslipp er utviklet, men de er ennå ikke samordnet eller kombinert med GIS. Det er også gjort mye på regulering av smittespredning, mens det gjenstår mer for andre miljøvirkninger. Når det gjelder de marine artene i oppdrett, som for eksempel torsk, er det gjort svært lite.

Fish farming in the coastal zone – aims and measures

The Norwegian coast is suitable for fish farming, but the competition for access to the coastal zone between the potential users is severe. Accordingly the fish farming industry of the future must not exceed its allocated resources and must try to keep the environmental impact within predetermined and acceptable levels. To achieve this, adequate regulatory systems will have to be developed and implemented. The regulation of organic emission is used as an example of such systems. Topics to be covered include eutrophication caused by nutrient release, reduced oxygen concentrations in stagnant basin water due to the decomposition of organic matter and the benthic impact of settling organic particles. Simulations indicate that there is a high carrying capacity for fish farming even with moderate increases in primary production, and that Northern Norway has the highest capacity. The carrying capacity in basins rises from south to north with increasing tidal amplitude and the capacity at the national level is high, but with significant regional variation. Organic overloading of the seabed beneath fish farms is now less severe since the relocation of on-growing fish farms to exposed and deep sites, and the imposition of mandatory monitoring by standard methods. Simulations demonstrate a significantly higher capacity to withstand benthic impact when fish pens are spaced around a site than when they are concentrated in one block. At regional level, it is believed that lack of capacity to absorb benthic impact could become a limiting factor in areas available for fish farming. Holistic regulatory systems that integrate GIS with simulation models and monitoring systems are recommended.

Utvikling av vaksine mot lakselus

Et forskersteam ved Havforskningsinstituttet har i fem år målrettet brukt genteknologi i arbeidet med å få kartlagt flest mulige sider ved lakselusens biologi. Etter hvert er det skapt et grunnforskningsmiljø på lakselus som er unikt på verdensbasis. Dette har vært en sentral del av instituttets strategiske satsing på marin genomforskning. Nå konsentrerer vi oss om å bruke den nye kunnskapen om lakselusen til å lete etter alternative strategier for å kunne bekjempe denne parasitten. De første kliniske forsøk i fisk har allerede vist at det er mulig å redusere antall lakselus gjennom vaksinasjon.

Petter Frost
petter.frost@imr.no

Eirik Biering
eirik.biering@imr.no

Christiane Moros
christiane.moros@imr.no

Frank Nilsen
frank.nilsen@imr.no

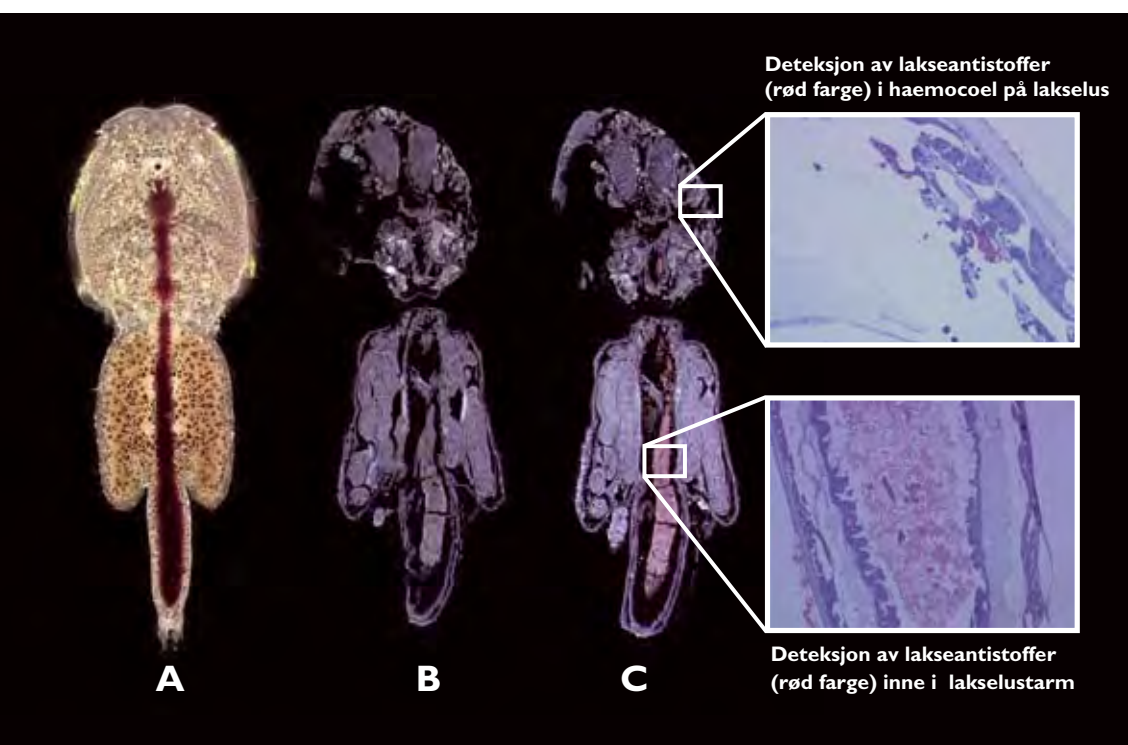
Infeksjoner med lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*) er en av de enkeltfaktorer som gir størst økonomisk tap i norsk oppdrettsnæring. Infeksjoner kan medføre dødelighet, redusert vekst og tilleggskostnader til medikamenter for avlusning. Potensielle negative miljøeffekter av avlusning og økt smittepress på villfisk er også uønskede sekundæreffekter koblet til lakselusinfeksjoner i oppdrettsanlegg. I Norge er det i dag til enhver tid over 300 millioner oppdrettslaks i sjøen, sammenlignet med anslagsvis 1–3 millioner individer av villaks og sjørøret til sammen. Selv få lakselus per oppdrettsfisk medfører en stor økning i den totale produksjonen av lakseluslarver i sjøen.

Frykt for resistensutvikling

Selv om leppefisk i dag i noen grad brukes til biologisk avlusning, holdes i realiteten

lakselusproblemet i sjakk ved hjelp av relativt omfattende bruk av noen få effektive avlusningsmidler, to pyretroider (deltametrin og cypermetrin) og emamectin benzoat ("SLICE"). Det begrensede antall medikamenter i kombinasjon med omfattende bruk, gjør at sannsynligheten for resistensutvikling over tid er stor, tilsvarende det som skjedde med organofosfatene som var i bruk til midt på 1990-tallet.

Pesticider tilsvarende det som i dag brukes mot lakselus har også vært brukt i bekjempelse av ulike skadeinsekter, og resistente stammer har da utviklet seg i mange arter. Rykter om enkelttilfeller av pyretroidresistens har versert lenge og er de senere år bekreftet vitenskapelig. "SLICE" har bare vært benyttet i Norge i få år, mens det i Chile har vært i utstrakt bruk mot *Caligus spp.* gjennom mange år. Derfra rapporteres det nå om økt behandlingsfrekvens. Det er for øyeblikket ingen store resistensproblemer med avlusningsmidlene som brukes i norsk oppdrettsnæring, men det er sannsynlig at slike problemer vil oppstå i fremtiden. Utvikling av nye avlusningsstrategier, vaksinasjon og/eller nye medikamenter, vil derfor være av stor viktighet for oppdrettsnæringen.



Figur 3.3.1

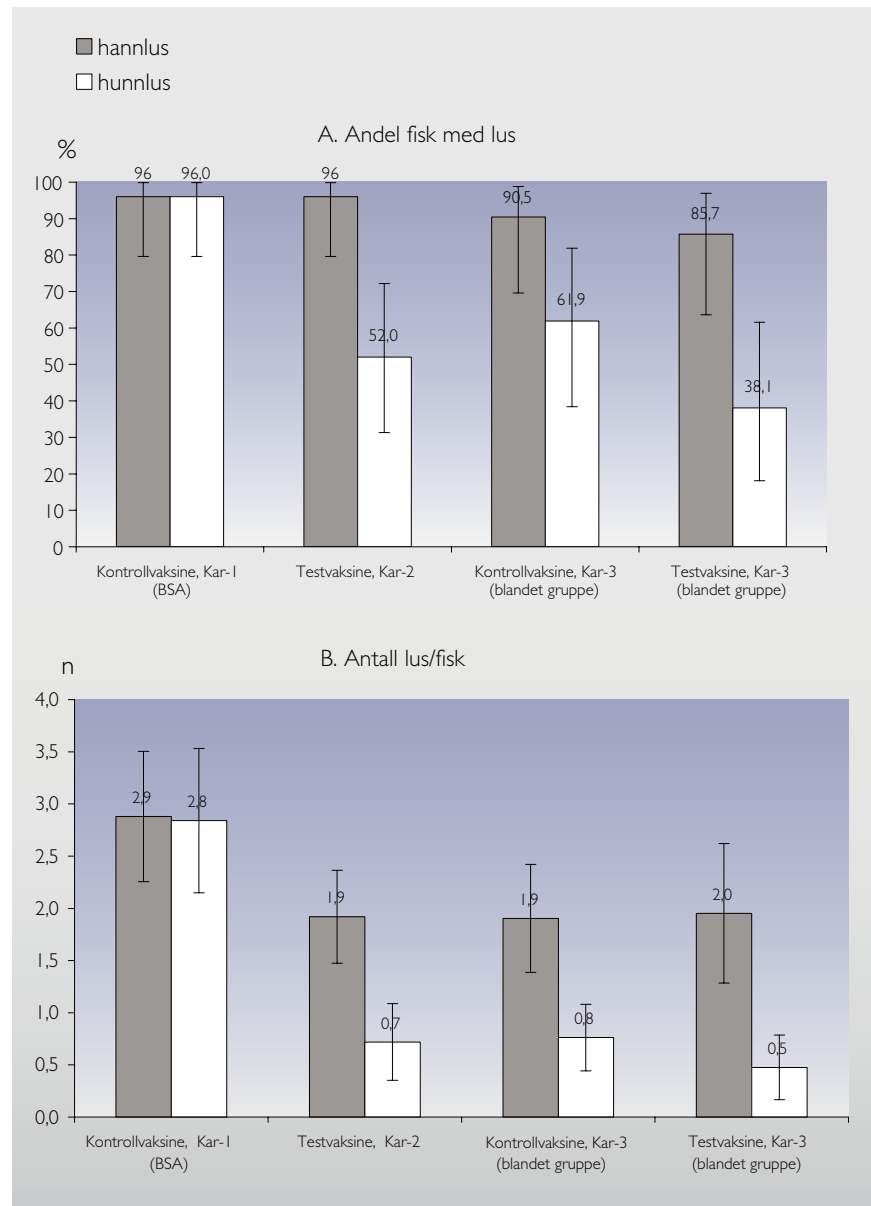
Immunohistokjemisk (IHK) påvisning av lakseantistoffer i lakselus som har spist lakseblod (snitt C). Snitt B er negativ kontroll for IHK-analysen. A viser bilde av den levende, voksne hunnlusen, med tarmen full av lakseblod (rødt), før preparering for IHK-analysene. *Salmon antibodies in salmon louse with salmon blood in the intestine, detected using immunohistochemistry (IHC) (Section C). Section B is the IHC negative control. Image A shows the live adult female salmon louse with salmon blood throughout the intestine (red line), prior to preparation for IHC analysis.*

Vaksinasjonsforsøk

Utvikling av vaksiner mot ektoparasitter er en vanskelig oppgave. Siden disse parasittene lever på utsiden av verten, reagerer ikke fiskens immunsystem på hele parasitten, slik det gjør mot virus og bakterier. Det eneste stedet det er kontakt mellom en fisk og en lakselus er der lakselusen spiser av verten. Vertens immunsystem kan derfor bare reagere lokalt mot komponenter parasittene utskiller på infeksjonsstedet, og ikke mot komponenter som er skjult inne i parasitten. Tilnærmet alle komponenter i en ektoparasitt er derfor skjult for vertens immunsystem under en naturlig infeksjon. For ektoparasitter som spiser blod kan imidlertid komponenter inne i parasitten nås via vertens blod. Den eneste kommersielt tilgjengelige vaksinen mot en ektoparasitt (flått på storfe) er basert på et protein (Bm86) i fordøyelsessystemet til parasitten. Når kveget vaksineres med dette proteinet, danner det antistoffer mot Bm86. Dermed får flåttene i seg antistoffene når den suger blod, noe som trolig hemmer dens fordøyelsessystem og reproduksjon. Bm86 er skjult for vertens immunsystem under en naturlig infeksjon. Når det isoleres og injiseres som vaksineantigen i verten, er det en vaksine som er basert på et såkalt "skjult antigen". Lakselus spiser også blod fra verten sin, og vi har påvist lakse-antistoffer inne i lakselusen (Figur 3.3.1).

I et første forsøk med vaksinasjon av laks med "skjult antigen" fra lakselus har vi brukt en blanding av proteiner rensset fra lakselusegg. Pre-smolt av atlantisk laks ble vaksinert, og etter sjøvannstilvenning eksperimentelt smittet med infeksjose kopepoditter, produsert fra egen utviklet laboriestedamme av lakselus. Vaksinert gruppe og kontrollgrupper gikk i et felles kar inntil to uker etter smitte. Vaksinegruppene (med fasthengende chalimuslarver) ble da overført til separate kar, hvorefter lakselusen fikk utvikle seg til voksne individer. Ved avslutning av forsøket 11 uker etter smitte var det signifikant færre fisk med voksne hunnlus og lavere antall voksne hunnlus/fisk i vaksinert gruppe enn i kontrollgruppen (Figur 3.3.2). I karet der vaksinert gruppe og kontrollgruppe gikk i blanding, ble det observert en viss effekt av vaksinasjon også i kontrollgruppene. Dette skyldes trolig det faktum at lus, og særlig laboriestedammer, hopper mellom ulike verter. Siden vaksine-antigenene var isolert fra egg, ble vaksineeffekt som forventet observert på hunnlus.

Vaksineforsøket indikerer klart at det teknologisk sett er mulig å bruke vaksinasjon til å redusere antall lakselus på oppdrettsfisk, men det er uavklart hvilke av komponentene i testvaksinen som fun-



Figur 3.3.2

Andel fisk med voksne lakselus (A) og antall voksne lakselus/fisk (B) på atlantisk laks vaksinert med "skjult antigen" fra lakselus. Data er innsamlet 11 uker etter eksperimentell smitte med infeksjose lakseluslarver (kopepoditter).

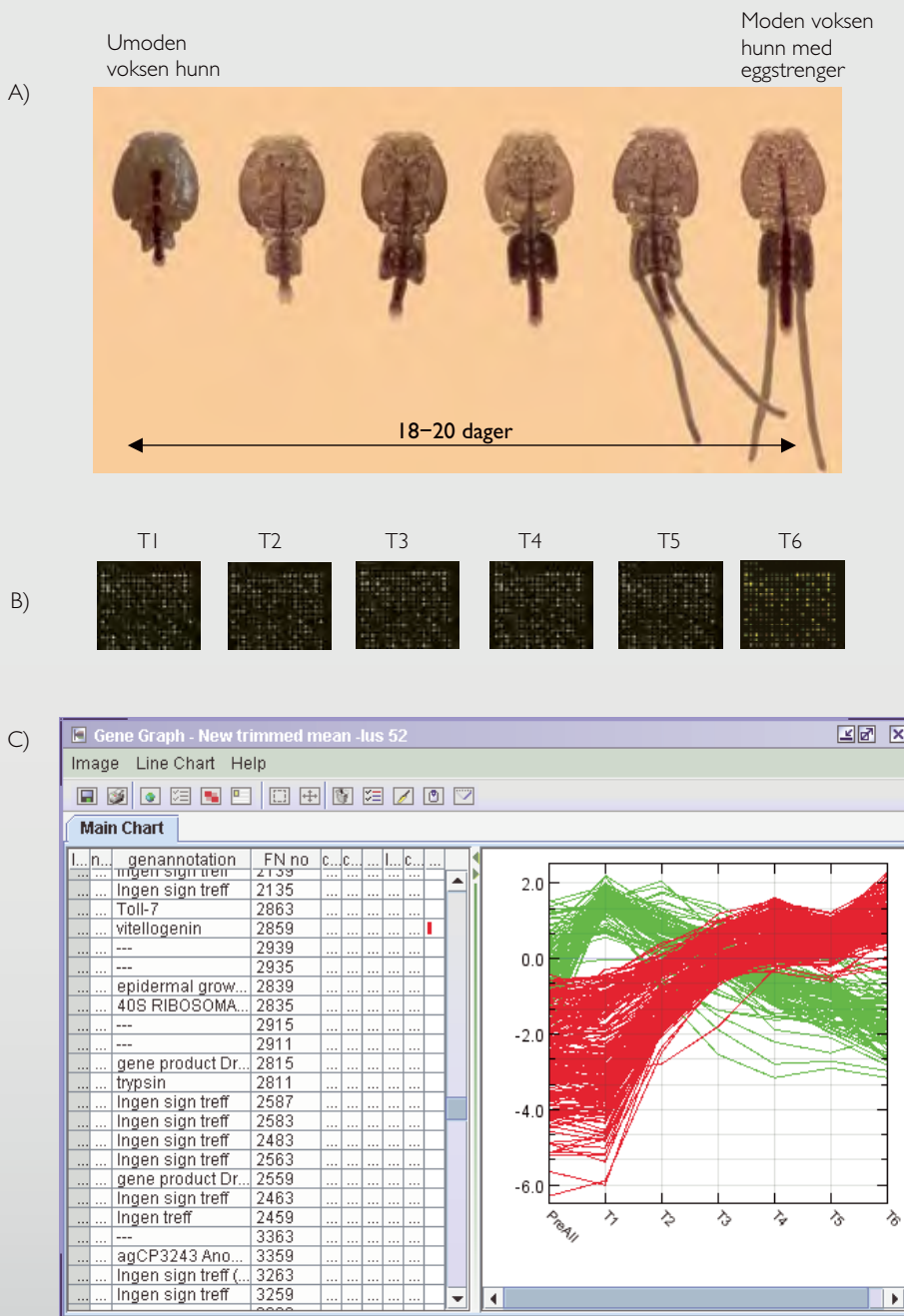
Percentage of fish with adult salmon louse (A) and number of adult lice/fish (B) on Atlantic salmon vaccinated with concealed antigens from salmon louse. Data was collected 11 weeks after experimental challenge with infectious salmon louse larvae (copepodids).

gerer. Arbeid med å avklare dette pågår i tett samarbeid med vaksineprodusenten Intervet-Norbio. Selv om det i dag allerede foreligger kandidat-antigener i klinisk utprøving, er det viktig å fortsette arbeidet med å identifisere og evaluere nye "nøkkelproteiner" som kan blokkeres ved vaksinasjon og/eller nye medikamenter. Det er ikke mulig å vite om noen av dagens kandidat-antigener, (som virker når de renses direkte fra lakselus og brukes i blanding) har effekt hver for seg eller om de lar seg produsere i industriell skala.

Utvelgelse av kandidat-antigener

Utvikling av vaksinen mot flått på storfe viste at en effektiv vaksine basert på

"skjult antigen" må bestå av ett eller noen få antigener. Dette er også en forutsetning for at en slik vaksine for fisk skal kunne produseres industrielt, til en pris som gjør det mulig å ta den i praktisk bruk i oppdrett. Detaljert kunnskap om de biologiske prosesser som kan angripes (f. eks. reproduksjon) er derfor en forutsetning for å kunne identifisere nøkkelproteiner som kan blokkeres. Parasitter som lakselus er meget kompliserte eukaryote organismer med titusenvis av gener (som ikke er karakterisert). Dette gjør identifisering av potensielle "skjulte antigen-kandidater" til en meget omfattende oppgave, der forskningsstrategier basert på å studere ett og ett gen ikke er hensiktsmessig.

**Figur 3.3.3**

Søk etter gener involvert i modning av voksne lakselushunner fra siste skallskifte til maksimal eggproduksjon, ved hjelp av mikromatriseteknologi.

A. Ulike utviklingsstadier av modnende voksne hunnlus hvorfra alle aktive gener (mRNA) isoleres for mikromatriseanalyser.

B. Utsnitt av lakselus-mikromatrise (7000 mikroflekker av DNA, som hver representerer en kjent genssekvens, EST) der genaktiviteten av alle gener analyseres fra alle de ulike utviklingsstadiene. Genaktiviteten for hvert enkelt gen detekteres ved utsending av lys, og gener som endrer aktivitet gjennom modningsprosessen kan ses som endring i fargeintensitet (grønn, rød) på analyser fra ulike prøver. Lysintensitet måles ved hjelp av en laserskanner og analyseres ved hjelp av bioinformatisk verktøy.

C. Eksempel på resultat av bioinformatisk analyse av mikromatriseforsøk. Kurvene representerer nivået av genuttrykk på de ulike modningsstadiene; en kurve for hvert gen (mikroflekk) på mikromatrisen. I dette eksempelet har dataanalysen identifisert både de gener som blir "skrudd på" (røde kurver) og de som blir "skrudd av" (grønne kurver) under prosessen frem mot eggproduksjon. Identiteten til hvert enkelt av genene fremkommer automatisk av listen til venstre.

Detection of genes involved in post-molting maturation and egg production in adult female salmon louse using microarray analyses.

A. Different developmental stages of adult female salmon louse maturing for egg production, from where all expressed genes (mRNA) are isolated for microarray analysis.

B. Parts of salmon louse microarrays (7000 microspots of DNA, each corresponding to one EST) used to measure the expression level of all the genes from the individual developmental stages. The expression level of each gene is represented by emission of light and changes in gene expression are measured as changes in color-intensity (green, red) between the different samples. Laser scanning and bioinformatic tools are used to detect the light intensities and process the raw data.

C. Example of results from bioinformatic analysis of microarray data. The lines in the graph represent levels of gene expression at the different developmental stages, one line for each gene (microspot) on the array. Here the software has identified both the genes that are "switched on" (red lines) and the genes "switched off" (green lines) during maturation and egg production. The identities of the genes are automatically listed as shown to the left.

Ved Havforskningsinstituttet har vi sekvensert 7000 såkalte EST-er (biter av gener som er "påskrudd") fra lakselus. Disse representerer ca. 2500 lakselusgener hvorav omtrent 40 % ikke er funnet å ha likhet med gener fra noen andre organismer. Basert på slike databasesøk mot gener fra andre organismer kan man få en indikasjon om genfunksjon, men funksjonelle forsøk er uansett nødvendig. Med mikromatriseteknologi er det mulig å analysere genaktiviteten til titusenvis av gener i én prøve samtidig. Ved å sammenligne resul-

tater fra ulike prøver kan man med slik teknologi følgelig identifisere gener som er ulikt påskrudd i prøvene. Dermed kan de enkeltgener som er involvert i den biologiske prosess som studeres, identifiseres blant titusenvis av gener.

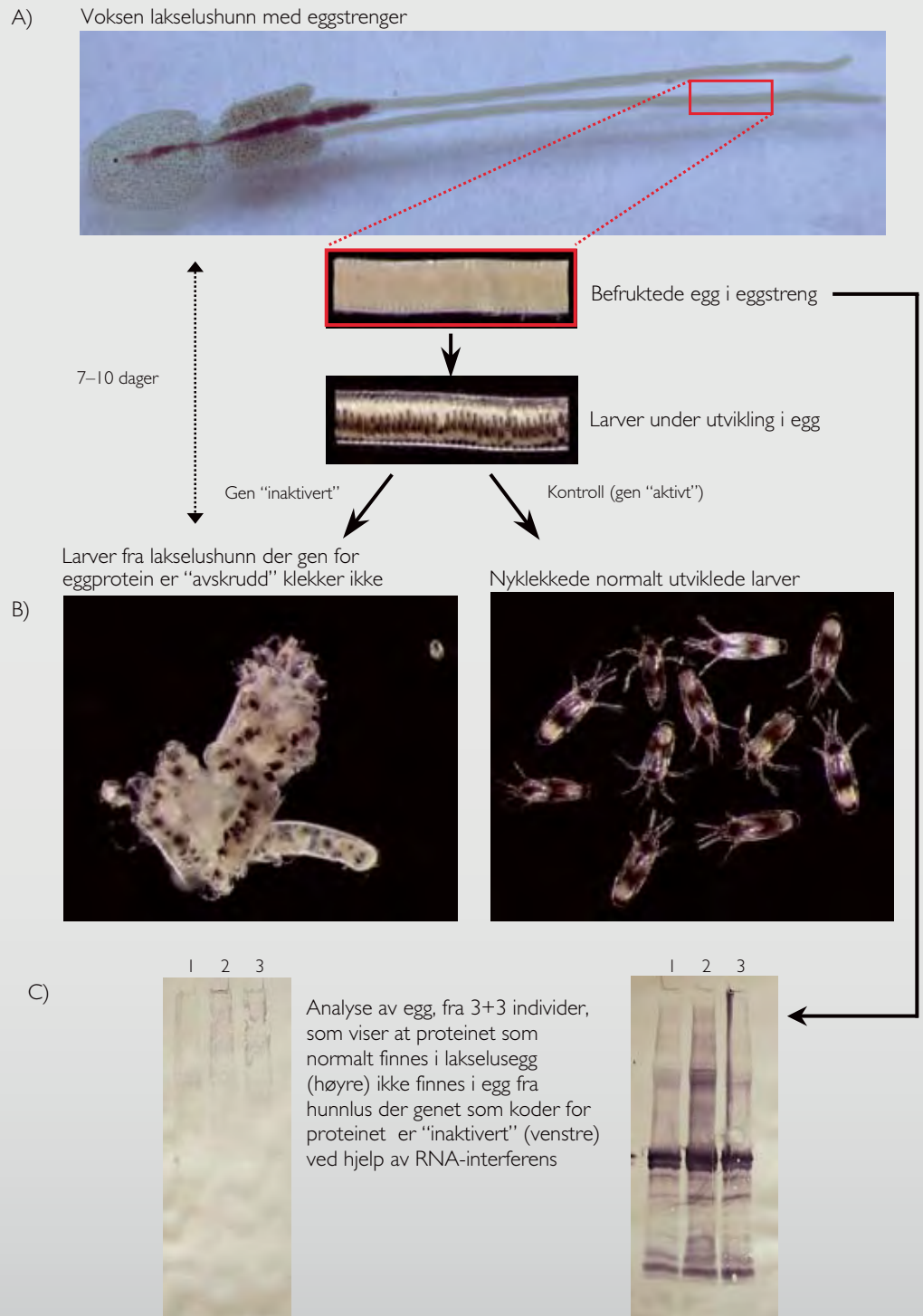
Havforskningsinstituttet har, i samarbeid med Norsk mikromatrise-konsortium, utviklet en lakselus-mikromatrise basert på våre 7000 EST-er. Ved hjelp av denne mikromatrisen har vi kartlagt uttrykk av alle de karakteriserte lakselusgene-

ne gjennom lakselusens eggproduksjon (Figur 3.3.3). Modningsprosessen som skjer i voksne hunnlus i forkant av eggproduksjon har vi de senere år dokumentert ved hjelp av egenutviklede laboratoriestammer av lakselus. Over hundre voksne lakselus i ulike modningsstadier er høstet og systematisert ved hjelp av digitale strukturanalyser. Mikromatriseanalyser på utvalg av disse prøvene påviste én gruppe gener som ble "skrudd på" under modning og eggproduksjon og en annen gruppe som ble "skrudd av". Blant gene-

Figur 3.3.4

Eksempel på evaluering av et kandidat-antigen ved hjelp av systemisk RNA-interferens i lakselus. Uttrykk av genet som koder for kandidat-antigenet (her et gen involvert i eggproduksjon) ble "slått av" i voksne hunnlus (A). Proteinene som koder for kunne ikke detekteres i de befruktede eggene (C, venstre) noe som bekrefter at genet var avskrudd. Eggene som manglet dette proteinet utviklet seg til larver, men larvene var feilutviklet og/eller klekket ikke (B, venstre).

Example of candidate-antigen evaluation in salmon louse, using systemic RNA interference. The expression of the gene that encodes the candidate antigen (here a protein involved in egg production) was "knocked down" in adult salmon louse (A). The protein encoded by the gene was undetectable in the fertilised eggs (C, left), confirming that the gene was "off". Eggs without this protein developed into larvae but the larvae had developmental defects and/or were unable to hatch (B, left).



som ble "skrudd på", påviste vi blant annet de som koder for antigenene som ble brukt i den effektive testvaksinen beskrevet over. I tillegg ble en del nye gener påvist å være involvert i den samme prosessen. Disse utgjør da nye kandidat-antigener for å prøve å hemme reproduksjonen via vaksinasjon.

Vaksinetesting uten vaksinasjonsforsøk
Uansett teknologi vil forsøk på å utvikle en lakselusvaksine nødvendigvis evaluering av en lang rekke kandidat-anti-

gener. Selv om mikromatrise og andre funksjonelle genomstudier brukes målrettet til å identifisere kun de mest lovende av dem, vil listen over kandidat-antigener langt overstige hva som er praktisk mulig å utprøve i kliniske vaksinasjonsforsøk. Kliniske vaksineforsøk forutsetter tilgjengelig antigen (renset fra lus eller laget rekombinant), tilgjengelig forsøksfisk og fasiliteter, og inkluderer en tidkrevende prosess med vaksinasjon og eksperimentell smitte. Dette er ikke praktisk mulig om antallet kandidat-antigener er 50-100,

slik det trolig minst må forventes dersom et vaksineutviklingsprosjekt på lakselus skal lykkes. Ved Havforskningsinstituttet har vi nylig etablert en metode som lar oss evaluere vaksine kandidater uten å måtte gjennomføre vaksineforsøk. Denne metoden, RNA-interferens, gjør det mulig å skru av gener man måtte ønske i hele, levende lakselus. Dette medfører at det proteinet som genet koder for (vaksine kandidat-antigenet) ikke blir produsert, og konsekvensen av det kan observeres på den levende lakselusen. Det samme vil

da kunne skje dersom proteinet blokkeres via vaksinasjon. På denne måten kan alle kandidat-antigener der fravær/blokkering ikke har noen/tilstrekkelig effekt, fjernes fra listen. Dermed vil kliniske vaksinasjonsforsøk bare gjøres på kandidat-antigener der fravær/blokkering kan påvirke lakselusen negativt i tilstrekkelig grad (er dødelig, hemmer blodfordøyning, hemmer reproduksjon osv.).

Vi har for eksempel gjort slik RNA-interferens på et gen som koder for et av de antigenene som var i den effektive testvaksinen beskrevet over. Genet ble påvist å være "avskrudd" i de voksne eggprodu-

serende hunnene, og proteinet var ikke til stede i eggene (Figur 3.3.4). Selv om de eggproduserende hunnene ikke selv ble påvirket av at genet ble "skrudd av", viste det seg at larvene som manglet proteinet genet koder for ikke klekket. Blokkering av dette proteinet dreper altså ikke hunnlusen, men hindrer den i å reproducere seg. Pågående vaksinasjonsforsøk med kun dette proteinet vil avdekke om det samme kan oppnås via vaksinasjon.

I et nystartet NFR-prosjekt (2006–2008) skal listen av kandidat-antigener utvides og RNA-interferens brukes til å identifisere de mest lovende vaksinekandidatene.

Significant reduction in salmon lice prevalence on salmon vaccinated with concealed antigen from female louse

Infections with salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis*) are probably the single factor causing the largest economical loss in the Norwegian aquaculture industry today. Except for cleaner-wrasse, all the current methods for controlling lice infections rely on chemical neurotoxins. Few available types of drugs combined with frequent use are factors that increase the risk of resistance development. As resistance problems are likely to appear in the future, development of alternative strategies (vaccine and/or new therapeutics) is of great importance for the aquaculture industry.

Currently there is one commercial available vaccine against ectoparasites (a cattle tick vaccine). This vaccine is based on a single concealed antigen from the tick. Antibodies probably block the function of this protein within the ticks when they eat blood from vaccinated animals. Salmon lice also feed on salmon blood and salmon antibodies are detectable within the salmon louse (Figure 3.3.1).

We have recently conducted vaccination trials using concealed antigens purified from one of our laboratory strains of salmon louse. Following experimental challenge, vaccinated fish showed a significant reduction in female lice prevalence (the number of fish with female lice) and in the abundance (number of lice/fish) clearly demonstrating that it is possible to reduce the number of salmon louse by vaccination (Figure 3.3.2). Further clinical trials with these concealed antigens are in progress. However, the antigens may not work individually or may not be possible to produce in an industrial scale. Therefore, screening for additional vaccine antigen-candidates continues and for highly complex organisms like the salmon

louse this is a difficult task. Detailed knowledge about the salmon louse life cycle at the molecular level is of fundamental importance in order to identify potential "vaccine targets" within the louse.

At the Institute of Marine Research we have sequenced 7000 ESTs (small tags of genes that are active) representing approximately 2500 genes. By microarray analysis the activity of all these genes can be studied simultaneously. We have, in cooperation with the Norwegian Microarray Consortium, developed such a microarray for salmon louse and applied it in expression profiling for all the 7000 ESTs during the post-molting maturation and egg production in adult female salmon louse (Figure 3.3.3).

Salmon louse vaccine development will include clinical testing of a range of candidate antigens. Even though functional genomics is used to identify only the most promising candidates, the list of candidates will outnumber what is possible to evaluate by vaccination trials in fish. We aim to use systemic RNA interference in salmon louse as an initial screening of vaccine antigen-candidates. RNA interference is a method that makes it possible to "knock down" a selected gene (and only that) in the entire salmon louse. This enables us to observe the consequence of a potential successful blocking of the protein the gene encodes, without doing time-consuming vaccination trials. By screening all vaccine antigen-candidates with the high capacity RNA interference method, only the candidates that severely affect the louse if they are blocked will be tested in clinical trials. We have recently established systemic RNA interference in adult salmon louse and demonstrated the effect of knocking down a gene encoding one of the antigens from our effective test vaccine (Figure 3.3.4).

3.4

Det er grenser for hva selv en torsk vil gjøre!

De siste årene har det vært satset stort på torskeoppdrett i Norge, og vi har fått en rask økning i antall klekkerier og merdanlegg, men totalproduksjonen (vel 5 500 tonn i 2005) ligger fortsatt på bare 1% av lakseproduksjonen. Antall tildelte konsesjoner for torskeoppdrett har imidlertid passert 500, noe som tilsvarer en potensiell produksjonskapasitet på minst 300 000 tonn. Etter at torskens slippes ut i merdene i sjøen, oppdrettes den stort sett på samme måte og med samme teknologi som laks. Imidlertid har det vist seg at torsk krever andre rutiner for håndtering, lysstyring og føring. Flere oppdrettere har fått seg en overraskelse når de har linet opp merdene og store mengder fisk har kommet opp med buken i været. Årsaken er at torskens lukkede svømmeblære som det tar lang tid å tømme, og som kan ekspandere til den sprekker når trykket reduseres. Hvilke konsekvenser har dette for valg av teknologi og metoder i torskeoppdrett? Og hvor setter torskens egne grenser for vertikalvandring og utvidelse av svømmeblæra? Her er historien om hvordan vi avslørte torskens subjektive grenser for trykkreduksjon.

Tore S. Kristiansen
tore.kristiansen@imr.no

Jan Erik Fosseidengen
jan.erik.fosseidengen@imr.no

Jon-Erik Juell
jon-erik.juell@imr.no

La oss begynne med hva en svømmeblære er, og hvordan den fungerer. Siden fisk er tyngre enn vann, vil de synke hvis de ikke svømmer eller har en metode for å øke oppdriften. For å holde seg "vektløse" i vann trenger de å øke volumet med ca. 5 % i sjøvann og 7 % i ferskvann. En løsning en finner hos mange beinfisk er en oval "svømmeblære" plassert i bukhulen like under ryggraden som fylles med gass og "blåser opp" fisken til den har samme tett-

het som vann. Både torsk og laks bruker denne metoden, men mens laksefisk har en åpen svømmeblære og må svelge luft i overflaten, er svømmeblæra hos torskefisk lukket og fylles opp ved hjelp av en kjertel som henter gass fra blodbanen.

Rete mirabile – det fantastiske nettet

Hvis vi tenker oss en torsk som har nøytral oppdrift på 200 m dyp, vil den trenge å bygge opp et gasstrykk i svømmeblæra til 21 atmosfæres trykk (atm). Når vi vet at partialtrykket for oksygen i blodet bare er 0,2 atm og 0,8 for nitrogen, høres dette ut som en umulig oppgave. Selv om svømmeblæra er nærmest 100 % gasstett, skulle en tro at gassen på grunn av den store trykkforskjellen ville strømme inn i og ikke ut av blodårene i gasskjertelen. Dette problemet er løst gjennom et såkalt kapil-

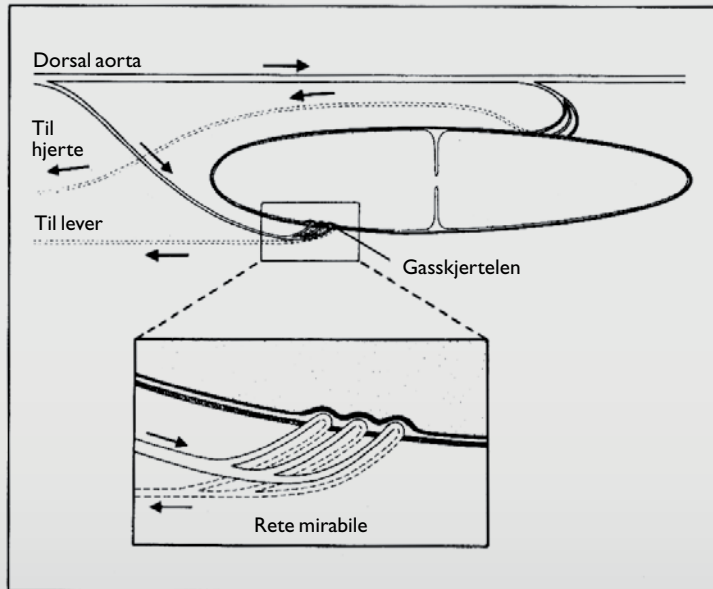
Foto: Rudolf Svendsen (www.uwphoto.com)



Figur 3.4.1

Torskens har en lukket svømmeblære, noe som kan by på problemer når de frivillig eller ufrivillig må redusere dypet de oppholder seg på.

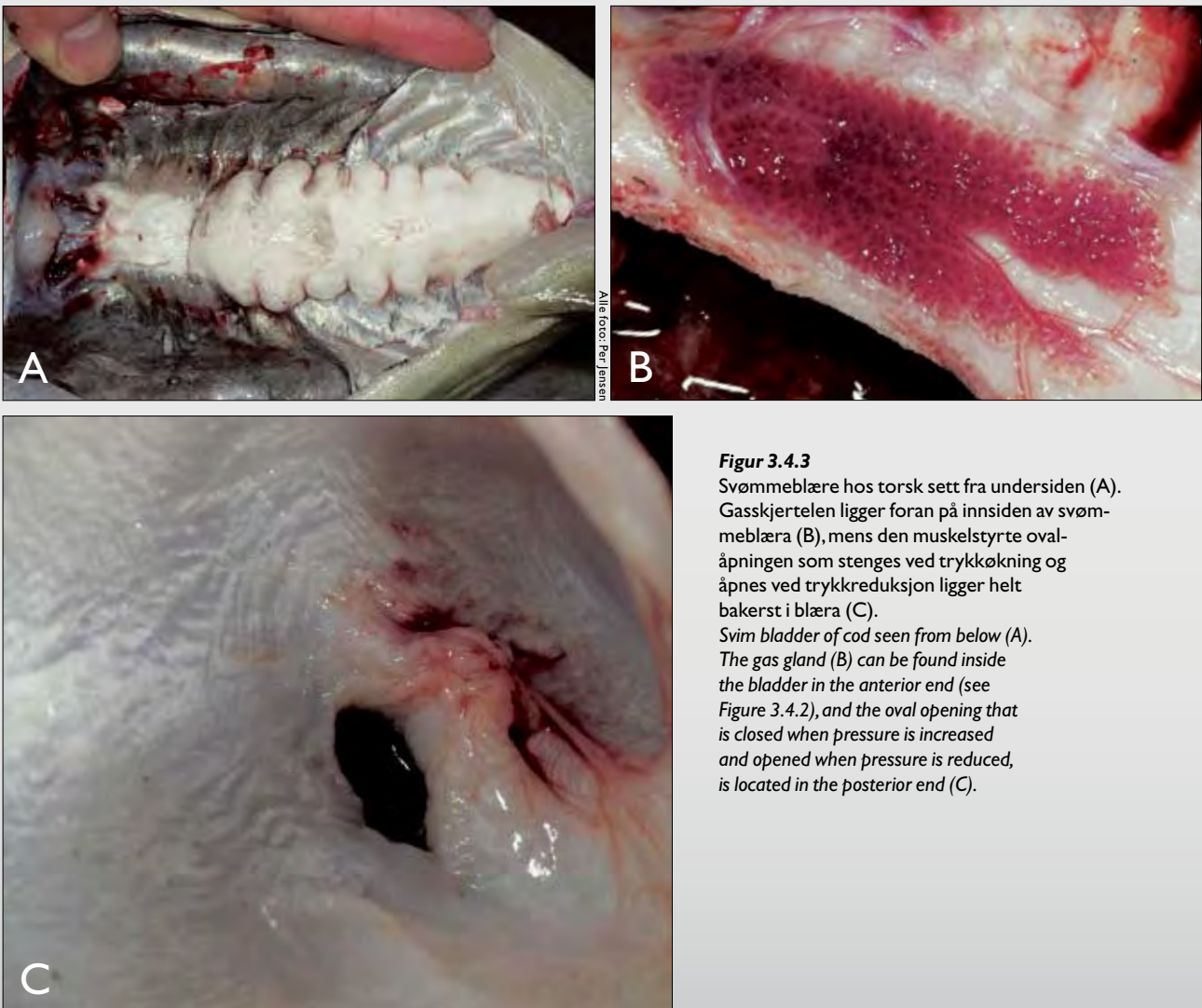
The cod has a closed (physoclist) swim bladder, which may cause problems when it ascends towards the surface.



Figur 3.4.2
Prinsippkisse av de to systemene for fylling og tømning av svømmeblæra (gjentegnet fra Figur 11.29 i Schmidt-Nielsen 1979, *Animal Physiology* 2.ed.).
Diagram over the circulation of the swim bladder of cod.

lærnett av titusener av mikrometer tynde blodårer (kalt *rete mirabile*), hvor arterielle (fra hjertet/gjellene) og venøse (fra svømmeblæra) kapillærer går i motstrøm. Blod med høyt gassinhold fra svømmeblæra vil da møte blod med lavere innhold, og siden kapillærene er gjennomstrømmelige for gass vil gassen lekke over fra de venøse kapillærene til de arterielle, etter samme prinsipp som i en varmeveksler (Figur 3.4.2). På denne måten vil torsk kunne holde på gassen i blæra, men dette forklarer imidlertid ikke hvordan gassen kom inn i svømmeblæra i utgangspunktet.

Hva er så hemmeligheten? Jo, i gasskjertelen (Figur 3.4.3) utnyttes Bohr- og Root-effekten, dvs. at hemoglobinet får mindre evne til å binde oksygen når blodet blir surere (lavere pH). Dette fører til at oksygen blir frigjort og partialtrykket øker. I tillegg vil også nitrogen (og andre løste gasser) bli mindre løselig ved lavere pH (pga. utsaltingseffekten). Gasskjertelen produserer melkesyre og CO_2 som blir løst i det venøse blodet i kapillærene, noe som fører til lavere pH og at gasstrykket øker



Figur 3.4.3
Svømmeblære hos torsk sett fra undersiden (A). Gasskjertelen ligger foran på innsiden av svømmeblæra (B), mens den muskelstyrte ovalåpningen som stenges ved trykkøkning og åpnes ved trykkreduksjon ligger helt bakerst i blæra (C).
Swim bladder of cod seen from below (A). The gas gland (B) can be found inside the bladder in the anterior end (see Figure 3.4.2), and the oval opening that is closed when pressure is increased and opened when pressure is reduced, is located in the posterior end (C).

og gass diffunderer over i den arterielle motstrømmen. Siden det arterielle blodet er mindre surt, skulle en tro at oksygenet ville binde seg til hemoglobinet igjen og at en dermed var like langt. Det viser seg imidlertid at det går langsommere å binde oksygenet til hemoglobin enn å frigjøre det, slik at oksygenet ikke rekker å binde seg før det er over på den venøse (sure) siden igjen. På denne måten vil det bygges et gasstrykk i blodet som er høyere enn gasstrykket i svømmeblæra, og det vil lekke gass inn i den.

Problemet med lukket svømmeblære

Å fylle på med gass i svømmeblæra er en langsom prosess. Tiden det tar å doble trykket i svømmeblæra øker naturlig nok med økende trykk, fra noen få timer nær overflaten til flere dager på noen hundre m dyp. Å tømme svømmeblæra går betydelig raskere og er forholdsvis uavhengig av dyp, men siden gassen må diffundere ut gjennom blodet og gjellene tar det likevel rundt fire timer for en torsk å halvere trykket i blæra. Ved tømning slippes gassen ut gjennom en liten muskelstyrt åpning (kalt ovalåpningen) i bakre ende av svømmeblæra (Figur 3.4.3) som står i forbindelse med et område med kapillærnett (kalt ovalen) hvor gassen strømmer inn i blodet på grunn av den store trykkforskjellen.

Innenfor svømmeblæras toleransegrenser for utvidelse fordobles blærevolumet når trykket reduseres med 50 %. Siden trykket øker med en atmosfæres trykk for hver 10 m vanddyb, vil de relative trykkendringene være størst nær overflaten. For eksempel vil den relative trykkreduksjonen være 50 % både fra 10 til 0 m dyp (fra 2 til 1 atm trykk), og fra 40 til 15 m dyp (fra 5 til 2,5 atm trykk). Med andre ord har torsk den største begrensningene for vertikalvandring (i m) i nærheten av overflaten.

Problemet med å bruke en svømmeblære for å oppnå nøytral oppdrift i vann er at den er i likevekt bare på det dypet hvor tettheten av fisken (med oppblåst svømmeblære) er lik tettheten av vannet. Alle andre steder er fisken enten for tung eller for lett. Å være

for tung byr ikke på så store problemer og kan kompenseres med svømming og bruk av brystfinnerne for å få løft når de svømmer, eller de kan legge seg på bunnen. Å være for lett er derimot mer problematisk. Alle som har dykket med dykkervest vet at hvis en svømmer oppover i vannsøylen uten å få lufta ut av vesten, vil vesten blåse seg mer og mer opp og en vil miste kontrollen over oppstigningen. Siden torsk har "dykkervesten" fastmontert inne i bukhulen, risikerer den også indre skader hvis den blåser seg opp for mye eller sprekker. Forsøk har vist at svømmeblæra til torsk sprekker når trykket reduseres med ca. 70 % av likevektstrykket, men vi må anta at torsk får problemer med atferdskontroll lenge før. I fri tilstand vil den trolig svømme mot bunnen for å redusere oppdriften når den merker at oppdriften blir for stor.

Når torsk blir fanget på dypt vann og halt raskt til overflaten vil svømmeblæra sprekke, og gassen vil presse seg under bukhinnen og blåse opp bukhulen. Hvis trykket reduseres ytterligere vil bukhinnen (*peritoneum*) sprekke opp ved gattet, gassen slippes ut og fisken vil igjen få negativ oppdrift. Hvis trykket i bukhulen ikke er stort nok til at dette kan skje, vil fisk med sprukket svømmeblære stige til overflaten og bli liggende med buken i været, ute av stand til å komme seg noe sted.

