

Fisken og Havet, 1994

(Særnummer 3) ISSN 0071-5638

HAVBRUKSRAPPORTEN

1994

HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Januar 1994

INNHold

FORORD	5
1. INNLEDNING	6
2. AKVAKULTURSTATISTIKK	
2.1 Verdens akvakulturproduksjon	7
2.2 Akvakultur i Norge	8
2.2.1 Laksefisk	8
2.2.2 Marine arter	9
2.3 Sykdomssituasjonen	11
2.4 Antibiotikabruk	12
3. FORSKNINGEN INNEN SENTER FOR HAVBRUK	
3.1 Seksjon laksefisk - forskning for kyst-Norge	14
3.1.1 Styrte biologisk produksjon	14
3.1.2 Slaktekvalitet	19
3.1.3 Fordøyelsesenzymer trypsin TRP-2*92, en faktor for vekst hos laksefisk	23
3.2 Seksjon marine arter - forskning på lag med framtiden	27
3.3 Seksjon kulturbetinget fiske - det grønne alternativet	32
3.3.1 Havbeite torsk	32
3.3.2 Havbeite laks	37
3.3.3 Havbeite hummer	41
3.3.4 Kystbeite kamskjell	43
3.3.5 Populasjonsgenetiske undersøkelser	45
3.4 Seksjon helse-sykdom	49
3.4.1 Helserelatert forskning	50
3.4.2 Miljørelatert forskning	54
4. UTVALGTE EMNER	
4.1 Karotenoider - hva kan tilsettes i fôr til laks	58
4.2 Miljøvirkninger av antibakterielle midler i havbruk	63
4.3 Lakselus	74
4.4 Et næringsperspektiv på produksjon av kamskjell	82

FORORD

Denne rapporten er ment å gi et innblikk i den forskningen som skjer ved Havforskningsinstituttet Senter for havbruk. Ønsker du ytterligere opplysninger kan du ta kontakt med Senter for havbruk i Bergen eller en av senterets havbruksstasjoner. For å lette oversikten har vi gitt noen stikkord og kontaktperoner under.

Slaktekvalitet:

O. Torrissen, R. Christiansen

Styrt produksjon

T. Hansen (laksefisk), G.L. Taranger (laksefisk), J.C. Holm (marine arter), Ø. Karlsen (torsk), B. Norberg (marine arter), S. Tuene (laksefisk, kveite)

Fordøyelse og vekst

K. Torrissen, R. Moss

Sykdom/Helse

J. Glette, B. Hjeltnes, S. Mortensen (skjell), Ø. Bergh (fiskelarver), K. Boxaspen (lakselus, parasitter)

Miljøeffekter av havbruk

A. Ervik, P.K. Hansen, O. Samuelsen (antibiotika)

Reproduksjon

B. Norberg (hormonell regulering, stryking kveite), T.van der Meeren (gyting torsk), A.M. Jensen (gyting torsk), T. Hansen (laksefisk), G.L. Taranger (laksefisk).

Produksjon av marine fiskelarver

T.H. Næss (feilpigmentering, fôrorganismer), Ø. Karlsen (larvekvalitet), A. Jelmert (feilutvikling), A.M. Jensen, Kjell Naas (startfôring), T. Harboe (plommesekkfasen), A.B. Skiftesvik (larveatferd, startfôring), I. Opstad (startfôring, tilvenning formulert fôr), H.M. Otterå (torsk, tilvenning formulert fôr), I. Uglem (hummer), T.S. Kristiansen (torsk), S. Andersen (kamskjell), T. van der Meeren (poseteknikk, energibehov fiskelarver)

Havbeite

G. van der Meeren (hummer), T. Svåsand (torsk), T.S. Kristiansen (torsk), H. Otterå (torsk), K. Jørstad (hummer), Ø. Strand (kamskjell), M. Holm (laks), O.T. Skilbrei (laks).

Genetikk

K.E. Jørstad, G. Dahle, Ø. Skaala

Arbeidet med rapporten er blitt ledet av en redaksjonskomite bestående av T.Hansen (leder), J. Glette og A.M. Jensen.

1. INNLEDNING

Havforskningsinstituttets formålsparagraf er å skaffe fram ny kunnskap om marine ressurser som er viktige for fiske, fangst og havbruk. Utvikle teknologi og biologisk kunnskap som grunnlag for en rasjonell og fremtidsrettet fiskeri- og havbruksnæring. Instituttet skal gi råd til myndigheter og næring om forvaltning av havmiljø og våre marine ressurser. Instituttet skal også formidle forskningsresultater til fremme av fiskeri og havbruk og øvrige samfunnsinteresser. Den foreliggende havbruksrapporten er et ledd i denne kunnskapsformidling rettet mot havbruksinteresser.

Ved Senter for havbruk har vi prioritert forskning som grunnlag for en bærekraftig utvikling av norsk havbruksnæring og forvaltning basert på Norges naturgitte fortrinn. Dette er de bærende elementer innen senterets forskningsprogrammer, som har sitt fundament i økologiske og genetiske prinsipper. Forskningen er bygget opp etter disse prinsipper både i den næringsrelaterte og forvaltningsrelaterte del av aktiviteten.

I 1993 utførte Havforskningsinstituttet ved Senter for havbruk vel 100 årsverk innen havbruksforskning. Forskningsaktiviteten gjennomføres i tre større forskningsprogrammer: "Yngelproduksjon i havbruk", "Oppdrettsorganismer - vekst og kjønnsmodning" og "Havbeite", som er organsiert innenfor senterets fire seksjoner. Herunder hører havbruksstasjonene i Matre og Austevoll, samt feltstasjonene for yngelproduksjon av torsk i Parisvatnet i Øygarden og hummeranlegget på Kyrksæterøra i Sør-Trøndelag.

I den foreliggende havbruksrapporten har vi innledningsvis satt norsk havbruksnæring i et internasjonalt perspektiv samt gitt en kortfattet status over sykdomssituasjon og antibiotikabruken innen havbruksnæringen i Norge. Forskningsaktiviteten og sentrale resultater fra denne er presentert seksjonsvis, og vi har avslutningsvis fremhevet enkelte utvalgte emner fra senterets forskningsaktivitet.

2. AKVAKULTURSTATISTIKK

2.1 Verdens akvakulturproduksjon

Verdens totalproduksjon fra akvakultur (tabell 2.1) var i 1991 over 16 millioner tonn. Til sammenligning har det totale utbytte av verdens fiskerier ligget mellom 95 og 100 millioner tonn de siste årene (1991, 97 millioner tonn). Det ventes ikke at utbyttet fra fiskeriene skal kunne øke ytterligere.

Seks millioner tonn av akvakulturproduksjonen utgjøres av karpefisk alene. Produksjonen av karper forgår i ferskvann og hovedsakelig i Asia. Ni prosent av verdens totalproduksjon forgår i Europa. Til sammenligning produseres åtti prosent i Asia. Rundt 65% av verdensproduksjonen (planter ikke inkludert) foregår i ferskvann.

Tabell 2.1: En oversikt over verdens akvakulturproduksjon for 1991 (Tall fra FAO Fisheries Circular. No 815, Rev.5.Rome, FAO. 1993. 213p.

ORGANISME	MENGDE PRODUSERT (tonn)
Karper	6.000.000
Andre arter	2.741.283
Totalt fisk	8.741.283
Reker o.l	719.183
Andre krepsdyr	87.076
Totalt krepsdyr	806.260
Blåskjell o.l	1.089.561
Østers	900.745
Kamskjell	349.774
Sandskjell o.l	575.734
Andre bløtdyr	179.530
Totalt bløtdyr	3.095.345
Brunalger	2.674.520
Grønnalger	15.618
Rødalger	901.918
Andre vannplanter	312.352
Totalt planter	3.904.410
Annen akvakultur	32.493
Totalproduksjon	16.579.791

2.2 Akvakultur i Norge

2.2.1 Laksefisk

Akvakulturproduksjonen i Norge (Tabell 2.2) er helt dominert av laksefisk og da hovedsakelig laks. Etter (at det har vært) en stagnasjon i produksjonen siden 1990 fikk vi igjen en betydelig økning i produksjonen i 1993. 1993 ble på mange måter et meget spesielt år da produksjonsprognosene ble justert opp fra 140.000 tonn til over 170.000 tonn i løpet av året. Årsakene til dette kan være mange, men en viktig årsak er en dramatisk bedring i helsesituasjonen (se også 2.2.3 og 2.2.4). Denne produksjonsøkningen fører til at Norges andel av verdensproduksjonen av laksefisk også i 1993 vil ligge rundt 55% (tabell 2.3). Verdensproduksjonen av Atlanterhavslaks er for 1993 anslått til rundt 310.000 tonn.

Den norske produksjonen av regnbueaure vil i 1993 bli liggende rundt 8000 tonn. Mesteparten av denne produksjonen skjer i Hordaland. Produksjonen av røye vil sannsynligvis komme opp mot 350 tonn.

Også i smoltproduksjonen fikk vi en økning i 1993. De foreløpige anslagene antyder at rundt 63 millioner smolt ble satt i sjø. Det er interessant å merke seg at ca 4 millioner av disse var høstutsatt smolt. Det tilsvarende tallet for 1992 var en million og en venter at det vil bli produsert rundt 8 millioner høstsmolt i 1994. Denne utviklingen er nærmere kommentert under kapittel 3.1.

Tabell 2.2: Norges produksjon av laksefisk fordelt på år.

Data fra Statistisk Sentralbyrå og Norske Fiskeoppdretteres Forening.

År	Matfisk (tonn)			Smolt (millioner)	
	Laks	Aure	Røye	Laks	Aure
1980	4312	3668			
1981	8418	4624			
1982	10695	4627		8,1	3,9
1983	17017	5270		12,5	3,8
1984	22300	3636		15,9	5,2
1985	28694	5139		18,0	4,7
1986	45452	4288		24,4	6,1
1987	47198	8746		35,8	8,2
1988	80522	9352		67,7	3,0
1989	115433	3845	200	61,9	3,1
1990	158147	3528	200	53,4	2,9
1991	155000	5655	250	47,1	3,0
1992	130000	6000	300	51,0	3,4
1993*	171000	6000	350	63,0	

* Prognose

Tabell 2.3: Verdensproduksjonen av Atlanterhavslaks fordelt på land.

Data fra Havbrukskalenderen 1993 og 1994.

Land	1989	1990	1991	1992	1993*
Norge	115433	158147	155000	141000	171000
Canada	7145	9450	13073	17700	23500
Chile	1860	9513	13462	19964	28000
Færøyene	7600	12800	18000	16700	16500
Irland	5068	7170	8300	9400	10000
Storbritania	28553	32350	40593	38000	45000
USA	1882	2725	8480	8500	10500
Andre	2735	4973	5755	5635	6250
Totalt	169709	236925	262663	256899	310750
% NORGE	68	67	59	55	55

* prognoser

2.2.2 Marine arter

Produksjonen av marine fiskeslag ble i 1993 dominert av torsk, piggvar og kveite. Selv om interessen for torsk som oppdrettsart foreløpig er lav, ble det likevel produsert et betydelig antall yngel (tabell 2.4). Mesteparten av denne yngelen er beregnet for utsetting i sjø i forbindelse med havbeiteprogrammet. Produksjonsmetodene som ble benyttet i 1993, var i hovedsak ekstensiv pollproduksjon, men i 1993 ble torsk for første gang også produsert intensivt ved et kommersielt anlegg. Verdiene i tabell 2.4 for yngelproduksjon av torsk er regnet etter metamorfose/weaning. Det ble ikke produsert kjente mengder matfisk torsk fra oppdrettet yngel i 1993. Produksjonen fra villfanget yngel har ligget rundt 500 tonn siden 1990.