Torskens egne grenser for vertikalvandring

Den forholdsvis langsomme reguleringen av likevekten setter klare grenser for hvor langt en fisk med lukket svømmeblære kan svømme oppover i vannsøylen. Siden det går raskere å tømme enn å fylle svømmeblæra, vil fisken ofte være nøytral i den øverste del av området hvor den har

oppholdt seg det siste døgnet. Innenfor sitt daglige bevegelsesområde har torsk en stor del altså negativ oppdrift. En torsk som svømmer mot overflaten vil etter at den passerer likevektsdypet merke at den får stadig mer "luft i magen". Hvordan det føles for torsk vet vi ikke, men vi må anta at det økende trykket i bukhulen gir en form for nevrologisk signal i form av smerte eller ubehag som får den til å skjønne at den bør vende snuten nedover igjen – lenge før blæra sprekkes. Kanskje vil den også merke at den kommer i ubalanse, siden svømmeblæra er på undersiden av fisken, noe som fører til at fisken vil begynne å tippe rundt når blæra oppnår et visst volum. (Dette er også forklaringen på at de ender med buken i været hvis de ikke greier å snu og komme seg ned på dypere vann).

For å være trygg på at torsk i merdene ikke mister kontrollen og ender med buken i været under håndtering og opplining av merder, er det derfor viktig å kjenne grensene torsk selv har for vertikalvandring og trykkreduksjon. I forbindelse med konstruksjon av føringssystemer og merder, vil det likeledes være viktig å lage systemer som ikke påfører fisken unødige belastninger og vanskelige avveininger mellom behov for førintak og risiko for store trykkreduksjoner. Også når det gjelder grensen for trykkreduksjon som gir akseptabel dyrevelferd er det trolig fornuftig å holde seg til torskens egne grenser.

Forsøksoppsett

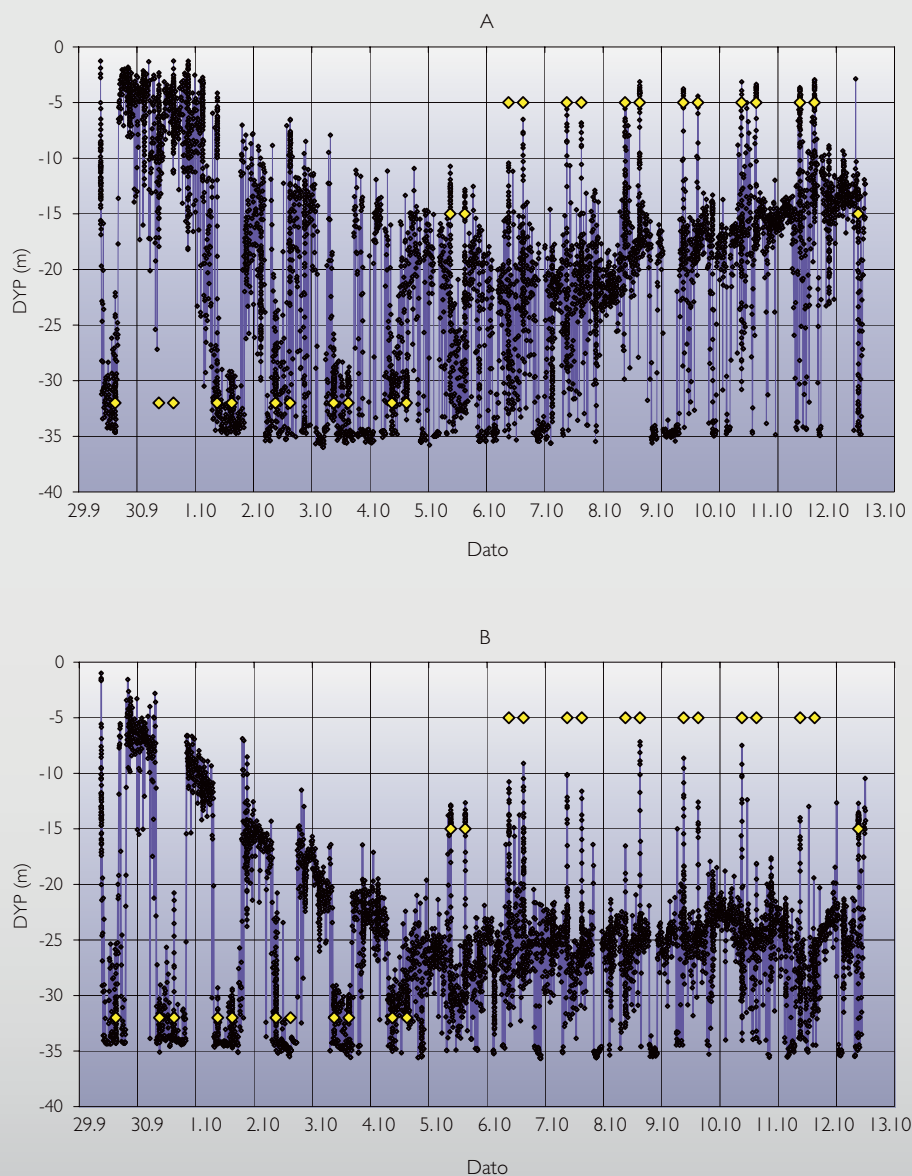
I et nylig gjennomført forsøk ved Havforskningsinstituttet Austevoll, ble dette langt på vei klarlagt ved å holde en gruppe torsk (229 stk.) i en 35 m dyp merd utstyrt med et føringssystem som tvang torsk

Figur 3.4.4

Dypmerdlaboratoriet ved Havforskningsinstituttet, Forskningsstasjonen Austevoll, består av en 35 m dyp 12x12m² merd som er overvåket med måleutstyr for hydrografi, ekkolodd og undervannskamera som kan overvåke hele merdvolumet. Føringssystemet kan begrenses og plasseres i ønsket dyp.

The deep cage laboratory at IMR, Austevoll Research Station, consists of a 35 m deep-sea cage (12x12 m²) monitored by profiling CTD, echo sounders and UW-camera. The feeding system allows feeding in a restricted area at selected depths.





Figur 3.4.5

Resultater fra DST-merkene som logget hvilke dyp fisken oppholdt seg på fra to utvalgte fisk. De gule merkene viser dyp og tidspunkt for fôring. Begge fiskene reduserer gjennomsnittsdypet de oppholder seg på den første uka. Den ene torskene (A) reduserer gjennomsnittsdypet den oppholder seg etter at fôringen har blitt flyttet til 3–5 m, og greier å svømme opp til fôret den tredje dagen etter flytting. Den andre fisken (B) reduserer ikke dypet og når aldri opp til fôret så lenge fôringen er på 3–5 m. De vertikale strekene under de gule merkene viser hvor langt de går opp før de snur etter at de har fått lydsignalet.

Results from the DST-tag logging of which swimming depths two of the tagged fish stayed during the experiments. The yellow diamonds indicate feeding time and depth. The first cod (A) decrease its average swimming depth after the feeding area has been moved to 3–5 m, and reach up to the food the third day with feeding near surface. The other (B) does not decrease its average swimming depth and do never reach up to the food. The vertical lines below the diamonds show how near the feeding area the fish got when they swam towards the feeding area after the feeding signal from the loudspeaker.

til å spise på et bestemt dyp (Figur 3.4.4). Merden var også utstyrt med omfattende overvåkingssystemer (CTD, ekkolodd, kamera), og 18 torsk ble utstyrt med data-lagringsmerker (DST milli-Staroddi) som registrerer fiskens svømmedyp og kroppstemperatur. For å lykkes med eksperimentet måtte vi få torskene til å oppholde seg dypt i merden så lenge at den fikk nøytral oppdrift og ikke ville greie å svømme helt opp til overflaten. Videre måtte vi få torskene til å svømme rett opp så langt den maktet, inntil det økte trykket i svømmeblæra fikk den til å snu. Ved å finne likevektsdypet til torskene og hvilke dyp den stoppet på, kunne vi estimere trykkreduksjonen torskene selv satte som grense.

For å forsøke å oppnå at torskene fikk nøytral oppdrift på dypt vann ble den føret på 30–32 m dyp den første uka i dypmerden (to m under fôringslangen ble uspist før samlet opp i en trakt og pumpet tilbake til slangen). Før forsøket hadde torskene blitt

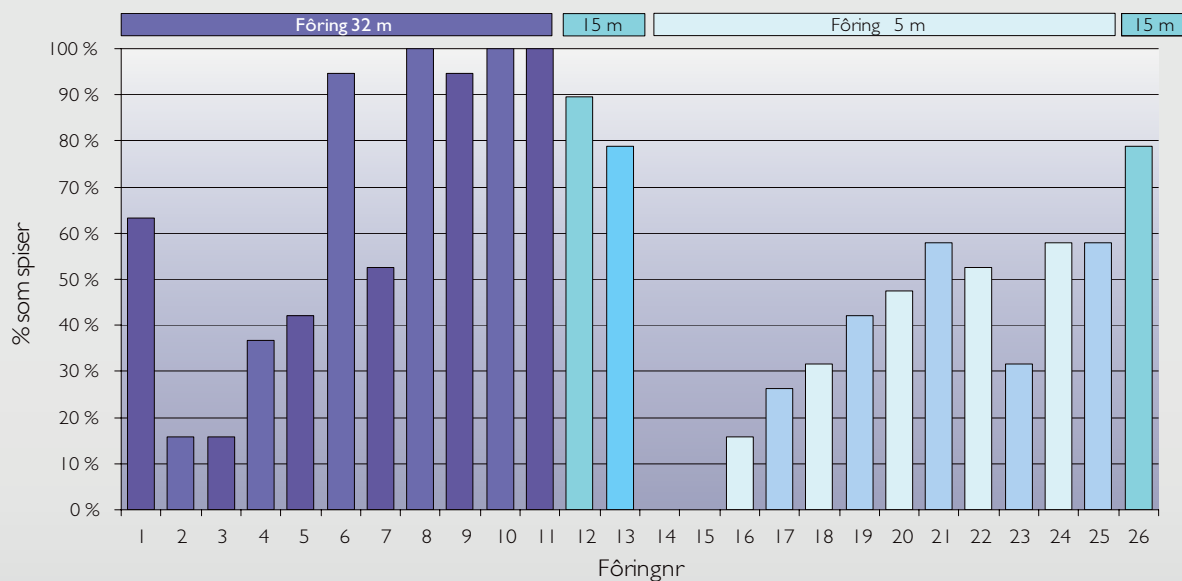
holdt i en 5 m dyp merd. Få minutter etter at de ble sluppet i dypmerden (kl. 09) gikk de fleste fiskene ned mot bunnen, og nesten alle spiste ved bunnen på første fôring (kl. 15). Første kveld i merden gikk imidlertid de fleste opp igjen til ca. 5 m dyp og ble der gjerne et par dager. I løpet av uka gikk imidlertid de aller fleste fiskene ned til fôringspunktet, og til slutt spiste så godt som alle på 30 m dyp. I begynnelsen av forsøket hadde torskene tydelig negativ oppdrift dypt i merden, og mange fisk la seg ned på notlinet i bunnen av merden. De viste også tydelig døgnvariasjon i vertikalfordeling, og stod grunnet kveld og natt og dypest midt på dagen. (Figur 3.4.5) Utover i den første uka oppholdt de seg stadig dypere i merden også om natta, og vi kunne anta at de fleste torskene hadde nøytral oppdrift relativt dypt i merden.

Vertikalvandring på signal

Neste utfordring var å få torskene til å svømme rett opp mot overflaten. Strate-

gien her var å lære den opp til å svømme mot en høyttaler som ga et lydsignal før fôring. Tidligere forsøk hadde vist at torsk lett lærer å assosiere lyd eller lysblink med mat, og at de alltid svømmer mot signalet før de svømmer mot maten. Før torskene ble sluppet ut i dypmerden ble de i en periode på ti dager før forsøksstart lært opp ved at vi sendte ut en pulserende lyd på 100 Hz i ett minutt før hver fôring. Etter få dager viste torskene klar respons på lyden og svømte rett mot høyttaleren med en gang lyden kom på. Tidligere forsøk hadde også vist at torsk kan huske innlærte signaler i flere måneder, så vi forventet at torskene ville huske lyden når den ble slått på igjen etter en ukes pause.

På dag 8 i forsøket ble fôringspunktet hevet til 13–15 m dyp, og lydsignalet ble gitt ett minutt før fôring fra høyttaleren som hang like under overflaten. De aller fleste torskene viste klar respons på signalet og svømte rett forbi fôringspunktet og et



Figur 3.4.6

Andel av de merkede fiskene som oppholdt seg i føringedypet og som vi antar spiste ved de ulike føringene. Føringedyp er indikert over søylene.

Ratio of the tagged group of cod that was found in the feeding depth during feeding and was assumed to feed the different feeding days and depths.

Figur 3.4.7

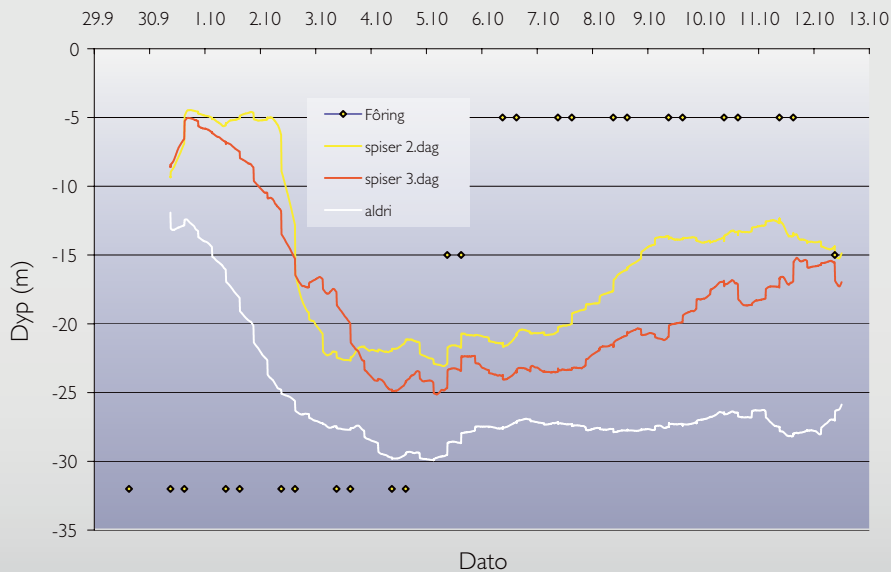
Glidende middelvei for gjennomsnittsdypet der følgende grupper av DST-merket torsk har stått siste døgnet: gul linje – torsk som greide å svømme opp til føringområdet andre dagen etter flytting til 3–5m dyp;

rød linje – torsk som nådde opp til føringområdet tredje dagen eller senere; hvit linje – torsk som aldri greide å nå opp til føret. De gule punktene viser føringstidspunkt og dyp.

Sliding mean values for average swimming depth the last 24h for the following DST-tagged groups:

yellow line – fish that manage to swim up to the feeding area the second day after the moving of the feeding location to 3–5m depth;

red line – fish that manage to swim up to the feeding area the third day or later; white line – fish that never reach the food at 3–5 m depth.



stykkeoppmothøytaleren, før desnudde og kom tilbake til føringpunktet og begynte å spise. På dag 9 ble føringpunktet hevet til 3–5m dyp. Denne dagen greide imidlertid ingen av fiskene å komme seg helt opp til føringområdet. Både på kamera, ekkolodd og på data fra dybdemerkene kunne vi se at de svømte rett opp mot føringpunktet, men måtte snu før de nådde opp, gjerne noen få m unna føret. Dagen etter greide imidlertid de første fiskene å nå opp til føret, og etter tre dager var flesteparten av dem oppe og spiste (Figur 3.4.6). Analysen

av de DST-merkede fiskenes svømmedyp viste imidlertid at ca. 1/3 av dem aldri greide utfordringen. Dag etter dag forsøkte de å svømme opp når lydsignalet kom på (Figur 3.4.5 og 3.4.8), men måtte snu noen meter unna føringpunktet. Siste dag i forsøket ble føringpunktet senket til 13–15 m dyp, og da greide nesten all fisken igjen å nå føringpunktet.

DST-merkene registrerte fiskens svømmedyp hvert 5. minutt, bortsett fra i en 10-minuttersperiode hver 6. time hvor

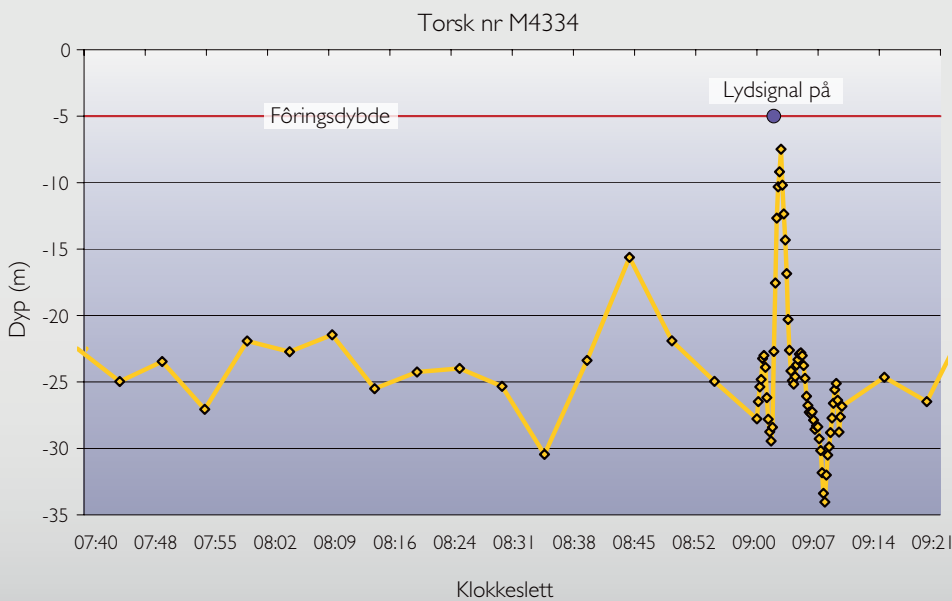
registreringene skjedde hvert 10. sekund. Ved å starte lydsignal og føring i periodene med hyppig registrering kunne vi få nøyaktige målinger av fiskens respons på signalet og hvor høyt i merden de svømte før de eventuelt snudde. Registreringer hvert 5. minutt var ellers tilstrekkelig til å måle fiskens vertikalfordeling gjennom døgnet og få et bra estimat på fiskens likevektsdyp like før føring. Når vi sammenlignet gjennomsnittsdypet hvor de merkede fiskene oppholdt seg gjennom døgnet (Figur 3.4.7), viste det seg at de som nådde opp

til fôringspunktet de første dagene med fôring på 3–5 m dyp stod gjennomsnittlig grunnere i merden enn dem som ikke nådde opp, og at de gradvis også oppholdt seg nærmere fôringspunktet fra dag til dag. Torsken som ikke nådde opp oppholdt seg dypere og justerte ikke oppholdsdyper i perioden den ble fôret på 3–5 m. Følgene av dette var at de fiskene som reduserte oppholdsdyper ble utsatt for stadig mindre trykkreduksjon under fôring, mens de som holdt seg på dyper hele tiden fikk for stor

reduksjon mellom oppholdsdyper og fôringsdyper til at de kunne komme seg opp. At de ved hvert lydssignal forsøkte å svømme mot overflaten, viste at de var motiverte til å svømme opp til fôringspunktet (og de ble etter hvert mer og mer sultne), slik at vi må anta at de svømte så høyt de maktet før de snudde. Også de fiskene som nådde opp til fôringspunktet var tydelig påvirket av trykkreduksjonen, og de første dagene ble de fleste i fôringsområdet i kort tid før de vendte snuten nedover igjen.

Grense rundt 50 % trykkreduksjon

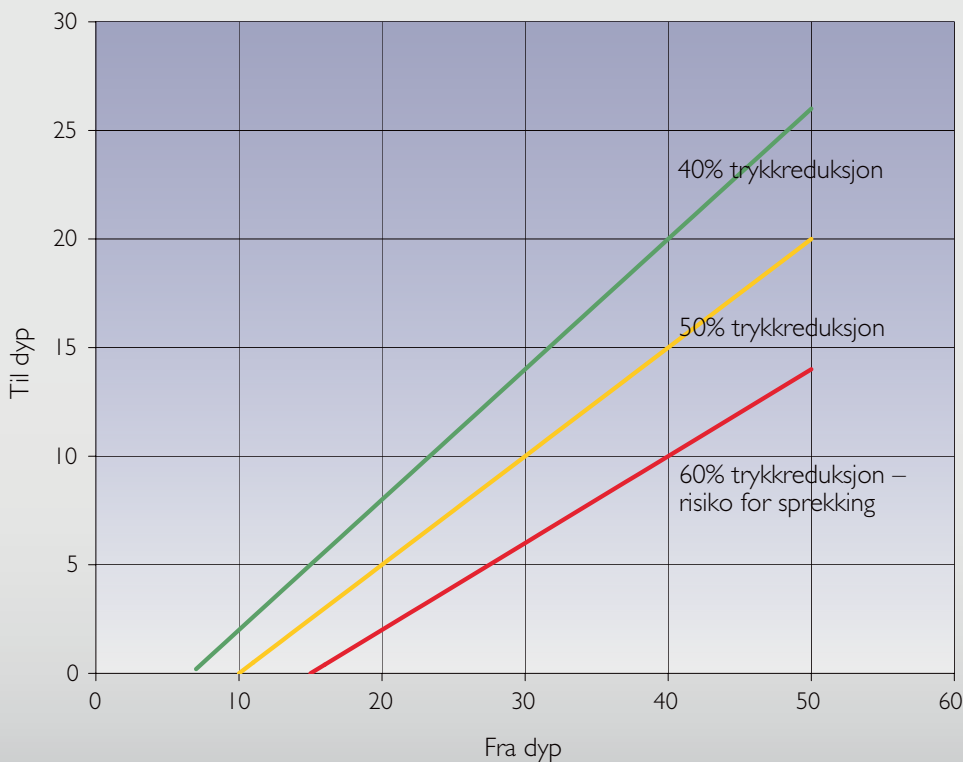
Hva var så grensen torsken selv satte for trykkreduksjon i forhold til likevektsdyper? Går vi ut fra at fisken er i likevekt i øvre del av oppholdsområdet der de har oppholdt seg de siste fire–fem timene før fôring, viser de foreløpig analysene av resultatene at de snudde på et dyp som ga rundt 50 % trykkreduksjon. Dette er illustrert i Figur 3.4.8 som viser responsen på lydssignalet under en av fôringsene til en fisk som aldri greide å spise nær overflaten. Ut



Figur 3.4.8

Eksempel på fisk som forsøker å svømme opp til fôringsområdet etter at lydssignalet er gitt, men som må gi opp få meter unna, og snur og svømmer nedover. Mellom 09:00–09:10 blir dyper registrert hvert 10. sek., ellers hvert 5. min.

Example of fish that try to swim towards the loudspeaker above the feeding area after the sound signal has been given, but have to give up few metres from the goal. Between 09:00–09:10 the depth is registered every 10. sec., else every 5. min.



Figur 3.4.9

Diagram som viser til hvilket dyp merden kan heves til når den heves fra ulike dyp med maksimum 40, 50 og 60 % trykkreduksjon.

Diagram showing limits for reduction of depth in sea cages when they are lifted from various depths to 40, 50 and 60 % pressure reduction.

fra dybderegistreringene i timene før fôring, ser denne torsken ut til å ha hatt nøytral oppdrift på ca. 25 m dyp. Som vi ser svømte denne fisken rett opp til 7 m dyp, noe som tilsvarer 51 % trykkreduksjon (bare 2 m fra fôringsområdet!), før den snudde og svømte ned til 30 m dyp. Allerede på 12 m dyp (37 % trykkreduksjon) begynte den imidlertid å bremse ned på svømmefarten, noe vi ser av at punktene på kurven blir tettere. Dette skulle tyde på at den da begynte å merke ubehag på grunn av trykket i svømmeblæra.

Siden vi ikke kan vite eksakt hvilket dyp fisken er nøytral på, er ikke disse beregningene 100 % korrekte. Det store materialet vi har fra mange individers gjentatte daglige forsøk på å komme seg opp til føret gjør

imidlertid at vi med stor sikkerhet kan si at grensene ligger rundt 50 % trykkreduksjon. Siden fiskene som deltok i forsøket var oppdrettet torsk som har levd hele livet grunnere enn 5 m dyp, kan det tenkes at torsk som er tilpasset større dyp og større vertikalvandring ville kunne klare større trykkreduksjon. Dette er foreløpig en utestett hypotese.

Gode metoder – trivsel i merdene

Hvilke praktiske konsekvenser har dette for oppdretterne? I Figur 3.4.9 er det vist hvilket dyp en kan heve en merd til fra ulike merdyp ved 40, 50 og 60 % trykkreduksjon. For å være sikker på at torsken ikke mister kontrollen over oppdriften vil vi, med det vi vet i dag, anbefale at man ikke overskrider 40 % trykkreduksjon ved

opplining av nøter. Videre bør en før videre opplining vente minst fem timer, slik at torsken har fått tid til å redusere overtrykket i svømmeblæra.

Torskeoppdrett må drives på torskens premisser for å lykkes. I den kommende treårsperioden vil derfor Havforskningsinstituttets fiskevelferdsforskning øke fokuset på problemstillinger rundt regulering av gasstrykk i svømmeblæra og oppdriftskontroll hos torsk. Nye forsøk vil innbefatte problemstillinger relatert til fôrinntak og vertikalvandring i dype merder, feltforsøk med fiske av levende torsk på ulike dyp og med forskjellige redskaper, samt studier av torsk i trykkammer for å få mer nøyaktig mål på fylling og tømningstid av svømmeblæra.

Limits of pressure adjustment in farmed cod?

During the last few years, large investments have been put into intensive culture of cod (*Gadus morhua*) in Norway, and we have seen a sharp raise in the number of produced juveniles and established cage farms. Cod and other gadoids have a closed swim bladder (physoclist) and must rely on secretion and absorption of oxygen through their circulatory system. Gas is secreted through a richly vascularised gas gland on the swim bladder wall with a counter-current vascular arrangement called *rete mirabile*. During ascents, excess gas is reabsorbed through a particularly vascularised area called the oval. Cod need 4–5 hours to absorb gas after a 50 % decrease in ambient pressure, which means that fast vertical migration will lead to expansion of the swim bladder and eventually burst at around 70 % pressure reduction. In an experiment carried out at

the Institute of Marine Research (IMR) we asked the following questions: How large pressure reduction can a free-swimming cod tolerate and how do cod adjust their neutral buoyancy depth to the feeding depth?

To test this 229 cod with neutral buoyancy at 1–5 m depth were forced to feed at 30–32 m depth in a 35 m deep cage for one week, thereafter the feeding area was moved 13–15 m for one day and then to 3–5 m depth for one week. Of these, 18 cod were tagged with Data Storage Tags (StarOddi) that were able to log temperature and depth. Before the experiment the fish were trained, using a classical conditioning paradigm, to swim towards a loudspeaker that signalled feeding. This was used to challenge the fish to swim as far as possible towards the surface before feeding after the feeding area had been moved from deep water.

During the first week almost all of the cod adapted to feeding near the bottom, and gradually increased their average swimming depth. The first day at feeding near the surface all fish had to give up to reach the loudspeaker and feeding area, but during the following days around 2/3 of the group managed to adjust their buoyancy and decreased their average swimming depth and managed to feed near the surface. Based on the depth the fish had to stop the vertical migration when not reaching the feeding area, and average swimming depth the last hours before feeding, maximum subjectively tolerated pressure reduction was estimated to about 50 %. To avoid loss of behaviour control and stress we recommend that forced decompression should be less than 40 % pressure reduction.

3.5.1 Produksjon av laks og regnbueørret 2005

1. januar 2005 ble førkvotene i produksjonen av atlantisk laks erstattet av maksimalt tillatt biomasse. Det førte til en økning i smoltutsettet på ca. 10 millioner individer. Slaktekvantumet steg fra 537 000 tonn (wfe*) til 572 000 tonn, ca. 7 % mer enn året før. Til tross for veksten var etterspørse-len etter norsk laks veldig sterk, spesielt i EU og Russland. Dette ga svært høye priser i 2005, og veid gjennomsnittspris endte på 25,36 FCA Oslo**, hele 3,75 kroner over 2004-nivået. I konkurranseområdet Chile økte slaktekvantumet fra 346 000 tonn i 2004 til 385 000 tonn i 2005, etter et år med lave sjøtemperaturer om vinteren og relativt dårlig tilvekst på laks og ørret.

Arnt Fredrik Kjønhau

arnt.fredrik.kjonhaug@kontali.no
Kontali Analyse AS

Den 1. januar 2005 innførte myndighetene et nytt regime i norsk oppdrettsnæring. Førkvotene ble erstattet med en konsesjonsavgrensning knyttet til maksimalt tillatt biomasse (MTB). Der er taket satt til 780 tonn per konsesjon, noe som kan gi en økning i slaktekvantum på eksisterende kapasitet. Derfor var det ventet en økning i antall utsatt smolt per år.

Positiv produksjonsutvikling

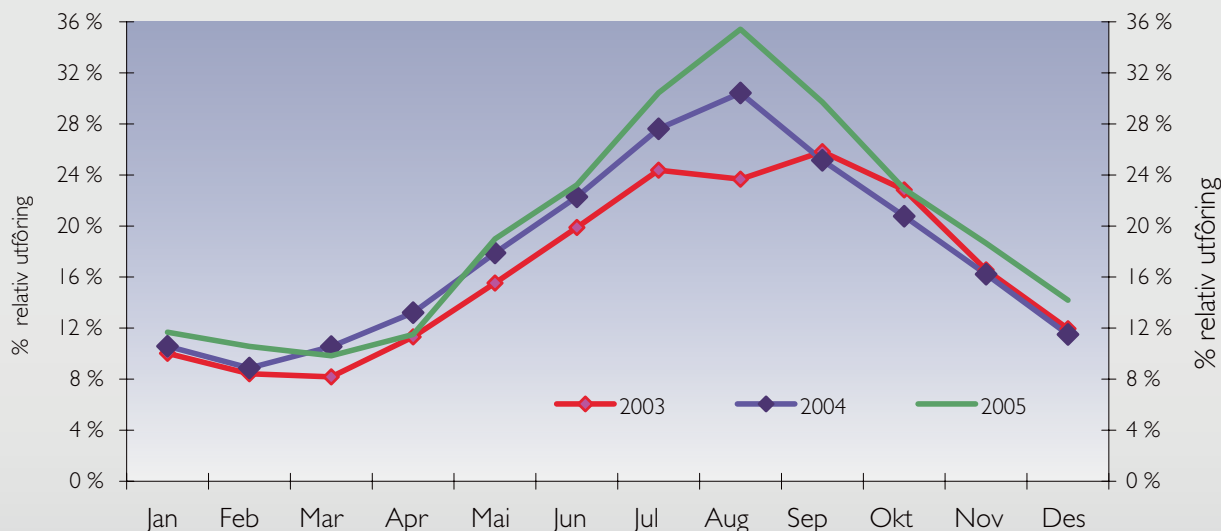
Estimert antall innlagt rognkorn var på ca. 235 millioner korn i sesongen 2004–2005. Dette er en økning fra 2003–2004 på ca. 20 millioner rognkorn, eller ca. 9 %. Rogninnlegget er forholdsvis lavt sammenlignet med 2001–2002 og 2002–2003, estimert til ca. 260 millioner rognkorn. Utsettet av ett-åring 2005 er anslått til 106 millioner individer. Det innebærer en økning fra samme utsett i 2004 på 1 million individer, noe som begrenset seg ut fra et rekordlavt rogninnlegg i 2003–2004. Høstutsettet derimot er anslått til ca. 56 millioner smolt, som er en økning fra 2004 på ca. 9 millioner smolt.

Totalt økte utsettet av smolt i 2005 med 10 millioner individer.

Året startet med en forholdsvis mild vinter, som gjorde at førsalget var betydelig høyere i januar og februar enn året før. Temperaturene falt i mars, og begynte å stige gradvis frem mot sommeren til optimale vekstforhold for atlantisk laks. Den relative utføringen (mengde utføret/ stående biomasse) hos atlantisk laks endte vesentlig høyere enn tidligere år i perioden juli–desember, noe som både skyldes optimale temperaturer som varte helt frem til jul, og delvis opphevelse av førkvoteordningen.

Den gode tilveksten, spesielt på fisk satt i sjøen i løpet av 2004, gjorde at slaktekvantumet i 2005 endte på 573 000 tonn. Dette er en økning på ca. 7 %, eller ca. 35 000 tonn (wfe), sammenlignet med 2004. Økningen i slaktekvantumet fra 2004 skyldes den gode tilveksten, som førte til en høyere estimert slaktevekt per individ. I tillegg ble det tatt ut noe mer fisk (i antall) av ny generasjon, sammenlignet med 2004.

Det ble i løpet av 2005 slaktet ca. 60 000 tonn (wfe) ørret. Dette var en nedgang på



Figur 3.5.1.1

Relativ utføring til atlantisk laks i perioden 2003–2005 (tonn utføret per stående biomasse).

Relative feed rate of Atlantic salmon per month 2003–2005 (tonnes of feed per tonnes of standing biomass).

ca. 4 000 tonn (wfe), sammenlignet med 2004, en reduksjon på ca. 6 %. Reduksjonen skyldes et lavere antall utsatt smolt i 2004. Smoltutsettet 2005 er estimert til ca. 21 millioner individer, som utgjør en økning fra 2004 på ca. 2 millioner.

Dette gir et totalt slaktekvantum for atlantisk laks og ørret i Norge i 2005 på ca. 630 000 tonn, ca. 5 % mer sammenlignet med 2004.

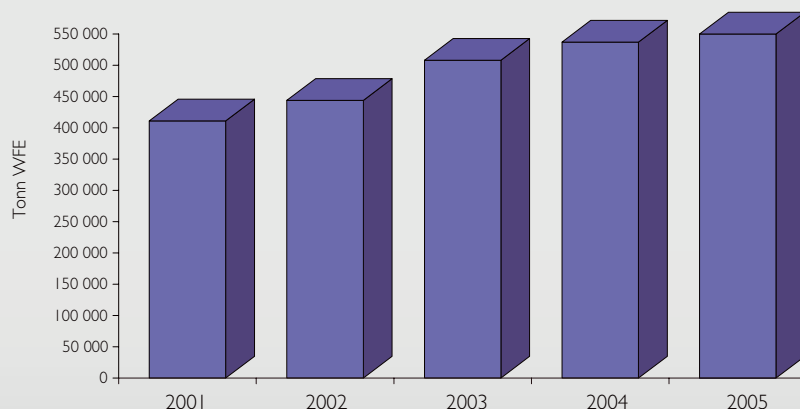
Det ble i løpet av 2005 solgt hele 904 000 tonn med fôr til alle arter i Norge, som inkluderer import, andel til smolt, samt fôr til marinfisk. Andelen til atlantisk laks var på ca. 780 000 tonn, ca. 90 000 tonn over nivået i 2004. Dette førte til at 31. desember 2005 økte den stående biomasse i sjø med ca. 9 %, sammenlignet med samme periode i 2004. Fôrforbruket til ørret var på linje med 2004, ca. 78 000 tonn, med en stående biomasse per 31.12.05 som var ca. 2 000 tonn høyere enn året før. Forskjellen skyldes et høyere antall utsatt smolt høsten 2005. Av det totale fôrforbruket i Norge, var andelen til atlantisk laks og ørret i sjø på hele 860 000 tonn, som er en økning på ca. 12 % sammenlignet med 2004.

Sykdomssituasjonen i 2005 var ganske lik den i 2004. Det ble konstantert mange tilfeller av ILA (Infeksiøs lakseanemi), og sykdommen hadde registrerte utbrudd over hele landet. PD (pancreas disease) rammet oppdretterne på Vestlandet, mens HSMB (hjerte-, skjelett- og muskelbetennelse) rammet oppdretterne i Midt-Norge. (Se også Kapittel 3.5.3 om helsesituasjonen for laksefisk.) I løpet av året rømte det ca. 730 000 laks og ørret fra norske oppdrettsanlegg, hvorav 500 000 individer under ett og samme havari i august. Dette var en økning fra 2004 på ca. 280 000.

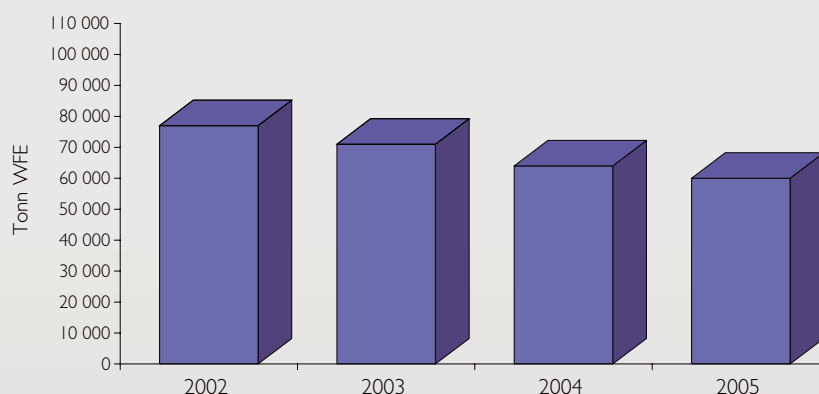
Høy gjennomsnittspris

Prisene på atlantisk laks og ørret var høye gjennom hele 2005. Sterk etterspørsel i EU og Russland, kombinert med et lavere utbud fra Storbritannia og Færøyene, var noe av årsaken til dette. Ved årsskiftet var en høyere andel av eldste generasjon utslaktet, sammenlignet med tidligere år. Dette ga priser fra 22 kr/kg og oppover. På forsommeren var mye av ettåring 03G utslaktet, og det oppsto en underdekning på stor fisk. Dette ga prisene et løft utover sommeren, og i midten av juli nådde de nesten opp i 30 kr/kg for atlantisk laks. Fra da og ut året var prisene aldri lavere enn 24 kr/kg. Det ga en veid gjennomsnittspris for året på 25,36 kr/kg FCA Oslo. Dette er hele 3,75 kroner høyere enn i 2004, da den registrerte gjennomsnittsprisen var 21,61 kr/kg.

Eksporsten av ørret oppnådde gode priser i 2005, drevet av sterk etterspørsel i det rus-



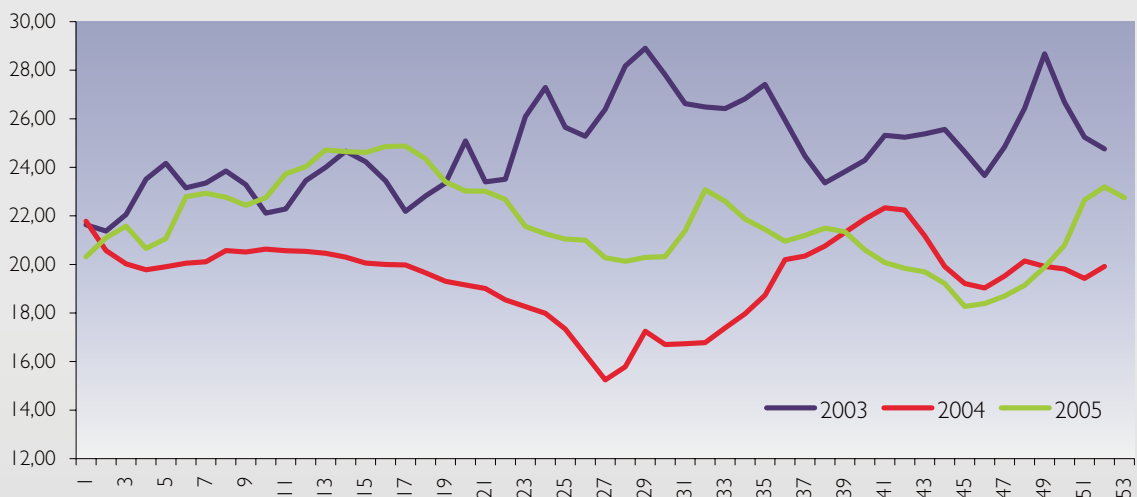
Figur 3.5.1.2
Slaktet kvantum (tonn wfe) av atlantisk laks i Norge 2001–2005.
Harvest quantity (tonnes wfe) of Atlantic salmon in Norway 2001–2005.



Figur 3.5.1.3
Slaktekvantum ørret 2002–2005.
Harvest quantity of rainbow trout 2002–2005.



Figur 3.5.1.4
Totalt fôr salg i Norge 2000–2005. (Kilde: FPF).
Total feed sale in Norway 2000–2005 (Source: FPF).



Figur 3.5.1.5

Utvikling i ukentlig gjennomsnittspris for superior atlantisk laks 2003–2005 (NOK/kg sløyd, superior kvalitet FCA Oslo. Kilde: NSL, FHL)

Development in the weekly average price of Norwegian Atlantic salmon 2003–2005 (NOK/kg gutted, superior quality FCA Oslo. Source: NSL, FHL)

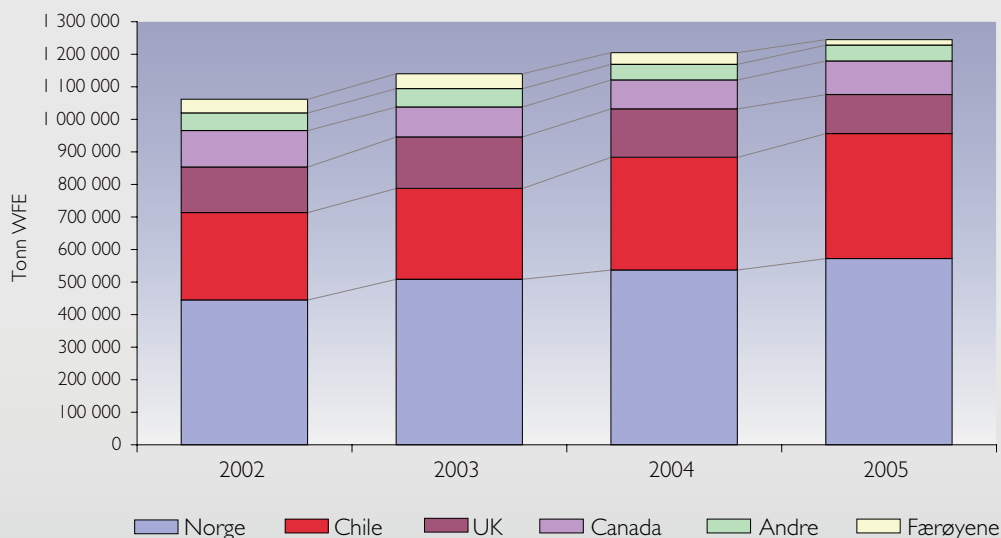
siske markedet. Eksport av ørret oppnådde en FOB eksportpris i kategorien fryst uten hode på 28,81 kr/kg. Dette er ca. 3,30 kr/kg høyere enn 2004.

Total eksportverdi, samt anslått verdi for innenlandskonsumet på laks og ørret endte i 2005 på til sammen ca. 15,6 mrd. kroner, som er en økning fra 2004 på ca. 2,6 mrd. (+ 19 %).

Usikkerhet på markedssiden

2005 var et år preget av markedsmessige utfordringer for den norske laksenærin-

gen. Hele 2005 var preget av usikkerhet rundt handelspolitikk, og endte med at det ble reist spørsmål rundt mattrygghet. På slutten av 2004 åpnet EU en antidumping-sak mot norsk laksenæring, etter påtrykk fra den skotske næringen. Utfallet ble først en straffetoll, som senere ble omgjort til en minsteprisordning for eksport til EU. Det ble dessuten gjennomført en revisjon på den eksisterende straffetollen på norsk laks i USA-markedet. De norske argumentene ble ikke tatt hensyn til, og tiltakene blir videreført. På slutten av 2005 ble det innført importforbud for fersk fisk til det



Figur 3.5.1.6

Slaktet kvantum (tonn wfe) atlantisk laks på verdensbasis 2002–2005.

Harvest quantity (tonnes wfe) of Atlantic salmon world wide 2002–2005.

russiske markedet. Importstoppen ble begrunnet med funn av for høye verdier av kadmiom og bly i norsk laks.

Hovedmarkedet for norske oppdrettere er det nye, utvidete EU med 25 medlemsland. I løpet av 2005 økte etterspørselen av atlantisk laks i dette markedet, og det totale volumet er estimert til ca. 635 000 tonn (wfe), en økning på ca. 6 % sammenlignet med 2004. Norge økte markedsandelen i dette markedet, fra 64 til 65 %. Den store "vinneren" i dette markedet i 2005 ble imidlertid Chile, som mer enn doblet eksporten til EU-25 fra 2004 til 2005.

De siste årene har Russland fått en større betydning for norsk oppdrettsnæring. I løpet av 2005 ble det eksportert ca. 55 000 tonn (wfe), med atlantisk laks, samt ca. 27 000 tonn (wfe) med ørret. Dette er en økning fra 2004 på henholdsvis 25 000 tonn for atlantisk laks og 7 000 tonn for ørret. Resultatet innebærer at nesten 50 % av norsk slaktekvantum på ørret ble eksportert til Russland.

Japanmarkedet for atlantisk laks gikk ned, både med hensyn til totalt kvantum og eksport fra Norge. I 2004 hadde Norge en markedsandel i dette markedet på ca. 56 %, som i løpet av 2005 falt til ca. 50 %. Totalt ble det solgt ca. 1 254 000 tonn (wfe) atlantisk laks i 2005, noe som er en økning på ca. 50 000 tonn (wfe) sammenlignet med 2004.

Tall fra konkurrentlandene

Chile fortsatte den sterke veksten i slaktekvantum i 2005. I løpet av året ble det slaktet ca. 385 000 tonn (wfe) atlantisk laks i Chile. Dette er en økning fra 2004 på ca. 11 %. Chile er den største ørretprodusenten i verden. I løpet av 2005 ble det slaktet ca. 120 000 tonn (wfe), det dobbelte av hva Norge slaktet i 2005.

Den sterke konkurransen fra Chile forsterket seg ytterligere i EU-markedet, der de hadde en eksportvekst fra 40 000 tonn (wfe) i 2004 til ca. 82 000 tonn (wfe) i 2005. Dette betyr at ca. 21 % av chilensk atlantisk

laks blir eksportert til EU-markedet. Tross vekst i slaktekvantumet har 2005 produksjonsmessig sett vært et forholdsvis dårlig år. Vinteren på den sørlige halvkule var preget av kaldt vær og lave sjøtemperaturer. Dette hadde innvirkning på vekstforholdene til laksefisk, og ved utgangen av året var stående gjennomsnittsvekt på de ulike generasjonene betydelig lavere enn året før.

Slaktekvantumet i UK falt ytterligere i løpet av 2005. I 2004 ble det slaktet ca. 150 000 tonn (wfe) med atlantisk laks i UK, noe som ble redusert til ca. 120 000 tonn i 2005. Dette førte til at UK ikke tilstrekkelig klarte å fylle sitt eget hjemmemarked, noe som ga en betydelig importøkning fra Norge.