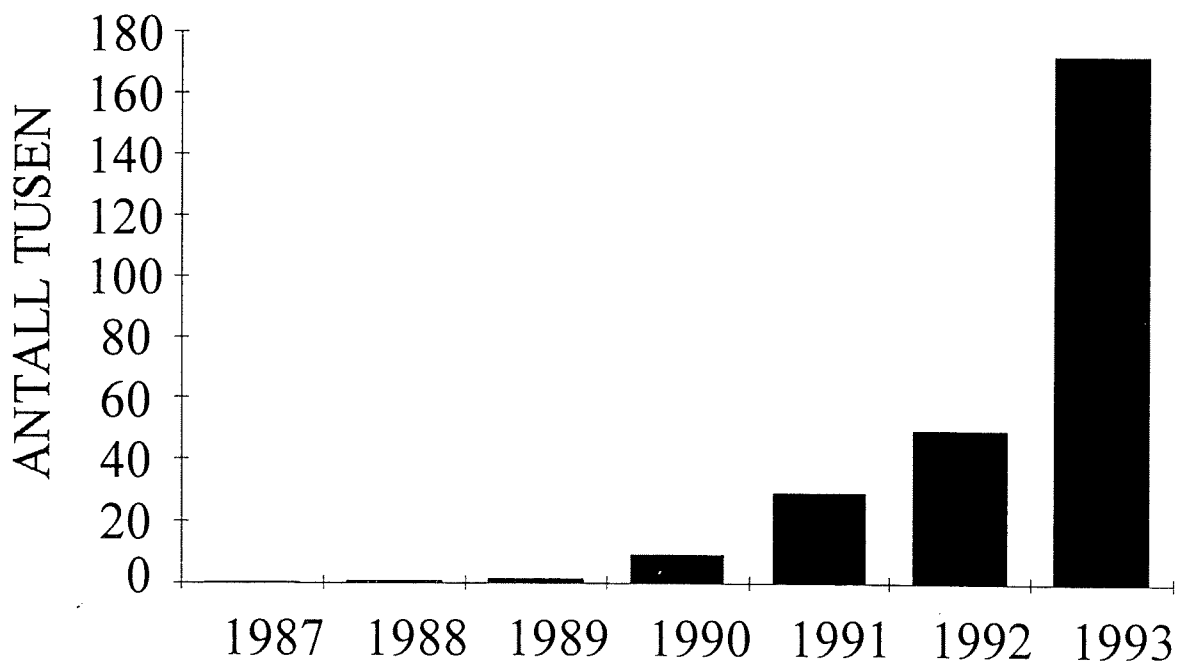
Tabell 2.4: Produksjonstall for marine fiskearter i 1993. (Matfisk fra oppdrettet yngel)

Art/Stadium	Matfisk (tonn)	Yngel (x1000)	Antall oppdrettere Matfisk/yngel
TORSK		270	0/5
PIGGVAR	10	350	1/1
KVEITE	9	172	1/7

Produksjon av piggvaryngel er fortsatt høy, selv om dette i 1993 kun ble produsert av én oppdretter. Produksjon av piggvaryngel skjer etter intensive metoder der alle miljøfaktorene kontrolleres, og byttedyrene dyrkes. Den samme produsenten hadde også en viss produksjon av matfisk. Mesteparten av den produserte piggvaryngelen blir imidlertid fortsatt eksportert til Spania, fordi denne arten krever temperert vann for å oppnå maksimal vekst.

Kveite blir ansett som den mest lovende av de marine fiskeartene for akvakultur. I 1993 ble det i Norge produsert i overkant av 170.000 yngel (Figur 2.1) fordelt på syv produsenter. Yngelproduksjon av kveite har i hovedsak blitt drevet etter semi-ekstensiv metoder i store nedsenkede poser. For å bedre stabiliteten av yngeltilgangen har utvikling av metoder for intensiv helårlig produksjon av kveiteyngel blitt et satsingsområde som det knyttes store forventninger til.

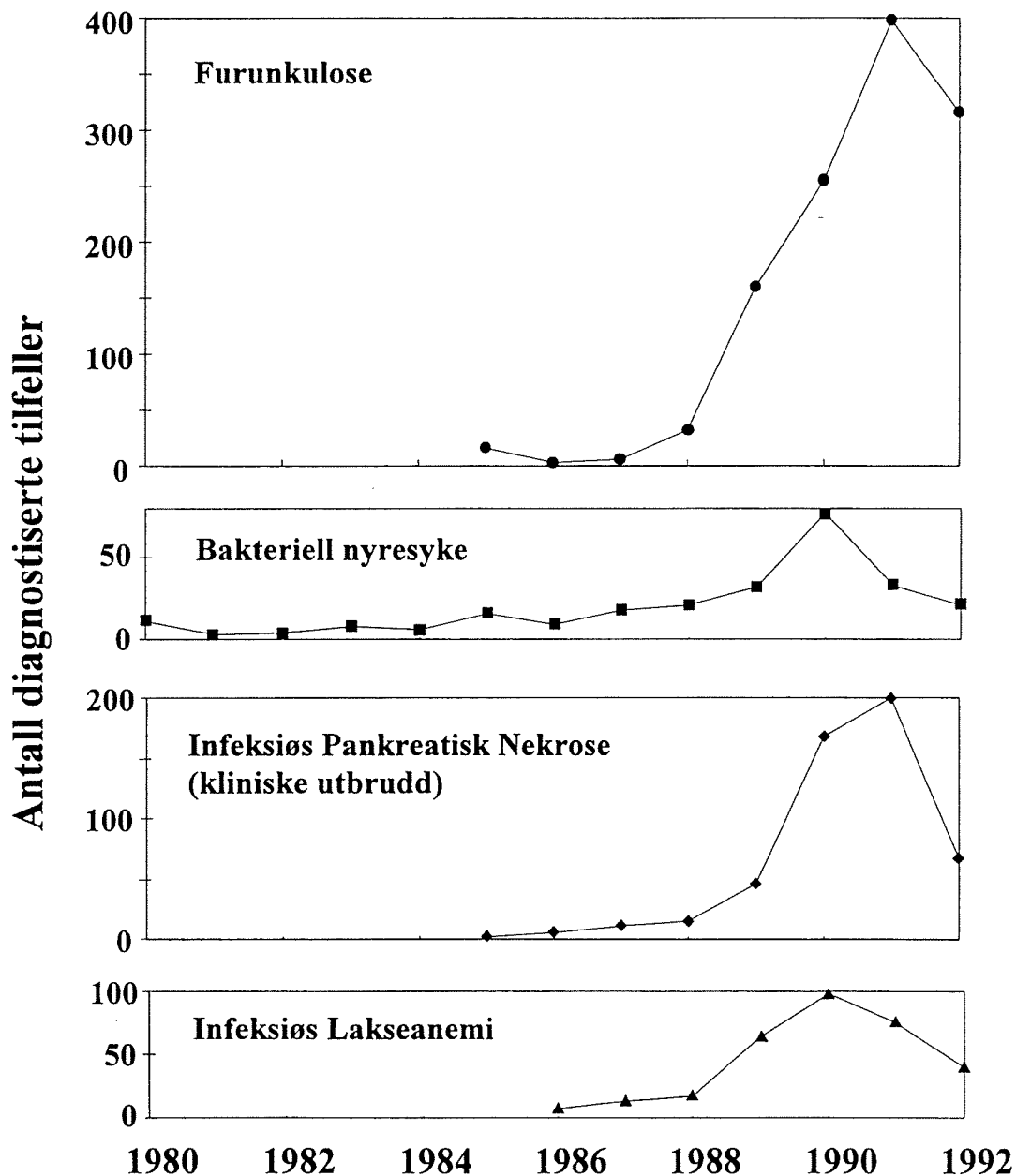
Av den kveiteyngelen som ble produsert i 1993 er hovedvekten fortsatt i de samme anleggene, og vil gå inn i produksjonen av matfisk. 1993 var det første året oppdrettet kveite var å finne på markedet. Totalt 9 tonn matfisk ble omsatt, og man venter at dette vil øke til ca 75 tonni 1994.