Slaktekvantumet i Færøyene var fortsatt preget av etterslepet av ILA-utbruddene i 2003 og 2004. Dette førte til at slaktekvantumet falt fra 37 000 tonn i 2004, til ca. 17 000 tonn i 2005. Bortfallet av slakting på Færøyene samt i Storbritannia har nok hatt en effekt på prisene som norske oppdrettere har opplevd gjennom 2005.

I Nord-Amerika økte slaktekvantumet av atlantisk laks i 2005. Det var i Canada økningen kom, med et totalt slaktekvantum på ca. 103 000 tonn i 2005. I USA ble det en nedgang, der de gjenværende internasjonale aktørene trakk seg ut og samlet sin produksjon i Canada, nærmere bestemt British Columbia.

*wfe (whole fish equivalent) er en standard vektbenevnelse for rund bløggjet vekt (etter sulting og bløgging), og tilsvarer en omregningsfaktor på ca. 6–8 % fra levende vekt.

**Betegnelsen FCA Oslo står for "Free Carrier levert Oslo" og er en standard salgs- og leveringsbetingelse i henhold til Incoterms, dvs. Det Internasjonale Handelskammers offisielle regler for leveringsbetingelser. Disse benyttes som sammenligningsgrunnlag ved innrapportering av oppnådde priser til Fiskeri- og havbruksnæringens landsforening (FHL).

Production of Atlantic salmon and rainbow trout in Norway 2005

Optimal growth conditions and increasing demand in Russia and EU, made 2005 to one of the best year ever for production of Atlantic salmon and rainbow trout in Norway. The harvest quantity of Atlantic salmon increased from approximately 537 000 tonnes in 2004 to 572 000 tonnes (wfe) last year. In addition to the growth in harvest, the demand of Atlantic salmon was strong, and the weighted average price ended approximately NOK 3.75 (FCA Oslo), higher than 2004.

3.5.2 Markedssituasjonen for laks og ørret i 2005

Eksporsten av laks var i 2005 på totalt 13,5 milliarder, som var en økning på 2,3 milliarder kroner fra året før. Volumet målt i rund vekt økte med 30 000 tonn til 544 000 tonn. Det betyr at 4,9 millioner mennesker spiste et laksemåltid hver dag hele året, verden over. I tillegg til volumøkningen steg gjennomsnittsprisen for fersk laks med 3,85 kroner i fjor sammenlignet med året før. Årsaken til dette var en generell vekst i etterspørselen etter laks i våre viktigste markeder, samtidig som produksjonen av laks ble redusert hos store konkurrenter som Skottland og Færøyene.

Paul T. Aandahl

paul-t.aandahl@seafood.no
Eksporthutvalget for fisk

Merete N. Kristiansen

merete.kristiansen@seafood.no
Eksporthutvalget for fisk

Fersk fisk øker

Veksten i fjor skjedde i første rekke for hel fersk laks. Eksporten av fryst hel laks og filet gikk tilbake. For fryst sjømat generelt opplever vi sterk internasjonal konkurranse. Dette gjelder også for frysede lakseprodukt der vi konkurrerer globalt og møter sterkt prispress. Folk er villig til å betale mer for fersk fisk, og Norge har etablert en unik infrastruktur som gjør det mulig for oss å levere fersk fisk over hele verden hver dag hele året. Dette gjør at vi får en dreining mot stadig mer fersk lakseeksport fra Norge.

Stabil høy eksportandel til EU

Lakseeksporten til EU i 2005 økte med 25.000 tonn (6,6 %). Så mye som 75 % av all lakseeksport gikk til EU i 2005, omtrent samme andel som året før. Til tross for innføring av "safeguardtiltak" fra EU med kvoter og minstepris (februar), differensiert toll (juni) og bilateral avtale om minstepris (juni), fikk ikke tiltakene merkbar effekt for den norske eksporten. Dette skyldes at etterspørselen var så høy at markedsprisen hele tiden lå over minsteprisen. Den norske markedsandelen i EU var i 2005 på om lag 64 %. Dette er opp 1 % fra året før.

Økt konsentrasjon i laksemarkedet

Frankrike er nå vårt største laksemarked, foran Danmark (som var størst i fjor). Russland har på få år vokst til å bli vårt tredje største laksemarked. De fem største markedene, Frankrike, Danmark, Russland, Polen og Storbritannia stod i 2005 for over 54 % av totaleksporten. I 2004 sto de fem største for 48 % av volumet. Med andre ord har det skjedd en økt konsentrasjon i laksemarkedet. De store markedene tar en stadig større andel av norsk lakseeksport. Samtidig eksporterer Norge fortsatt laks til 108 forskjellige nasjoner, og vi har på tross av sterk konkurranse de siste årene fortsatt en meget sterk posisjon i Asia med markedsandeler på fersk laks fra over 80 % i Japan til 99 % i Kina. Dette henger i stor grad sammen med at norsk fersk laks er foretrukket til rått konsum – sushi og sashimi – over hele Asia.

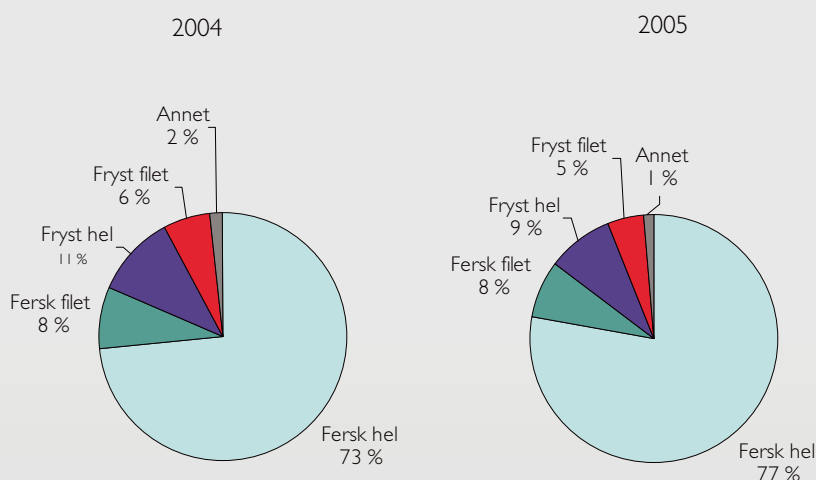
Ferdigpakkede produkter øker laksekonsumet

Det økte laksekonsumet i Frankrike skyldes blant annet økt tilgjengelighet av ferdigpakkede stykker og økt omsetning av billig røykt laks. Husholdningene foretrekker beinfrie porsjonsstykker istedenfor hel fisk, noe som har medført at ferske fileter/stykker de siste ti årene har økt i omsatt volum i detaljhandelen med 40 % og er nå på ca. 15 000 tonn. I dag er det kun 5 % av husholdningene i Frankrike som kjøper hel fersk laks. Til sammenligning kjøper 34 % ferske filetstykker. For ferdigpakkede filetstykker er andelen 14 %. Dette må betraktes som et høyt tall, siden produktene er forholdsvis nye i markedet.

Et interessant trekk ved denne utviklingen er at i regioner med tradisjonelt lavt sjømatkonsum, har de like høyt konsum av ferdigpakkede laksestykker som i resten av landet. Fjerning av skinn og bein har med andre ord tatt bort et av hindrene for å konsumere laks. En slik utvikling gir også interessante perspektiver til andre regioner i Europa med tradisjonelt lavt sjømatkonsum. Økt tilbud av ferske ferdigpakkede filetstykker også til slike regioner kan medføre at laksekonsumet relativt raskt kan komme opp på et betydelig nivå.

Tyskland er Europas nest største konsummarked for norsk laks

Ifølge Eurostat var netttilførselen av laks til Tyskland i perioden januar–oktober 2005 på ca. 76 000 tonn. Dette er 32 % høyere enn på samme tid i 2004. Laks oppdrettet i Norge har beholdt sin markedsandel på ca. 70 %. Samtidig ser vi at laks med chilensk opprinnelse øker kraftig og nå utgjør ca. 15 % av totalkonsumet. Laks fra Storbritannia har gått tilbake. Selv om



Volumandel rv

Figur 3.5.2.1

Totalt utgjør ferske produkter nå 85 % av norsk lakseeksport, og andelen er økende.
Fresh products now amount to 85 per cent of Norwegian salmon exports, and the share is increasing.

Chile har økt sin andel i Tyskland, er det fortsatt norsk laks som dominerer dette markedet. Tyskland, som ifølge Eurostat konsumerte ca. 52 000 tonn norsk laks per oktober 2005, ligger dermed på en klar andreplass over de viktigste konsummarkederne for norsk laks. Det er bare i Frankrike at det ble spist mer norsk laks (58 000 tonn).

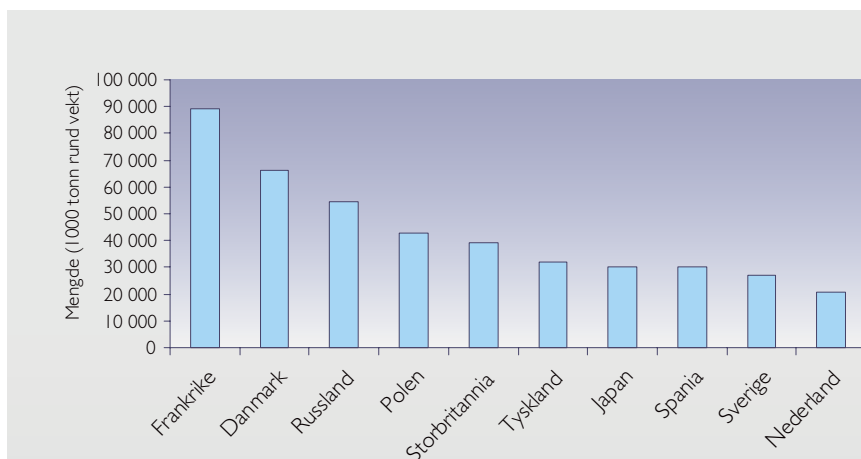
Storbritannia og Russland økte mest

Laksemerkene som økte mest i fjor var Russland og Storbritannia. Den økte eksporten til Russland skyldes bedre distribusjon og økt kjøpekraft. Til det sterke voksende markedet for norsk laks, Storbritannia, skyldes økningen redusert tilgang på laks fra skotske produsenter. Skottene, som tradisjonelt selger mesteparten av laksen på det innenlandske markedet, reduserte produksjonen i 2005 med anslagsvis 35 000 tonn sammenlignet med året før.

I 2005 overgikk eksporten til Russland alle forventninger og fersk laks økte mest. Andel fersk laks er nå på 55 %. De siste årene har det russiske markedet endret seg fra å være et marked for frys laks til å bli et ferskmarked lik de andre markedene i Europa. Den norske markedsandel er på hele 96 %. Utviklingen i moderne dagligvarehandel og økt kjøpekraft er de viktigste årsakene til veksten. Russland har hatt en kontinuerlig vekst i bruttonasjonalprodukt på 5 til 10 % årlig siden 1999. 73 % av russerne bor i urbane områder, og landet har 14 byer med over 1 million innbyggere. Dette er utgangspunktet for den sterke veksten i landets detaljhandel. Utviklingen av laksemarkedet har fulgt etableringen av moderne dagligvarehandel. St. Petersburg og Moskva har hittil vært de viktigste sentrene for norsk laks med stadig økende etterspørsel etter ferske lakseprodukter. Vi registrerer nå samme utvikling også i de andre millionbyene i regionene rundt disse sentrale byene, hvor distribusjonen av laks har økt de siste årene.

Positivt i Asia

Tilførselen av fersk laks til Japan var uendret fra 2004 til 2005. Norge er den største leverandøren av fersk laks til Japan med en andel på 79 %. Dette var en nedgang på 6 prosentpoeng fra året før. Årsaken var økt eksport fra Canada. Tilførselen av frys laks ble redusert med vel 5 000 tonn, og Chile er den dominerende leverandøren av



Figur 3.5.2.2

Frankrike er nå vårt største laksemarked foran Danmark og med Russland som en sterk nummer tre.

France is now our biggest salmon market, ahead of Denmark and Russia.

frys laks til dette markedet. Totalt ble tilførselen av atlantisk laks til Japan redusert med 9 % til 57 000 tonn.

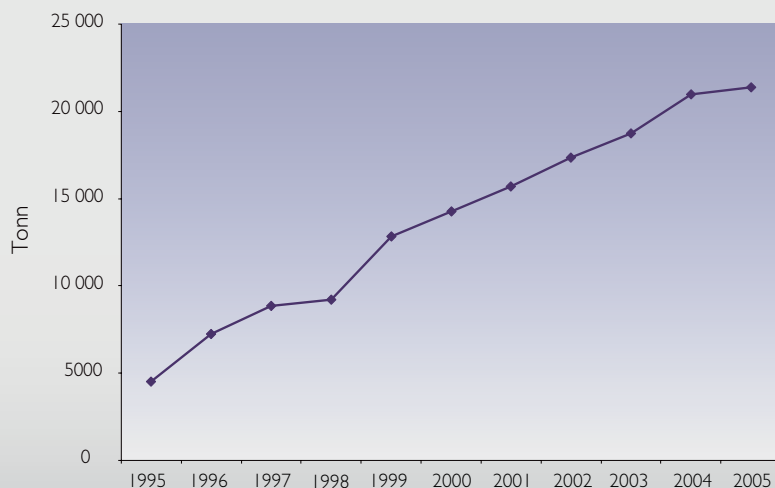
En rask økonomisk vekst har skapt mer betalingsvillige forbrukere i Asia, som i sin tur har bidratt til ekspansjon av multinasjonale og regionale dagligvarekjeder i Asia. Dette har skapt potensialer for økt konsum av laks. Flotte ferskvaredisker lokker kvalitetsbevisste kunder med god råd til de gigantiske hypermarkedene. Eksportutvalget for fisk (EFF) har i flere år jobbet med en rekke av de sentrale kjedene i Asia, med en bevisst strategi for å bygge kategorien fersk laks. Kategoribygging i

tett samarbeid med butikk har vist seg å ha svært positiv effekt og gjør det mulig å styre utviklingen i salget av laks i store dagligvarekjeder. Dette gjelder både i land i utvikling som Kina, men også i velutviklede land som Japan, Singapore og Hong Kong. Norsk laks er et produkt som passer veldig godt inn i moderne distribusjon og dagligvarehandel. Det er et produkt av høy kvalitet, med stabil tilgjengelighet, og leverandørene kan garantere sporbarhet i hele kjeden. Norge har et godt omdømme hos forbruker. En annen viktig faktor som bidrar positivt er at handelen har god fortjeneste på å selge norsk laks, fordi produktet er rimelig i innkjøp og selges ut med



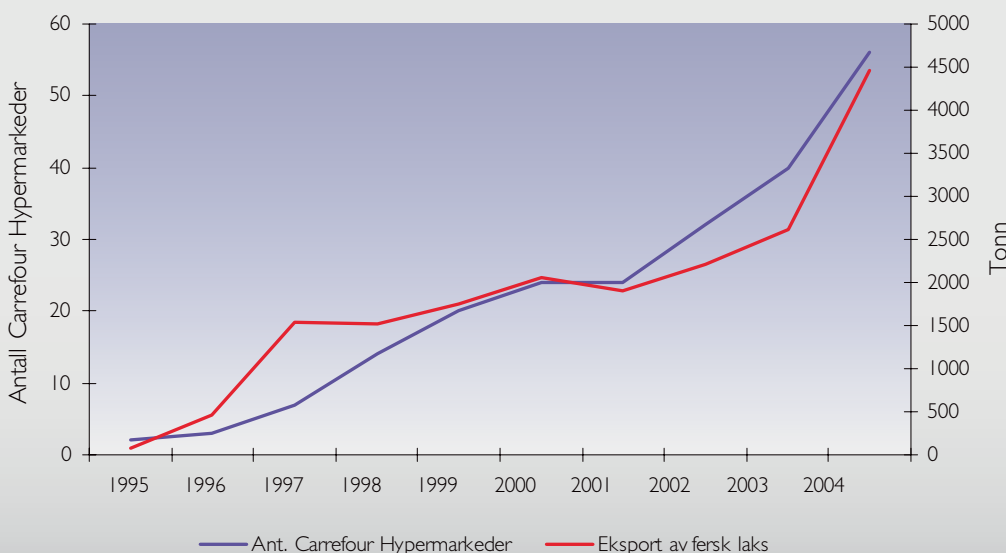
Figur 3.5.2.3

Stort utvalg av laks og sildeprodukter i butikker i Samara, Russland.
A great selection of salmon and herring products in shops in Samara, Russia.

**Figur 3.5.2.4**

Eksporerten av fersk norsk laks til Asia har økt jevnt de siste ti årene. Årsaken er i stor grad utviklingen av moderne detaljisthandel. (Se Figur 3.5.2.5)

The export of fresh Norwegian salmon to Asia has steadily increased the past ten years, which is mainly linked to the development of a modern retail distribution. (See Figure 3.5.2.5.)

**Figur 3.5.2.5**

Utviklingen av laksemarkedet i Kina henger sammen med etablering av moderne hypermarkeder. Tilsvarende bilde ser vi også i andre markeder i Asia. *The development of the salmon market in China is connected to the establishment of modern hyper markets. An equivalent picture is to be found in other Asian markets.*

en relativt høy pris i butikkene. Dette gjør fersk laks til et attraktivt kampanjeprodukt for kjedene, noe som har medført at distribusjonen og etterspørselen etter fersk norsk laks har økt i Asia de siste årene.

Økt eksport av ørret

Eksporerten av ørret i 2005 endte på 1,2 milliarder kroner, en økning på 44 millioner kroner fra året før. Samtidig gikk volumet ned med knappe 7 000 tonn til 52 000 tonn. Tradisjonelt har Japan vært det viktigste ørretmarkedet, med en eksportandel som i enkelte år har vært på nærmere 90 %. Nå er Russland for første gang det viktigste ørretmarkedet, med en eksportandel på 52 %. Det at vi nå har fått to store markeder for ørret er med på å redusere risikoen i ørreteksporten.

Markedsberedskap

Å sikre et positivt omdømme for norsk fiskerinæring og norsk sjømat er meget viktig. EFF har siden 1999 arbeidet systematisk med markedsberedskap og kri-

sekommunikasjon på vegne av norsk fiskeri- og havbruksnæring. I 2005 håndterte EFF en rekke slike saker mot markedene i tett samarbeid med faginstanser og norske myndigheter. Den største beredskapsaken kom på slutten av året, da Russland innførte importforbud for fersk norsk laks fra utvalgte pakkerier og senere varslet et totalt importforbud for fersk norsk fisk fra 1. januar 2006. Som tidligere år erfarte vi hvor viktig det er å ha et godt beredskapsapparat i markedene, da denne saken ble brakt videre av mediene verden over. Foreløpig ser det ikke ut til at saken har fått store negative konsekvenser for salget av norsk laks i andre markeder enn Russland.

The market situation for Norwegian salmon and trout in 2005

In 2005, salmon exports rounded up at NOK 13.5 billion, which was an increase of NOK 2.3 billion from the year before. In other words, 4.9 million people all over the world enjoyed a salmon meal every day of the year. The growth is first of all due to the demand for fresh salmon, but also the availability of fillet portions. The five largest markets, France, Denmark, Russia, Poland and Great Britain, took a total of 54 % of the total export. Fresh salmon is increasing its popularity in Asia, and Norwegian Seafood Export Council (NSEC) has for many years worked with the main hyper market chains to build up the brand Norwegian Fresh Salmon. Regarding trout, the export was in 2005 NOK 1.2 billion, increasing by NOK 44 million from 2004. Japan and Russia are now the two biggest markets for Norwegian trout.

3.5.3 Helsesituasjonen hos laksefisk

I 2005 ble velferd for oppdrettsfisk for alvor satt på den offentlige dagsorden, noe som blant annet viste seg ved at enkelte dyrevernemnder ga pålegg om å bedre forholdene for fisk i anlegg. Helsesituasjonen for laks og ørret i norske oppdrettsanlegg er generelt god. Mens mange bakteriesykdommer for noen år siden ga betydelige tap, er de fleste av dem nå under kontroll. I forhold til hvor store mengder fisk som produseres, brukes det svært lite medikamenter i laksenæringen. Fortsatt forårsaker imidlertid virus omfattende problemer og gir store økonomiske tap. Det finnes også tilstander man så langt har mangelfulle kunnskaper om, som de tapsbringende sykdommene proliferativ gjellebetennelse, hjerte- og skjelettmuskelbetennelse (HSMB) og kardiomyopatisyndrom eller hjertesprekk (CMS). Det er derfor viktig med fortsatt forskning på sykdomsforebygging, diagnostisering og behandling. Vellykket sykdomskontroll krever også at alle ledd i næringen følger generelle smittehygieniske prinsipper for å unngå smittespredning mellom lokaliteter og generasjoner.

Geir Borno

geir.borno@vetinst.no
Veterinærinstituttet Harstad.

Agnar Kvellestad

agnar.kvellestad@vetinst.no
Seksjon for fiskehelse, Veterinærinstituttet Oslo

Anne Berit Olsen

anne-berit.olsen@vetinst.no
Veterinærinstituttet Bergen

Kjell Flesjå

kjell.flesja@vetinst.no
Veterinærinstituttet Sandnes.

Hanne. R. Skjelstad

hanne.r.skjelstad@vetinst.no
Veterinærinstituttet Trondheim

Tor Atle Mo

tor-atle.mo@vetinst.no
Veterinærinstituttet fiskehelse/reg.lab.
Parasittologi

Brit Hjeltnes

brit.hjeltnes@vetinst.no
Avdeling for fiske- og skjellhelse,
Regionale laboratorier, Veterinærinstituttet

Denne rapporten om helsetilstanden for laksefisk i 2005 baserer seg på resultater fra diagnostisk arbeid utført ved Veterinærinstituttet og andre laboratorier, samtaler med ansatte ved landets fiskehelsetjenester og opplysninger fra Mattilsynet. Først gir vi en kort, samlet oversikt over sykdomstilstanden i norske anlegg for laksefisk i 2005. Deretter tar vi for oss de enkelte sykdommene, gruppert etter om de er fremkalt av virus, bakterier, parasitter etc.

Samlet sykdomsoversikt for laksefisk i norske oppdrettsanlegg

De viktigste sykdommene hos laks og regnbueørret i norsk oppdrett i 2005 var infeksjøs pankreasnekrose (IPN), pankreas sykdom (PD), infeksjøs lakseanemi (ILA), hjerte- og skjelettmuskelbetennelse (HSMB), kardiomyopatisyndrom (CMS) og vintersår. Av disse er ILA, CMS og HSMB så langt bare påvist hos laks. Det ble registrert relativt sett få ILA-utbrudd i 2005. Det var færre utbrudd enn i 2004, men noen flere enn i 2003. Det totale tapet for næringen er mindre enn for en rekke andre sykdommer, men konsekvensene av sykdommen er fortsatt alvorlige for dem som rammes. Det er fortsatt mye diskusjon rundt bekjempelsesstrategier.

PD og HSMB utgjør et omfattende problem i enkelte deler av landet. HSMB ser ut til å være på frammarsj og etablerer seg i stadig nye geografiske områder, mens PD synes å øke i utbredelse ut fra sitt kjerneområde. IPN er den smittsomme

sykdommen som oftest påvises i norsk oppdrettsnæring, og den medfører betydelige økonomiske tap. Vaksine mot IPN benyttes i utstrakt grad, men ser ikke ut til å kunne gi fullgod beskyttelse. Også CMS gir store tap. I enkeltanlegg kan det dreie seg om milliontap, hovedsakelig på grunn av at det som oftest er slaktemoden fisk som rammes. Proliferativ gjellebetennelse er fortsatt et omfattende problem som gir store tap. Begge de sistnevnte sykdommene settes helt eller delvis i sammenheng med virusinfeksjoner.

Den viktigste bakteriesykdommen på laksefisk er vintersår. Sykdommen har sammenheng med infeksjon med bakterien *Moritella viscosa* og trolig også med miljømessige problemer i oppdrett. Vintersår fører til nedklassifisering og store økonomiske tap. De fleste andre viktige bakteriesykdommer som vibriose, kaldt vannsvibriose og furunkulose, kontrolleres av effektive vaksiner.

Av parasitter er bendelmark (*Eubotrium crassum*) og lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*) de viktigste årsaker til nedsatt tilvekst og sykdom. Skader som følge av vaksiner er fortsatt et problem. Sammen med de overnevnte sykdommer er dette de viktigste årsakene til nedsatt velferd, sykdom og dødelighet i næringen.

“Nye” laksesykdommer dukker opp med ujevne mellomrom. Dersom vi skal begrense og bekjempe utbredelsen av slike sykdommer, må vi ha god beredskap i forhold til diagnostikk og smitteforebyggende tiltak. Oppmerksomme oppdrettere, gode diagnostikere – fra dyktige klinikere på merdkanten til forskere ved laboratoriene – samt gode rapporteringssystemer, er avgjørende i kampen mot alvorlige smittsomme sykdommer.

Virussykdommer

Infeksjøs lakseanemi – ILA

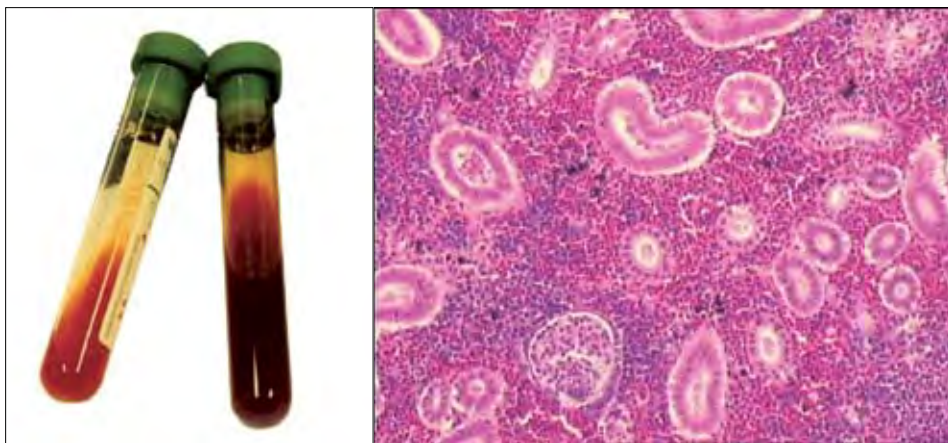
ILA ble påvist på 11 lokaliteter med laks i 2005, et noe lavere antall enn i 2004. Det var i 2005 to lokaliteter i Rogaland, to i Hordaland, to i Møre og Romsdal, to i Trøndelag og tre i Finnmark.

I 2004 ble diagnosen stilt på 16 lokaliteter, ti lokaliteter fra Trondheimsfjorden og nordover til Troms og seks fra Hardanger til Sogn. I 2003 ble det diagnostisert ILA på åtte lokaliteter. Diagnosen ILA bygger på kliniske funn, karakteristiske sykdomsforandringer og påvisning av virus. Den settes ved hjelp av forskjellige metoder i henhold til diagnosekriterier i Mattilsynets ILA-bekjempelsesplan, som igjen er tilpasset EUs regelverk og anbefalingene

Figur 3.5.3.1

Anemi hos laks med ILA. Til venstre blod fra fisk med ILA og til høyre fra frisk fisk. Blodet fra fisken med ILA er lysere pga. redusert antall røde blodlegemer (lav hematokrit). Bilde til høyre viser blødninger i nyret hos laks med ILA.

Anaemia in salmon with ISA. On the left, blood sample from fish with ISA and on the right, from a healthy fish. Blood from the fish with ISA is lighter due to a reduction of erythrocytes (low hematocrite). The picture on the right shows bleeding in the kidney of a salmon with ISA.



fra OIE (Verdens dyrehelseorganisasjon). Alle diagnoser skal bekreftes ved Veterinærinstituttet, som er offentlig godkjent referanselaboratorium. Sikker diagnostikk er helt avgjørende for bekjempelse av ILA.

Infeksiøs lakseanemi skyldes et virus som infiserer og skader blodceller og celler i blodkarets vegg. Dette medfører ofte blødninger i indre organer, og fisken utvikler anemi (blodmangel). ILA smitter gjennom vann fra fisk til fisk. Tidligere har det vært akseptert at ILA ikke blir overført med desinfiserte egg, og at smitte er koblet til sjøvannsfase. Imidlertid er det indikasjoner på at viruset kan overføres fra stamfisk hvor sykdommen er påvist, til egg (Bolaksprosjektet). Betydningen av dette for sykdomssituasjonen i Norge er usikker. I enkelte forskningsmiljøer foreligger det undersøkelser som viser at ILA-virus er påvist på en betydelig del av laksesmolten. Disse resultatene er imidlertid omdiskutert.

Brønnbåter er en risikofaktor for smittespredning. De både frakter store mengder

fisk over lange avstander og kan i løpet av kort tid ha flere oppdrag som utføres på forskjellige anlegg. Desinfeksjon av båtene er vanskelig, tidkrevende og dyrt, noe som øker risikoen for at virus blir fraktet fra en lokalitet til en annen. Brønnbåter tar inn sjøvann under transport. Dermed stiger faren for at laksen kan bli smittet når den overføres til en ny lokalitet.

Pankreassykdom (Pancreas disease – PD)

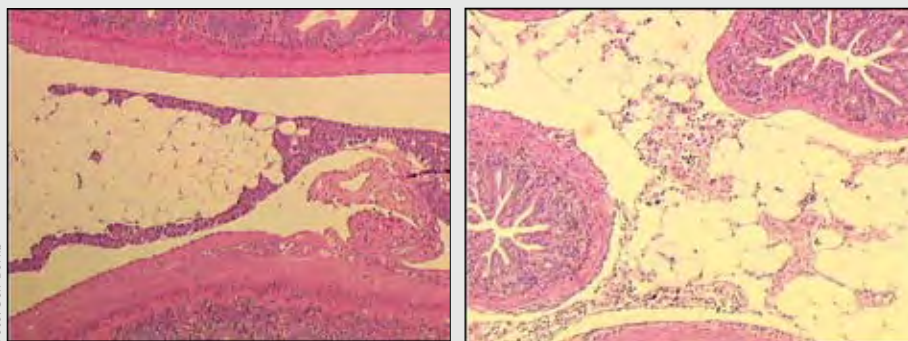
PD ble i 2005 diagnostisert på til sammen 35 forskjellige sjøvannslokalteter. Dette er et noe lavere antall registrerte utbrudd enn i 2004. Syv lokaliteter hadde utbrudd på regnbueørret, mens fire lokaliteter hadde utbrudd på både laks og regnbueørret. Det ser ut til at sykdommen i noen grad har etablert seg i nye geografiske områder, dvs. i Rogaland og Finnmark som begge var fri for PD inntil 2003/2004. Sykdommen er trolig underdiagnostisert i de områdene der den er utbredt. De fleste lokalitetene med diagnosen PD befinner seg i Hordaland og Sogn og Fjordane. På Vestlandet er PD en av de største utfordringene i forbindelse med oppdrett av laksefisk. Utviklingen ga også i 2005 grunn til bekymring,

da sykdommen syntes å spre seg ut fra sitt kjerneområde. Dessuten førte PD til betydelige problemer i Irland. I Skottland har sykdomsbildet og betydningen imidlertid variert mer.

Utvikling innen diagnostisk forskning har forenklet diagnostikken. Blant annet er PD-virus nå betydelig lettere å få til å vokse i cellekulturer. Tre ulike PD-virus er kjent. Virus som gir PD hos laks og regnbueørret i sjø i Norge utgjør ett av disse, og er derfor foreslått kalt *Norwegian salmonid alphavirus*. Pankreassykdom er svært smittsom, og syk fisk kan svime i lang tid og ha dårlig tilvekst. Den akkumulerte dødeligheten er ofte høy, og det er rapportert om tap av flere hundre tonn fisk på enkeltlokaliteter. Slaktekvaliteten kan være nedsatt som følge av sykdomsforandringer i muskulaturen. PD er dermed en betydelig tapsfaktor i regionene hvor utbredelsen er størst. Diagnostikk av PD krever laboratorieundersøkelser, og diagnose blir stilt ved hjelp av kliniske undersøkelser og påvisning av karakteristiske sykdomsforandringer og virus. Det er også etablert serologisk metodikk der en ved hjelp av blodprøve kan undersøke om fisken har vært smittet med PD-virus. Det pågår forskning og utprøving som ledd i en mulig, fremtidig vaksineutvikling.

Infeksiøs pankreasnekrose – IPN

Infeksiøs pankreasnekrose ble i 2005 påvist på i overkant av 200 lokaliteter. Dette er den sykdommen som ble påvist på flest lokaliteter med laksefisk. Forekomsten ser ut til å øke i forhold til tidligere år, siden man i 2005 diagnostiserte sykdommen på 36 flere lokaliteter enn i 2004. Ved Veterinærinstituttet ble det likeledes registrert i overkant av 300 innsendte prøver hvor IPN-diagnose ble stilt, og rapportert til Mattilsynet. Andre laboratorier stiller også diagnosen, men selv om dette er pålagt blir sannsynligvis ikke alle tilfeller verifisert hos Veterinærinstituttet. Dette gjør at det hefter en del usikkerhet rundt antall lokaliteter med IPN i 2005.

**Figur 3.5.3.2**

Infeksiøs pankreasnekrose-viruset gir celledskader blant annet i den del av pankreas (bukspyttkjertelen) som skiller ut fordøyelsesenzymene. Dette er det mest klassiske funn ved sykdommen. Til venstre normal pankreas og til høyre pankreas ødelagt av viruset.

The infectious pancreas disease virus causes cell-damage in an area of the pancreas that secretes digestive enzymes. This is the most classic finding of this disease. On the left, normal pancreas and on the right, pancreas cells destroyed by the virus.

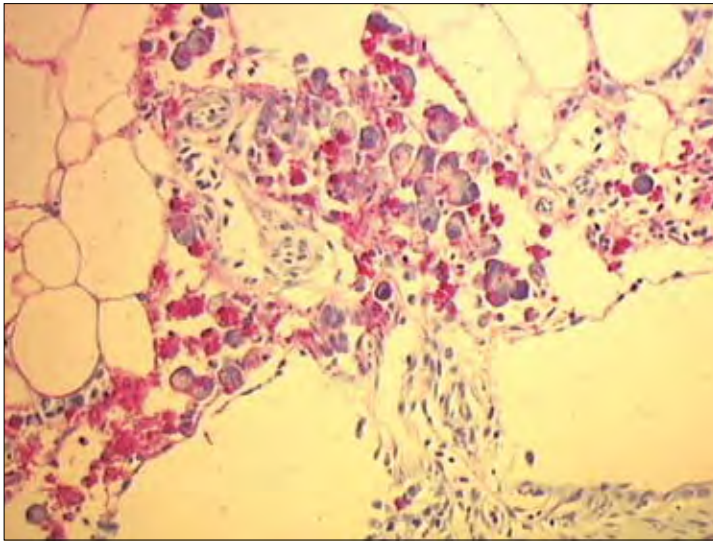


Foto: Geir Borne

Figur 3.5.3.3

Immunhistokjemi ved IPN, hvor virus merkes med rød farge. Dette er den mest brukte metoden for å verifisere /påvise at det er IPN-virus til stede i vevsskadene i fisken, og denne metoden sammen med vanlige histologiske undersøkelser er med på å utgjøre grunnlaget for en IPN-diagnose.

IPN-immunohistochemistry, the virus is stained with a red colour. This is the most commonly used method to verify that the IPN-virus is present in the damaged tissue; this staining together with histological examination forms the basis of a positive IPN-diagnosis.

IPN forekommer som oftest om sommeren på vårsatt laks, men det stilles IPN-diagnose gjennom hele året, og på fisk av forskjellig alder, fra yngel til fisk som står andre år i sjø. Noen av påvisningene gjøres på regnbueørret. På syk laksefisk finner vi i Norge bare svært nærbeslektede IPN-virus. Forskning indikerer imidlertid at bestemte, små variasjoner på et virusoverflateprotein (VP2) kan ha betydning for de forskjeller i dødelighet man ser ved feltutbrudd av IPN. Det er svært stor variasjon med hensyn til forløpet av et IPN-utbrudd. Enkelte anlegg kan ha mindre problemer, mens for andre anlegg kan et utbrudd gi høy dødelighet på 50–70 % av fisken. Fisk som overlever har gjerne redusert tilvekst. Ettersom bestandene av norsk oppdrettslaks etter alt å dømme er gjennomfiser-

te av IPN-virus, ligger det en betydelig utfordring i å redusere sykdomstapene som hvert år trolig er i hundremillionerkronersklassen. Det vaksineres i dag mot IPN, men det er uavklart hvor stor grad av beskyttelse vaksinerne gir. Rapporter fra felt kan tyde på at vaksinerer begrenser tap.

Hjerte- og skjelettmuskelbetennelse – HSMB
Sykdommen forekommer hos laks og ble i 2005 påvist på minst 83 lokaliteter, altså betydelig flere enn de 53 hvor den ble påvist i 2004. Første gang tilstanden ble diagnostisert i Norge var i 1999, og forekomsten av sykdommen øker sterkt. Enkelte fiskehelsetjenester registrerer HSMB på tilnærmet alle sine lokaliteter, og problemet oppfattes som alvorlig. Utbruddene rap-

porteres å variere, fra å være kortvarig til å kunne holde seg i anlegget i flere måneder. Dødeligheten varierer også, med opp til 10 %. Diagnosen baseres på karakteristiske sykdomsforandringer; kliniske funn, obduksjonsfunn og histologiske forandringer (vevsforandringer). Det er isolert et virus fra HSMB-syk fisk. I laboratorieforsøk er vist at det kan fremkalle HSMB. Høyst sannsynlig er dette et forskningsgjennombrudd som vil gi muligheter for å utvikle en mer spesifikk diagnostikk samt legge grunnlaget for vaksineutvikling.

Nodavirus (VER)

Nodavirus er vist å gi sykdom på en lang rekke marine fisk, slike som bl.a. kveite, piggvar og sjøabbor. Viruset er til nå ikke isolert fra laksefisk, men det er i laboratorieforsøk påvist at laks smittet med nodavirus fra kveite utvikler sykdom. Betydningen av dette er gjenstand for videre forskning.

Bakteriesykdommer

Vintersår og sepsis (blodforgiftning) pga. infeksjon med *Moritella viscosa* (*Vibrio viscosus*)

Ved Veterinærinstituttet ble *Moritella viscosa* i 2005 påvist på 34 lokaliteter hos laks med sår. Trolig lå det reelle tallet i fjor likevel langt høyere, da det ikke nødvendigvis sendes inn materiale for verifisering/dyrkning. Enkelte fiskehelsetjenester dyrker og identifiserer bakterier selv. En fullstendig nasjonal oversikt over omfanget av dette problemet mangler derfor. *Moritella viscosa* er regnet som en vesentlig, men kanskje ikke som den eneste grunnen til vintersår og sepsis hos laks. Man regner med at vintersår kan ha flere årsaker. Bakterien blir i hovedsak diagnostisert i vinterhalvåret hos laks med sår, fra Vest-Agder i sør til Finnmark i nord. Den er et problem i både sjøanlegg og i settefiskanlegg med sjøvannstilsetning. Sårne som oppstår er et betydelig kvalitetsmes-

Tabell 3.5.3.1

Oversikt over oppdrettslokaliteter med påvist infeksjons lakseanemi (ILA), infeksjons pankreasnekrose (IPN), pankreassykdom (PD), hjerte- og skjelettmuskelbetennelse (HSMB), piscirickettsiose, furunkulose og bakteriell nyresyke (BKD) hos laksefisk i perioden 1997–2005.

Overview of diagnosed new cases (farms with salmonids) with infectious salmon anaemia (ISA), infectious pancreatic necrosis (IPN), pancreas disease (PD), heart and skeletal muscle inflammation (HSMI), piscirickettsiosis, furunculosis, and bacterial kidney disease (BKD) in the period 1997–2005.

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
ILA (ISA)	6	13	14	23	21	12	8	16**)	11
IPN*						174	178	172	208
PD	7	7	10	11	15	13	23	44	35
HSMB (HMSI)								54	83
Piscirickettsiose	1	0	6	0	1	17	5	0	0
Furunkulose	4	1	2	6	3	0	2	3***)	1
BKD	15	0	3	3	3	1	1	1	2

*) Tall for årene 1997–2001 er utelatt pga. usikker innrapportering. No certain registrations for the years 1997–2001.

**) To av lokalitetene lå i samme bekjempelsessonen. I tillegg en lokalitet hvor Mattilsynet opprettet sone etter påvisning av ILA hos en laks. Two adjacent farms were situated in the same control zone. Additionally was established a zone around a farm from which ISA was detected in one fish.

***) Matfiskanlegg med laks, vill-laks i elv og kultiveringsanlegg for aure. The number includes a seawater farm, wild salmon in a river and a cultivation farm for brown trout.



Foto: Geir Børne

Figur 3.5.3.4

Laks med store sår som går helt ned i muskulaturen. Ut ifra et dyreværnsmessig synspunkt er slike sår et alvorlig problem, og for norsk oppdrettsnæring utgjør kassasjon og nedklassing av slik fisk et betydelig tap. *Salmon with large sores that penetrate down to the muscular system. Such sores are a serious problem with regard to animal welfare and give significant losses in the farming industry due to cassation and lower classification of the affected fish.*

sig og dyreværnsmessig problem. Nedklassing fører til store økonomiske tap, og i tillegg dør ofte mye fisk som følge av sykdommen.

Enkelte anlegg har større problemer enn andre. Ofte vil røff behandling av fisken ved for eksempel sortering kunne gjøre at den senere utvikler vintersår. Generelt nedsatt allmenntilstand som følge av andre sykdommer, som IPN og HSMB og skader i huden som resultat av luseangrep, er faktorer som kan spille en rolle i utviklingen av vintersår. Det er utviklet vaksiner mot bakterien, men det er foreløpig usikkert hvor god effekt den har.

En stor del av de antibakterielle midler som benyttes i oppdrett av norsk laksefisk går til å behandle fisk med vintersår. En bedret kontroll med vintersår vil medføre et enda lavere forbruk av antibiotika. Det er fra anlegg til anlegg høyst varierende grad av effekt ved antibiotikabehandling. Heller ikke i laboratorieforsøk er det vist god effekt av medikamentell behandling. Forbruket av antibiotika i norsk oppdrett er generelt svært lavt ut fra den mengden med laks som produseres.

Andre bakteriesykdommer

I løpet av de to siste årene har det ikke vært påvist piscirickettsiose i Norge. Kaldtvannsvibriose (infeksjon med *Vibrio salmonicida*) ble påvist på en lokalitet med regnbueørret. Klassisk furunkulose (infeksjon med *Aeromonas salmonicida* sp. *salmonicida*) ble påvist på en lokalitet med laks, og klassisk vibriose (infeksjon med *Vibrio (Listonella) anguillarum*) ble påvist på fire lokaliteter med regnbueørret. Disse klassiske bakteriesykdommene, som truet norsk oppdrettsnæring tidligere, må man nå kunne si er under kontroll som følge av vaksineringsprogrammer.

Det er påvist utbrudd av yersinose på to lokaliteter i Trøndelag, og det var også i 2005 noen problemer med sykdom pga.

infeksjon med "atypisk" *Aeromonas salmonicida* og med *Flavobacterium* på laksefisk.

BKD

Bakteriell nyresyke (BKD) ble i 2005 diagnostisert på to sjølokaliteter. Det ene tilfellet ble oppdaget i en stamfiskpopulasjon, men i god tid før kjønnsmodning, slik at slaktekvaliteten var god. Da bare en håndfull fisk hadde utviklet sykdom, kunne alt slaktes med minimale tap, og alternativ stamfisk ble satt inn i rognproduksjonen. Dette viser fordelene med at man hele tiden undersøker avgang i stamfiskbestander. I det andre BKD-utbruddet ble det også påvist furunkulose. BKD var særlig i årene 1987–93 et stort problem hos laksefisk, både i kommersielle oppdrettsanlegg og i kultiveringsanlegg for villfisk. Fra og med 1999 har det bare vært ett – tre BKD-utbrudd per år. Fra 2006 vil Mattilsynet og Veterinærinstituttet gjennomføre et overvåkingsprogram for BKD for å lette dokumentasjonsarbeidet overfor EU.

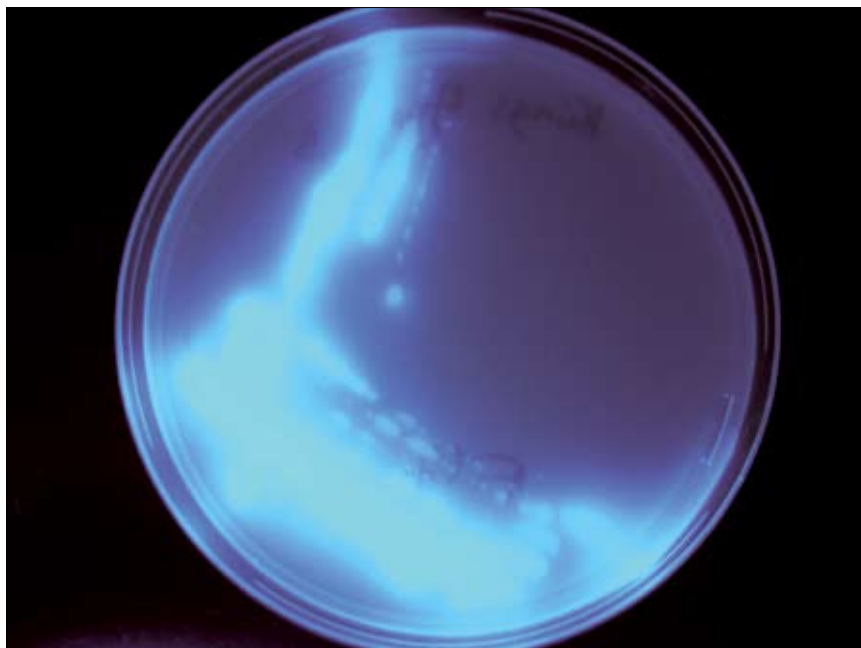
Sopp

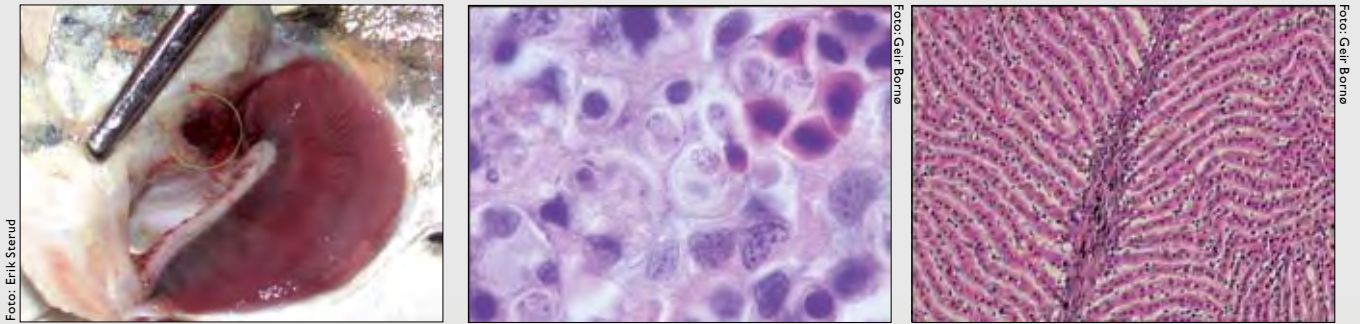
I 2005 ble det ikke rapportert spesielle problemer med hensyn til soppangrep i norsk laksefisk.

Figur 3.5.3.5

Figuren viser *Pseudomonas fluorescens*, en bakterie som ofte er å betrakte som et sekundærpatogen. Bakterien kan blant annet gi problemer i anlegg med høy tetthet og generelt dårlige miljøforhold.

The figure shows Pseudomonas fluorescens, a bacterium often regarded as a secondary pathogen. These bacteria can cause problems in farms with poor environmental conditions and high densities of fish.





Figur 3.5.3.6

Parasitten *Parvicapsula pseudobranchicola* er lettest å finne i fiskens pseudobranchier (grønn ring), som er lokalisert på innsiden av fiskens gjellelokk. Normalt har pseudobranchiene samme friske rødfarge som friske gjeller, men ved sykdom blir de etter hvert mer blodige, før de etter hvert går over til å bli gråaktige og slimete på grunn av uttalt vevsdød. Til slutt blir de borte og erstattet av arrvev. Histologisk snitt i midten viser *Parvicapsula pseudobranchicola* i pseudobranchien og en normal pseudobranchie til høyre. The parasite *Parvicapsula pseudobranchicola* is most easily found in the pseudobranch (green ring) of the fish, which are located on the inside of the gill cover. The pseudobranch are normally of the same red colour as healthy gills but become more bloody when infected, later being completely destroyed and replaced by scar tissue. The histological section in the middle shows *parvicapsula pseudobranchicola* in the pseudobranch, and the section on the right shows a normal pseudobranch.

Parasittsykdommer

Lakselus – *Lepeophtheirus salmonis*

Lakselus forekommer nå i sjelden grad i større antall per laks i oppdrettsanlegg. En nasjonal handlingsplan mot lakselus har vært gjennomført i åtte år og ser ut til å ha god effekt. Gjennomsnittlig var det i 2005 et lavere antall kjønnsmodne hunnlus, enn både i 2003 og 2004. Andelen anlegg som har behandlet fisken sin mot lakselus har økt noe fra 2004, og i samme periode har bruken av leppefisk gått noe tilbake. Generelt har utviklingen i de tre siste årene gått i retning av lavere antall voksne hunnlus og en reduksjon i antall bevegelige lus per fisk. Den store økningen i antall oppdrettslaks (potensielle vertsorganismer) fører til at det fortsatt er et betydelig antall lakselus i norsk oppdrett, med de problemer dette medfører. I første rekke representerer dette et problem for den ville laksebestanden. I dag er det store kostnader forbundet med medikamentell behandling av lakselus. Det arbeides med en vaksine som, dersom man lykkes, kan bli viktig for å begrense problemene med lakselus i norsk oppdrettsnæring. Lykkes man med å få ned det generelle smittepresset, vil dette også komme villaksen til gode.

Parvicapsula pseudobranchicola

Parasitten *Parvicapsula pseudobranchicola* ble påvist på 20 lokaliteter i 2005, fra Midt-Norge og nordover. Den er fortsatt et problem i norsk lakseoppdrett, og problemene ser ut til å være størst i Nord-Norge. Dette er trolig en underdiagnostisert parasitt. Dette fordi det er noe vanskeligere å finne parasitten i andre organer enn pseudobranchiene, og pseudobranchier blir i mange tilfeller fortsatt ikke rutinemessig

sendt inn for undersøkelse. Infeksjon med denne parasitten gir noen ganger betydelige problemer og økt dødelighet. I andre tilfeller, og da trolig ofte i forbindelse med et lavt infeksjonsnivå, gir den bare mindre problemer. *Parvicapsula pseudobranchicola* er fortsatt et problem i norsk oppdrett av laks. Som nevnt er parasitten lettest å finne i fiskens pseudobranchier. (Figur 3.5.3.6). Normalt har pseudobranchiene samme friske farge som gjeller, men ved sykdom blir de etter hvert mer blodige før de etter hvert går over til å bli mer gråaktige og slimete på grunn av uttalt vevsdød. Til slutt blir de borte og erstattet av arrvev. Fisken blir ofte blind som følge av sykdommen. Man regner også med at pseudobranchiene har en viktig funksjon i fiskens osmoregulering.

Bendelmark- *Eubotrium crassum*

Denne bendelmarken forekommer i tarmen til laks og regnbueørret. Den er en stor og bred mark som i voksen fisk kan bli mer enn en meter lang. Bendelmarken medfører økt forbruk, og siden for er den største enkeltutgift i oppdrett, utgjør problemet med bendelmark en økonomisk belastning. Laks infisert med bendelmark har redusert lengde og vekt sammenlignet med uinfisert fisk. *Eubotrium crassum* var i 2005 fortsatt et problem, og det rapporteres fra enkelte fiskehelsetjenester om noe dårligere effekt enn før av behandling med Praziquantel. Dette er det mest brukte midlet mot denne parasitten.

Gyrodactylus salaris

Parasitten ble ikke påvist i noen elver i 2005 som tidligere ikke var meldt å være infisert, men derimot høsten 2005 i Steinkjerelva og Figgja. Disse elvene ble rotenonbehandlet

i 2002 og var i en såkalt friskmeldingsprosess. I Lærdalselva ble våren og høsten 2005 hele den lakseførende strekningen behandlet med en sur aluminiumsoppløsning. Vårbehandlingen var først og fremst en smittebegrensende behandling, mens målet for høstbehandlingen var å få utryddet parasitten. Det ble ikke påvist dødelighet hos laks- og ørretunger som følge av behandlingene, men det døde noen hundre voksne laks og sjørørret som viste seg å være mer følsomme for aluminium enn tidligere antatt. Etter høstbehandlingen er flere hundre lakseunger undersøkt uten at *G. salaris* har blitt påvist. Lærdalselva vil trolig bli behandlet også våren 2006, som en ytterligere garanti for at det skal lykkes å totalutrydde parasitten.

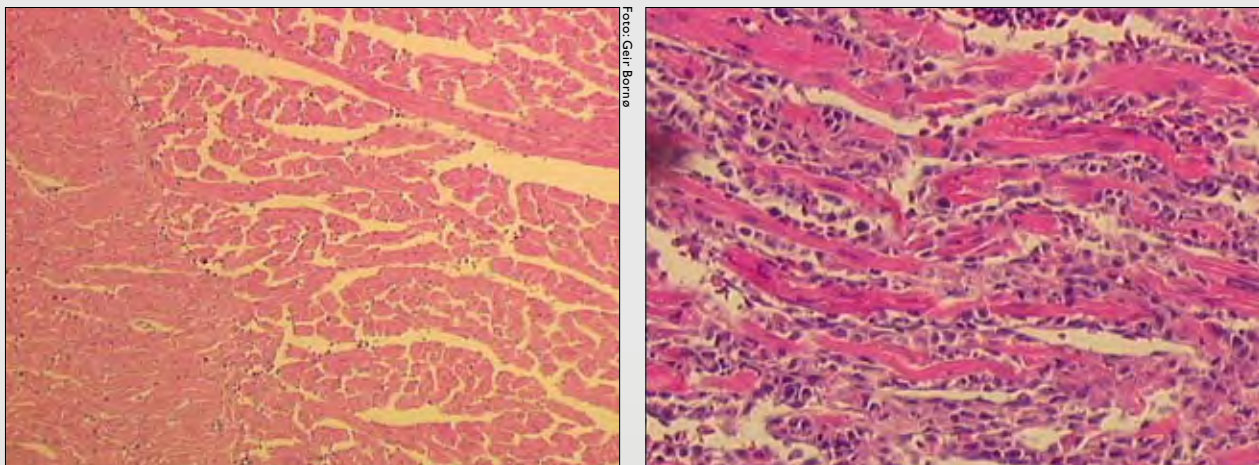
Det ble ikke registrert *Gyrodactylus salaris* på laksefisk i oppdrett i 2005. Ifølge et nytt EU-direktiv blir det ulovlig å bruke rotenon i norske vassdrag fra 1. september 2006. Miljøverndepartementet vurderer nå om Norge skal søke om unntak.

Andre parasitter

Ichthyobodo necator (*Costia necatrix*) og lignende parasitter og trichodinier har gitt noe problemer i enkelte anlegg, og da gjerne i forbindelse med proliferativ gjellebetennelse.

Andre helseproblemer

Kardiomyopatisyndrom – CMS (hjertesprekk)
CMS er utbredt langs hele kysten, men forekommer særlig i Midt-Norge, og var i 2005 fortsatt en viktig tapsårsak i norsk oppdrettsnæring. Sykdommen rammer i hovedsak større fisk, og dødeligheten er rapportert å variere. Enkeltanlegg har mistet flere titalls tonn med fisk per uke.



Figur 3.5.3.7

Kardiomyopatisyndrom er et stort problem i norsk oppdrett av laks. Ofte er det stor, slakteklar fisk som rammes, og dette medfører et betydelig økonomisk tap for næringen hvert år.

Bilde til høyre viser et hjerte med kardiomyopatiforandringer, hjertet til venstre er normalt.

Cardiomyopathysyndrom (CMS) is a serious problem in Norwegian farmed salmon, the affected fish are usually fully grown and ready to be slaughtered, which makes the disease economically important.

Proliferativ gjellebetennelse – PGB

Sykdommen forekommer hos laks i sjø og ble i 2004 – ifølge innsendelser til Veterinærinstituttet – påvist på over hundre lokaliteter fra Agder til Finnmark. Dette er omtrent det samme som i 2003. I 2005 ble det imidlertid registrert i underkant av 40 lokaliteter med sykdommen. Også innrapporteringer fra fiskehelsetjenester tyder på lavere forekomst i 2005. Sykdommen må fortsatt regnes som alvorlig i norsk fiskeoppdrett og medfører betydelige tap. Problemet forekommer gjerne om høsten på vårutsatt laks. Forløpet kan strekke seg over flere uker, og med noe variabel dødelighet. Enkeltanlegg har gitt tilbakemelding om store tap. Årsaken er ikke fullstendig forstått, men den settes i sammenheng med bakterier (epiteliocyster, *Piscichlamydia salmonis*) og *Atlantic salmon paramyxovirus*. Epiteliocystene blir påvist ved histologi, og påvisningsmetoder for virus er fortsatt under utvikling. Det pågår forskning for å kartlegge mer rundt dette problemet.

Hemoragisk smoltsyndrom – HSS (hemoragisk diatese)

HSS forekommer hos laks i ferskvann. Det rapporteres om sporadiske tilfeller, og antallet har tilsynelatende ikke forandret seg nevneverdig de senere år. Årsaken til denne lidelsen er fortsatt ikke kjent. HSS gir ofte kun mindre problemer i anleggene, og dødeligheten i forbindelse med lidelsen er generelt lav. Sykdommen forsvinner ofte ved overføring til sjøvann. Ved obduksjon kan HSS forveksles med viral

hemoragisk septikemi (VHS) og infeksiøs hematopoetisk nekrose (IHN), som er to alvorlige virussykdommer, men ved histologiske og virologiske undersøkelser kan det skilles mellom disse sykdommene.

Katarakt

Fiskehelsetjenestene rapporterer om lav forekomst av katarakt i 2005, og lidelsen ser ikke ut til å være et like stort problem som tidligere. Bedre kvalitet og endret sammensetning på fôr til oppdrettsfisk settes i sammenheng med denne forbedringen. Lave vanntemperaturer i 2004 og 2005 kan også ha vært gunstig for å unngå katarakt.

Vaksineskader

Det rapporteres om enkelte problemer med vaksineskader på fisken. Spesielt en type vaksine ser ut til å gi noe mer skader enn andre vaksiner, ifølge aktører i næringen. Enkeltgrupper av fisk har fortsatt uakseptable store vaksineforandringer. Vaksinasjon er et ønsket og effektivt sykdomsforebyggende tiltak, men bivirkningsgraden er bekymringsfull med hensyn til velferd, tilveksttap og nedklassifisering av fisken ved slakting.

Misdannelser

Det rapporteres fortsatt om problemer med misdannelser, og da i hovedsak i rygg (korthaler osv.) og hjerte. Det kan virke som om problemet er mindre nå enn tidligere, trolig som følge av bedre temperaturkontroll i klekkeriene og muligens en noe strengere utsortering i settefiskanleggene.

Manet- og algeskader, høy temperatur

Det synes å ha vært lite problemer med dødelighet på laksefisk i 2005 som følge av maneter og alger. Vanntemperaturen var i gjennomsnitt lavere i 2005 enn i 2004, og dette har heller ikke i 2005 gitt nevneverdige problemer i laksemerdene.

Svulster hos laks

Svulster er generelt meget sjeldne på oppdrettet laksefisk i Norge. I 2005 ble det imidlertid på laks og regnbueørret fra noen få lokaliteter påvist ondartede tarmsvulster med spredning til andre organer. Forandringene er ikke lette å se i en tidlig fase, men ved å kjenne på tarmen finner man tydelige knuter, og i et senere stadium er svulstene relativt lette å se, særlig ved spredning til lever.

Gjelleproblemer av ukjent årsak

Enkelte anlegg med laks i ferskvann har hatt høy dødelighet pga. gjelleproblemer med særegne vevsforandringer. Årsaken er ukjent, men mulige "parasittiske gjelleamøber" er vurdert som medvirkende.

Problem i oppdrett av røye

Det er ikke rapportert spesielle problemer i forbindelse med oppdrett av sjørøye, og det er ikke påvist sykdom pga. parasitten *Spironucleus* sp. Det har heller ikke vært spesielle problemer i forbindelse med høye temperaturer, noe som kan gi problemer ved oppdrett av sjørøye. I produksjon av innlandsrøye er det hovedsakelig parasitter, *Ichthyobodo necator* og bendelmark, som gir problemer.

Yngelsykdom

I enkeltanlegg var det i 2005 en del problemer med til dels høy dødelighet på lakseyngel. Det er ikke blitt klarlagt en årsakssammenheng. I tillegg var det på et par lokaliteter mistanke om nervøst yngel-syndrom hos laks. Diagnosen er imidlertid vanskelig å sette, da man så langt ikke kjenner til spesifikke histopatologiske forandringer ved denne sykdommen.

Dyrevelferd, etisk og miljømessig forsvarlig produksjon

Fiskevelferd fikk mye oppmerksomhet i 2005, og vil også være et svært viktig tema fremover. Fisk har tradisjonelt blitt oppfattet litt annerledes, i forhold til dyrever, enn varmblodige dyr. Man har ikke samme empati for fisk som for varmblodige dyr. Dette skyldes nok både gamle holdninger, og at fisken, sammenlignet med varmblodige dyr, i mindre

grad er i stand til å "kommunisere" med oss mennesker. Nå opplever vi imidlertid et stadig sterkere fokus på dyrever for oppdrettsfisk. I den senere tid har vi opplevd at dyrevernsnemnder har kommet med pålegg til oppdrettere om å bedre forholdene for fisken i anleggene. Forebygging og behandling av sår og vaksineskader hos fisk er eksempler på sentrale utfordringer for næringen.

Dyreverloven gjelder også oppdrettsfisk, og nye driftsforskrifter har i de senere år skjerpet kravene til velferd for oppdrettsfisk. Norge har også et spesielt ansvar for å utvikle gode velferdsmessige oppdretts-systemer og for å være et foregangsland innen dyrever på fisk. Forbrukerne stiller stadig større krav til velferd og etisk og miljømessig forsvarlig produksjon. Det er derfor viktig at Norge kan dokumentere at man har en etisk forsvarlig produksjon av

oppdrettsfisk, hvor god helsetilstand og velferd hos fisken er satt i fokus.

Overvåkningsprogram

Det gjennomføres årlige overvåkningsprogrammer for *Gyrodactylus salaris* og virussykdommene infeksjøs hematopoetisk nekrose (IHN) og viral hemoragisk septikemi (VHS). De to virussykdommene er ikke påvist i Norge i 2005 eller tidligere, med unntak av VHS som ble påvist i 1974. Fra 2006 innføres overvåkning på bakteriell nyresyke (BKD).

Helsesituasjonen for vill laksefisk

Situasjonen for utvandrende smolt, med tanke på lakselus, ser ut til å være bedre nå enn tidligere. Dette skyldes i hovedsak bedre kontroll med forekomsten av lakselus. Sjøørret er fortsatt mye plaget med lus, noe som gjør at den vandrer tilbake til elva tidligere enn normalt.

Stable health condition for farmed salmonids in Norway in 2005

The health situation for farmed salmon and trout in Norwegian plants in 2005 was more or less like the year before. The viral diseases infectious salmon anaemia (ISA), pancreas disease (PD), heart and skeletal muscle inflammation (HSMI) and infectious pancreatic necrosis (IPN) seem to be the main problems in the industry. ISA was found on only a few localities in 2005, and fewer than in 2004. The economical consequences were severe for those which received an ISA-diagnosis. There is still some discussion about how this disease is to be combated.

Levels of PD were about the same in 2005 as in 2004, but with a small decrease in numbers. Numbers of outbreaks of HSMI are rising and there were several more cases in 2005 than in 2004. IPN was found in more localities than the rest of the severe diseases with about 200 localities

being affected in 2005. This is an increase from last year. Cardiomyopathy syndrome (CMS) and proliferative gill inflammation (PGI) caused high losses in 2005 and were seen associated with viral diseases. Vaccination against IPN is widely used, but there seems to be only a low degree of effect.

The most important bacterial disease seems to be *Moritella viscosa*-infection, which causes winter ulcers. Rough treatment of fish, when they are sorted or handled in some way, seems to predispose the fish to infection with *Moritella viscosa*. There are no serious problems with other classical fish bacterial diseases such as furunculosis, vibriosis or cold water vibriosis, due to vaccination.

Salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) are still a problem, but the situation seems to be under control. There has been a decrease in

the number of adult female lice and in lice in general on fish, from year to year. Fluke (*Eubotrium crassum*) is still a problem, and there are reports of problems with treatment. There seems to be some kind of resistance to the most used treatment, Praziquantel. Pigmentation and peritonitis as a result of vaccination are still common problems. Together with the previously mentioned diseases, these are some of the most important factors related to cause of death, reduced growth and harvest quality. The geographical spread of PD and HSMI suggests that the measures undertaken for disease control are not good enough. No new diseases were detected in 2005, but there is still much which is unknown as to the cause of CMS, proliferative gill inflammation and several other diseases.

3.5.4 Virveldeformasjoner hos oppdrettslaks

Atlanterhavslaks er en anadrom fisk. Den klekker og vokser opp i ferskvann som parr, for så å gjennomgå en rekke atferdsmessige, fysiologiske og morfologiske forandringer og vandre ut i saltvann som smolt om våren, ett–seks år etter klekking. Endringene som finner sted kalles smoltifisering og styres av variasjonen i daglengde. Denne kunnskapen brukes i oppdrett til å styre smoltifiseringstidspunktet hos atlanterhavslaks. Oppdrettslaks settes ut i sjøen enten som høst- eller vårs smolt. Høstsmolt produseres ved å manipulere lysperioden, slik at laksen tror den gjennomgår vinter og vår tidligere enn naturlig vinter og vår. Det gjør at høstsmolten smoltifiserer og kan settes i sjøen om høsten, samme året som den klekker. Vårsmolt produseres uten bruk av kunstig lys, og den smoltifiserer og settes i sjøen den påfølgende våren.

Per Gunnar Fjellidal

per.gunnar.fjellidal@imr.no

Ulla Nordgarden

ulla.nordgarden@imr.no

Tom Hansen

tom.hansen@imr.no

Høstsmolt har et høyere innslag av virveldeformasjoner enn vårs smolt når fisken har nådd slaktestørrelse. Den vanligste deformasjonen er sammentrykte ryggvirvler, spesielt i haleregionen (Figur 3.5.4.1). Dette skyldes at vekstretningen i ryggvirvlens endestykker forandres (Figur 3.5.4.2). Det har tidligere vært foreslått at forandret mekanisk påvirkning eller betennelsesreaksjoner kan føre til utvikling av sammentrykte ryggvirvler hos oppdrettslaks. Forsøk ved Havforskningsinstituttet, Matre viser en klar sammenheng mellom mineralinnhold og morfologi i ryggvirvler fra oppdrettslaks. Ryggvirvelen hos individer med lavt mineralinnhold er mer sammentrykte enn ryggvirvlene til individer med høyt mineralinnhold (Figur 3.5.4.3).

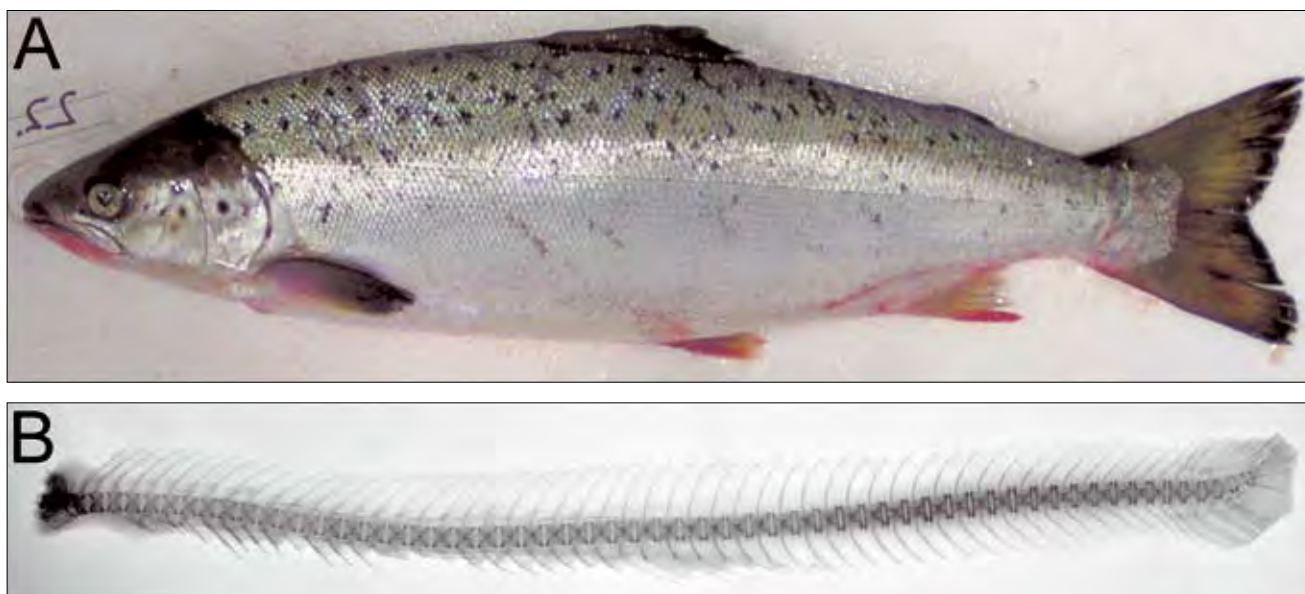
Funn i virvelsøylen hos høstsmolt

Eksperimentelle studier gjennomført ved Matre har vist at hos både høst- og vårs smolt vokser halevirvlene mer enn de andre virvlene under smoltifiseringen (Figur 3.5.4.4). Dette ble også observert i villaks

og kan være en biologisk tilpasning til økt svømmeaktivitet. I ferskvann er parren stasjonær og holder seg mye av tiden i ro ved bunnen, mens laks i saltvann jakter i de frie vannmassene.

Selv om høst- og vårs smolt hadde likt vekstmønster i virvelsøylen under smoltifiseringen, ble det funnet betydelige forskjeller i ryggvirvlens oppbygning og sammen-setning. Høstsmoltens ryggvirvler hadde lavere mineralinnhold og mekanisk styrke, noe som kan forklare at høstsmolt har høyere risiko for å utvikle virveldeformasjoner. Vi vet at beinmineralisering er en relativt lang prosess. Når beinet vokser avsettes først proteiner (mest kollagen) på beinets overflate, deretter inkorporeres mineraler, hovedsakelig kalsium og fosfor, i den nydannende proteinstrukturen. På grunnlag av dette formulerte vi en hypotese om at rask vekst kan øke risikoen for utvikling av virveldeformasjoner hos høstsmolt.

For å undersøke sammenhengen mellom vekstshastighet og beinmineralisering gjennomførte vi et forsøk med individmerket høstsmolt. Det ble ikke funnet noen sammenheng mellom rask vekst og lavt mineralinnhold innad i denne gruppen. Derimot fant vi at de individene som vokste best, hadde høyest mineralinnhold.



Figur 3.5.4.1

Høstsmolt (33 cm, 733 gram) med sammentrykte ryggvirvler i haleregionen.

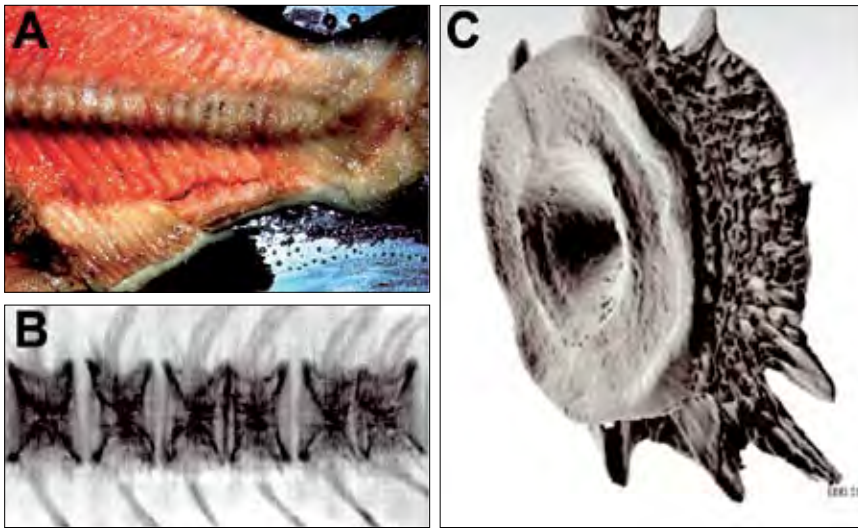
(A) Fotografi.

(B) Røntgenfotografi.

Underyearling smolt with compressed vertebrae in the tail region.

(A) Photography.

(B) Radiography.



Figur 3.5.4.2

Forkortede ryggvirvler hos oppdrettslaks.

(A) Fotografi av haleregionen hos laks med forkortede virvler. (B) Røntgenfotografi av haleregionen hos laks med forkortede virvler. (C) Mikro-CT-skanning av en forkortet virvel. Vekstmønsteret er normalt inntil virvelen har nådd en viss størrelse, deretter stagnerer lengdevæksten og virvelen får en flat form.

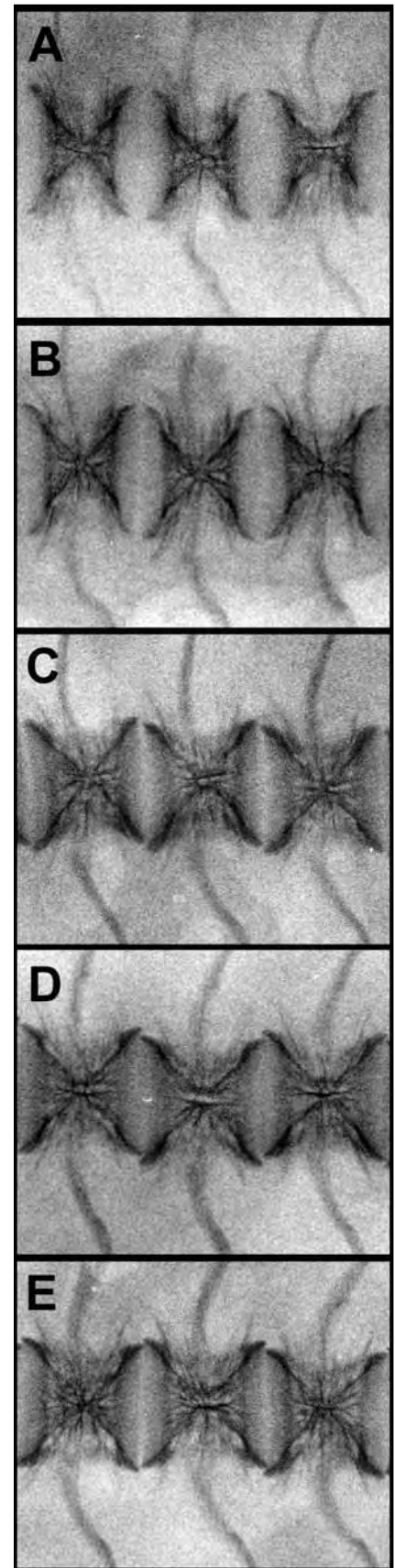
Compressed vertebrae in cultured salmon. (A) Photography showing the tail region of a salmon with compressed vertebrae. (B) Radiography of the tail region of a salmon with compressed vertebrae. (C) Micro-CT scan of a compressed vertebrae. The pattern of growth is normal until the vertebrae reaches a certain size, thereafter the longitudinal growth stops and the vertebra develops a compressed morphology.

Flere mulige årsaker

Det mest påfallende var at de individene som utviklet lavt mineralinnhold i ryggvirvlene, hadde lavere vektøkning de seks første ukene i saltvann enn de individene som utviklet høyt mineralinnhold. Dette kan være et resultat av lavere appetitt i denne perioden. I saltvann får laks tilført rikelig med kalsium fra vannet, mens fosfor må tilføres via føret. Det kan derfor tenkes at lavt forinntak i den tidlige sjøvannsperioden påvirker beinmineralisering hos laks. I våre forsøk viste derimot analyser at høstsmolten hadde høyt innhold av fosfor og kalsium i blodplasma. Det kan tyde på at fosfor fra dietten ikke var en begrenset faktor, men at mineraliseringen av bein gikk langsomt.

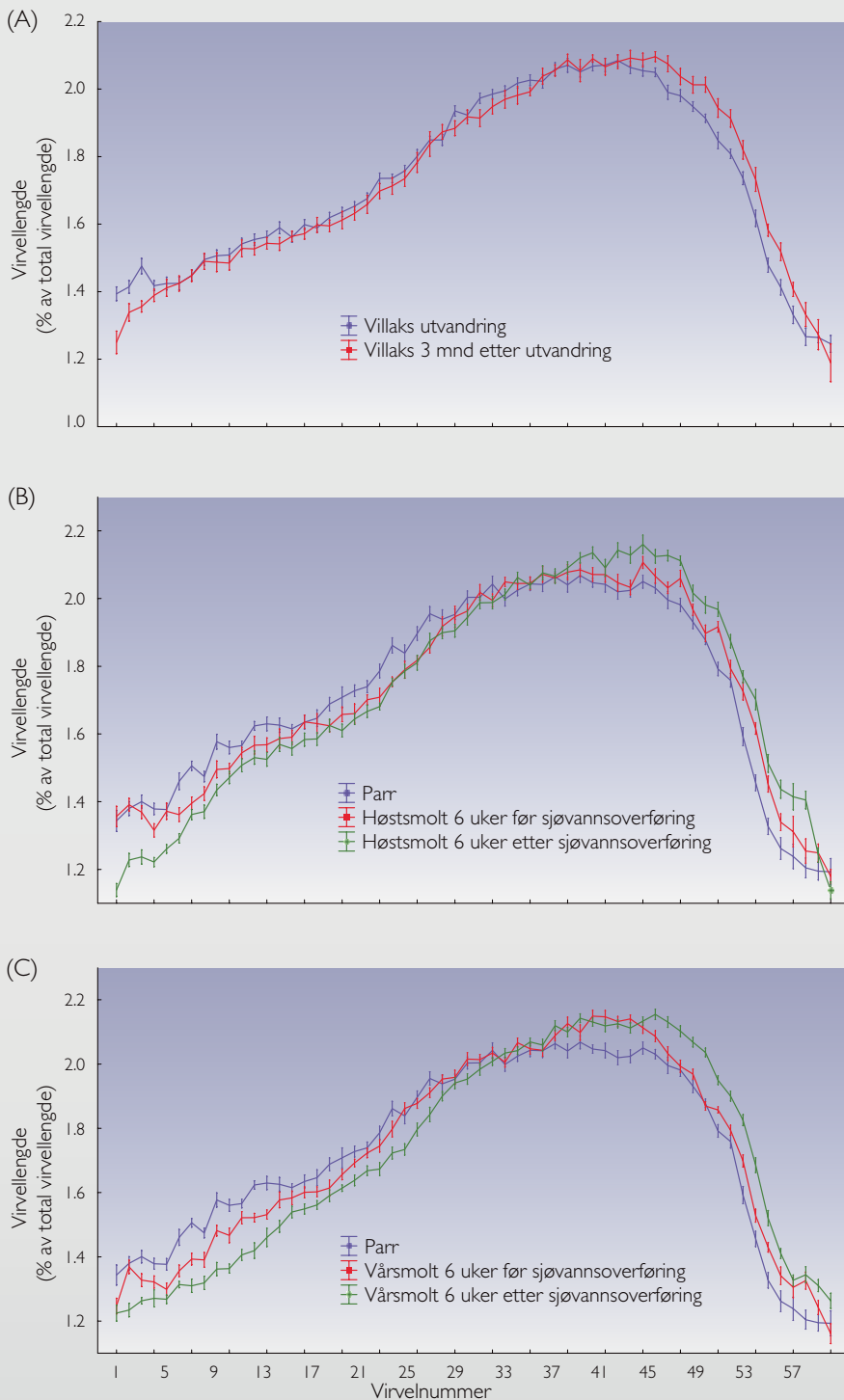
Alternativt kan det være snakk om økt remodellering i skjelettet. Remodellering innebærer nedbrytning og oppbygning av bein og fører til frigjøring av kalsium og fosfor til blodet. Langsom beinmineralisering kan være et resultat av at gener som koder for proteiner som er involvert i mineralisering blir nedregulert. I forsøkene som ble utført fant vi en nedregulering av genet som koder for reseptoren til det insulinlignende veksthormonet (insulinlike growth factor-I, IGF-I), som er målt i ryggvirvler fra høstsmolt. Hormonet har vist seg å påvirke beinmineralisering hos pattedyr.

Pågående forsøk ved Havforskningsinstituttet Matre har som mål å øke kunnskapen om de faktorer som bidrar til å regulere mineraliseringshastigheten i ryggvirvler hos høstsmolt. Hensikten er at dette igjen kan brukes til å forbedre produksjonen av høstsmolt.



Figur 3.5.4.3

Røntgenfotografi av ryggvirvler fra oppdrettslaks med forskjellig mineralinnhold (prosent mineralvekt i forhold til tørrvekt) i ryggvirvlene. (A) 33 %. (B) 37 %. (C) 41 %. (D) 44 %. (E) 47 %. *Radiography of vertebrae from cultured salmon with different vertebral mineral content (percent mineral weight of dry weight). (A) 33 %. (B) 37 %. (C) 41 %. (D) 44 %. (E) 47 %.*



Figur 3.5.4.4

Regional vekst i virveløylen under smoltifisering hos villsmolt (A), høstsmolt (B) og vårsmolt (C). Resultatene viser hvor mange prosent lengden av hver ryggvirvel (virvel nummer 1–58) utgjør av total lengden til alle ryggvirvlene. In Atlantic salmon, the vertebral column displays regional growth during smoltification. (A) Wild smolt. (B) Underyearling smolt. (C) Yearling smolt. The y-axis shows how many percent the length of each vertebra (vertebrae (V) number 1–58) make up of the total length of all the vertebrae ($\sum V1-58$). The x-axis shows vertebral number.

Vertebral deformities in cultured Atlantic salmon

In the culture of the Atlantic salmon, the prevalence of vertebral deformities is higher among underyearling than yearling smolt. Experimental studies carried out at the Institute of Marine Research have demonstrated that underyearling smolt show the same pattern of growth in the vertebral column during the parr-smolt transformation as yearling and wild smolt. However, the vertebrae of yearling smolt had lower mechanical strength and mineral content. At first we suggested that this was related to growth rate, i.e. underyearling smolt grows much more rapidly than yearling smolt.

When studying the relationship between rapid growth and low mineralisation of vertebral bone within a group of individually tagged yearling smolt, no such relationship was established. In contrast, the individuals with the highest growth rate had the highest vertebral mineral content. The individuals with the lowest mineral content had the lowest weight gain during the first six weeks after transfer to seawater, suggesting that low mineralisation may be linked to low appetite and phosphorous supply. However, the underyearling smolt had high plasma concentrations of calcium and phosphorous, which may suggest that low mineralisation was related to low mineralisation rate. Furthermore, the underyearling smolt had a decrease in the expression of the receptor for insulin-like growth factor-I (IGF-I) in the bone of the vertebrae during the early seawater phase. IGF-I has been shown to be related to bone mineralisation in mammals.

3.5.5 Kjønnsmodning hos atlantisk laks (*Salmo salar*)

Tidlig kjønnsmodning er et stort problem innen lakseoppdrett, siden moden laks slutter å vokse og kjøttkvaliteten blir dramatisk forringet utover seinsommer og høst. I tillegg representerer modning hos laksefisk i sjøvann et velferdsproblem. Rømt moden laks kan ha større genetiske og økologiske effekter på villaks, da det er mer sannsynlig at de vandrer opp i en nærliggende elv enn umoden fisk. Fra tidligere forsøk vet vi at lysstyring kan redusere andelen tidlig kjønnsmodning hos laks. Imidlertid varierer resultatene fra år til år, uten at en har gode forklaringer på hvorfor lys virker bedre i noen situasjoner enn andre. For å bedre kunne forstå hvordan lys virker inn på kjønnsmodning og vekst har vi studert samspillet mellom ulike fôringsregimer og lysbehandling i ulike familiegrupper av laks. Vi har også målt en rekke fysiologiske parametre for å avdekke mer av sammenhengen mellom tilvekst, fettdeponering og kjønnsmodning, og hvordan dette blir påvirket av andre ytre faktorer som lys og fôr.

Miklos Pall

miklos.pall@imr.no

Birgitta Norberg

birgitta.norberg@imr.no

Eva Andersson

eva.andersson@imr.no

Geir Lasse Taranger

geirt@imr.no

Alle levende organismer har et begrenset energibudsjett som skal fordeles mellom ulike basale fysiologiske funksjoner og fysiske aktiviteter. Den energi som "blir til overs" blir investert i vekst og reproduksjon. I fangenskap har man mulighet til å eliminere mange av de "negative" kostnadene (f. eks. å unngå predatorer) samt at førtilgangen normalt ikke er noen begrensning. På den andre siden fører denne "ekstra" vekstøkningen hos oppdrettslaks til hyppigere forekomst av tidlig kjønnsmodning. Dette er negativt, fordi det hindrer kroppsveksten til fordel for gonadetilvekst og produksjon av egg og spermier. Resultatet er et tap av biomasse, både kvantitativt og kvalitativt.

Oppdrettsmiljøet påvirker alder ved kjønnsmodning

Selv om det har vært selektert for sein kjønnsmodning i avlsprogrammene for laks over flere tiår, kan andelen tidlig modning (etter 1,5 år i sjø) fremdeles komme over 50 % i enkelte grupper. Dette henger sammen med den store betydningen oppdrettsmiljøet har for alder ved kjønnsmodning. Modningsandelen varierer fra år til år, og mellom ulike lokaliteter, uten at en har en klar forståelse for årsaksforholdene. En bedre forståelse av samspillet mellom de ytre miljøfaktorene og de indre fysiologiske og endokrine (hormonelle) prosessene som styrer fordelingen av energi mellom vekst og kjønnsmodning er derfor meget viktig for å kunne forutsi omfang av modning under ulike oppdrettsforhold. Dette er også viktig for å kunne utvikle bedre protokoller, f.eks. med lysstyring for å redusere omfanget av tidlig modning.

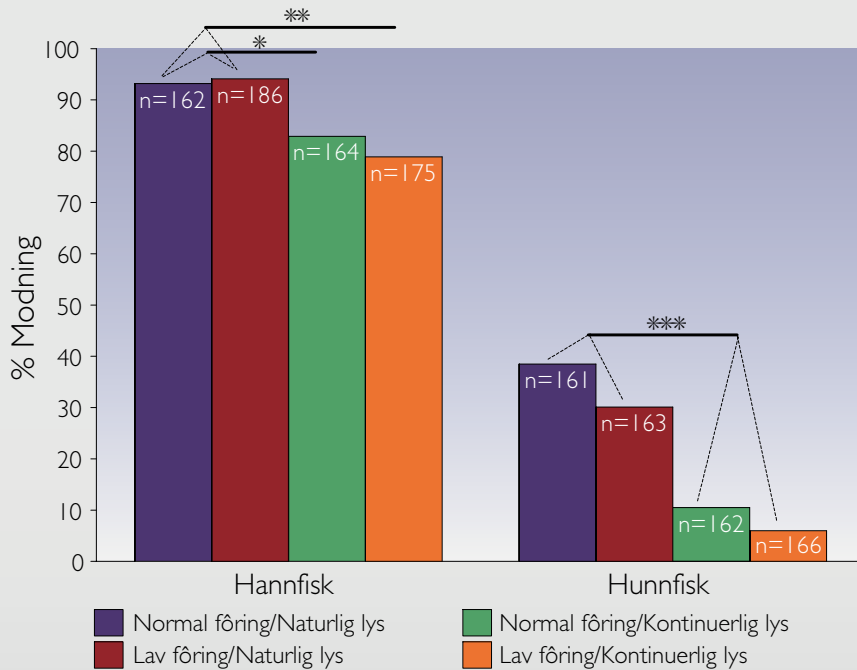
Laksens naturlige gyteperiode er om høsten når vannet blir kaldere og døgnnet blir kortere. Dette kan skje hos laksen allerede etter det første leveåret i sjøen (tertmodning). Laks kan også modne som små dverganner i elven før de går ut i havet. I oppdrett er det tertmodning som er det største problemet, men også høy dverghannmodning og modning allerede etter 6 måneder i sjø kan tidvis være et problem i oppdrett. Det er sannsynligvis den gode førtilgangen og veksten som er hovedårsak

ken til den økte andelen av tidlig modning i oppdrett i forhold til naturen. God tilvekst er vanligvis også koblet til økt fettdeponering hos laksen, og i andre dyr er størrelsen på fettdepotene viktig for å sette i gang puberteten (1. kjønnsmodning). En rekke forsøk er gjennomført med å redusere førtilgangen i deler av sjøvannsfasen for å redusere andelen tidlig modning. Selv om dette har gitt god effekt i en del tilfeller, har det vanligvis også ført til kraftig nedsett vekst. Lysstyring har derimot vist seg både å kunne redusere andelen tidlig modning og å føre til økt vekst. Kunstig lang dag eller kontinuerlig lys fra midtvinter har i de fleste forsøk redusert modningsandelen til veldig lave nivåer, og dette er en teknikk som brukes av de fleste lakseoppdrettere i dag.

Skiftende effekt av lysstyring

Imidlertid virker ikke alltid lysstyringen like godt, og dette kan skyldes at andre faktorer som ernæringsstatus (eks. fettlagre), førtilgang gjennom vinter og vår (type og mengde) og vanntemperatur virker inn på hvordan laksen reagerer på lysstyringen. Derer også store forskjeller i hvoreffektive behandlingene er mellom ulike fiskestammer med ulik genetisk bakgrunn, og også mellom kjønn. Vanligvis modner hannene ved lavere alder enn hunnene. Den gjeldende hypotesen er at modningen skjer i følgende to trinn: 1) Kjønnsmodningen starter tidlig høst/vinter året før gyting, forutsatt at et genetisk bestemt utviklingsnivå hos et individ blir oppnådd. 2) Modningen kan slås av igjen under kommende måneder hvis individet ikke får tilgang på tilstrekkelige energireserver og/eller ikke når et gitt stadium av gonademodning før et kritisk tidspunkt om våren. Det er antatt at lyset påvirker dette kritiske tidspunktet slik at færre laks klarer å oppnå rett status før denne datoen om våren, og at de enten ikke starter modningen eller at de stopper en igangsatt modning.

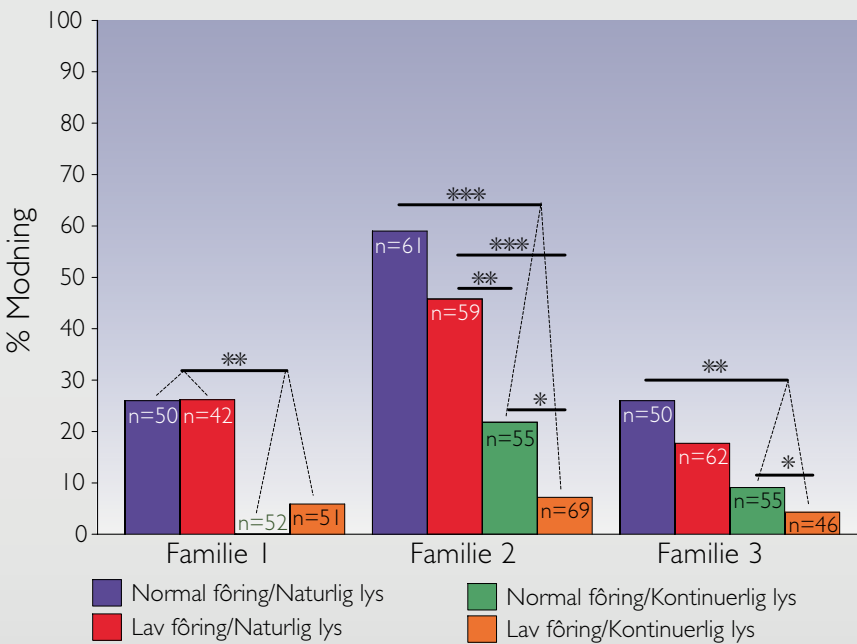
For å undersøke dette nærmere har vi gjennomført et forsøk ved Havforskningsinstituttet, Matre der fisk fra ulike familier ble lengdemålt, veid og individmerket med PIT-merker og deretter fordelt i seks merder. Fra september 2003 til januar 2004 ble tre av merdene gitt redusert fôring (60 % av full fôring). Fra januar 2004 ble fisken veid og målt, samt omfordelt slik at det var like mange fra fisk hver fôrgruppe i hver merd. Tre av merdene fikk så kontinuerlig tilleggsllys fram til sommeren, mens fisken i de tre øvrige merdene fortsatt gikk på naturlig lys. I tillegg ble det satt 100 fisk i en egen merd på naturlig lys (50 fra full fôring og 50 fra redusert fôring), og det ble tatt blodprøver av all fisk en gang i måne-



Figur 3.5.5.1

Prosent modne hanner og hunner i ulike behandlingsgrupper sommeren 2004. Lav fôrgruppe = 60 % av normal.

Percentage of mature males and females respectively (out of total n) in different treatment groups during summer 2004. Low feed = 60 % of normal.



Figur 3.5.5.2

Prosent modne hunner (av totalt antall individer, n) i ulike behandlingsgrupper, fordelt på familiegrupper, sommeren 2004. Lav fôrgruppe = 60 % av normal.

Percentage of mature females (out of total n) in different treatment groups, divided on families, during summer 2004. Low feed = 60 % of normal.