Figur 2.1. Produksjonen av kveiteyngel i Norge.

2.3 Sykdomssituasjonen

Som vist i figur 2.2 er det furunkulose, bakteriell nyresyke, infeksjøs pankreasnekrose og infeksjøs lakseanemi som dominerer sykdomssituasjonen i dag. For de aktuelle sykdommene økte antallet diagnostiserte tilfeller frem til 1990-91. I løpet av de siste to årene har antallet sykdomstilfeller gått ned.



Figur 2.2. Utviklingen for endel viktige fiske sykdommer i norske lakseoppdrett. Dataene er stilt til disposisjon av Tore Håstein, Veterinærinstituttet

Infeksiøs pankreasnekrose virus (IPNV) er det mest utbredte patogene agens. Sannsynligvis finnes dette viruset i alle norske lakseoppdrettsanlegg. Inntil 1988 var tap forårsaket av IPNV moderate. Siden den tid har antallet kliniske IPN-utbrudd økt, og i 1990 og 1991 har IPN forårsakt betydelige tap i en rekke anlegg. IPNV har vist seg å være patogent også for en del marine fiskearter, og høy dødelighet koblet til funn av IPNV er registrert i oppdrett av kveite og piggvar.

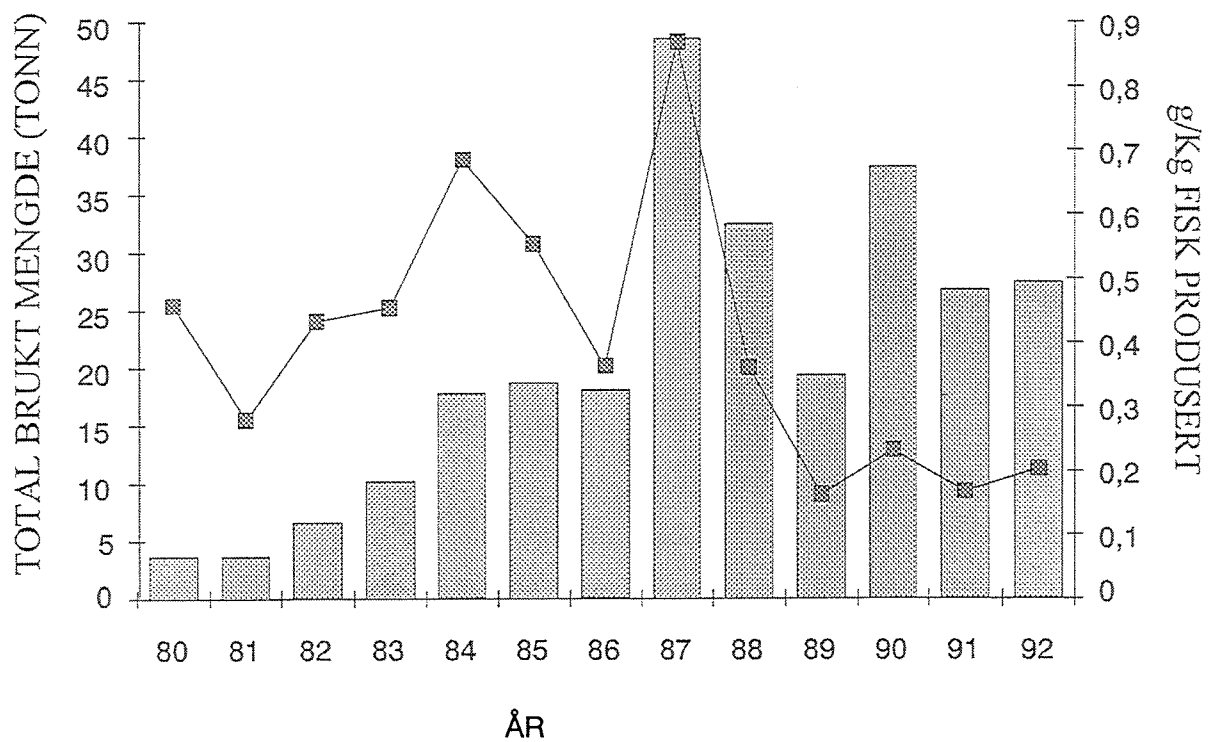
Furunkulose er forårsaket av bakterien *Aeromonas salmonicida*, og ble introdusert til Nord Trøndelag med importert skotsk smolt i 1985. Sykdommen har spredd seg langs kysten fra Troms til Rogaland. Der finnes ingen fullgod vaksine, og sykdommen har ofte et kronisk klinisk forløp i anleggene. Furunkulose er i dag en av de største truslene mot norsk lakseoppdrett.