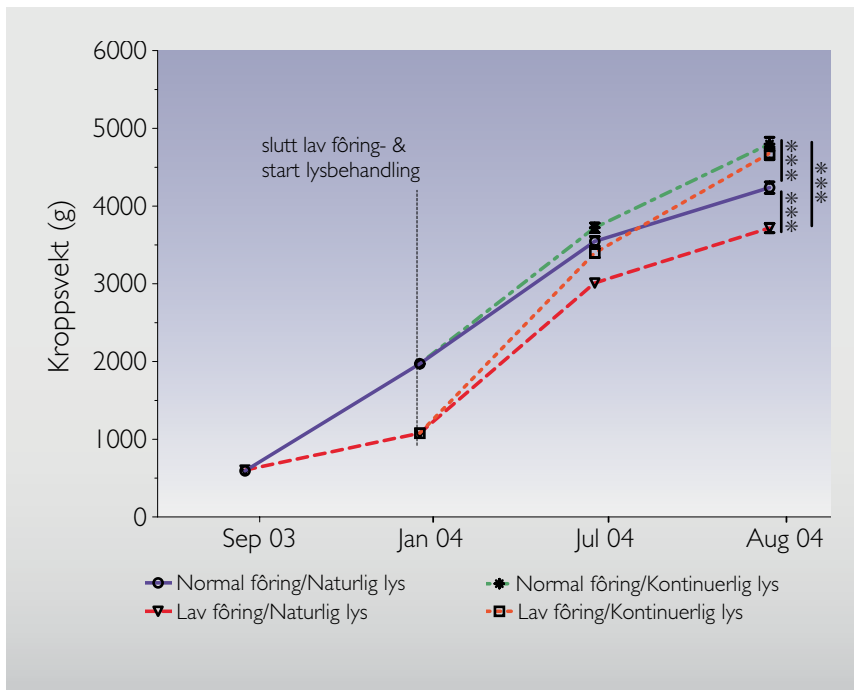
den fra januar 2004 til september 2004. Det ble tatt ut prøver for analyse av fett i filet og innvoller i september 2003, januar 2004 og juni 2004, og på samme tidspunkt ble det tatt blodprøver for hormonanalyser og ulike prøver fra hjerne-hypofyse-gonadeaksen som kontrollerer modningen.

Disse prøvene blir analysert ved hjelp av en rekke histologiske, fysiologiske og molekylære metoder for å få en bedre grunnleggende forståelse for hvordan modningsprosessen starter og forløper hos laks under ulike miljøforhold. I september 2004 ble modningen kontrollert i alle individer, og analysert i henhold til fôring, lys, familie og individuell vekstrate. Blodprøvene ble analysert for flere kjønnssteroider for å finne ut når de ulike individene rekrutteres inn til modning.

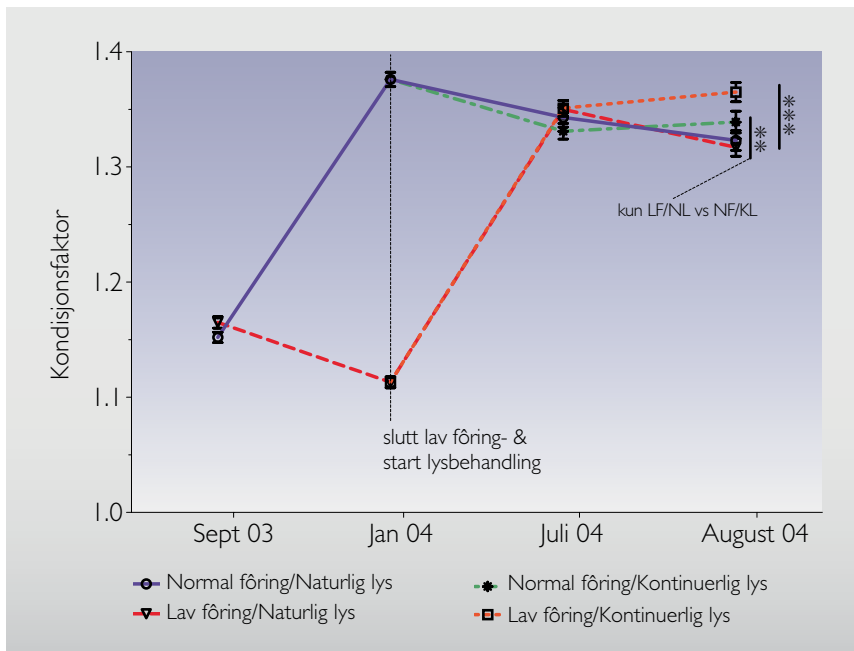
Analyser av kjønns hormonene testosteron og 11-ketotestosteron i hannfisk tyder på at modningen startet tidlig på vårparten i dette forsøket, da vi fant forhøyede nivåer i blodplasma allerede i januar og februar (data ikke vist). Det var store forskjeller i andelen tidlig modne hannfisk og hunnfisk selv om de har fått samme behandling (Figur 3.5.5.1). Både lysbehandlingen og den reduserte fôringen hadde klare effekter på modningen, men effektene var mindre enn forventet. Det var gjennomgående svært høy modningsandel i alle gruppene, selv om dette var familier som var selektert for sein modning. Det er mulig at den høye modningsandelen i dette forsøket skyldes at fisken gikk i små merder (5x5x8m), da vi har sett veldig høy tidlig modningsandel (opp mot 100 % av hannfisk) i slike merder i tidligere forsøk. Det var en tendens til at laks som hadde hatt redusert fôrtilgang om høsten reagerte sterkere på lysbehandlingen enn laks som hadde fått full fôring gjennom hele forsøket, men denne tendensen var svakere enn forventet.

Store familiære forskjeller

Figur 3.5.5.2 viser hunnene oppdelt på familiegrupper og demonstrerer tydelig de store forskjellene som kan forekomme mellom fisk med ulik genetisk bakgrunn. Familie '1' svarer mye sterkere på nettopp denne behandlingen enn de andre familiene. Den samme tendensen var synlig hos hannene (ikke vist) fordelt på familie, hvor stort sett kun familie '1' svarer for den lavere modningen som vises hos de sammenslåtte familiene i Figur 3.5.5.1. Selv om vi kan identifisere de ulike familiene med hensyn til genetisk bakgrunn, er vår kjennskap til de fysiologiske forskjellene mellom de ulike familiene svært liten. Dette vil bli studert nærmere ved å analysere status i hjerne-hypofyse-gonadeaksen i prøver fra disse familiene gjennom forsøket.



Figur 3.5.5.3
Kroppsvektens utvikling hos hunner i ulike behandlingsgrupper mellom september 2003 og august 2004. Lav fôrgruppe = 60 % av normal. *Development of female bodyweight in different treatment groups from September 2003 to August 2004. Low feed = 60 % of normal.*



Figur 3.5.5.4
Kondisjonsfaktorens utvikling hos hunner i ulike behandlingsgrupper mellom september 2003 og august 2004. Lav fôrgruppe = 60 % av normal. *Development of female condition factor in different treatment groups from September 2003 to August 2004. Low feed = 60 % of normal.*

Early sexual maturation in *Salmo salar*

Early sexual maturation (puberty) in salmon is a common problem in Norwegian aquaculture. Maturing fish stop growing and the flesh quality decreases during late summer and autumn. Previous studies have shown that longer light regimes and their timing can reduce the number of individuals maturing in captivity and such protocols are already used in the industry. Later maturation has also been selected for in different salmon strains. However, the results vary highly between years, with up to $\geq 50\%$ maturation in fish as young as 1.5 years.

The reasons why light treatment is less successful in some situations than in others are not yet clear. In addition to the effects of light, there are many other environmental and internal factors that interact and influence maturation. We have studied the effects of different feeding- and light regimes in caged salmon with different genetic background in order to improve our understanding of the dynamics behind sexual maturation (Figure 3.5.5.1 & 3.5.5.2) and growth (Figure 3.5.5.3 & 3.5.5.4). These results will be put in relation to nutrient status (fat deposits) and annual changes in hormone levels (*i.e.* endocrinological or hormonal processes). A better understanding of the cues of maturation and ultimately of the mechanisms controlling the distribution of energy between growth and reproduction are of great importance to the salmon industry. This could lead to protocols that in a better way predict maturation during different rearing parameters and that may have the possibility to decrease and eventually control the incidence of early maturation much more successfully than today.

Redusert fôrmengde om høsten reduserte veksten som forventet. Dette gjenspeiles i både lavere vekt (Figur 3.5.5.3) og lavere kondisjonsfaktor (Figur 3.5.5.4) i løpet av vinter og vår. Til tross for denne reduksjonen i vekst og kondisjon var det bare en moderat nedgang i andelen modne fisk i gruppene med redusert fôring. Vi arbeider videre med analyse av disse fiskene, bl.a. ved å se på fettinnholdet i filet og innvoller for å få en bedre forståelse for hvilke faktorer som setter i gang modningen. Det er blant annet nylig karakterisert et hormon i flere fiskearter, som i pattedyr er viktig for å sette i gang puberteten. Dette hormonet, leptin, produseres i fettceller, og hvis individet har høye fettlagre vil de produsere mye av dette hormonet, som i sin tur er med

på å starte puberteten. Hvis leptin har en lignende rolle i laks, kan analyser av dette hormonet være med på å bedre forståelsen av hvordan indre og ytre faktorer spiller sammen for å starte puberteten i laks. Vi har sett at både familiebakgrunn, fôring og lys virker inn på tidlig modningsandel hos laks, men det ligger sannsynligvis også ukjente faktorer bak, som bl.a. kan medføre de svært høye modningsandelene vi ofte ser i små merder, mens samme gruppe av fisk har lavere modning i større merder. En rekke nye fysiologiske og molekylære verktøy er nå utviklet eller under utvikling, og vi vil bruke disse verktøyene for å prøve å finne mer ut om det komplekse samspillet som bestemmer igangsettingen av puberteten hos laks.

3.6.1 Produksjon av torsk 2005

Det satses stort på oppdrett av torsk i Norge. Per november 2005 var det registrert ca. 200 aktører innenfor torskeoppdrettsnæringen, og det var utdelt ca. 490 konsesjoner, beregnet for matfiskproduksjon av torsk. Dette er selskaper som er oppført som konsesjonsinnehavere. I realiteten er det 40–50 aktører som driver kommersiell matfiskproduksjon, og disse aktørene er spredd fra Rogaland til Finnmark. Det dreier seg både om produksjon basert på utsett av yngel og om oppføring av levendefanget torsk.

Arnt Fredrik Kjønhau

arnt.fredrik.kjonhaug@kontali.no
Kontali Analyse AS

Det finnes fortsatt mange utfordringer i næringen, men slaktekvantumet øker jevnt hvert år. Vibriose, kjønnsmodning og rømming er de store utfordringene knyttet til produksjonen. (Se for øvrig Kapittel 3.6.2 om sykdom hos marin fisk.)

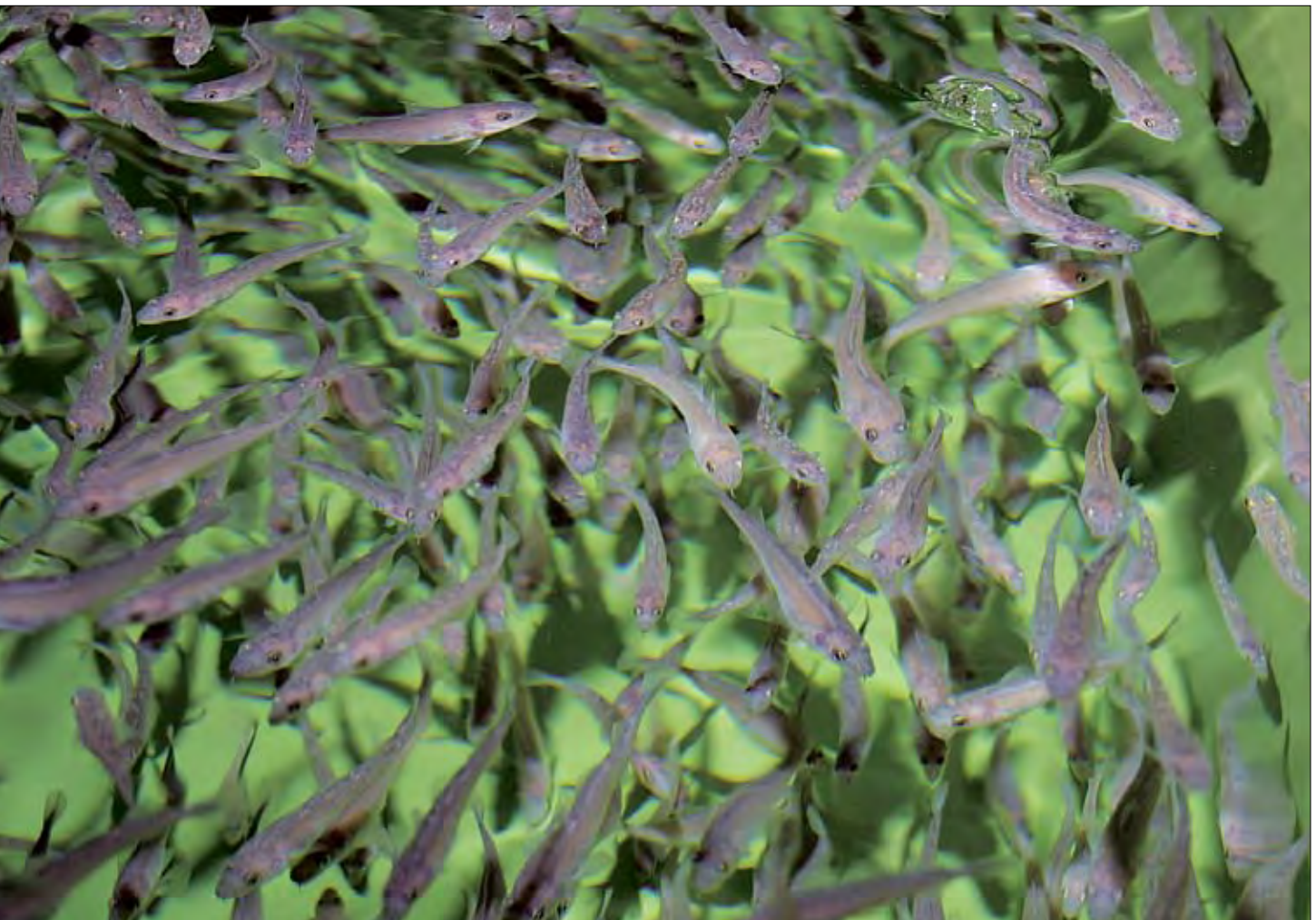
Positive resultater av satsingen

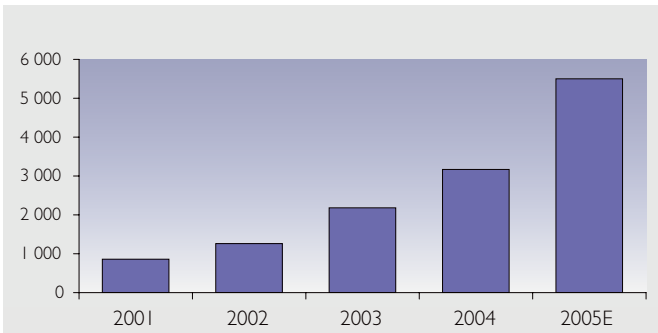
I løpet av 2005 ble det ifølge nettverket for torskeoppdrettere, "Sats på torsk", produsert ca. 7,5–8 mill. torskeyngel. Dette er en økning på 2,5–3 millioner sammenlignet med 2004. Det ble ifølge det samme nettverket slaktet ca. 5 500 tonn oppdrettet torsk (levende vekt) i Norge i 2005, noe som er en økning på ca. 2 400 tonn (levende vekt), sammenlignet med 2004.

Utviklingen i slaktekvantum har økt relativt mye årlig de siste årene. Økt satsing, kombinert med forskning og erfaring, gjør at flere selskaper begynner å lykkes produktjonsmessig.

Det er også en økt satsing på levendefanget torsk til oppføring, som nå begynner å representere en relativt stor andel i torskesatsingen. Norges Fiskarlag startet i 2005 et forum for villfanget torsk i samarbeid med Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond. Formålet med forumet er forskning på metoder for levendelagring, for å øke kvaliteten og dermed verdien på eksisterende torskekvoter.

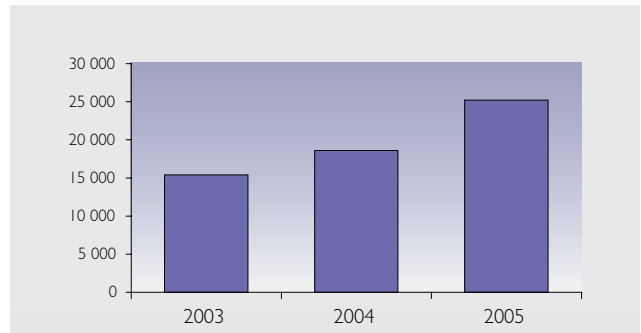
I løpet av 2005 ble det solgt ca. 25 000 tonn fôr til marine arter. Dette er en økning fra 2004 på ca. 7 000 tonn. Tallene inkluderer fôr solgt i Norge i løpet av 2005, sammen




Figur 3.6.1.1

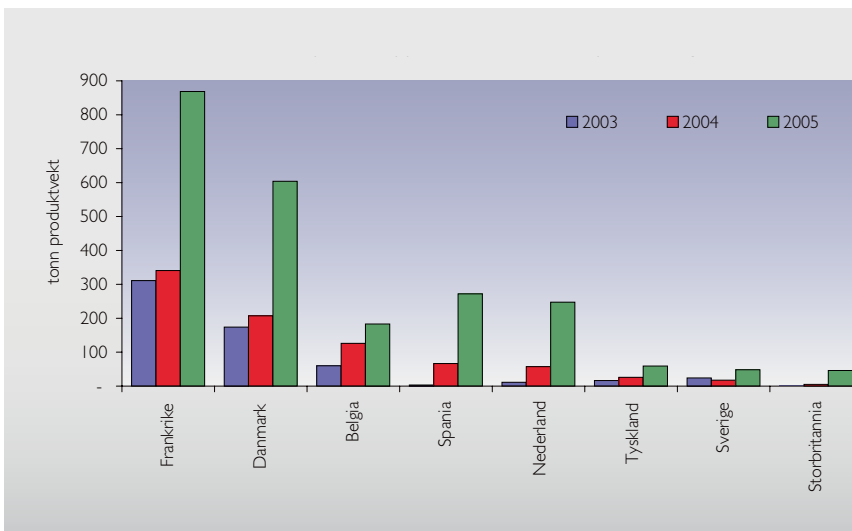
Slaktekvantum oppdrettet torsk Norge 2001–2005E (levende vekt) (Kilder: Fiskeridirektoratet og torskenettverket "Sats på torsk").

Harvest quantity farmed cod in Norway 2001–2005E (live weight) (Sources: Directorate of Fisheries and the Norwegian cod network "Go for cod!").


Figur 3.6.1.2

Totalt førsalg til marine arter i Norge 2003–2005. (Kilde: Fiskeforproducentenes Forening, FPF)

Total feed sale to marine species in Norway 2003–2005. (Source: The Norwegian Fish Feed Producers Association (FPF)).


Figur 3.6.1.3

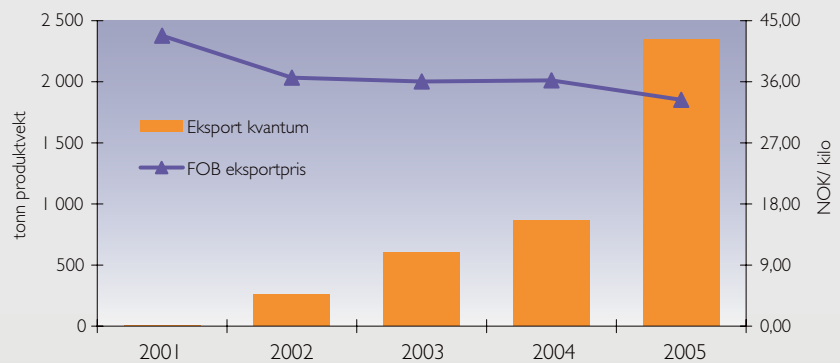
Eksport av oppdrettet torsk til destinasjon, tonn produktvekt 2003–2005.

Export of farmed cod to selected countries, tonnes product weight 2003–2005.

med en estimert andel av importert fôr. Dette er fôr som blir konsumert av oppdrettet torsk, sei, røye, kveite og piggvar.

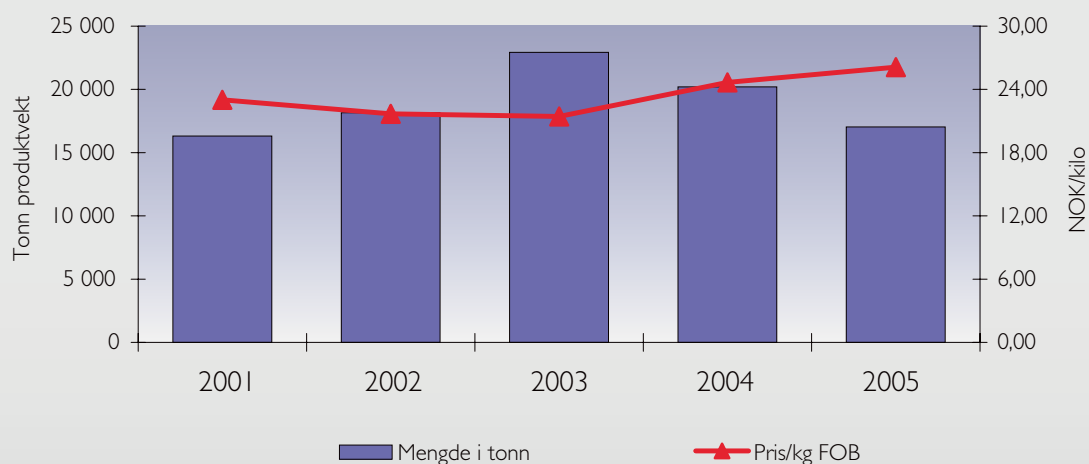
Marked

I løpet av året ble det eksportert ca. 2 350 tonn produktvekt med oppdrettet torsk fra Norge. Dette er en relativt sterk økning, sammenlignet med 2004, da det ble eksportert ca. 870 tonn. Estimert andel innenlandskonsum er vurdert til 1200–1300 tonn i 2005. Eksporten blir dominert av sløyd, iset torsk, men den viser også en sterk økning i ferske fileter. I løpet av 2005 ble det eksportert ca. 190 tonn med ferske fileter av oppdrettet torsk. Det var i 2005 sju–åtte land som var avtakere for bortimot hele den norske eksporten. Dette er land som fra før av har dominert norsk eksport av villfanget fersk torsk. Frankri-


Figur 3.6.1.4

Gjennomsnittlig FOB eksportpris, eksportert kvantum av hel, fersk oppdrettet torsk 2001–2005.

Average FOB export price, exported quantity of whole, fresh farmed cod 2001–2005.



Figur 3.6.1.5

Gjennomsnittlig FOB eksportpris, eksportert kvantum av hel, fersk villfanget torsk 2001–2005.
Average FOB export price, exported quantity of whole, fresh wild caught cod 2001–2005.

ke og Danmark er de desidert største, der Norge eksporterte henholdsvis 870 og 600 tonn produktvekt. Videre er Spania, Nederland og Belgia forholdsvis store importører av norsk oppdrettet torsk.

Den totale eksporten for hel, fersk sløyd torsk var i 2005 på ca. 556 mill. kroner, og kvantumet var ca. 20 600 tonn produktvekt. Dette var en nedgang i eksportert kvantum på ca. 600 tonn, men en verdiøkning sammenlignet med 2004 på ca. 25 mill. kroner.

Gjennomsnittsprisen for oppdrettet torsk endte på 33,34 kr/kg (filet ikke inkludert). Dette er en nedgang i gjennomsnittspris

fra 2004 på ca. 2,90 kr. Til sammenligning oppnådde hel, fersk villfanget torsk en gjennomsnittspris på 26,11 kr/kg, en økning fra 2004 på ca. 1,50 kr/kg. Den totale verdien av filet og sløyd torsk fra oppdrett var i 2005 på ca. 89 mill. kroner, 78 mill. for sløyd torsk og 11 mill. for filet. Dette er en økning i verdi fra 2004 på ca. 60 mill. kroner.

Eksporten av hel, sløyd oppdrettet torsk representerte i 2005 ca. 14 % av den totale verdien på eksport av hel, fersk torsk. Dette er en kraftig økning fra 2004, da oppdrettet torsk representerte ca. 6 % av totalverdien.

Production of farmed cod in Norway

High priority from government, research institutions and the industry, has contributed to a strong growth in the cod farming in Norway. The harvest quantity of farmed cod increased from approximately 3 100 tonnes (live weight) in 2004 to approximately 5 500 tonnes in 2005. The total value of export of farmed cod in 2005 was approximately NOK 89 millions, which is an increase of approximately NOK 60 millions, compared to 2004. France and Denmark are the largest import markets for farmed cod, with approximately 60 % of the total export quantity from Norway.

3.6.2 Helsesituasjonen hos marin fisk

Den økende produksjonen av torsk gjenspeiler seg i de rapporterte sykdomsproblemene hos marin fisk. Tidligere var oppdrettskveite den arten som hyppigst ble undersøkt, men i 2005 utgjorde prøver fra torsk hoveddelen av materialet sendt Veterinærinstituttet for utredning. Bakteriesykdommen vibriose er fremdeles den vanligste diagnosen. I 2005 ble det påvist en "ny" infeksjonssykdom hos torsk. Bakterien som er isolert er identifisert som *Francisella* sp., og hovedfunn ved patologisk undersøkelse er granulomer (kroniske betennelsesknuter) i de fleste organer. Infeksiøs pankreasnekrose (IPN) ble påvist hos kveiteyngel i desember 2005. Bortsett fra dette ene tilfellet ble det ikke rapportert om utbrudd av de meldepliktige virus sykdommene infeksjons pankreasnekrose (IPN) og viral nervevevsnekrose (VNN eller VER) hos marin fisk i 2005. Den følgende oversikten over helsesituasjonen hos marin fisk i 2005 er basert på innsendt materiale til Veterinærinstituttet og opplysninger fra fiskehelsetjenester over hele landet.

Hege Hellberg

hege.hellberg@vetinst.no
Veterinærinstituttet Bergen

Duncan Colquhoun

duncan.colquhoun@vetinst.no
Seksjon for Fiskehelse,
Veterinærinstituttet Oslo

Torsk

Bakteriesykdommer

Vibriose eller infeksjon med *Vibrio* (*Listonella*) *anguillarum* er fremdeles et stort problem hos torsk. Vibriose er også påvist hos sei. Symptomene kan variere med alvorlighetsgraden av utbruddet, men syk fisk har ofte sår og hudblødninger, særlig i hoderegionen. Man ser også blødninger ved finnebasis og finneslitasje. I kroniske tilfeller kan man i tillegg se blodige, utstående øyne (Figur 3.6.2.1). Bakterien er i 2005 isolert ved økt dødelighet hos både yngel, matfisk og stamfisk langs kysten t.o.m. Trøndelag, men ikke lenger nord. Mye tyder på at det har vært færre utbrudd av vibriose i 2005 enn tidligere år. Dette kan ha sammenheng med lavere vanntemperaturer og utprøving av oljebasert vibriosevaksine i noen områder.

Vibrio (*Listonella*) *anguillarum* forekommer i flere serotyper (bl.a. O1, O2 α , O2 β , O3, O5). Serotype O1 isoleres ofte ved vibriose hos laksefisk, mens innsendte prøver fra marin fisk i all hovedsak dreier seg om serotype O2. Både O2 α og O2 β er isolert fra utbrudd hos torsk. I 2003 og 2004 var andelen O2 α i O2-kulturer som

ble innsendt til Veterinærinstituttet, seksjon for Fiskehelse for nærmere karakterisering henholdsvis 18 % (av totalt 26 innsendinger) og 35 % (av totalt 37 innsendinger). Dette materialet omfattet ikke hele landet, men antydte likevel en trend i sykdomsutviklingen. Man ser ikke lignende tendenser i 2005 hvor andelen O2 α bare utgjør 6 % (av totalt 18 innsendinger på landsbasis). Det er altså indikasjoner på at antallet vibrioseutbrudd har gått ned, og at serotype O2 α har spilt en mindre rolle i 2005 enn de to foregående år. *Vibrio* (*Listonella*) *anguillarum*-isolater resistenstestes rutinemessig. I tillegg til at disse opplysningene benyttes ved eventuell behandling, oppnår man samtidig en kontinuerlig overvåking av eventuelle resistensproblemer. Det ble registrert nedsatt følsomhet for kinoloner også i 2005. Dette gir grunn til bekymring, og man bør generelt være restriktiv til bruk av antibiotika/kjemoterapeutika. Effekten av behandling ved utbrudd av vibriose har vært noe varierende, også fordi torsken spiser dårlig ved høye vanntemperaturer.

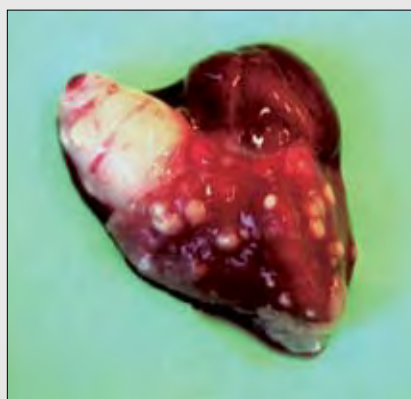
Det viktigste funnet i 2005 er identifikasjonen av en "ny" bakteriesykdom i flere anlegg i Rogaland og Hordaland (Figur 3.6.2.2 og 3.6.2.3). Det er i flere år gjort funn av granulomer (kroniske betennelsesknuter) hos torsk. Granulomer kan ha mange ulike årsaker, og problemet har variert i omfang. I de mest alvorlige tilfellene er det imidlertid registrert rikelig forekomst av granulomer i muskulatur og

Foto: Hege Hellberg/Veterinærinstituttet Bergen



Figur 3.6.2.1
Vibriose hos torsk.
Vibriosis in cod.

Foto: Anne Berit Olsen/Veterinærinstituttet Bergen



Figur 3.6.2.2
"Ny" sykdom hos torsk.
Francisella sp. Granulomer i hjerte.
"New" infection in cod.
Granulomas and mortality associated with *Francisella* sp. Heart.



Figur 3.6.2.3
"Ny" sykdom hos torsk.
Francisella sp. Granulomer i milt.
"New" infection in cod.
Granulomas and mortality associated with *Francisella* sp. Spleen.

Foto: Anne Berit Olsen/Veterinærinstituttet Bergen



Foto: Hanne R. Skjelstad/Veterinærinstituttet, Trondheim

Figur 3.6.2.4

11 dager gammel torskeyngel med bakteriell svømmeblæreinfeksjon.
Cod fry (11 days post hatching) with bacterial swim bladder infection.

indre organer og høy dødelighet over tid. Det er i tillegg store tap pga. nedklassing og kassasjon. I flere av disse tilfellene har man nå identifisert en intracellulær bakterie i lesjonene. Bakterien er identifisert av touavhengige forskningsinstitusjoner som *Francisella* sp., bl.a. ved hjelp av molekylærbiologi. Videre arbeid med epidemiologi og patologi, utvikling av diagnostiske media og karakterisering av bakterien har høy prioritet. En lignende bakterie er funnet i forbindelse med sykdom hos tilapia på Taiwan og i marin fisk i Japan.

Et annet viktig funn i 2005 var første påvisning av *Vibrio ordalii* i Norge. Bakterien ble isolert fra 5–8 grams torskeyngel. Sykdomsutbruddet førte til stor dødelighet, og fisken i anlegget ble behandlet med oksolinsyre. Videre oppfølging var ikke mulig da fisken gikk tapt pga. flom. Infeksjon med *Vibrio salmonicida* (kaldtvannsvibriose) er påvist hos torskeyngel (6 g) og større fisk (300 g). Fisken hadde et sepsisbilde, og det var noe dødelighet. Atypisk furunkulose (infeksjon med atypisk *Aeromonas salmonicida*) er også påvist hos torsk.

Det rapporteres stadig om høy dødelighet hos torskeyngel. I mange tilfeller gjøres ingen andre funn enn store mengder bakterier i tarmtraktus, såkalt bakteriell overvekst i tarm. Skadelige bakterier kan etablere seg i tarmkanalen og oppforme-

res i stort antall, noe som fører til skader av ulike slag: Tarmbetennelse, systemisk infeksjon eller opptak av toksiske stoffer produsert av bakteriene. Det kan være ulike årsaker til dette problemet, men for dårlige ernærings- og miljøforhold spiller trolig en stor rolle ved at fiskens motstandskraft svekkes og det etableres en skadelig bakterieflora i karene. I ett tilfelle med stor dødelighet fant man en bakteriell svømmeblæreinfeksjon hos 11 dager gammel torskeyngel (Figur 3.6.2.4). Til å begynne med så man en rød/brun flekk i svømmeblæren, denne ble større og tilslutt var hele svømmeblæren inndratt. Direkte mikroskopi av svømmeblære viste store mengder bevegelige stavbakterier. Oppformering av opportunistisk patogene bakterier i levende fôr ble mistenkt som kilde til infeksjonen.

I tillegg til den kontinuerlige innsamlingen og karakteriseringen av bakterier fra det diagnostiske arbeidet med sykdomstilfeller hos marin oppdrettsfisk, forskes det spesielt på karakterisering av ulike stammer av *Vibrio salmonicida* og *Aeromonas salmonicida* samt antibiotikaresistens hos *Vibrio (Listonella) anguillarum*. Det jobbes også med å kartlegge virulens (dvs. hvor stor evne mikrober har til å fremkalle sykdom) av *Vibrio ordalii*, som nylig er isolert fra torsk i Norge. Denne bakterien sammenlignes også genetisk med *V. ordalii* isolert fra andre fiskearter i andre land. Diagnostikk, karakterisering og kartlegging av *Mycobacterium* spp. i torsk og andre marine fiskearter er et annet aktuelt forskningsprosjekt.

Parasittsykdommer

Parasittære gjellebetennelser er velkjente hos torsk, *Ichthyobodo* (“*Costia*”) og *Trichodina* er de som forekommer hyppigst, men også haptormar (*Gyrodactylus marinus*) og epiteliocystis er påvist. Hudinfeksjoner med *Trichodina* og *Cryptocotyle* (svartprikksyke) sees også ofte.

Virussykdommer

Det er ikke rapportert om alvorlige virusinfeksjoner hos torsk i 2005. De meldepliktige virussykdommene infeksjons pankreasnekrose (IPN) og viral nervevevsnekrose (VNN eller VER) er hittil ikke påvist hos torsk i Norge. Begge disse sykdommene kan forårsake høy dødelighet hos yngel og juvenil fisk. Høye tapsprosent og høy “naturlig dødelighet” er til en viss grad forventet og akseptert i yngelproduksjonen av marine fiskearter. Svært få tilfeller av høy “naturlig dødelig-

het” utredes for forekomst av smittsomme sykdommer. Det er derfor usikkert om fravær av registrerte og rapporterte sykdomstilfeller skyldes et reelt fravær av sykdom i næringen eller kun gjenspeiler en mangel på utredning av eksisterende dødelighet.

Annet

Flere fiskehelsetjenester rapporterer om dødelighet hos gytemoden hunnfisk. Fisken blir tilsynelatende gyteklar, men slipper ikke eggene. Den blir hoven og rødfarget i gattområdet og utvikler sår (Figur 3.6.2.5). Finneråte er også vanlig. Bakteriologisk undersøkelse av sår viser forekomst av vanlige sårbakterier som *Moritella viscosa* og *Vibrio* sp. Det er ikke påvist systemisk bakterieinfeksjon ved utsæd fra nyre. Det kan se ut som om problemet starter med at fisken ikke klarer å gyte og blir overmoden, og at sårproblemene er sekundære til denne “verpenøden”. Dødeligheten tiltar etter hvert som fisken “går over tiden”, og de totale tapene kan bli store.

Det er meldt om et tilfelle av appetittsvikt og dødelighet hos torsk etter behandling med oksolinsyre. Ved obduksjon fant fiskehelsetjenesten lyse flekker på hjertet, utspilt mavesekk og likeledes en utspilt, nesten gjennomskinnelig tarm med mye væske. Lysmikroskopisk undersøkelse av organer viste blødninger i deler av hjertet (*bulbus arteriosus*), ødem i tarmslimhinnen og tegn på sirkulasjonssvikt. Tilfellet er under utredning for mulig oksolinsyreforgiftning. Den overlevende fisken følges opp med videre undersøkelser.

Transportskader ved pumping forekommer. I tillegg til mekaniske skader har det kommet ettertrykkelig frem hvor følsom torsken er for raske trykkforandringer. Ett anlegg mistet ved overføring til brønnbåt fra 40 m dype merder 93,5 tonn stor fisk. Ved utslaktning av neste merd et par uker senere hevet man merden trinnvis over syv dager fra 40 til 10 m uten dødelighet. Imidlertid begynte det å dø fisk da merden ble hevet fra 10 til 5 m, og dødeligheten utviklet seg ved videre heving, selv om denne ble utført meget forsiktig og langsomt. Obduksjon av fisken viste en svært oppblåst eller sprukket svømmeblære.

Deformiteter som nakkeknakk er et mindre problem enn tidligere år. Forekomsten av “flytere” (yngel med overfylt svømmeblære) er også gått ned. Hardere sortering bidrar til en bedre kvalitet på fisken som sendes ut fra settefiskanleggene. I tidlige-

For nærmere opplysninger om *Francisella* sp. hos torsk henvises til Veterinærinstituttets hjemmeside: www.vetinst.no, Journal of Fish Diseases, 2006 (“A novel systemic granulomatous inflammatory disease in farmed Atlantic cod, *Gadus morhua* L., associated with a bacterium belonging to the genus *Francisella*.” av A. B. Olsen, J. Mikalsen, M. Rode, A. Alfjorden, E-Hoel, K. Straume-Lie, R. Haldorsen og D. J. Colquhoun), og Norsk Fiskeoppdrett nr. 12, 2005 (“Ny torskesykdom forårsaket av bakterien *Francisella* n. sp.” av A. Nylund, K. F. Ottem og K. Watanabe).

re år er det rapportert om ulike former for "tarmslyng" eller kolikk hos torsk i matfiskanlegg, og dette problemet eksisterer fremdeles. Det meldes også om andre typer tarmproblemer hos torsk, men årsakssammenhengene er fremdeles uklare.

Kveite

Kveitelarver er svært lite utviklet når de klekkes, og høy dødelighet i yngelfasen har tidligere vært en begrensende faktor i produksjonen. Infeksjon med nodavirus, også kalt viral nervevevsnekrose (VNN) eller viral encefalopati og retinopati (VER), medvirket til den høye dødeligheten. Det er ikke rapportert om utbrudd av VNN i 2005, men et klinisk utbrudd av infeksjøs pankreasnekrose (IPN) er diagnostisert hos kveiteyngel. Det spesielle med dette tilfellet er at 60 tilfeldig utvalgte fisk fra dette anlegget ble undersøkt for nodavirus og IPN-virus ("screening") noen uker før sykdomsutbruddet. Undersøkelsen ble utført ved hjelp av PCR-metodikk og resultatet var negativt. På tross av et tilsynelatende fravær av IPN-virus i populasjonen får man noen uker senere et utbrudd av IPN. Miljømessige forhold kan ha bidratt til sykdomsutbruddet. Screening av tilfeldig utvalgte fisk for spesifikke sykdommer kan gi en pekepinn om hva som finnes i anlegget/populasjonen, men vil alltid representere et øyeblikksbilde og gir ingen garantier for fremtiden. En bred sykdoms- og miljøutredning ved episoder

Figur 3.6.2.6

Flekksteinbit i oppdrett.
Farmed spotted wolffish (*Anarhichas minor*).

Foto: Hege Hellberg/Veterinærinstituttet Bergen



Figur 3.6.2.5

Gytemoden hunntorsk med "verpenød". Fisken slipper ikke eggene og utvikler etter hvert sår og dør.
Broodfish of cod. Females failing to spawn develop ulcers and die.

med økt dødelighet vil bidra til å oppklare tapsårsaker og gi et grunnlag for forebyggende tiltak.

Det er etter hvert utviklet tekniske løsninger som gjør det mulig å ha kveite i merder i sjø, men mye av matfisk oppdrettes i landbaserte anlegg. Man ser en sammenheng mellom dårlig vannkvalitet og forekomst av gjelleproblemer. Resirkuleringsanlegg er særlig utsatt, og krever gode tekniske og smitteforebyggende rutiner for å unngå at sykdomsfremkallende organismer oppformerer i systemene. Bakterielle og parasittære gjellebetennelser (*Ichthyobodo*/*Costia* og *Trichodina*) er påvist på kveite ved flere anledninger i 2005. Det er også rapportert om problemer på grunn av kronisk gassovermetning.

Bakteriesykdommen atypisk furunkulose (infeksjon med atypisk *Aeromonas salmonicida*) er et tilbakevendende problem

hos større kveite. Atypisk *A. salmonicida* isoleres ofte i forbindelse med økt dødelighet hos kveite. Vaksinerings mot atypisk furunkulose hos marin fisk har hittil ikke gitt like god effekt som vaksinerings mot furunkulose hos laksefisk. Bakterien er ofte til stede i vannet eller i fisken, og for dårlige miljøforhold kan svekke fiskens motstandskraft og forårsake utbrudd av sykdom. Bakterielle hudbetennelser forekommer også, *Flexibacter* sp. og *Tenacibaculum maritimum* er isolert fra disse tilfellene. I tillegg er det påvist infeksjoner med *Vibrio* sp. Også hos kveiteyngel ser man problemer med såkalt bakteriell overvekst i tarm.

Steinbit

Det er få anlegg som produserer steinbit, og fisken anses generelt som ganske robust (Figur 3.6.2.6). Bakteriesykdommen atypisk furunkulose (infeksjon med atypisk *Aeromonas salmonicida*) er imidlertid et

Foto: Hege Hellberg/Veterinærinstituttet Bergen



tilbakevendende problem også hos steinbit. Steinbit er en kaldtvannsfisk, og man har ved flere tilfeller sett en klar sammenheng mellom økt vanntemperatur og sykdomsutbrudd. Oppdrett av steinbit foregår i kar på land, og bruk av resirkuleringsanlegg stiller store krav til overvåkning av fiskens miljø. Det er observert en del gjelleproblemer hos steinbit. Dette kan ha sammenheng med dårlig vannkvalitet og forekomst av ektoparasittene *Trichodina* og *Ichthybodo* ("Costia"). Mikrosporidien *Pleistophora ehrenbaumi* har tidligere forårsaket store skader i muskulaturen hos steinbit, men det er ikke meldt om store tap pga. denne parasitten i 2005.

Andre arter

Hos piggvar er det registrert økt dødelighet i forbindelse med sår/skader i kjeveregionen. Ved histopatologisk undersøkelse av fisken finner man lange, slanke *Flexibacter*/*Tenacibaculum*-lignende bakterier i de rammede områdene. Det har vist seg svært vanskelig å dyrke disse bakteriene, noe som hindrer en sikker identifisering. På dette området er det innledet et samarbeid med spanske forskningsmiljøer.

Smitte mellom arter

Mange patogener (sykdomsfremkallende agens) kan smitte mellom arter. Noen har et snevert vertsregister og vil kun smitte mellom nært beslektede arter, mens andre er lite vertsspesifikke og kan smitte mellom mange arter. Dette gjelder både virus, bakterier og parasitter. En vedvarende, høy eksponering kan også føre til at et patogen med smalt vertsregister tilpasser seg en ny art over tid og forårsaker sykdom der dette tidligere ikke ville ha skjedd. Akvakultur er spesielt utsatt, både fordi den samlede biomassen er svært stor og fordi det er svært vanskelig å oppnå fullstendig smittehygienisk atskillelse både mellom anlegg i sjø og mellom oppdrettsfisk og villfisk. Norske veterinærmyndigheter har derfor vært tilbakeholdende med å tillate samlokalisering av arter i akvakulturanlegg. Med tanke på Norges store produksjon av laksefisk, er man spesielt på vakt overfor sykdommer som kan tenkes å smitte mellom marin fisk og laksefisk.

Det finnes flere patogener som kan forårsake problemer hos både laksefisk og aktuelle marine oppdrettsarter i Norge. *Vibrio* (*Listonella*) *anguillarum* og *Caligus*

elongatus (skottelus) er to eksempler. IPN-virus er også vist å kunne forårsake sykdom hos flere arter, både ved naturlige utbrudd og smitteforsøk. I denne sammenhengen vil man imidlertid spesielt trekke frem tre alvorlige virus sykdommer, nemlig VNN/VER, infeksjøs lakseanemi og viral hemoragisk septikemi.

VNN/VER (infeksjon med nodavirus)

Nodavirus forårsaker sykdom hos mange marine fiskearter og kan smitte mellom arter, men sykdomsutbrudd har hittil ikke vært påvist hos laksefisk. Nylig utførte smitteforsøk ved Havforskningsinstituttet og Universitetet i Bergen viser imidlertid at nodavirus fra kveiteyngel kan fremkalle sykdom og dødelighet hos atlantisk laks under eksperimentelle forhold. VNN/VER er et av de største sykdomsproblemene i oppdrett av marine arter på verdensbasis, og sykdommen er påvist hos både piggvar og kveite i Norge.

Infeksjøs lakseanemi (ILA)

ILA er en meget alvorlig virus sykdom hos atlantisk laks. ILA-virus er påvist med molekylærbiologiske metoder hos ville enkeltindivider hos noen få marine fiskearter, men det er ikke registrert sykdom hos marin fisk. I smitteforsøk med ILA-virus ved Veterinærinstituttet var det ikke mulig å fremkalle sykdom hos torsk.

Viral hemoragisk septikemi (VHS)

VHS, også kjent som Egtvedtsyke, er en smittsom sykdom som forårsaker store tap i oppdrett av regnbueørret. Sykdommen er også observert hos andre laksefisk, japansk flyndre, stillehavssild og piggvar. VHS er en gruppe A-sykdom som er meldepliktig både til norske myndigheter, Den europeiske union (EU) og Verdens dyrehelseorganisasjon (OIE). Påvisning medfører destruksjon av smittet fisk og svært strenge restriksjoner. I tillegg kan påvisning få store handelsmessige konsekvenser, da Norge har status som frisone for VHS. VHS-virus forekommer i flere varianter, men lovgivningen skiller ikke mellom disse, slik at påvisning hos marine arter i oppdrett vil medføre destruksjon av fisken og opprettelse av bekjempelsessoner. VHS-virus er funnet hos en rekke marine arter, også i norske farvann. Virus smitter horisontalt, dvs. fra fisk til fisk, og smitte har vært forbundet med føring med fersk eller frosset fisk.

Diseases in farmed marine fish

Samples from cod constitute the majority of the material submitted for disease investigation at the National Veterinary Institute in 2005. Vibriosis, caused by the bacterium *Vibrio* (*Listonella*) *anguillarum*, is the most common problem. Serotype O2β was isolated from most cases of vibriosis in cod, but in one disease outbreak serotype O2α was detected. Isolates are routinely tested for antimicrobial sensitivity. This monitoring has generated research projects, one of which investigates the molecular basis of cases of quinolone resistance in *Vibrio* (*Listonella*) *anguillarum*. In 2005, a "new" disease was detected in cod, causing granulomas in most organs. A Francisella-like bacterium has been identified in the lesions. Except for an outbreak of IPN in halibut fry, the notifiable viral diseases infectious pancreatic necrosis (IPN) and viral nervous necrosis/viral encephalopathy and retinopathy (VNN/VER) were not reported in farmed marine fish species in 2005.