I løpet av de siste årene har en "ny" sykdom, infeksiøs lakseanemi (ILA), forårsaket store tap i en rekke lakseoppdrettsanlegg. ILA ble påvist for første gang i Hordaland i 1984. På tross av omfattende forskning på ILA er agens fremdeles ikke identifisert. Det er sterke indikasjoner på at sykdommen er påvist av et virus. På grunn av ILA må all laks sløydes hvis den skal eksporteres til EU. Den foreløpige oversikt over sykdomssituasjonen for 1993 viser en betydelig bedring i forhold til de foregående år både når det gjelder ILA og furunkulose. Dette skyldes den nedslaktings- og brakkleggingsstrategi som er iverksatt ved sykdomsutbrudd. Det er heller ingen tvil om at en av årsakene til den bedrede furunkulosesituasjonen er mer effektive vaksiner.

2.4 Antibiotikabruk

Det er i den senere tid fokusert mye på bruken av medisiner og kjemikalier i oppdrettsammenheng. Vi har foreløpig begrenset kunnskap om mulige langtidseffekter forårsaket av spredning i miljøet.

Hittil har antibakterielle midler (figur 2.3) i hovedsak vært rettet mot kaldtvannsvibriose og furunkulose. Etter at vaksinen mot kaldtvannsvibriose ble tatt i bruk, falt forbruket av antibakterielle midler fra 0,69 gram per kilo fisk i 1984, til 0,36 gram per kilo fisk i 1986. På grunn av spredningen av furunkulose økte medisinbruken igjen frem mot 1987 (0,87 gram per kilo fisk), men har siden 1989 ligget relativt stabilt på omlag 0,2 gram per kilo fisk. Antibiotikaforbruket for 1993 ser ut til å ligge rundt 6 tonn. Dette er en drastisk reduksjon fra tidligere år og gjenspeiler en betydelig forbedring av helsesituasjonen i næringen.



Figur 2.3. Forbruket av antibakterielle midler i norsk havbruksnæring.
 Søylar: Totalforbruk, Kurve: Forbruk pr. kg fisk produsert

3. FORSKNINGEN INNEN SENTER FOR HAVBRUK

3.1. Seksjon laksefisk - forskning for kyst-Norge

Norsk havbruksnæring er oppdrett av laks, og i 1993 ble det eksportert laks og lakseprodukter for over 5 milliarder kr. Næringen har gjennomgått vanskelige år med lave priser, beskyldninger om dumpingsalg, anklager om ureglementert salg og til tider problem med å opprettholde ønsket kvalitet på fisken. Seksjon laksefisk prioriterer forskning som kan være med på å styrke lønnsomheten og konkurranseevnen i norsk oppdrettsnæring, samt redusere de negative effekter oppdrett av fisk har på miljø og vill fisk.

Matre havbruksstasjon er bygd opp og utrustet for å kunne drive en allsidig forskning på laksefisk på alle stadier fra rogn til stamfisk. Stasjonen har et stort antall fiskekar med tilgang til fersk- og sjøvann med forskjellig temperatur, merder og et godt utrustet laboratorium.

Seksjonen arbeider med forskningsoppgaver innen vekst og fôrutnyttelse, slaktekvalitet, smoltifisering og smoltkvalitet, kjønnsmodning, miljøeffekter av havbruk, laksefisks miljøkrav og ernæring. Innen ernæringsforskningen har vi et nært samarbeid med Fiskeridirektoratets ernæringsinstitutt, ellers samarbeider vi med nasjonale og internasjonale forskningsinstitusjoner.

Matre havbruksstasjon har utviklet konsept for å benytte lys og lysperiode-manipulering for å styre kjønnsmodning, smoltifisering og å stimulere vintervekst. Våre metoder får stadig større innpass i oppdrettsnæringen, og næringens tilbakemeldinger er svært positive. Klarlegging av samspillet mellom lypåvirkning, vekst og kvalitet på muskelen er en viktig arbeidsoppgave. Med kvalitet menes fasthet på fiskekjøttet, fettinnhold, skjolding og pigmentering.

Forbrukerne stiller stadig høyere krav til kvalitet på matvarer. Dette gjelder både produktenes sensoriske kvalitet, men også etiske problemstillinger som dyrs/fisks produksjonsbetingelser, helseaspekter og uønskede stoffer er av stor betydning for forbrukerne. Oppdrett av fisk gir større mulighet til å forme produktet ut fra forbrukernes ønske. Seksjon laksefisk har mulighet og kompetanse til å arbeide innen disse felt og vi ønsker å gifagfeltetprioritet.

3.1.1 Styrt biologisk produksjon

Frem til i dag har norsk lakseproduksjon vært lite fleksibel. På midten av 80-tallet ble omkring 2/3 av den smolten som ble produsert satt ut som ettårssmolt (16-18 mnd), resten ble satt ut som toårssmolt (28-30 mnd). På denne tiden var det underskudd både på rogn og smolt, og forskningsarbeidet var konsentrert om å øke overlevelsen og andelen av 1-årssmolt. Utsettingstidspunktet for denne smolten var konsentrert om månedene fra mai

til juli. Matfiskproduksjonen fulgte de naturlige årstidsvariasjoner i lys og temperatur noe som førte til at oppdrettere innenfor samme region leverte fisk av samme størrelse og kvalitet.

Mot slutten av 80-tallet hadde vi fått en overproduksjon av smolt. Samtidig var matfiskproduksjonen blitt mer effektiv bl.a gjennom bedre fôr og mer hurtigvoksende fisk. Dette førte til at produksjonstiden gikk ned og førte også med seg en økt interesse for å kunne sette ut smolt til andre tider enn det tradisjonelle vårutsettet. I 1987 startet derfor Havforskningsinstituttet opp arbeidet med å utvikle metoder for å gjøre lakseproduksjonen mer fleksibel og årstidsuavhengig. Siden den gang har vi utviklet metoder for produksjon av laksesmolt utenfor normal årstid og metoder for å styre fiskens vekst og kjønnsmodning ved hjelp av lys. Disse nye produksjonsmetodene vil gjøre både settefisk og matfiskproduksjonen mer fleksibel og vil dessuten senke produksjonskostnadene betydelig og dermed bidra til å styrke lønnsomheten i næringa. Under er det gitt en kort oversikt over status for disse to forskningsområdene.

Årstidsuavhengig smoltproduksjon

De tre kanskje viktigste faktorene i en produksjon av en vanlig ettårssmolt er fiskestørrelsen, at fisken får et "vintersignal" og at fisken får en vår. Også i en årstidsuavhengig smoltproduksjon er disse faktorene helt sentrale.