3.6.3 Kjønnsmodning i matfiskproduksjon av torsk

Tidlig kjønnsmodning av torsk er et stort problem for torskenæringen. Ved Havforskningsinstituttet har vi de siste årene arbeidet med å forstå hvordan lys virker på kjønnsmodning i torsk. Flere forsøk i kar har vist at modningen kan utsettes med mer enn ett år ved bruk av kontinuerlig lys. Vi har også testet alternative lysregimer. En lovende metode, ofte kalt "sjokkmodning", er å sette på lys i november eller desember, slik at selve gytingen bare varer en kort periode. Foreløpig vet vi likevel ikke om dette totalt sett er mer gunstig enn vanlig lysstyring i forhold til produksjonskostnader og lønnsomhet, og vi mangler også presis kunnskap om når lyset bør skrues på og av for å få de beste betingelsene for vekst og modning. Mer energieffektive lamper er også under testing ved Havforskningsinstituttet. Innledende forsøk tydet på at blått lys hadde en større effekt med hensyn til å redusere hormonet melatonin enn lys innenfor andre bølgelengder. Blått diodelys brukes nå i forsøk både ved Havforskningsinstituttet og i flere kommersielle anlegg.

Cathrine Kristoffersen
cathrine.kristoffersen@imr.no

Ørjan Karlsen
orjan.karlsen@imr.no

Tom Hansen
tom.hansen@imr.no

Tore Kristiansen
tore.kristiansen@imr.no

Jan Erik Fosseidengen
jan.erik.fosseidengen@imr.no

Geir Lasse Taranger
geir.lasse.taranger@imr.no

Kjønnsmodning hos torsk er forbundet med nedsatt appetitt, tap av kroppsvekt, vekst av gonadeprodukter (rogn og melke) og mulige genetiske effekter på villfisk av torsk som gyter i merdene. Gonadeveksten til en kjønnsmoden torsk kan utgjøre opp mot 20–25 % av kroppsvekten, og kroppsvekten kan synke med over 30 % i løpet av gyttesesongen. Etter gyting bruker torsk opp mot et halvt år i kompensasjonsvekst, og forutnyttelsen på slik fisk blir dårlig. Mange torskeoppdrettere rapporterer i tillegg om stor dødelighet under kjønnsmodningen, spesielt hos hunnorsk. Disse problemene blir sett i sammenheng med at en del torsk ikke vil slippe eggene, og til slutt dør. Under vanlige forhold vil all oppdrettstorsk modnes ved toårsalder, og i det siste har vi også sett en god del modning ved ettårsalder.

Lavere veksttap i lyssatte merder

Flere undersøkelser i kar har vist at modningen kan utsettes med mer enn ett år ved bruk av kontinuerlig lys. I små kommersielle merder (12x12x12 m) har det vist seg at kjønnsmodningen lar seg utsette rundt et halvt år med en lysmengde på 14 W per kvadratmeter merdoverflate. Veksttapet ser også ut til å være mindre gjennom gyttesesongen hos torsk som er lyssatt i merder. Under slike forhold kan man oppnå en slaktevekt på 3 kg før første kjønnsmodning. Det siste årene har mange oppdrettere gått over til større merdssystem – ofte opp mot 40 m dype merder. Utfordringene med lysstyring er der av en annen karakter enn i mindre merder, og nye problemstillinger melder seg: Skal man bruke lys i hele vannsøylen eller kun i øverste del av merden, skal man bruke mange små lys eller noen få store, og hvor mye lys trengs det totalt? For å undersøke disse problemstillingene må man utføre omfattende atferdsforsøk med torsk i merder for å finne ut hvor fisken står, både i løpet av døgnet og sesongen, samt hvordan den reagerer på kunstig lys og andre miljøforhold.

Havforskningsinstituttet har de siste årene utført flere forsøk for å forstå hvilke effekter lys har på kjønnsmodning hos torsk. Innledende forsøk i merd tydet på at det var nødvendig med relativt store mengder lys for at konsentrasjonen av hormonet *melatonin* skulle reduseres om natten. Melatonin er et hormon som i hovedsak skilles ut fra det lysfølsomme pinealorganet på hjernen. I mørke vil konsentrasjonen være høyere enn i dagslys. Man tror at dette hormonet har en nøkkelfunksjon i fiskens lysoppfattelse. Videre tror man at dette vil virke inn på prosesser som setter i gang kjønnsmodningen. Under normale miljøbetingelser vil torsken starte modningen på sensommeren når dagene begynner å bli kortere. Ideen med å lysstyre torsken har så langt derfor vært å hindre torsken i å oppfatte at dagene blir kortere ved hjelp av kontinuerlig tilleggslys fra sommeren og utover.

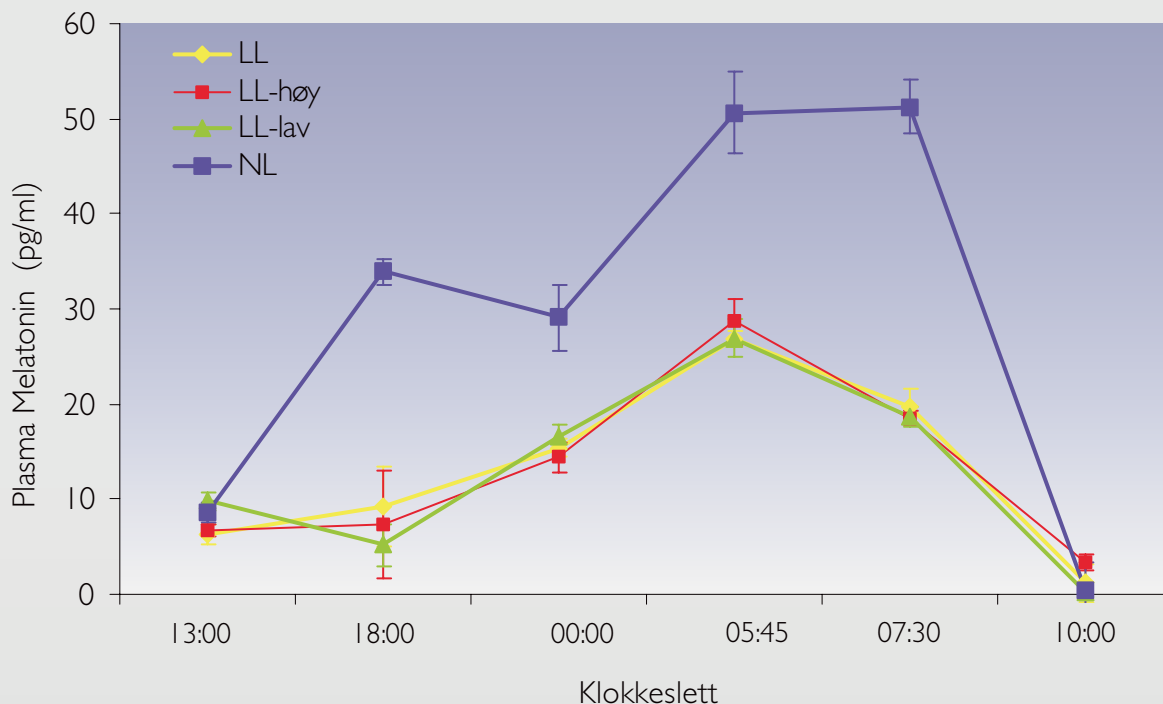
Sterkt følsom for lys

Flere forsøk som er utført de siste to årene tyder imidlertid på at torsk faktisk er svært lysfølsom, og at den responderer på svært lave lysverdier hva gjelder melatonin. Et forsøk med ca. 300 lux og 900 lux tilleggslys i utendørs kar ga like stor effekt på melatoninprofilen som kontinuerlig lys i innendørs kar (Figur 3.6.3.1). Både 300 og 900 lux tilleggslys hadde god effekt på modningen, spesielt 900 lux som stoppet gonadeveksten i mesteparten av fiskene. I innendørskaret med kontinuerlig lys var det tilnærmet ingen gonadevekst og modning selv ved treårsalder. Andre forsøk ved Havforskningsinstituttet tyder på at lysintensiteter under 1 lux også har stor effekt på melatoninprofilen, men vi har så langt ikke undersøkt effektene på modning ved så lav intensitet.

Innledende forsøk der vi har sett på torskens atferd i lyssatte merder tyder på at den ikke blir tiltrukket av det kunstige lyset på samme måte som laksen, og at dette kan være med på å forklare hvorfor vi må bruke mer lys i torskemerder enn det som så langt har vært vanlig ved lysstyring i laksemerder. En mulig løsning kan være å fordele lyset jevnt over hele merden (både i dyp og horisontalt) – eller en kan prøve å plassere hovedmengden av lys på de dype ne torsken oppholder seg mesteparten av tiden.

Nye strategier

Det siste året har det også vært fokusert på å utvinne energisparende lystyper. Tanken har vært at man bare skal benytte seg av den/de bølgelengden/e i hvitt lys (= alle bølgelengder) som torsken eventuelt benytter seg av. For å oppdage om torsk



Figur 3.6.3.1

Melatoninprofil i torsk i kar ved Havforskningsinstituttet, Forskningsstasjonen Austevoll gjennom et døgn i januar. Fisken gikk enten på naturlig lys (NL), kontinuerlig lys av 300 lux i innendørs kar (LL), eller tilleggslis i utendørskar med to ulike intensiteter; 300 lux (LL-lav) og 900 lux (LL-høy). Figuren viser at tilleggslis var like effektivt som kontinuerlig lys i innendørskar når det gjelder å senke melatoninverdiene om natten. Imidlertid viste alle lysgruppene en sterk indre rytme i melatoninprofilen. (Data fra H. Migaud, C. Kristoffersen, Ø. Karlsen og G.L.Taranger.)

Day and night profiles of melatonin in cod reared in seawater tanks at the Institute of Marine Research, Austevoll Research Station. The fish were exposed to natural light (NL), or either continuous light of 300 lux indoors (LL), continuous additional light of 300 lux outdoors (LL-low) or continuous additional of 900 lux outdoors (LL-high). The profiles show that continuous additional light in outdoor tanks was as effective as continuous light indoors. All groups, however, showed a strong endogenous rhythm in the melatonin profiles.

responderer ulikt på de ulike bølgelengdene ble forsøksfisken utsatt for rent blått, rent rødt, rent gult eller rent grønt lys (Figur 3.6.3.2). Deretter ble blodet i fiskene analysert for melatonin. Forsøket indikerte at torsk responderer litt bedre på blått lys enn på de andre bølgelengdene, men per dags dato er det for tidlig å konkludere om dette kan danne et grunnlag for mer effektive lysprotokoller for å utsette kjønnsmodningen. Større forsøk er forøvrig i gang ved Havforskningsinstituttet Austevoll og fle-

re kommersielle anlegg der rent blått lys blir testet ut i merdssystem.

Vi har også testet alternative lysregimer. Ett alternativ til å starte lysstyring fra sommer og utover høsten for å stoppe/utsette modning er å sette på lys like før modningen, slik at selve gytingen kun varer en kort periode. Dette kalles ofte for "sjokkmodning". Vi har tidligere sett at lys som blir satt på like før jul fører til mindre vekt-tap og lavere eggproduksjon i løpet av

gytesesongen, og fisken tar seg også raskere opp igjen etter gyting. Dette blir nå testet ut i flere kommersielle anlegg, og vi har indikasjoner på at slik lysstyring med fordel kan starte noe tidligere, f. eks. tidlig i november. Vi vet imidlertid ikke om dette totalt sett er mer gunstig enn vanlig lysstyring i forhold til produksjonskostnader og lønnsomhet, og vi mangler presis kunnskap om når lyset bør skrues på og av for optimal effekt på vekst og modning.

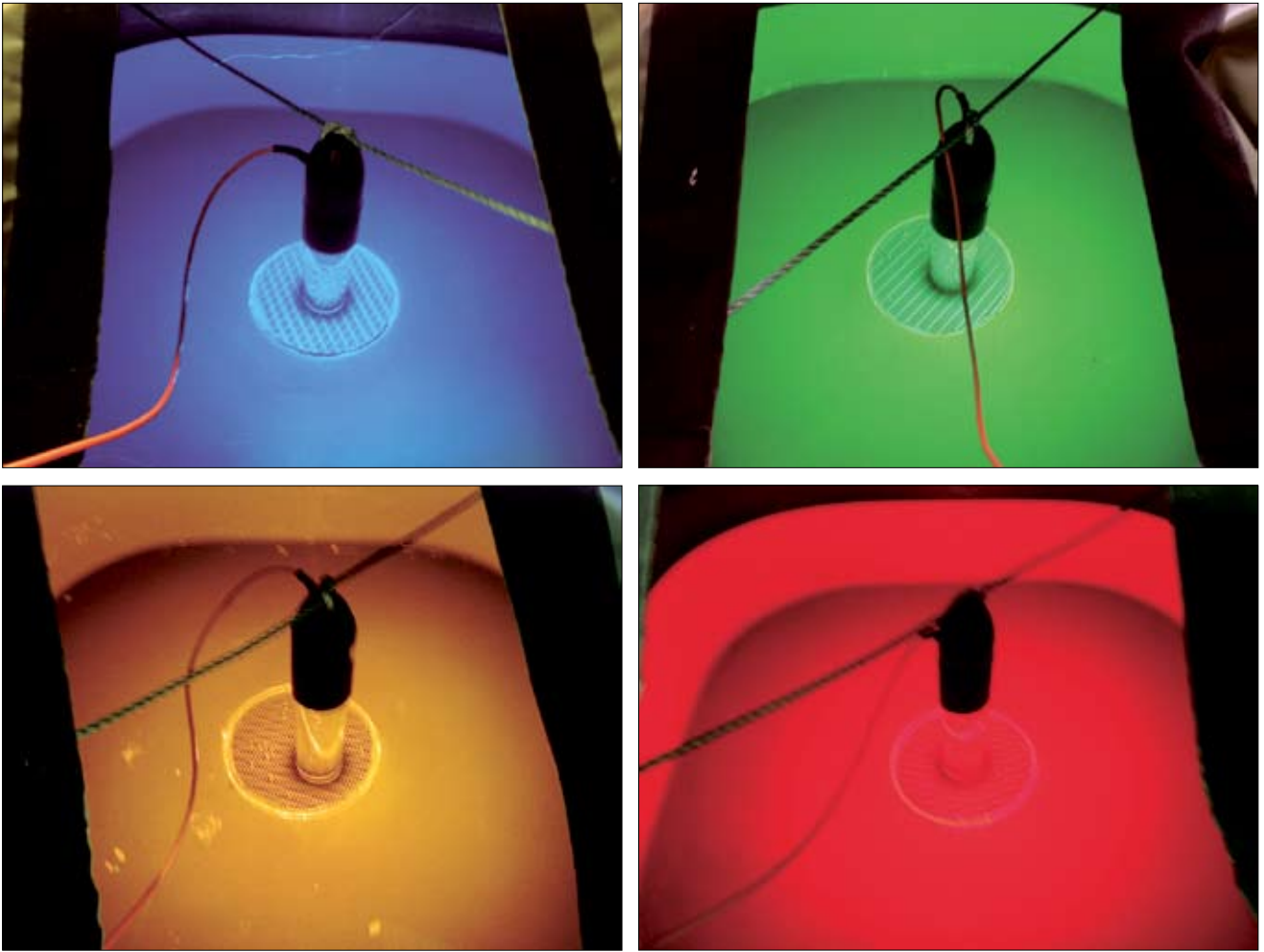
Sexual maturation in farmed cod

Early sexual maturation is a key-problem in on-growth of Atlantic cod due to problems with large reductions in somatic weight, increased mortality, less efficient feed utilization and potential genetic impact of spawning on wild stocks. Photoperiod treatment can arrest or delay sexual maturation when cod is held in indoor or outdoor tanks, but is less effective when applied on sea cages. New studies on the

behaviour of cod in sea cages may explain why this is so. Cod does not seem to be attracted to light, and the vertical distribution of cod observed in large commercial cages suggests that a large proportion of the cod are in places with low illumination. Other experiments suggest that a rather high light intensity is needed to fully arrest maturation in cod. This may be achieved in sea cages by creating a more even artificial light field by

the placements of the lamps. There may also be a potential in using lamps that provides light with a spectral composition that resembles the spectral sensitivity of the cod. Initial studies indicate that the cod is more sensitive to light in the blue-green end of the spectrum, but more studies are needed to clarify this.

Foto: Idema Aquas AS



Figur 3.6.3.2

Forsøk med ulike lysfarger på torsk ved Havforskningsinstituttet Matre. Fisken fikk sterkt hvitt lys om dagen og svakt smalspektret lys fra blå, grønne, gule eller røde undervannsllys (lysdioder) om natten.

Experiment with different colours of light at the Institute of Marine Research, Matre. The cod was exposed to strong white light at daytime and weak narrow band light from blue, green, yellow or red LED underwater lights during nighttime.

3.6.4 Fôr til stor torsk

Ved valg av fôr til torsk må en vurdere flere forhold, slik som vektøkning per enhet fôr og pris, veksthastighet, kvalitet og fiskevelferd. I tillegg må en vurdere hvor stor andel av vektøkningen som er muskeltilvekst kontra lever og gonader. Fôret som en benytter som vekstfôr bør inneholde 50–60 % protein, mellom 13–20 % fett og mindre enn 15 % biotilgjengelige karbohydrater, alle verdier basert på tørrvekt. Fôr til stamfisk skal i større grad støtte oppbygging av lever og gonader, og bør derfor være rikere på fett. Dette fett må være høyverdig, slik at når fisken forbruker disse lagrene under gytingen vil det alltid være nok til å lage egg av god kvalitet. Fisk som gyter har redusert appetitt mer enn en måned før gyting og i om lag tre fjerdedeler av gytesesongen. Fisken bør tilbys fôr hver dag, både ifølge dyrevensregler og for å sikre at all fisken får nok fôr, selv om det er vist at fôring hver dag ikke er nødvendig for å opprettholde maksimal tilvekst.

Ørjan Karlsen

orjan.karlsen@imr.no

Gro-Ingunn Hemre

gro-ingunn.hemre@nifes.no

NIFES (Nasjonalt Institutt for Ernærings- og Sjømatforskning)

Grethe Rosenlund

grethe.rosenlund@nutreco.com

Nutreco ARC

Krav til fôret

Torsk er en mager fisk, hvor fettinnholdet i muskelen oftest er mindre enn 1 %, og hvor proteinet utgjør omtrent 20 %. Tørrstoffinnholdet er ca. 22 %. Fôret som benyttes skal primært tilfredstille behovet til vekst og vedlikehold. Hos torsk er det proteinmengde og sammensetning av dette som hovedsakelig driver veksten. Energien som torsken tar til seg via fôret brukes både til vedlikehold og andre forbrenningsmekanismer (all omsetning koster energi, denne må tilføres via fôret for at fisken ikke skal tape kroppsmasse), og til vekst. Energiinntak i overskudd lagres i leveren, som ofte utgjør rundt 12 % i en oppdrettstorsk (mot 3–8 % i villtorsk). Ved å balansere fôret til torsken riktig når det gjelder fett, protein, karbohydrat og energitetthet kan man styre størrelsen på leveren.

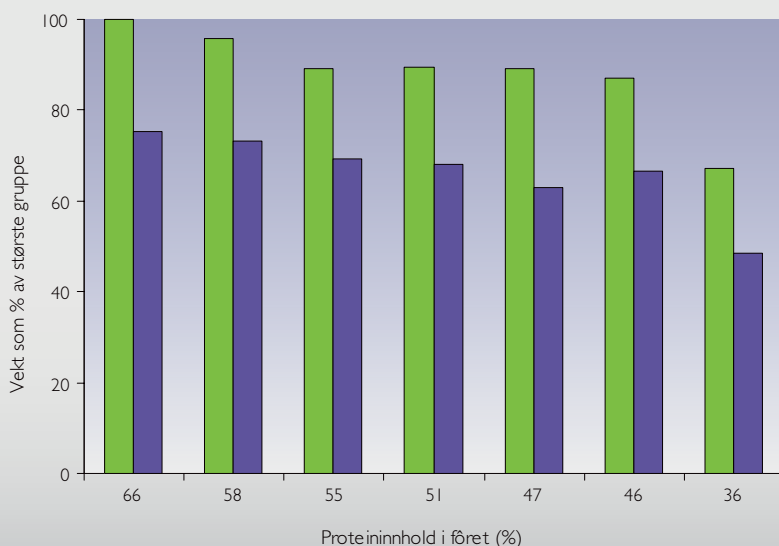
Modnende fisk vil bruke både fôrenergien og energi fra kroppslagere til å bygge opp gonadene. Torskefôret en benytter bør fremme muskelvekst, gi en kontrollert leverstørrelse, god muskelkvalitet, sikre normalutvikling og ikke påvirke velferd negativt. Fôret må også ha en fysisk kvalitet som gjør det enkelt å føre og sikrer et godt fôropptak. I tillegg må en via fôret sikre at grenser for fremmedstoffer ikke overskrider internasjonale regelverk i de markedene torsken skal eksporteres til.

Fôrsammensetning og effekt i fisken

Fettinnholdet i muskelen er lavt og foreligger stort sett i form av strukturelle fosfolipider (en type fettforbindelser i cellemembranene), men sammensetningen av disse gjenspeiler i stor grad fôrsammensetningen. Det finner sted en viss endring av sammensetningen i forbindelse med gyting, men lite sesongmessig variasjon.

Tidligere studier har vist at maksimal proteindannelse i muskel oppnås når proteinandelen utgjør om lag 47 % av totalenergien tilført i fôret. I liten torsk ble det også vist at lagringen av protein var høyest når diettene inneholdt mellom 32 og 46 % protein på tørrstoffbasis. Høyere innblanding av protein (opptil 67 %) ga mindre ren proteinlagring, mens proteinmengder under 46 % resulterte i dårligere vekst. Fettet i fôret har flere funksjoner, det skal tilføre essensielle fettsyrer (dvs. fettsyrer som fisken ikke kan danne fra andre komponenter), og kan virke proteinsparende hvis fett forbrennes til energi fremfor proteiner. Karbohydrater (stivelse) er i utgangspunktet lite fordøyelige for torsk. Ved å behandle karbohydratene vil imidlertid fordøyelsen øke, og lave mengder lettfordøyelige karbohydrater tilsatt fôret gir en viss proteinsparende effekt og vekstgevinst, sammenlignet med fôr uten karbohydrater. I dagens varmekstruderte fôr er karbohydratene stort sett tilgjengelige for torskens fordøyelsesapparat, så lenge mengden i fôret ikke overskrider 15 %.

I en serie av forsøk gjennomført i kar og merder ble effekten av sammensetningen av fôret undersøkt med hensyn til fordøyelighet, fôrfaktor, proteinlagring, kroppssammensetning, leverstørrelse, tilvekst, sensorisk kvalitet, velferd og kjønnsmodning. I tillegg til sammensetningen ble fôr-



Figur 3.6.4.1

Vekt som prosentandel av den største gruppen ved forsøkslutt i juni for gruppene gitt ulike andeler av protein i fôret. Den største gruppen hadde fått 66 % protein i fôret og kontinuerlig lys. Grønne søyler viser LL-gruppene (med kontinuerlig tilleggslys i merdene), mens blå søyler viser NL-gruppene (med naturlige lysforhold i merdene).

Weight as percentage of the largest group at the experimental end in June for the treatments with varying dietary protein inclusions. This group was given a diet containing 66 % dietary protein and was treated with continuous light. Green bars show LL-treatments (continuous light), while blue bars show NL-treatments (natural light).

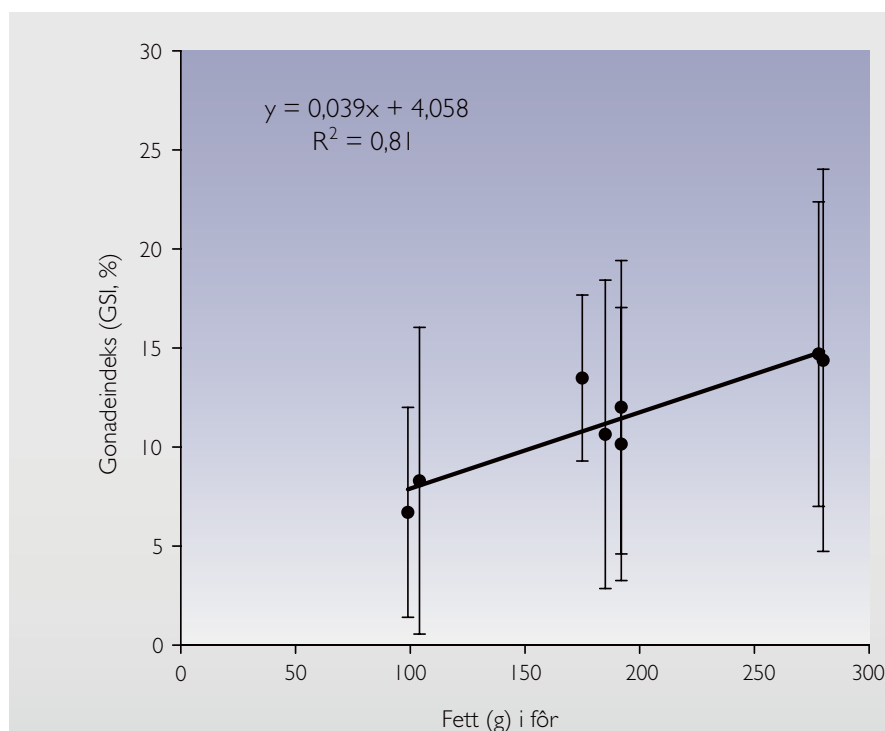
ingsfrekvens (ett måltid daglig eller annen hver dag) og kontinuerlig tilleggsbelysning (med eller uten 400 W metallhalogen overflatelys i 5x5x5 m merder) undersøkt. Dette kapittelet gir en sammenfatning av de oppnådde resultatene, noen av dataene er tilgjengelige som publiserte artikler, andre er under trykking.

Fôrsammensetning og fôringsregime

Første del av forsøkene omfattet undersøkelser av 11 ulike dietter, hvor en varierte proteininnholdet i diettene fra 36 til 66 %, fett fra 9 til 27 % og stivelse (karbohydrater) fra 6 til 18 % (alle verdiene som % av fôret). Fisken gikk i innendørs kar fra februar til august (28 uker) med kontinuerlig lys, og vokste i forsøksperioden fra i snitt 192 g for alle karene til mellom 750 og 866 g, avhengig av diett. Temperaturen var tilnærmet konstant på 8°C i hele perioden. Halvparten av karene fikk ett måltid hver dag, den andre halvparten fikk ett måltid annen hver dag.

Gjennom hele forsøksperioden ble det tatt blodprøver for å se om noen av diettene medførte unormale verdier av andel blodceller, blodcellenes størrelse og tetthet, plasmaenzymer (ASAT og ALAT), samt glukose, protein, kolesterol og triglyseridinnhold. Ingen av disse parametrene viste noen sammenheng med dietten fisken fikk, med unntak av at glukosenivået var forhøyet hos fisk som fikk dietter med mye fett (27–28 %) i kombinasjon med relativt lite protein (< 48 %). Karbohydratnivået i seg selv påvirket ikke glukoseverdiene vesentlig. Forhøyet blodglukose er en indikasjon på at fisken i ekstremfôrgruppene var stresset. I de samme gruppene fant en også lekkasje av organspesifikke enzymer (ALAT), som er med på å bekrefte at fisken ikke taklet fôr med for høye fett- og karbohydratnivåer, samtidig som proteinnivåene var lave. Spennvidden i protein, fett og karbohydrat i fôret som gav normalverdier ble likevel tolket som stor, og viste at torsk er ganske tolerant for store variasjoner i fôrsammensetning. Fôrsammensetningen påvirket i høy grad både vekst, fôrutnyttelse og leverstørrelse, men om fisken ble fôret hver eller annen hver dag hadde ingen tydelig effekt på noen av disse faktorene. Spesifikk vekstrate (SGR %/dag) økte med økende proteinmengde i fôret, og avtok med økende karbohydratmengde i fôret. Fettinnholdet i dietten påvirket ikke veksten.

Leverstørrelsen er primært drevet av forholdet mellom protein og fett – jo mer protein, jo mindre leverstørrelse. Karbohydratinnholdet hadde liten betydning for leverstørrelsen i dette forsøket. Forholdet mellom protein og fett i fôret og leverstørrelse var ikke-lineært. Økende



Figur 3.6.4.2

Gonadeindeks i mars for gruppene under naturlig lysregime økte med andel fett i fôret.

Verdiene representerer snittet av alle fiskene i gruppene, uavhengig av kjønn.

Gonad index in March for the natural light treatments increased with increasing dietary fat inclusions. The values represent group means for pooled sexes.

leverstørrelse ga seg også utslag i høyere kondisjonsfaktor.

Fôrfaktoren (g utfôret/g tilvekst) varierte mellom 0,74 og 0,88, og denne avtok litt både med høyere fett- og proteininnhold i diettene. Karbohydratinnholdet, derimot, ga økende fôrfaktor, og dataene indikerte også at det er en optimal grense for proteininnhold, ved at dietter med mer protein enn denne grensen ga noe høyere fôrfaktor. PPV (proteinutnyttelse, g protein spist som kan måles direkte som g lagret protein) varierte mellom 0.33 og 0.55 i første halvdel av forsøket, og var noe lavere i andre halvdel (0.24–0.39). Proteinutnyttelse kan også uttrykkes som PER (g protein spist/g tilvekst) som varierte fra 2,01–3,67 i første halvdel, og fra 1,37–2,10 i andre halvdel av forsøket. Det vil si at utnyttelsen av fôrprotein var best i første halvdel av forsøket, i og med at både PPV og PER gikk betydelig ned i andre halvdel av forsøket. Det ble videre funnet at både PPV og PER sank med økende innhold av både protein og karbohydrat i fôret, men at de økte med økende fettinnhold i fôret. Jo høyere verdier, jo mer protein går direkte til vekst, og verdiene viser derfor at det er kritisk viktig for optimal vekst å gi fôr med balanserte mengder protein, fett og karbohydrat.

Leveren inneholdt 60–70 % fett og 2–4 % protein på tørrstoffbasis. Fettinnholdet i leveren var positivt korrelert med økende

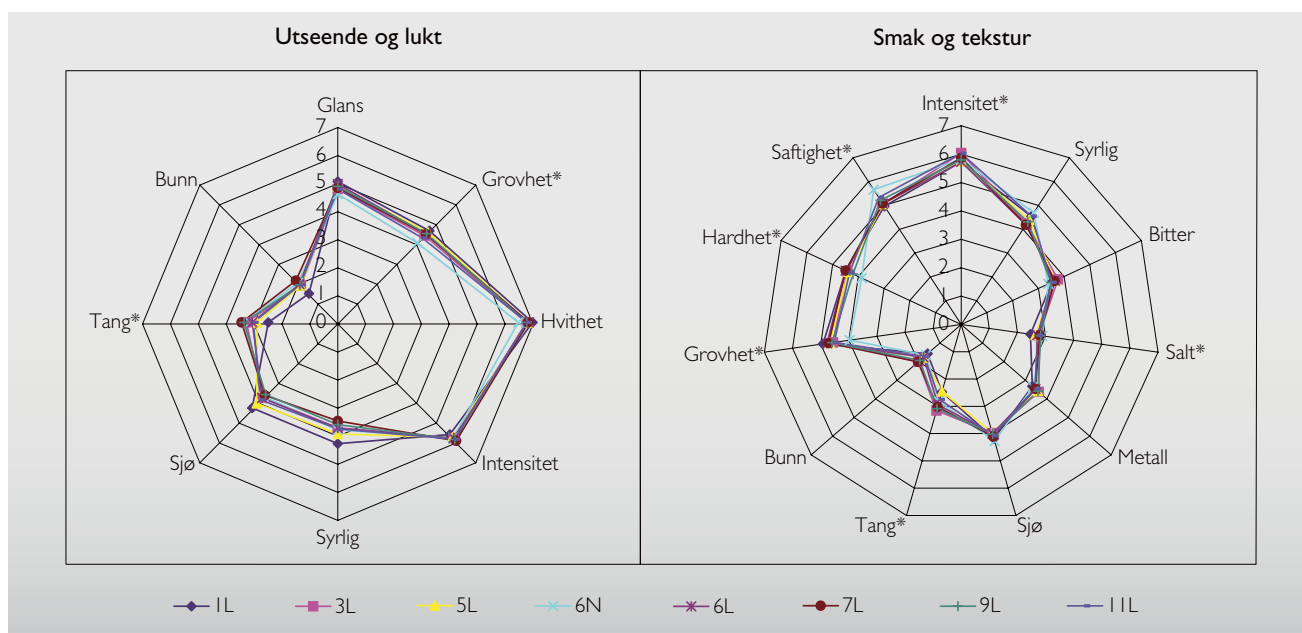
fettinnhold i dietten. Lave og stabile leverglykogennivåer ble funnet i alle grupper.

Utnyttelsen av fôret må ses i sammenheng med fordøyelse og retensjon (lagring) av de ulike næringsemmene basert på deres konsentrasjon i fôret. Fordøyelsen av protein varierte mellom 81 og 87 %, fettfordøyelsen var nesten 100 % i alle fôrgrupper, og fordøyelsen av karbohydrater varierte mellom 73 og 97 %. Det var ingen variasjon i fettfordøyelse som følge av fettinnhold i fôret. Proteinfordøyelsen var også høy og uavhengig av fôrnivåer av protein, mens høye mengder karbohydrat i fôret førte til en lavere fordøyelse av karbohydrat.

Fôrsammensetning og lysregime

Etter denne perioden (august) ble fisken satt ut i merder, der halvparten av merdene fikk kontinuerlig tilleggsllys (LL) og den andre naturlige lysforhold (NL). Forsøket ble videreført fram til juni året etter. Antall dietter som ble undersøkt ble redusert fra 11 til 7, men ytterpunktene ble beholdt og fisken ble fôret daglig.

Generelt bekreftet denne andre delen av forsøket resultatene som ble funnet for mindre fisk i innendørs kar. Effektene av protein, fett og karbohydrater var identisk med resultatene fra forsøkets første del. Dette betyr at det fremdeles var proteininnholdet som var drivende for veksten, høyere proteininnhold ga bedre vekst,



Figur 3.6.4.3

Grafene viser gjennomsnittsverdier gitt for ulike sensoriske egenskaper knyttet til utseende og lukt (venstre panel) og smak og tekstur (høyre panel). 1L til 11L viser resultater fra grupper med kontinuerlig lys gitt hhv. 66, 58, 55, 51, 47, 46 og 36 % protein i føret. 6N er fisk fra gruppe på naturlig lys gitt 51 % protein. (Fra Hemre m.fl. 2004*)

The graphs show mean scores for different sensoric attributes connected to appearance and smell (left panel) and taste and texture (right panel). 1L to 11L shows scores from treatments with continuous light fed with 66, 58, 55, 51, 47, 46 and 36 % dietary protein. 6N represents fish under natural light conditions and 51 % dietary protein (from Hemre et al., 2004*)

men forskjellene for diettene med proteininnhold som varierte fra 46–66 % var ikke store. Fisk i gruppen der dietten inneholdt minst protein (36 %) vokste særdeles dårlig, og etter 16 måneder på de samme førene var gjennomsnittsvekten på fisken i denne gruppen bare 67 % av vekten til fisk som hadde fått 66 % protein i føret.

Bruk av kontinuerlig tilleggslys utsatte modningen for de fleste av fiskene i disse gruppene (LL) til etter forsøkets slutt i juni, mens all fisken i NL-gruppene gytt i perioden februar–april. De som gikk på naturlig lysregime (NL), vokste minst like godt som LL-gruppene frem til desember. Som følge av gytingen fikk NL-gruppene imidlertid et veksttap på vårparten, både på grunn av appetittsvikt og gytingen selv. Dette medførte at torsk i NL-gruppene ved forsøkets slutt i juni var betydelig mindre enn torsk i LL-gruppene (Figur 3.6.4.1). Effekten var her avhengig av dietten fisken gikk på. Siden de som hadde mest fett i føret hadde større gonader (GSI, %: $100 \cdot \text{gonadevekt} / \text{totalvekt}$) enn dem med minst fett i føret, var vekstproduksjonen størst i gruppene gitt mest fett. Sammenligner en gruppene gitt 66 % protein i føret, veide torsk i LL-gruppen gjennomsnittlig 3,1 kg, mens gjennomsnittsvekten i NL-gruppen var 2,3 kg ved avslutning av forsøket i juni. Samtidig veide NL-gruppene fra 519 til 813 g mindre enn de respektive LL-gruppene.

Tallene viser med all tydelighet hvor viktig det er å forhindre eller utsette alder ved pubertet i torskoppdrett.

Leverstørrelsen var som i første del av forsøket, hvor HSI (% $100 \cdot \text{levervekt} / \text{totalvekt}$) var negativt korrelert med økende forhold protein:fett. I gruppen med mest fett i føret utgjorde leveren 17 %, mot 8 % i den med minst fett. For de fleste gruppene var det en markant nedgang i leverstørrelsen under gyting i gruppene holdt på naturlig lysregime. Tilsvarende ble ikke observert i gruppene som hadde kontinuerlig tilleggslys, men effekten av diettene var identisk under begge lysregimene. Leverstørrelsen økte etter gyting, og ved forsøkslutt i juni var verdiene identiske med begge lysbehandlingene. Resultatene viser at en leverindeks under 8 tilsvarende det man finner i villfisk, er vanskelig å oppnå i en oppdrettstorsk som føres til metning uansett sammensetning av føret.

Førsammensetning og kvalitet

Fisken i dette forsøket ble sendt til sensorisk analyse på Matforsk i Ås. Gjennomgående ble det funnet små forskjeller mellom de syv diettene. De største forskjellene ble funnet mellom fisk på ulikt lysregime der fisk som hadde fått naturlig lys og hadde vært gjennom en gyting ble oppfattet som bløtere og mindre grov enn fisk på kontinuerlig lys. I tillegg ble det gjennomført analyser av torskemuskel for å se hvilke

endringer en fikk ved økende størrelse og ulike temperaturer, samt for å undersøke i hvilken grad kjønnsmodningen og gytingen påvirket resultatene. Fra forsøksstart inneholdt torskemuskel omtrent 22 % tørrstoff, hvorav protein utgjorde om lag 20 %. For fisken på kontinuerlig lys var det ingen endringer i desember, mars eller juni året etter i tørrstoff-, protein- eller fettinnhold. I mars, mens fisken på naturlig lys gytt, var tørrstoff- og proteininnholdet i muskelen lavere og vanninnholdet høyere for disse gruppene. Utover dette ble det funnet marginale forskjeller i muskelsammensetning som funksjon av diett, lysregime og sesongvariasjoner.

Cod feed should contain at least 50 % protein

Experiments both in indoor tanks with continuous light and stable 8 °C and experiments in sea cages with either natural light or continuous light (used to delay maturation), showed that growth was primarily driven by dietary protein content. Liver index is mainly determined based upon the dietary ratio protein:lipid, while feed factor increases with increasing dietary carbohydrate content. Gonad size increased for spawning fish in the groups fed the highest dietary lipid content. Based on these results, the feed should contain 50–60 % protein, 13–20 % lipid and less than 15 % bio available carbohydrates.

* HEMRE, G.-I., KARLSEN, Ø., ECKHOFF, K., TVEIT, K., MANGOR-JENSEN, A. & ROSEN LUND G. (2004). Effect of season, light regime and diet on muscle composition and selected quality parameters in farmed Atlantic cod, *Gadus morhua* L. *Aquaculture Research*, 35: 1-15.

3.6.5 Påverkar slaktestress kvaliteten på oppdrettstorsk?

Oppdrett av torsk fekk ny fart for fire–fem år sidan, og mange nye yngelanlegg med stor kapasitet har blitt starta opp. Auken i talet på yngel som har vorte sett ut i merd har blitt om lag fordobla kvart år, og i 2005 reknar ein med at om lag 9 millionar yngel (setjefisk) vart sett ut. Naturleg nok ligg auken i mengd slaktefisk eit par år etter i tid, og først no byrjar det å koma relativt store mengder oppdrettstorsk på marknaden. Med andre ord, så vil ein i tida framover få svar på kor godt oppdrettstorsken vert motteken i marknaden når han no kjem ut i relativt store mengder.

Håkon Otterå
haakon@imr.no

Vekst i oppdrett av torsk

Statistikken syner at det i 2005 vart selt om lag 5 500 tonn torsk frå oppdrett, av dette om lag 1 500 tonn oppföra torsk (Figur 3.6.5.1; sjå også Kapittel 3.6.1). Dette er torsk som er villfanga og som har gått ei tid i merd før slakting. Oppdrettstorsken vert i stor grad selt til utlandet, og utlandet vil nok måtta ta imot storparten av auken i produksjonsvolum framover. På marknaden vil torsken måtta konkurrera med annan fisk, kjøt osv., og faktorar som pris, kvalitet, tilgjenge og marknadsføring vil vera avgjerande for kor mykje ein kan selja.

Kvalitet er eit samansett og svært subjektivt omgrep. Oppdrettstorsk har stort sett fått mykje god omtale av kjøkensjefar rundt om i Noreg og Europa, og også i fleire forbrukarundersøkingar. Oppdretta torsk er ofte litt annleis enn villfisk, har litt anna smak og går ikkje så lett sund ved koking. Kvaliteten til torsken vert i hovudsak påverka av tre kjelder; føret, årstida og handsaminga av fisken før og under slakting. I tillegg vil naturleg nok oppbevaringa av fisken frå slakting og til han vert eten vera svært viktig – denne faktoren kan ofte overskygga dei tre første med tanke på kvalitet!

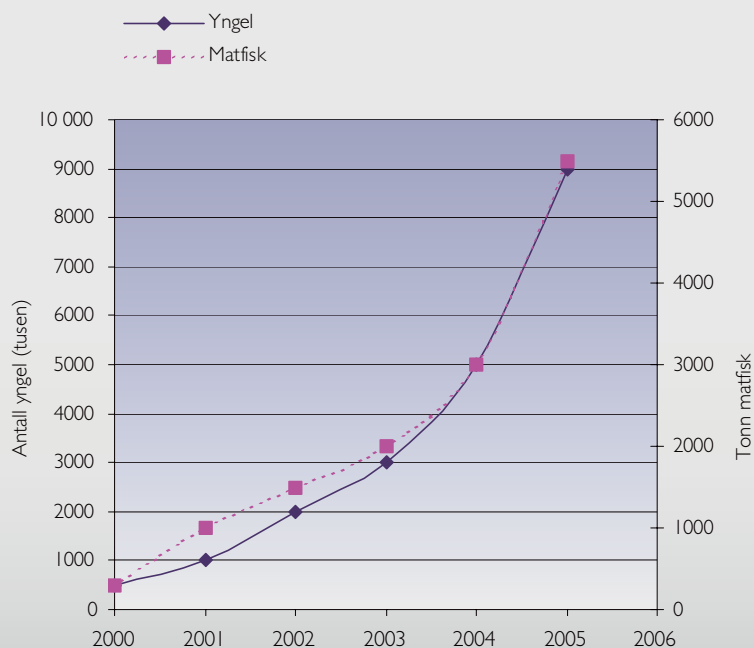
Slakting av torsk

Slakting av oppdrettstorsk har fram til i dag enten føregått på fiskemottak berekna for villfisk eller på lakseslakteri med til-

passa slaktelinje for torsk. Ettersom slaktevolumet no aukar raskt vil nok slakting av torsk skje etter mønster frå laks, med store spesialiserte og automatiserte slakteri. Reglane for slakting av oppdrettstorsk er også blitt noko innskjerpa og tilsvarar det ein har for laks.

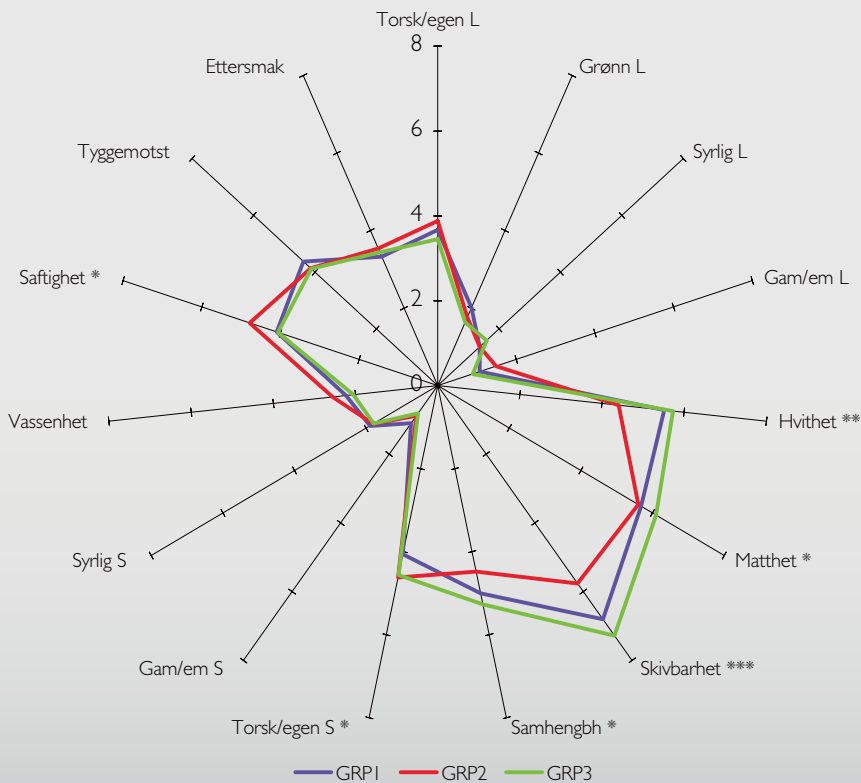
Slakteprosessen påverkar fisken både reint mekanisk og gjennom kjemiske endringar i fisken – som igjen kan påverka det ein kallar kvalitet. Fisken sin status før slakting påverkar i stor grad dei kjemiske prosessane etter at fisken er drepen. Lageret av energi i muskelen er svært viktig for *rigor mortis*, dødsstivleiken, og avgjer både kor lenge fisken er i rigor og kor sterk rigor er. Utviklinga av rigor er på mange måtar ein indikator på stressnivået før slakting. Rigor er i seg sjølv ikkje ein kvalitetsparameter, men vil indirekte vera det sidan han påverkar m.a. filetpalting og tekstur. Sein rigor er ein indikasjon på at fisken har blitt handsama fint før avliving, og at kvaliteten dermed skulle vera god. Forlengta periode før fisken går i rigor gjev også tid til å bearbeide fisken før rigor, og kan auka den effektive tida fisken kan vera i sal.

Tradisjonelt har oppdrettstorsk vorte filetert først etter at dødsstivleiken har losna. Filetering når fisken er i rigor er vanskeleg og gjev dårleg kvalitet (muskelpalting). Rigor-perioden kan vare frå rett etter slakting og i ein–fire dagar, og denne tida har vanlegvis blitt brukt til transport fram til marknaden. Ved skånsam handtering av torsken før og under slakteprosessen kan



Figur 3.6.5.1

Utviklinga i talet på torskelyngel som er seld og mengd oppdrettstorsk (tonn) som er slakta i Noreg i perioden 2000–2005. Mengd slakta inkluderar også oppföra villtorsk, som utgjer 500–1 500 tonn per. år. (Kjelde: Jørgen Borthen, Norsk Sjømatssenter.)
Number of juvenile cod sold, and tonnes of farmed cod slaughtered in Norway during the period 2000–2005. Slaughtered volume also includes wild caught cod that were further fed before slaughter, which makes up 500–1 500 tonnes per year. (Source: Jørgen Borthen, Norwegian Seafood Centre.)



Figur 3.6.5.2

Vurdering av kvalitet på kokte filetar av torsk frå tre grupper, målt sju dagar etter slakting. Gruppe 1 er fisk som gjekk tidleg inn i rigor, gruppe 3 fisk som gjekk seint inn i rigor og gruppe 2 ein mellomting av 1 og 3. Sensorisk vurdering er gjort av Fiskeriforskning sitt smakspanel. Parametrar som er merka med * var signifikant forskjellige. Tilsvarande måling 14 dagar etter slakting viste ingen forskjellar mellom gruppene. Upubliserte data frå slakteforsøk gjennomført av "Det nasjonale kvalitetsnettverket" (Akvaforsk, Fiskeriforskning, Sintef, NIFES, Universitetet i Bergen og Havforskningsinstituttet).

Sensory evaluation of steamed loins from three groups of cod, evaluated 7 days after slaughter. Group 1 is fish that went early into rigor, group 3 late into rigor, and group 2 in-between. Sensory evaluation was performed by Fiskeriforskning. Parameters marked with * were significantly different. A similar evaluation 14 days after slaughter showed no significant differences. Unpublished data from slaughter experiment carried out by The Norwegian Scientific Network for Seafood Quality" (Akvaforsk, Fiskeriforskning, Sintef, NIFES, The University of Bergen and the Institute of Marine Research.)

det gå 24 timar før han går i rigor, noko som gjer det mogeleg å bearbeida han før rigor. Såkalla pre-rigorfiletering er i aukande grad teken i bruk for laks og også for oppdretta torsk. Kvaliteten viser seg å bli minst like god som post-rigorfiletering, og ein kan gjera bearbeidinga på slakteribedrifta – og dermed få meirverdi for fisken.

Smakebitar frå forskning

For dyr som lever på landjorda er det velkjend at stress i samband med slaktinga kan føra til ein betydeleg reduksjon av

kvaliteten. Også for fisk har ein sett ein del eksempel på endringar i kvalitet som resultat av slaktestress, f.eks. auka filetpalting og blautare kjøt.

Stien (2005) fann at forskjellane i muskel-pH mellom stressa og ustressa torsk vart mindre etter kvart som lagringa føregjekk. Også for muskeltekstur var det etter slakting forskjellar mellom stressa og ustressa fisk, men dei forsvann under lagringa. Vidare var filetene lysare for den stressa fisken, noko Stien meinte kunne skuldast raskare nedbryting av protein i

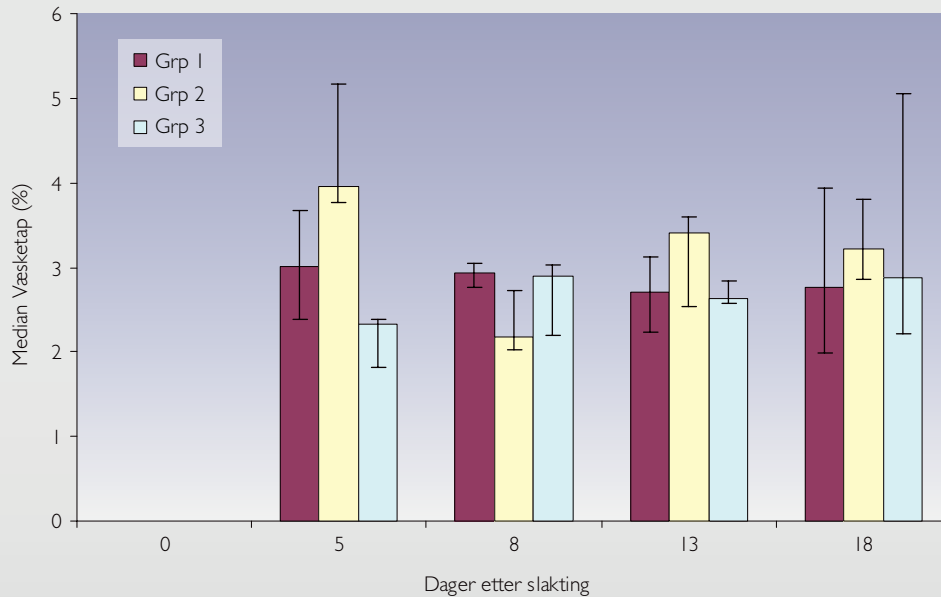
muskel, som igjen er kjent å påverka lysrefleksjonen.

Sjølv om ein finn ein klar samanheng mellom stress før og under slakting og korleis rigor utviklar seg, er det ikkje dokumentert like klare samhengar mellom rigorutvikling og andre parametrar knytte til kvalitet. I eit forsøk gjennomført av "Kvalitetsnettverket, NFR" ville ein undersøke nettopp dette. Torsk som var utsett for ulik grad av stress ved slakting vart seinare grupperte etter tidspunkt og styrke for rigor, og ei rekke kvalitetsmål vart gjort.



Figur 3.6.5.3

Avliving av torsk med "boltepestol". Killing of cod by "stunning gun".



Figur 3.6.5.4

Væsketap frå torskemuskel som funksjon av lagringstid og rigor-gruppe. Sløyd fisk vart lagra på is, filetert på ulike tidspunkt og væsketap vart berekna ved sentrifugering av muskelpøver (grupper og datakilde som i Figur 3.6.5.2).

Liquid holding capacity of cod muscle as a function of storage time and rigor group. Gutted fish were kept on ice, filleted at different times and liquid holding capacity estimated by centrifugation of muscle samples (groups and data source as in Figure 3.6.5.2).

Det vart berre funne mindre forskjellar mellom gruppene med omsyn på farge og konsistens målt av smakspanel (Figur 3.6.5.2) eller instrumentelt. Væsketapet (Figur 3.6.5.3) var òg ganske likt mellom gruppene. Ofte var den innbyrdes variasjonen mellom individ i gruppa større enn forskjellane mellom grupper. Deter likevel viktig å vera merksam på at i dette forsøket vart fisken relativt moderat stressa i høve til kva som skjer i ei slaktelinje i industrien der tilhøva ikkje alltid er gode nok.

Oppsummering

Stress i samband med slakting av torsk gjev ein del endringar i kjemiske og mekaniske prosessar, særleg knyta til når fisken vert dødsstiv. Dette påverkar igjen den vidare handsaminga av fisken, og kan gjera kvaliteten dårlegare dersom stresspåverknaden er stor. Varsam handtering av fisken før og under slakting, og bruk av ikkje stressande avlivingsmetodar, er derfor viktig for å få ein god kvalitet på produktet.

Stress at slaughter and its effect on quality

Farming of cod is increasing rapidly in Norway, and this “new” product is generally of good quality and receives a positive response in the market. As production volumes increase it will be important to have slaughter procedures that secure a good product quality, and stress during slaughter may influence quality negatively. The most obvious way is through a stronger and also a more rapid onset of *rigor mortis*. Even though this is not necessarily destructive to quality, it is strongly recommended to reduce handling stress to a minimum during slaughter also for cod.

Referanse:

STIEN, L.H., HIRMAS, E., BJØRNEVIK, M., KARLSEN, Ø., NORTVEDT, R., RØRÅ, A.M.B., SUNDE, J. and KIESSLING, A. (2005). The effects of stress and storage temperature on the colour and texture of pre-rigor filleted farmed cod (*Gadus morhua* L.). *Aquaculture Research*, 36: 1197–1206.

3.6.6 Produksjon av marin fiskeyngel

Yngelproduksjonen av torsk økte i 2005, og det ble produsert vel 9 millioner yngel. Ifølge oppdretterne ser problemet med skjelettdeformiteter hos torskeyngelen ut til å ha bedret seg. For kveite er yngelproduksjonen stabil og styrt av etterspørsel. Det produseres med andre ord ikke mer kveiteyngel enn det som bestilles på forhånd. Yngelproduksjon av torsk og kveite ser derfor ikke ut til å være begrenset av biologiske faktorer. Det kan kanskje forlede noen til å tro at problemene stort sett er løst, og at det i mindre grad enn før er behov for forskning på marin yngelproduksjon. Slik er det imidlertid ikke. Den største utfordringen i dag ligger i å oppnå stabile produksjonsforhold. Dette forutsetter en standardisering av metodene, kombinert med systematisk optimalisering som må være basert på målrettet forskningsinnsats.

Terje van der Meeren

terje.van.der.meeren@imr.no

Torstein Harboe

torstein.harboe@imr.no

Selv om produksjonen av torskeyngel øker, forekommer det fremdeles betydelig variasjon mellom ulike larvegrupper som settes til startfôring, både hos næringsaktørene og i forskningsinstitusjonene. Noen larvegrupper har svært lav overlevelse, mens andre grupper har overlevelse opp mot 30 % frem til yngel av 1 til 2 grams størrelse. Larvegrupper som går dårlig blir gjerne avsluttet før larvene når yngelstadiet, slik at nye og forhåpentligvis "bedre" larvegrupper kan startfôres. Forekomsten av ulike skjelettdeformiteter ser ut til å være variabel. "Nakkeknekk" var tidligere den vanligste skavanken, men ser nå ut til å være mindre fremtredende. Imidlertid har andre typer skjelettdeformiteter i hoderegionen økt.

I produksjon av kveiteyngel er det plommesekkkfasen og startfôringsfasen som er mest utsatt for variasjon. Med variasjon menes forskjeller fra gang til gang når det gjelder overlevelse og kjevedeformiteter i plommesekkkfasen samt overlevelse og yngelkvalitet (øyevandring og pigmentering) i startfôringsfasen. Ved Havforskningsinstituttet i Austevoll har man de siste årene hatt stadig mindre variasjon med hensyn til overlevelse og kjevedeformiteter i plommesekkkfasen. Næringen sliter fremdeles med variasjon, særlig med tanke på deformiteter. I startfôringsfasen har Havforskningsinstituttet hatt høy overlevelse med god regularitet, mens yngelkvaliteten har vært varierende. Blant næringsaktørene er det også her betydelig variasjon både innen overlevelse og yngelkvalitet.

Hvordan redusere variasjon?

Årsakene til variasjonen kan mest sannsynlig spores tilbake til manglende standardisering av produksjonsmetoden. Dette omfatter ufullstendige og for lite detaljerte protokoller, manglende automatisering og for lite standardisering av nøkkelfaktorer i produksjonen (f.eks. vannbehandling og produksjon av levendefôr). Det tar lang tid å tilegne seg den praktiske kunnskapen som er nødvendig for å drifte et anlegg for yngelproduksjon, og dermed kan manglende erfaring også være en viktig faktor i forhold til variasjon i produksjonen. I Figur 3.6.6.1 illustreres situasjonen skematisk med betydelig variasjon i overlevelse, men det kunne like gjerne vært andre produksjonsmål som for eksempel yngelkvalitet.

Målrettet arbeid for å etablere detaljerte protokoller, fulgt av opplæring i å bruke disse, vil kunne redusere variasjon i produksjonen. Yngelproduksjonen består av en mengde enkeltoperasjoner som må gjentas likt fra gang til gang, selv om ulike personer utfører arbeidet. Operasjoner bør også i størst mulig grad automatiseres. Standardisert vannbehandling bør innføres, slik at naturlige variasjoner i vannkvalitet reduseres til et minimum før vannet når larve- og yngelkarene. Hvilke elementer som skal inngå i en slik vannbehandling kan nok diskuteres, men både temperatur, saltholdighet, gassmetning og innhold av metabolitter, partikler, bakterier og organisk materiale bør være mest mulig konstant. For å vite dette må disse faktorene overvåkes. Innføring av detaljerte protokoller, automatisering, standardisert vannbehandling og overvåking vil kunne redusere variasjonen slik det skematisk er framstilt i Figur 3.6.6.2. Denne typen kvalitetssikring vil kunne etablere en baselinje som utgangspunkt for systematisk optimalisering og forbedring av produksjonen.

Målet med optimaliseringen er altså å heve baselinjen (Figur 3.6.6.3). Dette kan bare gjøres gjennom målrettet forskning, hvor forskningsresultater innarbeides i protokollene for yngelproduksjonen. Forskningsen er nødvendig i alle ledd fra stamfisk til yngel, og vil bidra til at flere yngel kan produseres per larvegruppe som settes til startfôring. Bare ved en sterk satsing på offentlig forskning vil alle yngelprodusenter kunne dra nytte av optimaliseringsarbeidet. I yngelproduksjonen ligger det en rekke biologiske flaskehalsar, og det er behov for et kontinuerlig arbeid for å kartlegge disse og finne løsninger som gir mest mulige optimale forhold for stamfisk, egg, larver og yngel.

Biologiske flaskehalsar

Kunnskapen om produksjon av marin yngel har kommet langt, noe som er uttrykt ved at det i dag produseres atskillig flere yngel enn for vel 20 år siden da torsk og kveite ble introdusert som nye arter. Mye bra forskning har lagt grunnen for at det i dag er mulig å ha en kommersiell produksjon av disse artene. Enkelte av yngeloppdretterne kan rapportere om forholdsvis stabil produksjon på over 20 % overlevelse fra klekte larver til salgbar yngel, noe som er svært bra. Dette hadde ikke vært mulig uten den kunnskaps- og erfaringsbakgrunn som er opparbeidet gjennom de siste 20 årene i forskningsinstitusjonene og i næringen. Men 20 % overlevelse viser at det fremdeles er mer å hente på optimalisering. En økning til sta-

bil overlevelse på rundt 40 % ville doblet produksjonen.

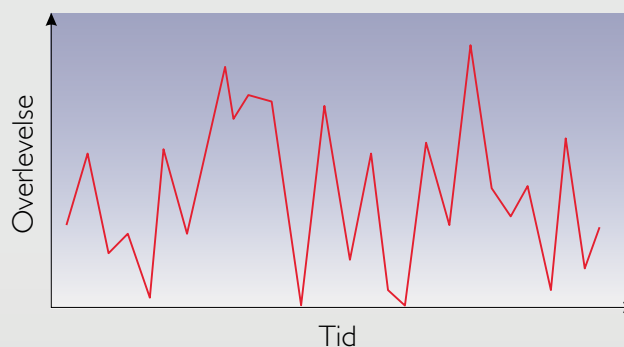
Med den kunnskapen man har tilegnet seg blir også områdene hvor kunnskap mangler tydeligere. Dette kan beskrives som en pyramide hvor man jobber seg fra toppen og nedover. I gjennomgangen av biologiske flaskehalsen nedenfor er ikke hensikten å fokusere ensidig på kunnskapsmangel, men snarere å peke på muligheter hvor det er gevinst å hente på økt forskningsinnsats.

Parentale effekter

Blant yngeloppdretterne ser det ut til å være et generelt inntrykk at villtorsk gir bedre egg enn når oppdrettstorsk benyttes som stamfisk. Dette er ikke vitenskapelig verifisert, men kan ikke utelukkes. For å kunne drive avl er man helt avhengig av at oppdrettstorsk fungerer bra som stamfisk, også ved forskyvning av gytetidspunkt. Det kan for eksempel tenkes at ernæring hos stamfisken er viktig for gyteresultatet. Villfisken har forskjellig diett fra oppdrettstorsken, og villfiskens diett kan derfor ha forskjellig innhold av essensielle næringsstoffer sammenlignet med formulert stamfiskfôr. Kartlegging og effekter av dette er startet gjennom et brukerstyrt prosjekt ledet av Nutreco, der Havforskningsinstituttet, NIFES og ulike yngeloppdrettere er samarbeidspartnere.

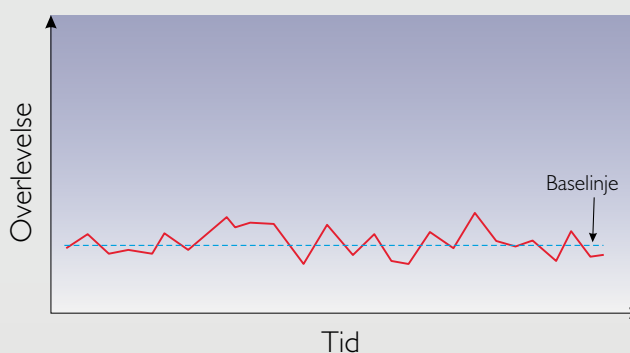
Et annet problem som vil gi dårlig eggkvalitet og manglende befruktning hos torsk er forekomst av irregulære gytere. Dette karakteriseres ved at hunnfisken svulmer opp, tilsynelatende uten å bli kvitt eggene. Resultatet er enten slepp av overmodne og døde egg som ikke lar seg befrukte, eller at fisken ikke slipper egg i det hele tatt. I det siste tilfellet er det ikke uvanlig at fisken dør. Årsakene til dette fenomenet er ukjent, men det er sannsynlig at stress er involvert. Gyting i kar på land representerer et miljø som er svært forskjellig fra merd eller pose i sjøen. I denne sammenheng kan støy og bevegelse nevnes. Pumper, ventiler og avløp genererer en type støy som ikke finnes i sjøen. Denne støyen bæres godt frem av rørene til gytetanken og kan tenkes å stresser fisken. Det daglige tilsyn innebærer at stamfisken registrerer bevegelse og aktiviteter som røkteren foretar seg på en annen måte enn i et sjøanlegg. Det er mange ganger observert at enkelte fisk reagerer og setter av gårde, noe som i neste omgang påvirker resten av fisken i karet. Irregulær gyting er også observert ved at par med hann- og hunnfisk ikke passer sammen.

Eggproduksjon hos kveite er en betydelig utfordring. Fisken må strykes og eggene befruktes manuelt. Det er meget tids- og arbeidskrevende å følge opp en hunnfisk



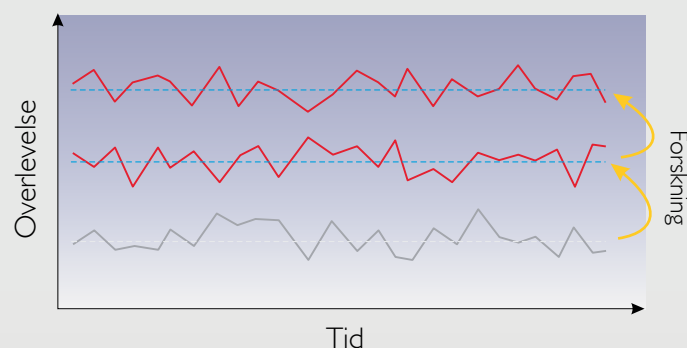
Figur 3.6.6.1

Skjematisk bilde av dagens situasjon med betydelig variasjon over tid i produksjonen av marin yngel.
Schematic presentation of the situation today, with considerable variation with time in production of marine juvenile fish.



Figur 3.6.6.2

Etablering av baselinje (liten variasjon over tid) ved å ta i bruk detaljerte protokoller, automatisering, standardisert vannbehandling og overvåking i produksjonen av marin yngel.
Establishment of base line (low variation with time) in production of marine juvenile fish by putting into practice detailed protocols, automation, standardised water treatment and monitoring.



Figur 3.6.6.3

Bruk av målrettet forskning for å heve baselinjen gjennom optimalisering av produksjonslinjen for marin yngel. Forskningsresultater innarbeides i protokollene og vil bidra til økt yngelproduksjon.
Use of focused research to elevate the base line through optimising the production line for marine juvenile fish. Research results are implemented in the protocols, and will enhance juvenile production.

slik at den strykes til rett tid. Erfaringene så langt tyder på at en stamfisk gir egg av god kvalitet i fire til fem sesonger. Dette tyder på stor belastning og trolig også mangelfullt fôr eller fôrinntak. Det viser seg i tillegg at det er relativt få hunnfisk som bidrar til eggproduksjonen, noe som gjør avlsarbeid vanskelig. Dersom man kunne forenkle eggproduksjonen ved naturlig gyting eller eggslipp med påfølgende manuell befruktning, ville det vært svært arbeidsbesparende og trolig også gitt bedre eggkvalitet.

Effekter av fôr

Torsk og kveitelarver er i motsetning til laks avhengig av levendefôr som første fôr etter at plommehinnen er oppbrukt. Det har vært og er fortsatt et mål å gjøre denne perioden kortest mulig. Dette fordi det er knyttet større kostnader til levendefôret enn til et formulert fôr, samtidig som kvaliteten på levendefôr varierer mye. De fleste yngeloppdrettere av torsk benytter ikke *Artemia* (saltkrepser) i produksjonen, men går fra rotatorier (hjuldyr) til formulert fôr med godt resultat. Dette er en følge av en stadig forbedring i kvaliteten på formulert fôr til tidlige larvestadier. Det formulerte fôret er imidlertid ennå ikke godt nok til helt ut å kunne erstatte levendefôret.

Ved produksjon av både rotatorier og *Artemia* er det viktig at disse byttedyrene får et mest mulig optimalt næringsinnhold i forhold til det som fiskelarvene trenger. Dette skjer både ved at byttedyrene dyrkes på en spesiell måte og anrikes med emulsjoner som inneholder en rekke essensielle næringsstoffer. Selv om man er kommet et godt stykke på vei, er de ulike fiskelarvenes ernæringsmessige behov fremdeles ikke helt ut forstått eller kartlagt. Forskningen som må gjøres her er viktig, og vil ha stor betydning også for videre utvikling av anriking av levendefôr og formulert fôr.

Det er svært viktig at fôrdyrene er i god forfatning. Det vil si at de svømmer raskt, har god tarmfylling og er levedyktige når de blir tilsatt startfôringskarene med fiskelarver. Det er også svært viktig at det ikke følger med en høy bakteriebelastning med fôret. For å unngå det må dyrkningskulturene være gode (god vekst) og prosedyrene for å vaske fôrdyrene må være tilfredsstillende. Kunnskapen om effekter av mikrober fra byttedyr på fiskelarver i intensivt oppdrett er ufullstendig. Bakterier i byttedyr er viktig for utviklingen av larvenes tarmflora, og forskning behøves for å avdekke hvilket mikrobielt miljø som er mest optimalt under startfôringen.

Artemia og rotatorier forandrer sitt næringsinnhold over tid. Derfor må de spises av fiskelarvene så kort tid som mulig

etter at de er ferdig anriket. Det er også viktig at fôret blir fordøyd i larvene gjennom tilstrekkelig oppholdstid i tarmen. For kveitelarver har forsøk vist at fôring i måltider gir bedre resultat enn kontinuerlig fôring. Ved kontinuerlig fôring spiser larvene hele tiden, og byttedyrene forlater baktarmen uten å være skikkelig fordøyd. Det er til og med observert at *Artemia* er i live etter å ha gått gjennom tarmen til kveitelarver. For å oppnå spisepauser må man sørge for at startfôringskaret går tomt for byttedyr. Byttedyr fjernes stort sett som følge av vanngjennomstrømming og av beiteaktivitet. Det er derfor svært viktig å ha mange larver i en tank, slik at oppdretteren avgjør når larvene skal føres. For torskelarver er imidlertid effekter av ulike fôringsregimer lite undersøkt.

Oppdrettsmiljø

Det er mange hvite felter å kartlegge med hensyn til hvordan oppdrettsmiljøet påvirker vekst og overlevelse hos larver og yngel. Hvordan påvirker oppdrettsmiljøet for eksempel larvenes fôrinntak, utvikling, fysiologi og stressnivå?

Når det gjelder lys er det ikke kjent hva som er optimal daglengde. De fleste oppdrettere bruker kontinuerlig lys ved intensiv yngelproduksjon. Skal larver og yngel ha mørkeperiode for å utvikles normalt? Forskning på krepsdyr har vist at bruk av mørkeperiode versus kontinuerlig lys har innvirkning på nervesystemets kjemi og vekst (nydannelse av neuroner), tildels knyttet opp mot etablering av indre rytmer. Hos fiskelarver er det ikke utført tilsvarende undersøkelser.

Lysintensitet og lyskvalitet er andre viktige områder hvor man mangler kunnskap til å gi gode råd om hva som er mest optimalt. Kanadiske studier viser til at det bør brukes høy lysintensitet for torskelarver, mens foreløpige undersøkelser i Norge ikke har påvist noen effekt av lysintensitet. Når det gjelder lyskvalitet benyttes ofte lysrør over karene. Mange av disse rørene ser tilsynelatende like ut, men forskjellene i lysintensitet ved gitte bølgelengder er ofte svært store. For å oppnå mest mulig optimale betingelser ved fôropptak, bør bølgelengdene i lyset tilsvare lysfargen som øynene til larver og yngel er mest sensitive for.

Karfarge vil også påvirke lysmiljøet til larver og yngel. En del oppdrettere bruker hvit karbunn og sorte karvegger for lettere å kunne holde øye med fisken og kontroll med organisk materiale på karbunnen. Hvit karbunn gir mer reflektert lys i karet. Det er imidlertid ikke kjent om dette påvirker for eksempel fôrinntak hos fisken eller fordeling av fisken i vannsøylen.

Turbiditet karakteriseres ved partikler i vannet (f.eks. grøntvann). Bruk av alger har vist seg å føre til økt overlevelse og fôrinntak i larvefasen hos torsk og kveite. Hos kveitelarver får man økt fôrinntak ved å benytte oppløst leire som partikler i stedet for alger. Det antas derfor at et bestemt nivå av turbiditet endrer lysforholdene på en slik måte at det blir lettere for larvene å fange byttedyr. Alger kan også tenkes å ha andre effekter, som å opprettholde ernæring hos byttedyrene, eller å kunne påvirke sammensetning av bakterier i karet ved å utskille stoffer som hemmer bakterievekst. Hvilke nivåer av turbiditet som er mest optimalt er ikke kjent.

Turbulens og vannhastighet i et oppdrettskar representerer en utfordring for larver og yngel sammenlignet med det naturlige miljøet i sjøen. I larvefasen brukes luftbobling til å fordele larver og byttedyr. I yngelfasen benyttes sirkulær vannstrøm for å oppnå selvrensing av karbunnen. Det er påvist at for høy vannhastighet i yngelfasen fører til ryggradsdeformiteter hos mer varmekjære marine oppdrettsarter når yngelen hele tiden svømmer samme vei mot vannstrømmen. Hvordan vannstrøm og turbulens påvirker våre hjemlige oppdrettsarter, finnes det foreløpig lite kunnskap om.

Vannkvalitet

Mikrobiologi og metabolitter er de viktigste elementene når det gjelder vannkvalitet. Metabolitter produseres av fisken selv og av bakterier i oppdrettssystemet. Høye tettheter av larver og yngel i kombinasjon med vannutskifting vil påvirke eksponering for ammoniakk (NH₃) og karbondioksid (CO₂). Toleranse ved langtidseksponering av NH₃ og CO₂ er ikke undersøkt for torsk og kveite. Høyt innhold av CO₂ vil føre til at vannet blir surere. Dette er særlig tydelig i resirkuleringsanlegg med liten tilførsel av nytt vann. Effekt av lav pH på marine larver og yngel er ikke undersøkt i nevneverdig grad.

Langtidseksponering for gassovermetning hos larver og yngel er heller ikke undersøkt under kontrollerte forhold. Studier er imidlertid i gang på dette ved Havforskningsinstituttet i Austevoll. Gassovermetning mistenkes å føre til dødelighet i larvestadiene hos marin fisk og å føre til "nakkeknekk" hos torsk. I mangel på kunnskap om dette har mange anlegg rutinemessig installert vakuumlufing for å unngå overmetning.

Vannbehandling for å kontrollere mikrobiologi og fjerne løste organiske forbindelser vil være viktig for å standardisere vannet. Kontroll med bakterienivå og bakterietyper vil få økt betydning i marin yngelpro-

Figur 3.6.6.4

Settefisk av torsk produsert ved Havforskningsinstituttet, Austevoll. *Cod juveniles ready for the net pen, produced at Institute of Marine Research, Austevoll.*



Foto: Terje van der Meer, Havforskningsinstituttet

duksjon, spesielt med hensyn til bakterier vi vet fører til fiskedød (patogener). Trolig skyldes en vesentlig del av dødeligheten i yngelproduksjonen bakterier, men det er uklart om bakteriene er den primære årsaken til dødelighet. Andre faktorer kan tenkes å svekke fisken slik at bakteriene får fritt spillerom. Eksponering for bakterier skjer både gjennom fôr og vannmiljø. Bruk av resirkulering, filtrering av sjøvann gjennom grunnen, ozon, UV, proteinskimning og probiotika ("snille" bakterier) vil alle kunne påvirke det mikrobielle miljøet. Ut fra nåværende kunnskap er det ikke mulig å gi konkrete anbefalinger til hvilken vannbehandling som er best. Utvikling av optimale og praktiske metoder for å kontrollere det mikrobielle miljøet vil derfor være essensielt for å kunne redusere variasjon og øke utbyttet i yngelproduksjonen.

Temperatur og saltholdighet er andre faktorer ved vannkvaliteten som har innvirkning på fisken. Skal temperaturen være stabil, eller har ulike livsstadier fra stamfisk til yngel forskjellige preferanser? Koblingen mellom temperatur og deformiteter har vært diskutert de siste årene. Er temperatur en direkte årsak til deformiteter, eller snarere en modulator som forsterker andre deformitetsutløsende faktorer?

Et strategisk valg

De biologiske flaskehalsene kan betraktes som en lenke hvor kjeden ikke er sterkere enn det svakeste ledd. Når kunnskapen om det svakeste ledd mangler, kan hele produksjonen settes på spill når dette leddet ryker (et eksempel kan være skjelettdeformiteter hos torsk). Mye er oppnådd gjennom den forskningen som hittil er utført, men både forskere og næringsutøvere mangler fremdeles vesentlig kunnskap for ytterligere å kunne utvikle og forbedre produksjonsmetodene innen marine larver og yngel. I en tidlig fase av utviklingen for produksjon av torsk yngel var forespørslene til forskermiljøene mange fra næringsaktørene. Etter hvert som resultatene fra forskningen har blitt overført til yngelprodusentene, er telefonene blitt færre. Næringen har skaffet seg mer erfaring, og utviklingen har gått så fort at forskningen i mange henseender ikke har klart å holde følge med problemene som har oppstått. Dette vil føre til utstrakt prøving og feiling, noe som gjenspeiler seg i

at metoder og protokoller som brukes ved ulike yngelanlegg ofte er svært forskjellige.

Alle kan nok enes om at det i denne situasjonen trengs mer forskning, og man ser en tendens til at forskningsavdelinger også bygges opp innen næringen. Det strategiske valget blir da om larve- og yngelforskningen hovedsakelig skal drives i større grad innen næringen, eller om det skal etableres en større offentlig satsing på denne

grunnleggende delen av havbruksutviklingen? Hvis kunnskapen hovedsakelig skal genereres i næringen vil den komme få aktører til gode, mens offentlig generert kunnskap vil kunne styrke alle yngelprodusentene. Utsiktene til fortjeneste i den marine yngelnæringen er på kort sikt for liten til at det kan komme en massiv privat satsing, mens den offentlige satsingen ikke på noen måte gjenspeiler den betydningen som oppdrett er forventet å ha i norsk næringsstruktur i fremtiden.

Marine fish fry production

Production of marine fish fry in Norway is increasing, particularly for Atlantic cod, which ended at approximately 9 mill. juveniles in 2005. However, at the level of individual farms or research institutions, a considerable variation in survival and quality among individual larval groups is still observed. This article presents an outline of a method to cope with this variation, and to improve the production by focused standardisation and research. The first step is to reduce variation by putting into practice detailed protocols, automation, standardised water treatment and monitoring. Such actions may reduce variation, and a base line for expected production may be set.

The next step is to elevate the base line by directed research on bottlenecks identified from all developmental stages be-

tween broodstock fish and juveniles ready for the net pen. Examples on such bottlenecks may be parental effects (broodstock nutrition and stress), larval feed (nutritional composition and feeding regimes), rearing environment (light, tank colour, turbulence, and turbidity), and water quality (tolerance to metabolites, salinity, temperature, pH, and microbiological load). Considerable lack of knowledge within these factors exists, leading to a diversity of methods in the industry. In this sense, the industrialisation of juvenile marine fish production may become more a result of trial and error at the level of the production plants, rather than on implementation of results generated from systematic research. A strategic choice whether future research in marine juvenile fish production is going to develop in the private or public sector is needed.

3.6.7 Rød torsk

Av torskefisk finnes det flere arter, og blant disse artene har vi flere stammer. Den genetiske variasjonen er stor, og den gir opphav til forskjellige genotyper som vi kjenner igjen ved å ta i bruk genetiske analyser. Vi kan også se forskjell i utseendet på fisk, slik som på bildet av de to torskene, der den ene er rød og den andre blank (Figur 3.6.7.1). Denne formen for variasjon som vi ser med det blotte øye, kalles fenotypisk variasjon.

Erik Slinde

erik.slinde@imr.no

Rolf Erik Olsen

rolf.erik.olsen@imr.no

Jorma Suontama

jorma.suontama@imr.no

Britt Sværen Daae

britt.svaeren.daae@imr.no

Vanligvis er fileten i en torsk hvit, men allerede i 1956 rapporterte Kjell Baalsrud i tidsskriftet *Nature* (volum 178, side 1182–83) om et eksemplar av torsk med rødt fiskekjøtt. Den var kjøpt på torget i Drammen og analysert på Stabekk. Fargen skyldtes astaxantin-ester. Senhøstes 2004 ble det rapportert funn av torsk med rødt filet på Vestlandet. En slik fisk ble levert til Havforskningsinstituttet, og bildet viser hvordan den så ut utenpå og inni (Figur 3.6.7.2).

Vet for lite om fargeopptaket

Etter at det ble utlovet en dusør på 5000 kr til den som kunne bringe oss levende eksemplarer av rød torsk, var det flere som ringte inn og fortalte at torsk med rødt filet ikke var vanskelig å få tak i. Slik fisk er funnet forskjellige steder fra Tromsø til Oslofjorden. Flere såkalte “rødtorsk” ble brakt til Havforskningsinstituttet og ble testet ved uttak av en liten bit av kjøttet, biopsi, men ingen var røde. Vi kan i dag derfor ikke si hvilke ytre kjennetegn, fenotypiske trekk, som en skal se etter

for å fastslå om en torsk har rødt kjøtt. At også andre torskefisk kan være røde på farge, ser vi på bildet av brosme fanget i Sognefjorden (Figur 3.6.7.3). Vi vet også at sei som spiser laksefôr i nærheten av oppdrettsanlegg får rød farge langs bindevevshinnene, *myocommata*.

Heller ikke all laks er rød på farge selv om den spiser astaxantin. I Canada finnes det laksestammer (*Oncorhynchus tshawytscha*) som er hvite i kjøttet. I naturen spiser laks kreps og zooplankton som inneholder astaxantin, slik at fiskekjøttet blir rødt, laksen kan nemlig ikke lage dette fargestoffet selv. Fargestoffet astaxantin må tilsettes laksefôr for at laks og ørret skal få sin karakteristiske farge. Det er bare en del av fargestoffet som tas opp, og vi kjenner ikke opptakmekanismen. Ved å studere torsk som har egenskapen til å ta opp astaxantin og sammenligne slik fisk med vanlig torsk, kan vi oppdage hva som er forskjellig. Et alternativ er å studere hvorfor den laksefisken som finnes i Canada er hvit og ikke tar opp astaxantin. Dette er en forskningsoppgave som både er grunnleggende og økonomisk interessant, og en kunnskap som vi ønsker å ha.

Har markedspotensial

Vi har analysert flere “rødtorsk” og finner for eksempel henholdsvis 3.4 og 13.1 mg astaxantin/kg i tarm og rogn. Men variasjonen synes å være stor. Vi har blitt fortalt at “rødtorsk” hvor fileten har et rødt skjær betraktes som ekstra god. En juletorsk med rød farge eller en “Rudolf-torsk” vil derfor være noe ekstra og har nok et markedspotensial.

Havforskningsinstituttet er fortsatt interessert i torsk med rødt kjøtt, både sett ut fra et forskningssynspunkt og et kommersielt synspunkt, men vi kan ikke si hvordan du kan vite at en torsk er rød bare ved å se på den. Dette kan vi kanskje svare på når vi har løst gåten om hvorfor noen torskefisk har evnen til å bli røde i kjøttet? Samtidig håper vi å finne ut hvordan laksen transporterer astaxantin fra tarmen og inn i fileten.

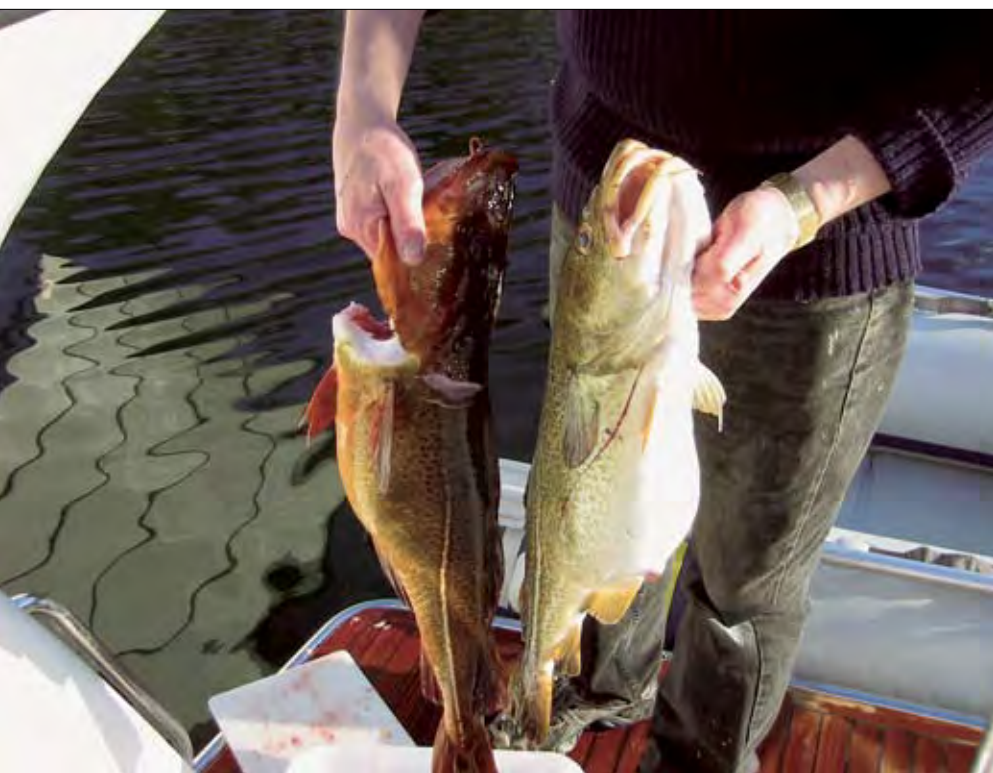


Foto: Sigmund Engseter

Figur 3.6.7.1

“Rødtorsk” og vanlig torsk som begge har hvit filet.
Red coloured and ordinary coloured cod, both with white fillet.



Figur 3.6.7.2

Torsk med rød fillet sett utenpå A og inni B, mengden astaxantin i fileten var 1.0 mg/kg.

Cod with a red fillet seen from the outside A and inside B, the amount of astaxanthin was 1.0 mg/kg.



Red cod

Atlantic cod is a common species of cod found in Norwegian waters. Normally it is well known for its white flesh coloration. But on odd occasions, cod with red flesh has been reported. Earliest documented report goes as far back as the 1959's. The colour is due to the pigment astaxanthin that is common in copepod and krill species. The mechanism for deposition of astaxanthin in cod fillet is unknown, this is also the case for Atlantic salmon where red flesh pigmentation is very important. Utilising the red cod for scientific purposes will help us understand the underlying mechanisms for flesh pigmentation in all species of fish. Furthermore, the label "red cod" may by itself have a significant marketing potential.



Figur 3.6.7.3

Brosme med rød fillet (t.v.), og med hvit fillet (t.h.).
Tusk with red fillet (left) and with white fillet (right).

3.7

Skalldyr og havbeite

3.7.1 Produksjon av skjell

Skjellnæringen i Norge har hatt både opp- og nedturer. Ser vi på de utfordringene næringen har stått overfor de siste tiårene, har utviklingen imidlertid vært ganske forutsigbar. For så vel blåskjell som kamskjell og flatøsters aner vi nå konturene av en stabil produksjon med større fokus på bærekraftig dyrking og høy produktkvalitet.

Stein Mortensen
stein.mortensen@imr.no

Arne Duinker
duinker@nifes.no
Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning (NIFES)

Øivind Strand
oivind.strand@imr.no

Sissel Andersen
sissel.andersen@imr.no

Blåskjell

Blåskjellnæringen har vært gjennom en prosess preget av optimisme og rask oppbygging, og en nesten like rask retur til en tilværelse preget av klare begrensninger – både når det gjelder hva som er mulig og hva som er strategisk korrekt. Målene som deler av næringen satte seg for om lag ti år siden var ikke realistiske. Etter hvert som bedriftene har gjort sine egne erfaringer har de gradvis innsett at det kreves både kunnskap, erfaring og langsiktighet for å lykkes. Manglende inntjening har ført til konkurser og avskalling i næringen, og vi står nå tilbake med aktører som har mer erfaring og bedre muligheter for å oppnå gode resultater. På den annen side er det vanskelig å engasjere investorer, og mange sliter med mangel på utstyr grunnet kapitalmangel, selv om viljen til røkting og riktig behandling av skjellene nå er til stede hos de fleste.

Eksporstatistikken viser en nedgang fra 2004 fra 3 395 tonn til 2 776 tonn i 2005. Verdien er imidlertid økt fra 13 til 16 millioner kroner, og dette gjenspeiler en økt

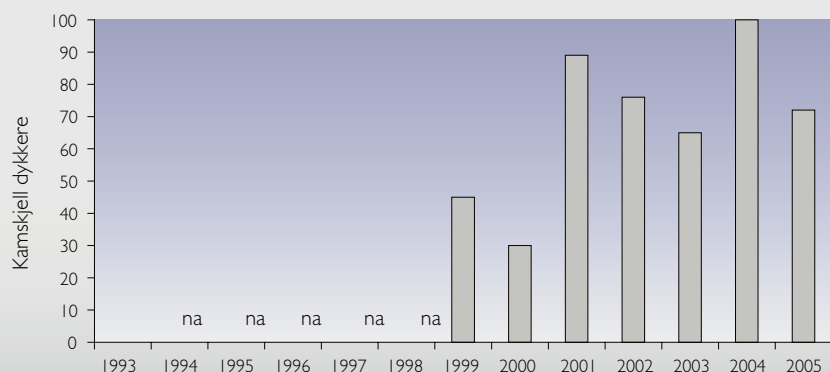
andel høyere prisete leveranser. Mye av begrensningene for blåskjellnæringen har ligget på høsting, logistikk, produktkvalitet og salg. For å løse disse problemene har mange dyrkere innarbeidet mer hensiktsmessige produksjonsrutiner med tynning av skjellene, bygget effektive høstefarkoster og skaffet seg bedre maskinpark. Vi har sett en lovende utvikling av strategier for en todelt produksjon. Først produseres småskjell i egne yngelanlegg i indre fjordstrøk, hvor det er rikelig tilgang på yngel. Disse strøkene har imidlertid mye problemer med algegifter, men i denne modellen høstes og flyttes småskjellene ut av de problematiske områdene. Spesialiserte yngelprodusenter leverer da ferdig sortert yngel til flere matskjelldyrkere, som produserer matskjell i områder med mindre giftproblemer. Spesialisering i begge ledd gir på denne måten både økt effektivitet og bedre kvalitet. Så langt har imidlertid gjennomføringen av denne produksjonsmodellen vært begrenset av tilgang på nok utstyr.

Det ligger også store forbedringsmuligheter i å lokalisere anleggene og tilpasse tettheten av skjell i anleggene slik at fødetilgangen blir optimal. Havforskningsinstituttet har gjennomført studier av føde, vanngjennomstrømning og skjellenes matinnhold i bøyestrekkanlegg for blåskjell, og lagt grunnlaget for et modellverktøy som viser betydningen av anleggenes utforming og plassering.

Oppbyggingen av markedene har vært hemmet av ujevn skjellkvalitet (matinnhold) og problemer med giftige alger. I våre farvann skjer det meste av den årlige algeproduksjonen i forbindelse med vår-oppblomstringen, mens mangel på nye næringsalter kan hemme produksjonen om sommeren. Giftige alger har skapt størst problemer om høsten, særlig i fjordene. Tilførsel av næringsrikt dypvann vil kunne øke algeproduksjonen igjen i næringsfattige perioder. Det er gjort flere storskalaforsøk med å bringe dypvann opp til den produktive delen av vannsøylen (se Kapittel 3.7.4). I Lysefjorden er det for første gang vist at brakkvandsdrevet oppstrømning av næringsrikt dypvann kan øke produksjonen av alger i et fjordområde. Oppstrømningen resulterte i en om lag tredobling av algebiomassen i et 10 km² stort område innerst i Lysefjorden i 2004 og

Figur 3.7.1.1

Antallet kamskjellfangstere som er registrert som leverandører til Norges Råfisklag har de siste fem årene vært om lag 60–100 dykkere. *Annual numbers of scallop harvesters registered by the Norwegian Raw Fish Organisation have been 60–100 divers.*



Figur 3.7.1.2

Den registrerte mengden fangstede kamskjell har økt betraktelig de siste årene, til 500–700 tonn rundvekt. De største volumene høstes i Trøndelag.

The recorded volumes of harvested scallops have increased substantially to a level of 500–700 tonnes. The largest catches are taken in Trøndelag.

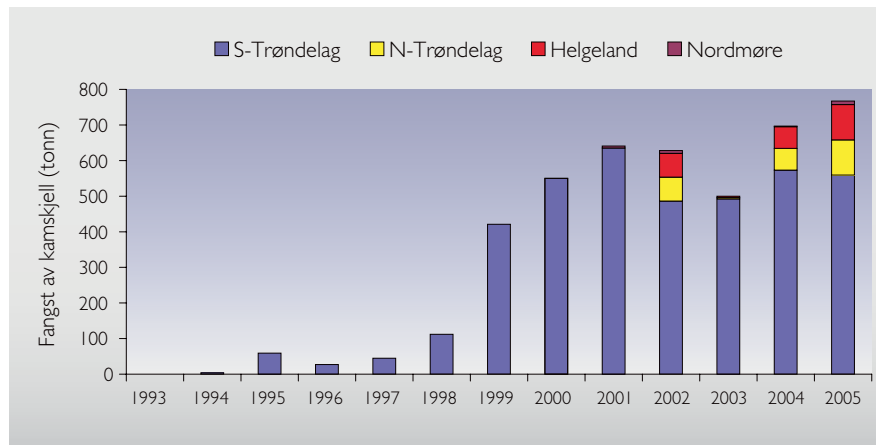
2005. Det var tydelige endringer i algebildet i påvirkningsområdet for den kunstige oppstrømningen. En økt og stabil algeproduksjon – med dominans av giftfrie alger – kan skape grunnlag for en mer forutsigbar dyrking av blåskjell i fjordområder.

Markedet for blåskjell

Etter hvert som bedriftene har fått erfaringer med markedene, har blåskjellnæringen gradvis gått fra et ensidig fokus på volum på slutten av 1990-tallet til et sterkere fokus på kvalitet. Utviklingen resulterte i 2003 i at Eksportutvalget for fisk, EFF, våren 2005 var klar til utprøving av merke navnet “Norwegian Fjord Mussels” med definerte kvalitetskrav som har vært utarbeidet i samarbeid med næringen. Denne prosessen brukes nå som mal for kvalitetsarbeid for andre arter.