For at laksen skal smoltifisere normalt må den igjennom en periode med kort daglengde. Denne perioden kan vi kalle et "vintersignal" og dette signalet setter igang smoltifiseringsprosessen, forutsatt at fisken er stor nok. I all smoltproduksjon er det helt avgjørende at fisken er over 85 mm før dette signalet gies.

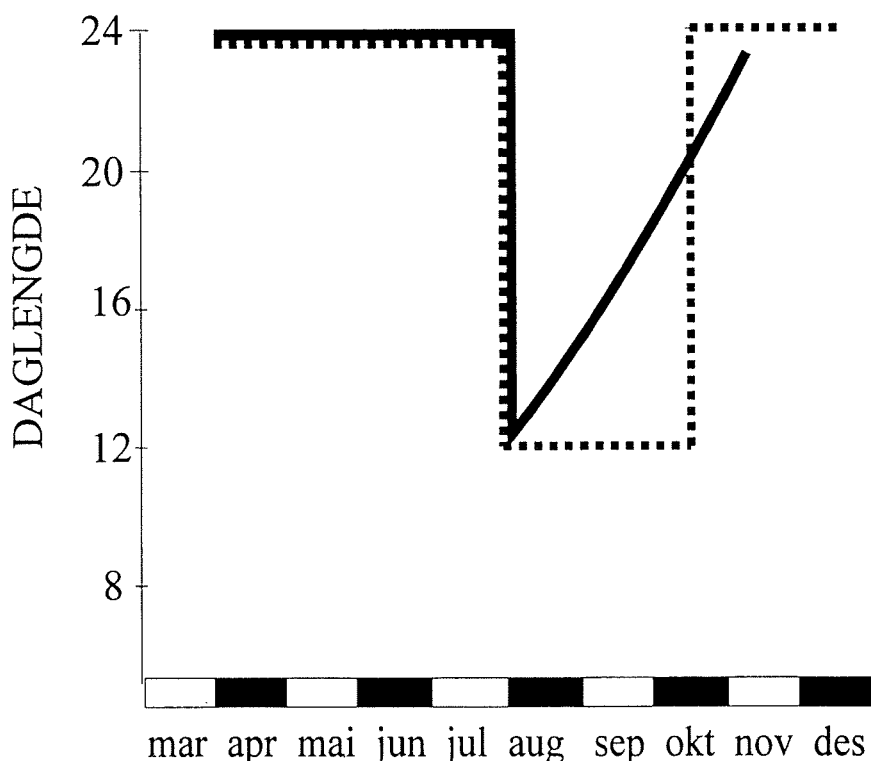
Tabell 3.1: Tidspunkt for sjøvannstoleranse når daglengden reduseres på ulike tidspunkt.

Daglengden redusert	Sjøvannstoleranse
15 juni	ca 1 oktober
1 august	ca 20 november
15 januar	ca 20 mai
15 mars	ca 15 juli

"Vintersignalet" kan gies på ulike måter. Figur 3.1 viser de lysperiodene som har gitt de beste resultatene. I den heltrukne linjen reduseres daglengden til 13t lys (tilsvarer 15. mars). Dag-lengden økes deretter til-svarende en naturlig vår. I den stiplede linjen reduseres dag-lengden til 12t og holdes der i 10 uker. Deretter settes fisken tilbake til kontinuerlig lys. I figuren reduseres daglengden den 1. august. Dette er bare et eksempel. Et slikt

"vintersignal" kan gies når som helst på året forutsatt at fisken er stor nok. Eksemplene i figur 3.1 ville gitt full sjøvannstoleranse på fisken rundt midten av november, altså ca 14 uker etter at daglengden ble redusert. Normalt sett regner vi med at en slik produksjon vil ta fra 14 til 18 uker fra daglengden reduseres.

Som nevnt over er tidspunktet for reduksjon i daglengde viktig fordi det er dette som bestemmer når fisken skal bli smolt. Dette kan vi benytte oss av for å produsere smolt utenfor normal årstid. Resultatene er oppsummert i tabell 3.1. Som en ser kan en produsere laks med sjøvannstoleranse allerede i månedskiftet september/oktober (halvtårssmolt). Skal en frem-skynde smoltifiseringen ytterligere må en flytte gytetidspunktet, og inkubere rogn og plommesekkengel ved høyere temperatur. På den annen side kan en forsinke den naturlige smoltifiseringen ved å holde fisken på kontinuerlig lys fram til midten av mars. Ved hjelp av lysstyring er det derfor mulig å produsere laksesmolt uavhengig av årstid.



Figur3.1. Anbefalte lysregimer for produksjon av høstsmolt. Daglengden er her redusert den 1 august

Bruk av tilleggsbelysning i matfiskproduksjonen

Det har i lang tid vært kjent at laksens vekst i ferskvann lett lar seg styre ved hjelp av lyset. I 1987 startet Havforskningsinstituttet, Matre Havbruksstasjon opp arbeidet med å kartlegge hvordan lyset påvirker laksen etter at den er satt ut i sjøen. Dette arbeidet var motivert ut fra ønsket om å øke vinterveksten og redusere problemene med tidlig kjønnsmodning. Arbeidet har vært drevet i samarbeid med Institutt for Fiskeri og Marinbiologi, Universitetet i Bergen. Forskningsresultatene er testet i kommersiell skala i samarbeid med Stolt Sea Farm A/S.

Forsøkene ved Matre Havbruksstasjon viste snart at en kunne øke veksten betydelig i matfiskproduksjonen ved å benytte kontinuerlig belysning. Resultatene var så positive at vi ønsket å gjennomføre en fullskala kommersiell utprøvingen av metodene. I tabell 3.2 har vi satt resultatene fra noen av de første forsøkene i Matre sammen med noen resultater fra den kommersielle utprøvingen. Som det går fram av disse resultatene har vi kunnet øke veksten både på ulike fiskestørrelser og til forskjellige tider av året.

Tabell 3.2. En del eksempler på produksjonsresultater som er oppnådd ved å bruke lys i matfiskproduksjonen.

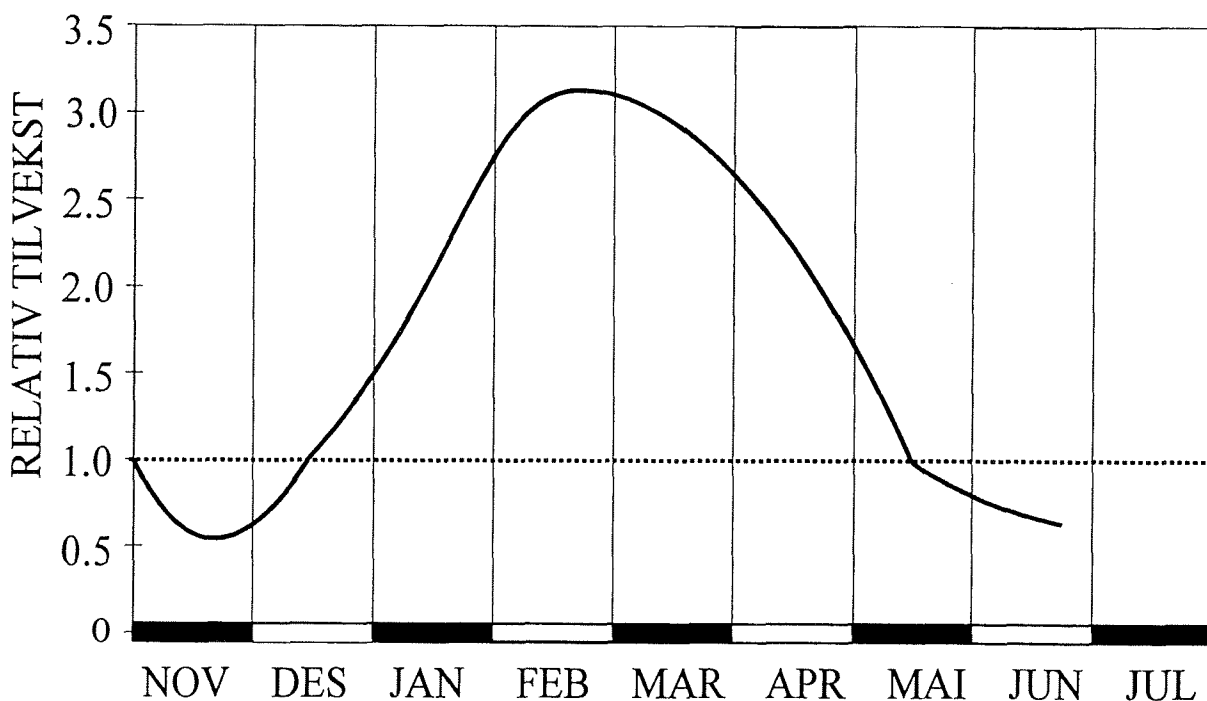
Sted,	Oppstart	Fiskevekt ved oppstart	Med lys Fiskevekt slakting	Uten lys Fiskevekt slakting	Slaktedato
Matre,	nov 87	1.3 kg	3.4 kg	2.9 kg	15 mai
Matre,	juli 90	2.2 kg	6.3 kg	5.0 kg	12 des
Matre,	nov 89	0.2 kg	1.1 kg	0.7 kg	15 mai
Skolmosen tank,	nov 90	1.1 kg	3.7 kg	2.9 kg	14 aug
Skolmosen merd,	nov 90	1.1 kg	3.9 kg	3.3 kg	8 sept
Hausneslaks A/S,	nov 92	1.3 kg	3.0 kg		21 mai
HausneslaksA/S,	nov 92	1.3 kg	3.4 kg		14 juni
HausneslaksA/S,	nov 92	1.3 kg		3.1 kg*	19 juli

* utsortert stor fisk (2/3 av bestanden)

Bruk av lys gir imidlertid ikke en generell vekstøkning. Lyset fører snarere til en forandring i fiskens vekstmønster. Denne forandringen i vekstmønster har vi funnet igjen i alle våre forsøk og i den kommersielle utprøvingen.

I figur 3.2 har vi illustrert hva som skjer når lyset blir slått på vinterstid. Som et eksempel har vi her vist en gruppe som får lys fra 1. november. I den første perioden etter at lyset er slått på, vokser fisken bare halvparten så raskt som fisken som går uten belysning. Deretter øker veksten enormt og er i en periode over tre ganger så høy som hos fisken som går uten belysning. Det samme vil skje hvis lyset blir slått på senere på

vinteren. Vekstøkningen er imidlertid størst når lyset blir satt på tidlig på vinteren. Figuren viser også at effekten varer fra seks til syv måneder etter at lyset er slått på. Deretter vil en fisk som går på naturlig lys begynne å ta innpå igjen. Lyset fører altså ikke til at fisken vokser bedre hele tiden. Snarere er det slik at en tar ut den gode veksten tidligere på året.



Figur 3.2. Tilvekst hos laks under ulike lysregimer i sjøen. Tilveksten til fisken under naturlig belysning har vi valgt å definere som 1.0 (Stiplet linje). Tilveksten til lysgruppen (heltrukket linje) er vist i forhold gruppen under naturlig belysning. Denne lysgruppen fikk tilleggslys fra 1 november. Omarbeidet etter Hans Peter Endal, 1993.

Lysbehandlingen førte også til en forbedring av fôrfaktoren, en reduksjon av kjønnsmodningsandelen og en høyere andel superiorfisk. Økningen i andel superior gjelder også hvis vi ser bort fra moden fisk. Lyset fører altså til at fisken blir generelt blankere.

Lyset har altså dramatiske effekter på både vekst og kjønnsmodning hos laks i sjøvannsfasen. Vi vet også at det er lyset som gir denne virkningen. I forsøk hvor vi har sammenlignet dagfôring med fôring hele døgnet har vi ikke kunnet påvise forskjeller mellom gruppene. Fisken vokser med andre ord godt fordi den har lang dag, ikke fordi den kan spise hele døgnet.

Vi vet imidlertid ikke sikkert hvorfor laksen vokser godt når den har lang dag. En mulig forklaring kan være at laksen fra naturens side har en tilpasning som gjør at appetitten er lav når dagen er kort. I laksens naturlige oppvekstområder er tilgangen på mat lav om vinteren. Det kan derfor synes som en fornuftig tilpasning om laksen skrur ned på appetitten i denne perioden istedet for å jakte. I et oppdrettsanlegg vil imidlertid en slik tilpasning være ufornuftig fordi mattilgangen er ubegrenset. Derfor vil en også kunne øke veksten ved å oppheve denne hemmingen.