Norske blåskjell blir hovedsakelig solgt på de sentraleuropeiske markedene i Belgia og Frankrike, men det blir også arbeidet med markedsføring inn mot en rekke andre markeder, inklusiv Øst-Europa og Russland. Blåskjellene inndeles i industriskjell og ferske skjell. Dette gir et godt bilde av produksjonen. Mange må selge skjell til hermetikkindustrien på grunn av lavt matinnhold og påvekst, noe som igjen skyldes manglende røktning, ugunstige lokaliteter eller at skjellene ikke har blitt høstet i tide. Vi ser altså tendenser til at rett produksjonsstrategi og kvalitetssortering gir en klar gevinst i form av skjell som kan selges i de best betalte markedssegmentene. Blåskjellene har de siste årene oppnådd priser fra under én krone til et fåtall eksemplere på opp mot 40 kroner per kilo. Stort sett ligger prisene på mellom 5 og 10 kroner per kilo. Dette er et prisnivå som viser at det er helt avgjørende å bruke kostnadseffektive systemer i blåskjelldyrkingen.

Lang transporttid etter at skjellene er høstet og pakket kan være et problem. En løsning er å sende skjell i bulk til mottakerlandet for pakking der, eventuelt pakke dem etter gjenutlegging i sjøvann. Ett norsk selskap har kjøpt et mottaksanlegg i utlandet for å ha kontroll med denne delen av prosessen. En annen løsning er transport av skjell i spesialiserte systemer i sjøvann ved lav temperatur på båt, og pakking i mottakerlandet.



På prosesseringssiden ser vi at det eksperimenteres med produkter som kan gi produsentene flere ben å stå på. Skjell som er pakket i plastemballasje med modifisert atmosfære (MAP) blir mer og mer vanlig. Det leveres økende mengder slike til supermarkedkjeder. For å bedre holdbarheten på skjell som skal transporteres til kontinentet er det gjort ulike forsøk for å kunne redusere negative effekter av lagring og håndtering i forbindelse med høstprosessen. Noen satser på frosne produkter som en løsning på logistikkproblemene. Koking av skjell på mottaksanlegg og hermetisering med ulike sauser er et alternativ til å sende skjell med uakseptabel grad av påvekstorganismer til kokerier i utlandet.

Kamskjell

All registrert omsetning av kamskjell i 2005 (Figur 3.7.1.2) er høstet fra ville bestander. Informasjon om kamskjellbestandene langs kysten begrenser seg til registreringer fra fangster, informasjon fra dykkere om fangstaktivitet og forekomster, og feltobservasjoner fra Havforskningsinstituttets toktvirksomhet. På grunnlag av denne informasjonen ser vi at høstingsområdene i Trøndelag har de største og tetteste bestandene langs norskekysten. Også sett i forhold til kjente bestander i mer sentrale deler av utbredelsesområdet (sentral-Europa), har bestandene i Trøndelag høye tettheter og en bestandsstruktur som tyder på jevn rekruttering. En økt beskatning av kamskjellbestander med den type høsting som vi har i dag vil sannsynligvis først gi seg utslag i at den eldste delen av bestanden forsvinner. Det er nå tatt initiativ til å foreslå en regulering av uttaket av kamskjell som også skal ivareta muligheten for jevn tilgang på store skjell (se Kapittel 2.11).

I Trøndelag ble det i perioden 1987–1991 høstet rundt 50 000 skjell årlig, og i 1992 ble det høstet 100 000 skjell (som tilsvarer ca. 20 tonn). Den økte interessen for skjell i 1990-årene førte til et oppsving i fangstingen, og de registrerte fangstene viste en kraftig økning i slutten av tiåret,

til et nivå på 500–700 tonn kamskjell fra 2000 (Figur 3.7.1.2). En dykker vil kunne høste 150–400 kilo kamskjell per dag (tre–fire kamskjell per kilo), tre–fire dager per uke. Innskjerperte krav fra Arbeidstilsynet i 2000 vedrørende sertifisering av dykkere førte sannsynligvis til en redusert økning i fangststøtten. Antall dykkere/leverandører som er registrert hos Norges Råfisklag har variert lite siden 2001 (Figur 3.7.1.1). Leveranser fra Nordland og noe fra Nordmøre har også kommet inn de siste fire årene. De siste årene er det fremkommet informasjon som tyder på en reduksjon i skjellstørrelsen i fangstene og økt fangstaktivitet på dypere bunnområder og i nye felt. Videre har det vært vanskelig å overholde kravet om sertifisering av dykkerne og produktkontroll på leveransene. I 2005 var det registrert over 70 dykkere som høstet kamskjell, og bare et fåtall av disse oppfylte kravene Arbeidstilsynet setter for dykkere som høster kamskjell. Det ble i 2005 derfor tatt et initiativ til å vurdere behovet for en styrket regulering av utnyttelsen av stort kamskjell, for å kunne sikre en vedvarende bærekraftig utvikling av fisket (se Kapittel 2.11).

I tillegg til de høstede skjellene er det i 2005 høstet et mindre kvantum skjell fra havbeite. Disse skjellene er produsert fra intensivt produsert yngel, ved Scalpro AS, i Øygarden utenfor Bergen. Helt siden yngelproduksjonen ved klekkeriet startet i 1998, og frem til i dag, har produksjonen av utsettingsklar yngel hatt en gradvis utvikling. Selskapet har også utført FoU, hovedsakelig i samarbeid med fagmiljøet i Bergen.

Det første trinnet i klekkeri- og yngelfasen er kondisjonering av stamskjell, prosessen som gjør stamskjellene gyteklare ved å gi dem riktig temperatur, føde og daglengde. Stamskjell hentes nå fra det området yngelen skal settes ut i havbeite, og Scalpro AS har gjort flere undersøkelser av reproduksjonsbiologi for bestander langs kysten. For å kunne utvikle en effektiv yngelproduksjon må kondisjoneringsregimet

tilpasses hver enkelt stamme. Resultater viste at skjellene fra Frøya og Brønnøysund er meget forskjellige fra populasjoner på Vestlandet sør for Ålesund. Det er fortsatt uklart om populasjonene tilhører ulike stammer eller om de observerte forskjellene skyldes miljøforhold.

Det neste trinnet er larvefasen, som er kritisk i forhold til å kunne utvikle en stabil og bærekraftig yngelproduksjon. Samarbeidet mellom Havforskningsinstituttet og Scalpro AS er videreført for å komme frem til dyrkingssystemer som gir et godt vekstmiljø og høy overlevelse, uten bruk av former for antibakterielle midler.

Etter larvefasen tas larvene ut til siler hvor de fester seg med byssustråder på nettingduken i bunnen av silene og utvikler seg til yngel. Yngel fester seg til underlaget dersom forholdene er gode, og "festeadferden" er redusert ved lav saltholdighet. Etter metamorfosen øker veksthastigheten og behovet for føde og vanntilførsel. Oppvarming av sjøvann og dyrking av föralger medfører betydelige kostnader ved yngelproduksjon. Kostnadene kan reduseres ved å øke resirkuleringsgraden av vann og alger i dyrkingssystemet. Resultatet var at 80 % av vannet som renner gjennom silene nå blir resirkulert ved hjelp av en luftheis, og bare 20 % er nytt sjøvann.

Ved en størrelse på om lag to mm overføres yngelen fra kontrollerte innendørs dyrkingstilstander til mer naturlige forhold i sjø- eller landbaserte vekstanlegg. I denne

fasen går skjellene over fra å bli føret med dyrkede alger til å livnære seg av naturlig føde. Det er vist at kontroll med vannmiljøforholdene (temperatur, saltholdighet og fødetilgjengelighet), metode for overføring, valg av lokalitet og tidspunkt for overføring er avgjørende for god vekst og forutsigbar overlevelse. Vesentlig bedre resultater og kostnadsreduksjoner er oppnådd ved bruk av landbasert vekstanlegg hvor vann som tilføres fra sjøen blir filtrert for å hindre tilkomst av begroingsorganismer og rovdyr.

Kostnadseffektiv dyrking fra yngel til matskjell forutsetter at skjellene holdes i havbeite på bunn. Utviklingen av havbeite er beskrevet i Kapittel 3.7.3.

Markedssituasjonen for kamskjell er en litt annen enn for blåskjell og østers. Skjellene som går ut på markedet er høstet fra ville bestander, og kvaliteten vil variere med sesongene. Det finnes verken høstesesong eller minstemål for skjellene, så kvalitetskontrollen er så langt overlatt til næringen selv. Et viktig element i denne sammenheng er at størrelsen av kamskjellene er et viktig kvalitetskriterium, som det blir ekstra betalt for. De norske leverandørenes mulighet for å levere store kamskjell (større enn 12 cm) har så langt vært et viktig fortrinn i markedet.

Flatøsters

Østersdyrkingen er beskjedent, med et årlig volum på i størrelsesorden en halv million stykk. Den eneste østersen som fin-

nes naturlig i våre farvann er flatøstersen, *Ostrea edulis*. Dette regnes som den beste matøstersen. I 1980- og tidlig på 1990-tallet ble det ved noen få anledninger produsert yngel også av den innførte stillehavsøstersen, *Crassostrea gigas*. Det ble produsert og solgt østers av begge artene en del sesonger. Gradvis ble disse imidlertid blandet sammen med importert konsumøsters som ble satt ut i norske dyrkingsanlegg. Slik produksjon er både ulovlig og risikabel med hensyn til spredning av sykdom. I dag er det forhåpentligvis slutt på denne praksisen, og næringen setter fokuset på produksjon av stedege flatøsters.

Den viktigste yngelprodusenten de siste årene har vært Bømlo Skjell AS på Aga i Sunnhordland, hvor den tradisjonelle poll-driften har blitt utvidet med et "flytende" klekkeri og yngelanlegg. Det produseres også yngel på klekkeriet hos Scalpro AS i Øygarden. Østersyngelen er hovedsakelig levert til et organisert nettverk av produsenter i Sunnhordland. Foreløpig ser det ut som om produsentene har klart å nå målet om å være regionalt selvforsynte med flatøstersyngel, men en oppbygging av østersproduksjonen vil kreve en videre utvikling av en stabil og kostnadseffektiv yngelproduksjon.

Dyrkernetverket i Sunnhordland har gjennomført et prøvedyrkingsprosjekt, støttet av Hordaland fylkeskommune og Samarbeidsrådet i Sunnhordland, og i samarbeid med Havforskningsinstituttet og NIFES. Resultatene viser at vi kan finne svært mange velegnede dyrkingslokaliteter langs kystlinjen på Vestlandet. De bekrefter også viktigheten av nok strøm, optimal skjelltetthet og god vanngjennomstrømming i dyrkingssystemene. Under optimale forhold er det vist at det kan høstes konsumøsters av høy kvalitet etter 2,5 og 3,5 år. Dette er meget lovende, og et godt grunnlag for å etablere en regional østersdyrkingmodell. Utviklingen er imidlertid fremdeles usikker. Det er i hovedsak markedssituasjonen som vil avgjøre utviklingen videre. Gradvis vil det sannsynligvis komme til flere grupperinger av dyrkere. Hvis disse velger å bruke den strategien som er lagt i løpet av de siste årene, er det grunn til å se optimistisk på utviklingen.

Figur 3.7.1.3

I samarbeid med nettverket av østersdyrkere i Sunnhordland utvikler vi en kvalitetsstandard for flatøsters. Gradering i forhold til målbare kriterier er en viktig del av arbeidet. We are developing a quality standard for flat oysters, in collaboration with a network of oyster growers in Sunnhordland. The establishment of a grading system related to measurable parameters is an important part of the work.



Foto: Anne Dünker

Figur 3.7.1.4

Utenlandske markeder har vanligvis både større varespekter og et bedre kvalitetsfokus enn det vi er vant til. Vi har lært mye om kvalitetspreferanser, gradering, merkevarebygging og profilering av franske markeder – som her, på ferskvarmarkedet i Bordeaux.

The markets abroad usually have a broader variety of seafood products and a better focus on product quality than what we are used to. We have learned a lot about market preferences, product grading and brand name building from French markets – like here, on the covered fresh food market in Bordeaux.

Foto: Lisbeth Harrestad



Når det gjelder kvalitetsarbeid og merkevarebygging ligger det kanskje en fordel i at den norske østersproduksjonen er beskjeden. Hvis utviklingen gjøres på en seriøs og gjennomtenkt måte, vil det være mulig å etablere en kvalitetsstandard og bygge opp en profil på norsk flatøsters helt fra starten – før det går større mengder skjell ut på markedet. Vi ser helst at den importerte stillehavsøstersen går ut av markedet – eller prisen lavt nok. Internasjonalt betales den med toppen det halve av flatøstersen. Det er startet et samarbeid på marked og kvalitet på flatøsters, i regi av det ovennevnte dyrkernettverket i samarbeid med NIFES, Havforskningsinstituttet, EFF og Hordaland Fylkeskommune.

Helsestatus

Som vi har beskrevet i avsnittet om kamskjell, har de største problemene med

dødelighet i norsk skjelldyrking vært knyttet til larve- og yngelstadiene. Vi har så langt vært forskånet for sykdom på voksne skjell. I det meste av Europa er situasjonen en annen, og særlig østersbestandene er hardt rammet av parasittsykdommer. Undersøkelser av norske østers har ikke vist tegn på sykdom. Østersen representerer en verdifull ressurs og bør forvaltes med varsomhet. Heller ikke hos kamskjell er det funnet tegn på sykdom. Grunnen er nok at næringen har vært liten, og at det i liten grad er innført skjell fra andre områder. Det er naturligvis et klart mål å holde bestandene sykdomsfrie.

Utfordringene er i dag todelt. For det første er det helt grunnleggende å unngå innførsel av levende, smittebærende skjellyngel. Dette er forvaltningsmessig utfordrende, etter som EU praktiserer et relativt liberalt

system for handel med levende dyr, og norske forvaltningsmyndigheter har en defensiv holdning til å innføre vernetiltak som kan avvike fra EUs regelverk. Her er det definitivt behov for selvdisciplin i næringen – for eksempel for å unngå ulovlige utsetninger av importert stillehavsøsters. Vi har sett tilfeller av dette, uten at veterinærmyndighetene har sanksjonert. Den andre utfordringen er å få etablert modeller for å kunne fange opp sykdomsutbrudd raskt, og avgrense smittespredning. Dette er også vanskelig i dagens system. Med unntak av en fast helsekontroll av østers i regi av Veterinærinstituttet, gjøres det ingen systematisk overvåking av skjellsykdommer i Norge. Kysten er heller ikke delt inn i autonome, avgrensede geografiske soner som kan avgrense smittespredning hvis det oppstår sykdom.

From volume to quality in the production of bivalves

The production of bivalves in Norway is based on three main species; blue mussels, great scallops and flat oysters. The production of mussels is increasing, and the industry is changing its focus from volume to quality. More adapted vessels, equipment and control of the density of mussels has given a clear improvement of the product quality. There is also a focus on how to choose the optimal shape, orientation and geographical position of the farms, in order to ensure sufficient water flow – and thus food supply, through the

suspended mussel cultures. Divers harvest most of the scallops placed on the market. The catches have been increasing over the last years, and regulations have now been suggested, to avoid over-exploitation of stocks. The development of scallop aquaculture has taken time, but a minor quantity of farmed scallops, harvested from a bottom culture in Hordaland, has now been placed on the market. The scallop hatchery has established a production of spat, and optimised each step, from conditioning of broodstock, throughout larvae and

spat stages to seed ready for the final bottom culture. The flat oyster production is limited to a local network of growers in Hordaland and a few farms along the west coast. Grow-out experiments on different sites have given good results, showing that high quality, market sized oysters may be produced in less than three years, given the right culture conditions. The shellfish industry has now a clear focus on product quality, which may increase the value of the production.

3.7.2 Kvaliteten på skjellene er påvirket av miljøet

I den tradisjonelle forståelsen av “kvalitet” ligger det at et produkt skal være likt hver gang det presenteres. Forbrukerne skal kunne gjenkjenne det produktet de er vant til og få nøyaktig den kvaliteten de ønsker. Skjell er i stor grad et produkt som lar seg påvirke av de betingelsene det dyrkes under. Hvis vi kjenner til de mekanismene som har effekt, kan vi også styre skjellkvaliteten i den retningen vi ønsker.

Stein Mortensen
stein.mortensen@imr.no

Arne Duinker
duinker@nifes.no
Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning (NIFES)

Skjellene utfordrer det tradisjonelle kvalitetsbegrepet. De lever i pakt med svingningene i naturen, og varierer med årstid og område. I fiskeoppdrett vil vi alltid forsøke å standardisere kvaliteten og jevne ut variasjonene. Vi kan styre kvaliteten med føring og lysstyring og oppnå en relativt stabil, årstidsuavhengig produksjon. I skjell dyrkingen må vi tenke annerledes.

Sjømat i pakt med naturens svingninger

Skjell er sesongvare, på samme måte som for eksempel krabbe. Forbrukerne må derfor bli vant til at det er høysesong og lavsesong for skjell. Årstidsvariasjonene handler om skjellenes naturlige tilpasning til naturens sykler, hvor oppblomstringen av alger om våren er den viktigste. Da har de et overskudd av føde, kan investere energi i å bygge opp kjønnsprodukter og gyte.

Med gytingen forsvinner mye av skjellmaten, og vi sitter tilbake med et – bokstavelig talt – magert produkt. Gytesesong er lavsesong. I både Nederland og Danmark stenges blåskjellhøstingen derfor i flere måneder rundt gytingen. I Norge kan vi imidlertid utnytte forskjeller i gyteperioder langs kysten til å gjøre lavsesongen så kort som mulig. For blåskjell gjøres det en

del for å tilpasse høstingen til de lokale årstidsvariasjonene.

Filtrererne “blir det de spiser”

Skjell filtrerer føden sin fra vannmassene. For å få til en optimal produksjon av skjell er det helt sentralt å plassere skjell- dyrkingsanleggene på steder hvor det er tilstrekkelig med fødetilgang, og her er både algetetthet og strømstyrke viktige stikkord. Som beskrevet i avsnittet om blåskjell, er det også avgjørende at plassering og orientering er strategisk i forhold til strømretning, og at utformingen av anleggene sikrer god vanntilførsel til hele skjellbiomassen. Hvis skjellene ikke får nok fødepartikler tilført, går det naturligvis ut over kvaliteten.

I tillegg til nok føde, må skjellene ha rett føde. Sett fra et forbrukerståsted betyr dette i hovedsak at de ikke må få tilført giftige alger, virus og bakterier som forårsaker matforgiftning. Det er derfor svært viktig å ta hensyn til de vannhygieniske forholdene når man skal finne en egnet lokalisering for skjellanlegg.

Geografiske forskjeller i kvalitet på skjellene er sannsynligvis et resultat av mange faktorer, som vannkjemi, fødemengde, fødetype, veksthastighet, kjønnsmodning, gytestrategier osv. En av de enkeltfaktorene som vi vet spiller inn på skjellenes smaksbilde er saltholdigheten på vannet.

Effekten av vannets saltholdighet

Skjell som er oppbevart i forskjellige vannkilder smaker ulikt – selv når de kommer fra samme sted og er tilberedt på samme måte. Årsaken finner vi ved å kombinere kunnskap om skjellenes osmoregulering (regulering av saltbalanse) med kunnskap om smakskomponenter i sjømat. Skjell er såkalte osmokonforme dyr, det vil si at de regulerer osmolariteten i vevet til å tilsvare vannet de lever i. Saltet i sjøvannet har i seg selv trolig lite med smaksendringen å gjøre, ettersom innholdet av kloridioner i vevet ikke endres nevneverdig med variasjoner i saltholdighet i vannet. Skjellene bruker imidlertid frie aminosyrer til å regulere “saltholdigheten” i vevet. Ved lav saltholdighet inneholder de lite av de velsmakende frie aminosyrene, mens innholdet og smaken øker med økende saltholdighet i vannet!

Japanske forskere har tatt for seg syntetiske ekstrakter som simulerer smaks-komponenter i sjømat, og lagt til og fjernet enkeltkomponenter for å se hvilken rolle de har i smaksbildet. Det viser seg at opplagsnæring i form av glykogen i seg selv er smakløst, men det bidrar til å gi skjellma-

Figur 3.7.2.1

En gryte med nydampede blåskjell, et syn for øyet og godt for ganen. Skjellene på bildet er akkurat passe fulle, store og pene, verken mer eller mindre, slik vi ønsker å se dem hver gang vi kjøper dem.

A portion of fresh, steamed mussels, as we wish to see it – each time we buy mussels; full of meat, large, delicate and with a rich taste!



Foto: Arne Duinker

Foto: Stein Mortensen

**Figur 3.7.2.2**

En fransk stillehavsøsters etter en periode med såkalt "affinage" i et basseng i Marennes. Østersen får grønne gjeller på grunn av pigmenter fra algen *Navicula ostrearia*, en fylldig smak – og dobbel pris!

*A french pacific oyster after a period of so-called "affinage" in a pond in Marennes. The oyster gets green gills from feeding upon the algae *Navicula ostrearia*, a delicate, round taste – and twice the price of the ordinary quality oysters.*

ten en bedre smaksfylde. Intakte proteiner har også lite smak. Størst effekt på smaken har imidlertid byggesteinene i proteinene, de frie aminosyrene. De forskjellige aminosyrene har ulike nyanser av surt, søtt, bittert og salt, og i tillegg en smaksforsterkende effekt som japanerne kaller "umami". Den siste kjenner vi eksempelvis fra smaksforsterkeren glutamat, som brukes i en rekke krydderblandinger. Fett er det stort sett lite av i skjell, men selv i fett er det smakskomponenter som kan vaskes ut med vann, og de vannløselige frie aminosyrene spiller trolig en rolle også her.

Livsnødvendig med raske endringer

Studier av mekanismene i denne osmoreguleringen hos blåskjell og andre skjellarter har vist at reguleringen med frie aminosyrer skjer raskt, noe som er nødvendig for at skjellene skal overleve. Allerede etter noen timer er forandringene store, og stabile nivåer oppnår en etter ett til to døgn.

Skjell som dyrkes langs kysten vår vil oppleve svært ulike saltholdigheter, fra innerst til ytterst i fjordene, i en gradient fra over-

flaten og nedover, og mellom perioder med mye og lite nedbør eller smeltevann. Resultatet blir store variasjoner i smak. Vi har testet dette ut ved å sette et parti blåskjell i vann med ulike saltholdigheter to døgn før tilberedning, med det klare resultatet at 135 av 140 testpersoner foretrakk skjellene fra vann med høy saltholdighet. Skjell fra Limfjorden i Danmark som vi har smakt på har en svært tam smak, noe som nok henger sammen med den lave saltholdigheten i fjorden. I dette området har man heller ikke lett tilgjengelig dypvann, noe våre dype fjorder ofte har nok av like under anleggene. Her har vi i Norge et klart konkurransefortrinn.

Sluttbehandling av skjell før salg

Når vi har lært litt om hvordan miljøet påvirker skjellenes kvalitet, kan vi starte med å styre produksjonen mot en ønsket kvalitet. Sluttbehandling av skjell før de går til markedet er et kjent fenomen. Franskmennene har gjort dette i århundrer, ved at østersen holdes i spesielle bassenger de siste ukene før salg. Spesielle alger og andre forhold ved vannet i bassengene gir både spesiell farge og god smak, noe som

gir dyrkerne rett til å klassifisere østersen i klassene "fines de claire" og "speciales de claire" (Figur 3.7.2.2). Disse østersene oppnår en betydelig høyere pris enn de som kommer direkte fra dyrkingsfeltene.

Mulighetene er tilstede for at norske blåskjellprodusenter kan øke smaken av blåskjell etter at de tas inn på mottaksanlegg, ved at skjellene holdes i dypvann før de pakkes og sendes til markedet. Like viktig som å øke smaken på blåskjellene er det å kvalitetssikre den. I perioder med mye ferskvannsavrenning og tykke brakkvannslag i fjordene vil skjellene som høstes smake langt mindre enn ellers, og kundene vil oppleve dette som varierende kvalitet. Behandling med dypvann bør derfor være en viktig del av kvalitetssikringen på et mottaksanlegg. Samtidig vil det være naturlig for de fleste mottaksanlegg å bruke nettopp dypvann, siden dette er rent og fritt for giftalger. For østers kan det være en aktuell modell å bruke særlig egnede oppsamlingslokaliteter for å oppnå homogen kvalitet på partier som er sammensatt av østers fra forskjellige steder.

Factors influencing the quality of bivalves

The environment strongly influences the quality of bivalves. The amount of available food varies throughout the year, and the bivalves are adapted to seasonal changes. The build-up of storage energy influences both the meat content and taste of the bivalves, and spawning reduces the quality to a low level during spring and summer. In addition to these regular seasonal changes, dense populations may

suffer starvation, resulting in low quality. Bivalves may also be spoiled by environmental contaminations and accumulation of toxins from the filtration of toxic microalgae. The salinity of the water is one single factor which influences taste. We have tested this in blue mussels. The effect is not due to the salt itself, but an effect of the bivalves' osmoregulation. Many bivalves have the ability of rapidly adapting to salinity chang-

es. This is done by adjusting the level of free amino acids in the body fluid. These amino acids are important taste components. Mussels harvested from salty water thus have more taste than those harvested from brackish water. Use of deep-water before marketing may improve the quality of the mussels, and represents an example of the possibilities we have to enhance and standardise quality before sale.

3.7.3 Havbeite – i pakt med naturen?

Hva vil det si for kystmiljøet vårt at det drives havbeite med kamskjell og hummer? Den nye havbeiteloven gir muligheter til å utvikle en næring uten uønskede virkninger på miljøet. Havforskningsinstituttet har identifisert potensielle effekter, og har startet arbeidet med å fremskaffe nødvendig kunnskap for å kunne gi råd til forvaltningen på best mulig måte.

Ann-Lisbeth Agnalt

ann-lisbeth.agnalt@imr.no

Øivind Strand

oivind.strand@imr.no

Knut Erik Jørstad

knut.jorstad@imr.no

Stein Mortensen

stein.mortensen@imr.no

I 2005 ble det tildelt konsesjoner for havbeite med stort kamskjell (*Pecten maximus*) og europeisk hummer (*Homarus gammarus*). Havbeitekonsesjoner for hummer er tildelt i fylkene Aust- og Vest-Agder og Sogn og Fjordane, mens det er tildelt konsesjoner for kamskjell i alle vestlandsfylkene og i Nordland. I areal varierer de omsøkte områdene fra 15 til 21 000 dekar.

Bærekraft forutsetter kunnskap

Havbeiteloven omfatter "utsetting og gjenfangst av krepsdyr, blautdyr og pigg-huder", og formålet er å bidra til å utvikle ny kystnæring innenfor rammen av en balansert og bærekraftig utvikling. Det er satt klare mål om oppbygging av kompetanse og kunnskap om virkninger av havbeiteaktiviteter på miljø og bæreevne, genetiske interaksjoner med ville bestander, sykdomsrisiko og økologiske effekter. Kunnskapen må styrkes innenfor alle disse områdene for å kunne møte de spørsmål og krav om råd som vil komme fra forvaltningen. Det vil også være en forutsetning for å kunne oppfylle lovens formål om "...å bidra til at havbeite kan få ei balansert og bærekraftig utvikling og bli ei lønsom kystnæring."

For å realisere det økonomiske potensialet som ligger i en fremtidig havbeitenæring, og samtidig oppfylle intensjonene i lov om havbeite med hensyn til miljøet, har Havforskningsinstituttet på oppdrag fra Fiskeri- og kystdepartementet foreslått forskningsområder og en plan for oppfølging av havbeitevirksomheter. Dette er nødvendig for å kunne etablere et godt kunnskapsnivå for utvikling av en forsvarlig havbeitenæring. Forskningsområdene gjenspeiler også problemstillinger og spørsmål som myndighetene har rettet til Havforskningsinstituttet i forbindelse med behandlinger av søknader.

Forskningsområdene er:

- Studere endring av artssammensetning og diversitet i havbeiteområder som følge av utsettingstetthet og eksponeringstid.
- Studere lokaliteters bæreevne vurdert i forhold til utsettingstetthet, utforming av lokalitet og lokalitetens fysiske og

biologiske egenskaper. Hvilke tettheter påvirker overlevelsessevne og vekst til utsettingsdyrene?

- Beskrive helsestatus for de aktuelle havbeiteorganismene og etablere en modell for forebyggende helsearbeid, sykdomskontroll og sykdomsbekjempelse knyttet til både yngelproduksjon og utsatte havbeitedyr.
- Studere hvilke (biologiske og fysiske) egenskaper (genetikk, atferd, predasjon og morfologi) i utsettingsfasen som påvirker overlevelse og vekst.
- Kartlegge genprofiler på lokale stammer i utsettingsområdet.
- Kartlegge genprofiler på stamdyr brukt i havbeite.
- Studere genetisk interaksjon mellom havbeitestammer og lokale bestander.

Målrettet forskningsinnsats

I 2005 ble det igangsatt forskning som kan bidra til å avklare eventuelle langtidseffekter av havbeite med hummer på sammensetning av områdets fauna og hummerbestandens genetiske struktur. For kamskjell skal det utvikles genetiske analyser for fremtidige studier. Pågående forskning på sykdomsoverføring mellom fisk-skjell-fisk er meget relevant for utvikling av modeller for sykdomskontroll i havbeite. Videre er det startet undersøkelser for å avklare hvordan inngjerdet havbeite med kamskjell påvirker bunnfaunaen.

Vi vil i 2006 sette i gang studier av bæreevnen til kamskjell og hummer i havbeite. Det er viktig å vite hvor mange dyr som kan settes ut/såes på bunnen i forhold til overlevelse, vekst og ikke minst, mulig lekkasje til nærliggende områder. Det skal utvikles modellverktøy for fødeopptak og vekst hos skjell som kan bli et viktig redskap i å bedre vår forståelse for hvordan miljøet påvirker produksjonskapasiteten og hvordan havbeite med kamskjell best kan lokaliseres.

I havbeite med kamskjell blir taskekrabbe – som er et rovdyr på kamskjell – hindret tilkomst til kamskjellene ved bruk av gjerder på bunn som omkranser området. Gjerdene er om lag 50 cm høye og kan være bygget av plater som står i en betongfot, eller av presenning som holdes oppreist av flottører og synkere. Med bakgrunn i gjerdets stengsel for fauna som beveger seg langs bunnen og høy tetthet av kamskjell i inngjerdingen, er det reist spørsmål om hvordan inngjerdet havbeite påvirker bunnfaunaen.

Havforskningsinstituttet har undersøkt bunnfauna i et 2 dekar stort anlegg som

Figur 3.7.3.1

Stort kamskjell (*Pecten maximus*) og europeisk hummer (*Homarus gammarus*) og deres ulike valg av vekstområder. *Great scallop (Pecten maximus) and European lobster (Homarus gammarus) in their natural habitats.*

Foto: E. Helland

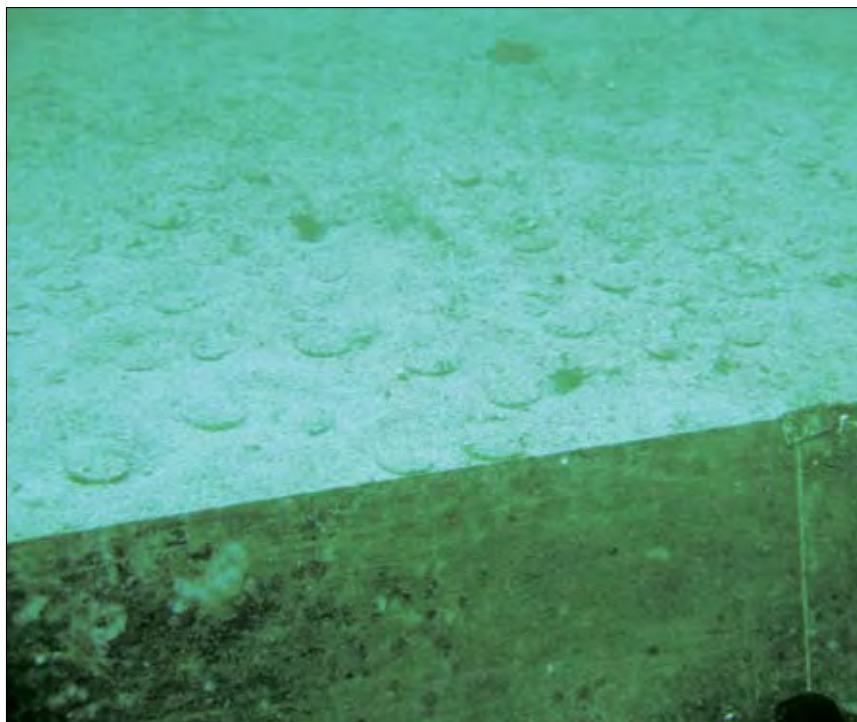


Foto: E. Farestveit

har vært i drift i fem år. Høy overlevelse av kamskjell og kartlegging av rovdyr er godt dokumentert, og i 2005 hadde anlegget høsteklare kamskjell i tettheter som er vesentlig høyere (opptil 20–25 m²) enn det som forventes å være bæreevnen for havbeite med kamskjell (5–10 m²). Dette har gitt oss en unik mulighet til å gjennomføre undersøkelser av økologiske effekter av havbeite, i et anlegg som trolig er representativt for storskala havbeite og som har høyere tetthet (påvirkning) enn det som forventes i fremtidig drift. I havbeitevirksomheter som er tildelt konsesjoner i 2005 kan slike undersøkelser tidligst utføres om tre–fire år. Vi har undersøkt makrofauna (dyr større enn 0.5 mm) ved hjelp av grabb, ejetorsug, fiske med ruser og teiner og registreringer med dykking. Foreløpig er det ikke påvist alvorlig negativ påvirkning av inngjerdet havbeite på bunnfauna i området.

Reproduksjonssyklus og skallvekststrategi hos stort kamskjell varierer betydelig langs kysten. Modningsperiode og gytetidspunkt hos kamskjell fra bestander i Trøndelag og nordover, viser klare forskjeller sammenlignet med kamskjell på Vestlandet. Stamdyr fra Trøndelag som er overført til klekkeriet i Hordaland ser ut til å holde på sin naturlige syklus. Dette tyder på at en genetisk komponent bestemmer forskjeller i reproduksjonssyklus. Det er imidlertid så langt ikke funnet genetiske forskjeller mellom bestander fra disse områdene. I 2005 startet vi arbeidet med å utvikle analyseverktøy (mikrosatellitter) som er vesentlig for det videre arbeidet.

Havforskningsinstituttet har en kontinuerlig forskningsaktivitet på smittespredning. Denne aktiviteten har et klart fokus på mulig smitte mellom oppdrettede og ville organismer, og er relevant i forbindelse med risikovurderinger også i havbeitesammenheng. En oppfølging av havbeiteaktiviteten på hummer og kamskjell vil imidlertid kreve en ny og mer fokusert modell for kompetanseheving, overvåking, kartlegging og forskning på sykdom på nettopp disse to artene.

Den foreslåtte planen for oppfølging av havbeitevirksomhet består i innsamling

av materiale og data fra havbeitevirksomhet, tilstandsundersøkelser og forskning utført hos, eller i samarbeid med et utvalg virksomheter. Forskningsaktivitet pågår kontinuerlig mens innsamling og tilstandsundersøkelser utføres i avgrensede perioder. Aktiviteten skal sikre materiale og data som skal være tilgjengelig for pågående forskning, og som i fremtiden vil bli anvendt som basismateriale for evaluering av økologiske effekter av havbeite.

En realisering av forslagene til forskning og oppfølging av havbeitevirksomheter vil etter vår oppfatning gi oss muligheter til å utvikle en næring uten uønskede virkninger på miljøet.

Scallops and lobsters in sea ranching

How will sea ranching of scallops and lobsters influence our coastal environment? The new Sea Ranching Act offers the prospect to develop an industry free of undesirable impact on the environment. The Institute of Marine Research in Norway has identified potential impacts, and has commenced research to acquire the knowledge needed to provide the best possible advice to the authorities.

3.7.4 Kan vi øke bæreevnen for blåskjellproduksjon?

Norskekysten har et stort potensial for dyrking av blåskjell, men sammenlignet med land hvor det produseres svære kvanta av blåskjell har vi naturlig lave fødekonsentrasjoner i våre kyst- og fjordområder. Vi har derfor betydelige utfordringer i å drive skjell- dyrkning tilpasset bæreevnen, slik at kvaliteten på produktet kan bli best mulig. Havforskningsinstituttet har sett på hvordan vi kan øke bæreevnen på regional skala og hvordan vi best utnytter bæreevnen i blåskjellanlegg.

Tore Strohmeier

tore.strohmeier@imr.no

Jan Aure

jan.aure@imr.no

Øivind Strand

oivind.strand@imr.no

Hva er bæreevne?

Begrepet bæreevne brukes i ulike sammenhenger, men for blåskjelldyrkere er det den tettheten av skjell i anlegget som gir størst økonomisk utbytte ved høsting. Norskekysten har et stort potensial for dyrking av blåskjell, men vi har generelt lave algekonsentrasjoner sammenlignet med land hvor det produseres store kvanta av blåskjell, og det er begrenset tilgang på føde som setter rammebetingelsene for bæreevne til blåskjellanlegg. Vi har derfor betydelige utfordringer i å etablere produksjonen tilpasset bæreevnen slik at kvaliteten på produktet kan bli best mulig.

Fødetilgang til et blåskjellanlegg er lik produktet av algekonsentrasjon i området og vanntransport gjennom anlegget. Av dette følger det at hvis vi ønsker økt bæreevne, må vi enten øke fødekonsentrasjonen i omgivelsene eller vanntransporten (strøm) gjennom anlegget. En tilstrekkelig fødetilgang er avgjørende både for kvalitet og produksjonstid i et skjellanlegg. Dersom bæreevnen overskrides blir det for lite føde til skjellene, og matinnholdet i skjellene avtar. Begrenset fødetilgang vil også øke produksjonstiden, noe som gir økt påvekst av f.eks. rur på skjellene. Redusert matinnhold, økt produksjonstid og mer (større) påvekstorganismer gir lavere kvalitet og inntekt til blåskjelldyrkerne. Ved langvarig fødebegrensning stiger også risikoen for dødelighet i blåskjellanlegg. Dette viser at det er av stor betydning at vi

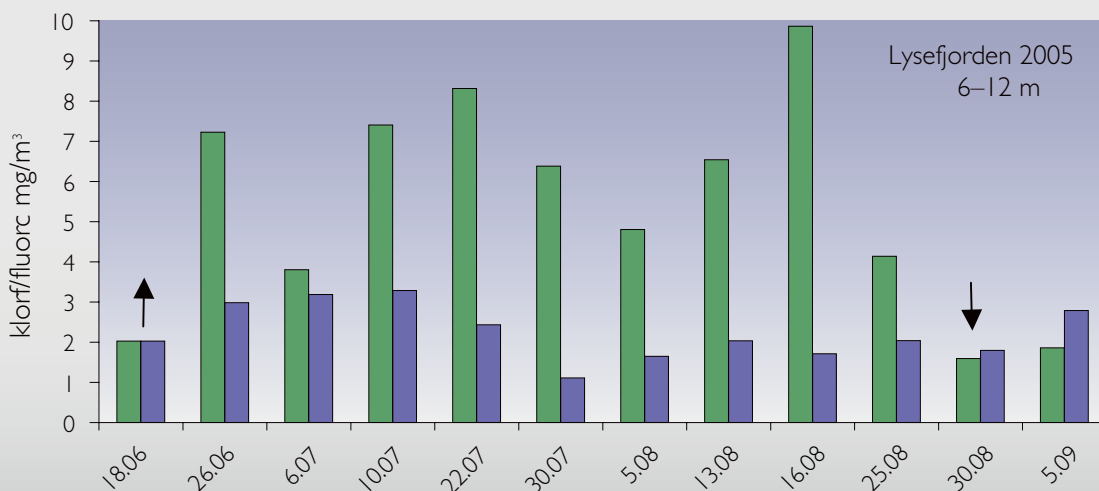
både øker kunnskapen om bæreevnen for blåskjellanlegg og formidler denne kunnskapen, slik at blåskjelldyrkerne i størst mulig grad kan produsere blåskjell av høy kvalitet og pris.

Variierende fødetilgang

Det er store variasjoner i fødetilgang til blåskjellanlegg, både i rom og tid. Selv om vi har begrenset informasjon om algekonsentrasjon langs norskekysten, vet vi at det er store regionale forskjeller. Generelt er det høyere algekonsentrasjoner i Skagerrak sammenlignet med vestlandskysten. Det kan også være store lokale variasjoner innenfor en fjord, hvor både algeproduksjon, vannets lagdeling og strømforhold er avgjørende for utbredelse og konsentrasjon av planktonalger. Vi har dessuten en utpreget sesongvariasjon med oppblomstring av planktonalger tidlig om våren og tidvis om høsten, mens det om sommeren er lave algekonsentrasjoner. De store variasjonene både i algekonsentrasjoner og fysiske forhold i tid og rom tilsier at disse forholdene bør kartlegges for at blåskjellanlegg kan tilpasses lokal bæreevne og miljøforhold.

Det er hensiktsmessig å skille mellom bæreevne på regional skala og for skjellanlegg. Med regional bæreevne mener vi den totale mengden blåskjell som kan produseres for eksempel innenfor en fjord. Den regionale bæreevnen er bestemt av algeproduksjonen. I praksis vil blåskjellene kunne ta ut maksimalt 10–15 % av algeproduksjonen i en fjord. Ut fra en typisk norsk fjord vil den teoretiske bæreevne være om lag 100 tonn per km² fjordareal. Avhengig av hvor skjellene fordeles i fjorden (vertikalt og horisontalt) er trolig den praktiske bæreevne ca. halvparten, dvs. om lag 50 tonn per km². I et typisk anlegg

Figur 3.7.4.1
Integrert biomasse av alger (chl *a* mg/m³) innenfor (grønne søyler) og utenfor (blå søyler) influensområder med kunstig oppstrømning. Oppstrømningen startet den 18. juni og ble avsluttet den 30. august. *Integrated biomass of phytoplankton (chl *a* mg/m³) within (green bars) and outside (blue bars) the influence area of the artificial upwelling. The artificial upwelling started on 18 June and ended on 30 August.*



Figur 3.7.4.2

Skjellanlegg med høy tetthet overstiger vanligvis bæreevnen under norske forhold.
Mussel farms with high stocking density usually exceed the carrying capacity under Norwegian conditions.

Foto: Øivind Strand



er det 10 til 30 millioner skjell som konkurrerer om føden, og bæreevne i et skjellanlegg handler om å sikre alle skjellene en jevn og tilstrekkelig tilførsel av føde (Figur 3.7.4.2).

Kan vi øke bæreevnen?

Havforskningsinstituttet undersøker hvordan vi kan øke bæreevnen og redusere eventuelle problemer med giftalger i regional skala, og hvordan vi best kan utnytte bæreevne i blåskjellanlegg. Etter våroppblomstringen i kyst- og fjordområdene vil algeproduksjonen være meget variabel grunnet tidsavgrenset vindindusert oppblanding av næringsalter fra dypere vannlag. Storstilt oppstrømning av næringsrikt dypvann i kystnære områder kalles “upwelling” og er grunnlaget for blant annet de mest produktive skjelldyrkingsområdene i verden. Både oppblanding og “upwelling” av næringsalter til produksjonslaget er imidlertid helt avhengig av vindforholdene. Da vindforholdene er forholdsvis moderate i sommerhalvåret, har vi fokusert på å benytte kunstig oppstrømning av næringsrikt dypvann i et fjordområde for sikre en økt og mer stabil algeproduksjon som mat for blåskjell (se Kyst og havbruk, 2005).

Resultater fra 2003–2005 viser at vi ved bruk av denne metoden har minst tredoblet bæreevnen for blåskjell (Figur 3.7.4.1) innenfor et influensområde på ca. 10 km². I et område med kunstig oppstrømning vil også algekonsentrasjonene være høyere og mer stabile enn under naturlige forhold. Dette vil sikre en mer forutsigbar fødetilgang til blåskjellanlegg ved langt større variasjon i vind- og strømforhold. Bæreevnen for blåskjellanlegg i et område med kunstig oppstrømning vil derfor kunne øke mer enn den regionale bæreevnen, dvs. fire–fem ganger naturlig bæreevne. Basert på tidligere forsøk i mindre skala og modellsimulering kan det også forventes at sammensetningen av de tilførte næringsstoffene fra dypet av fjorden vil favorisere produksjon av alger som ikke gir giftige skjell. Slik kan fjordområder med kunstig oppstrømning også kunne benyttes til å redusere giftproblematikken for blåskjellnæringen.

Nøkkelord: Lokalisering og utforming

I et blåskjellanlegg kan vi øke utnyttelsen av fødetilgangen. Ved en gitt naturlig

fødetilgang har vi vist at bæreevnen for et skjellanlegg er betydelig påvirket av anleggets utforming. Til å beregne et skjellanleggs optimale bæreevne har vi utviklet en modell som beregner maksimal biomasse i et blåskjellanlegg når lokale strøm- og algeforhold er kjente (se Havbruksrapport, 2003). Modellen er testet mot observasjoner i blåskjellanlegg, og det er god overensstemmelse med modellert bæreevne og matinnholdet i skjell. Modellen er brukt til å gi råd om utforming og planlegging av skjellanlegg både i Norge og i utlandet. Siden den naturlige fødetilgangen til et blåskjellanlegg varierer mye, og for at beregningene skal være realistiske, er det derfor avgjørende at algekonsentrasjoner og strømforhold observeres før det etableres skjellanlegg. Målingene bør fange opp de naturlige variasjonene i algekonsentrasjonene og ha en varighet fra tidlig vår til sen høst. Strømmålinger bør ha en varighet på minst en måned, avhengig av lokale forhold.

Dette viser at riktig lokalisering og utforming av blåskjellanlegg gir muligheter for en økning av bæreevnen. I fjordområder kan kunstig oppstrømning av næringsrikt dypvann øke algeproduksjonen, som igjen er grunnlag for høyere bæreevne, både regionalt og for det enkelte skjellanlegg. Fjordområder med kunstig oppstrømning vil også kunne benyttes til å redusere giftproblematikken for blåskjellnæringen. En kombinasjon av en riktig utforming og lokalisering av anlegg i et område med kunstig oppstrømning vil kunne gi en betydelig økning av bæreevnen i blåskjellanlegg.

Enhancement of carrying capacity in shellfish farming

Norwegian coastal waters have a great potential for mussel farming. In comparison to other sites worldwide that produce a significant amount of mussels, concentrations of food (algae) are generally low in Norwegian coastal waters. These conditions influence on aspects of carrying capacity in bivalve culture and the possibilities to produce high quality mussels in Norway. Therefore, the Institute of Marine Research has looked into options of increasing carrying capacity on a regional scale and how we can optimise the use of available food in mussel culture. In 2004 and 2005 we have demonstrated a threefold increase in food concentration within a fjord environment (scale 10 km²) by artificial upwelling of nutrient rich deep water. It is also expected that the composition of the upwelled (supplied) nutrient will favour production of non-toxic algae. Thus, fjords with artificial upwelling may also be used to reduce the problems for the mussel industry associated with toxic algae. Within a mussel farm the consumption of available food should be maximised. To design or to adjust a mussel farm to the locations carrying capacity we have developed a model, which estimate mussel biomass according to the available food. The model shows good agreement with estimates of production and meat content variation in a mussel farm.