3.1.2 Slaktekvalitet

Arbeidene innen slaktekvalitet hos laks har i hovedsak vært konsentrert om innfarging, fettavleiring og misfarging av laksekjøtt. Kjøttfargen er etter ferskhetsdet viktigste kvalitetskriteriet for laks. Fargen skyldes avleiring av stoffer som hører til en fellesgruppe som kalles carotenoider. Stoffene som brukes til innfarging av laksemuskel heter astaxanthin og canthaxanthin. Laks kan ikke selv produsere disse fargestoffene og de må derfor tilsettes fôret for at laks skal få den ønskede rødfargen. Størstedelen av fargestoffet som brukes i norsk oppdrett er syntetisk produsert, men naturlige pigmentkilder kan også benyttes.

Pigmentering hos laks

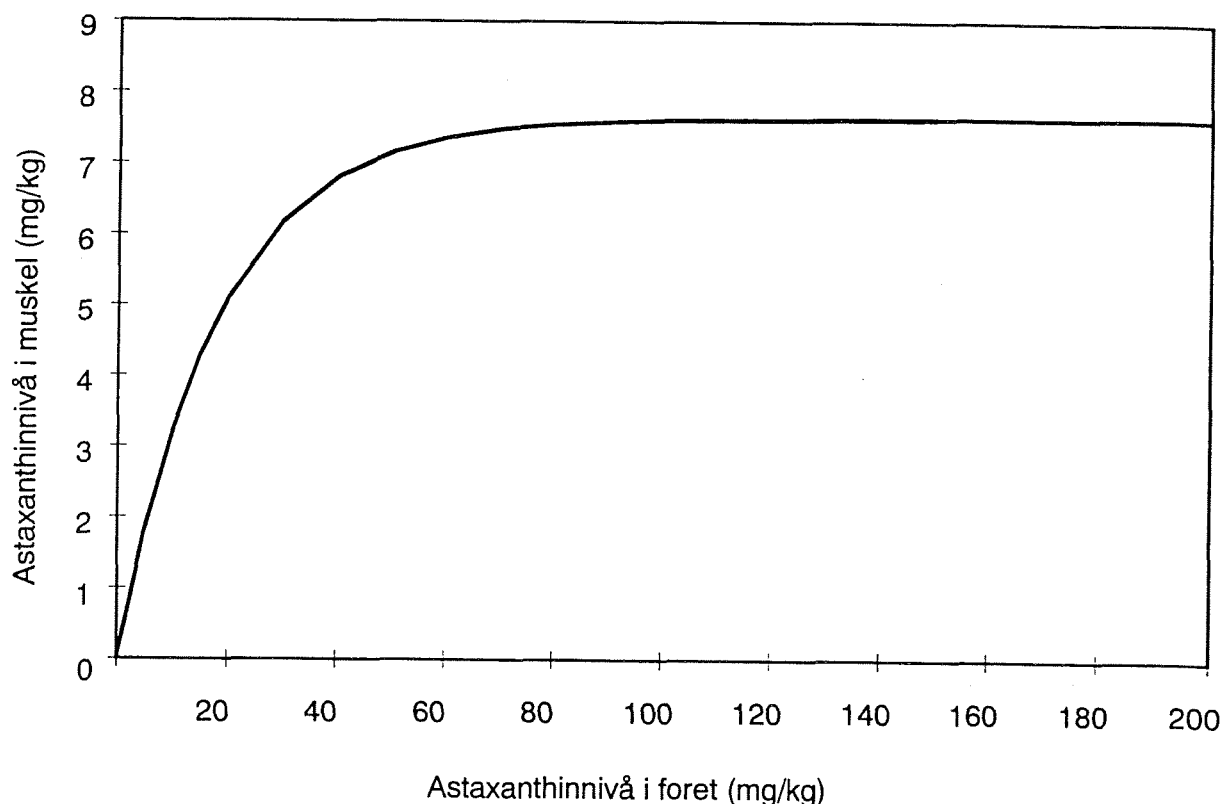
I dag tilsettes fôr til laks fra 50 til 100 mg astaxanthin/kg. Kostnadene ved tilsetning av fargestoff i fôret er store og utgjør 20-25 % av fôrkostnadene, eller ca. 10 % av den totale produksjonskostnaden pr. kg laks. Det er derfor svært viktig å optimalisere bruken av fargestoff i fôret.

Vi har konsentrert vårt arbeid om å finne den optimale mengde astaxanthin som må tilsettes fôret for å få en maksimal innfarging i laksemuskelen. Våre resultater har vist at fargen på laksekjøttet er avhengig av størrelsen på fisken. Mengden fargestoff i muskelen vil øke med øket størrelse og en liten fisk vil være mindre rød enn en stor fisk.

Vi har også vist at det er en sammenheng mellom astaxanthin mengden i fôret og den mengden fargestoff som avsettes i muskel. Laks som får et fôr med et astaxanthininnhold lavere en 40-50 mg/kg har en lavere muskelfarge en fisk som får et fôr tilsatt 50-60 mg/kg eller mer. Vi ser derimot ingen forskjeller i fargeinnhold i muskel hos fisk som får fôr med 60 mg astaxanthin/kg og fisk som får et fôr med 200 mg astaxanthin/kg (figur 3.3). Det er ofte stor variasjon i kjøttfargen mellom individer fra samme populasjon. Heller ikke denne variasjonen ble redusert ved å øke astaxanthinmengden i fôret over 50-60 mg/kg.

Forsøkene viser altså at prosentandelen av astaxanthin i fôret som blir avleiret i laksekjøttet er avhengig av mengde astaxanthin i fôret. Denne prosentandelen avtar med økende mengde i fôret, og mens 25 % av astaxanthinet i fôret holdes tilbake i muskel hos

laks som får et fôr tilsatt 10 mg astaxanthin/kg, er andelen bare 2.5 % i et fôr tilsatt 200 mg astaxanthin/kg.



Figur 3.3. Astaxanthininnhold i muskel hos laks fôret dietter med forskjellig astaxanthininnhold.

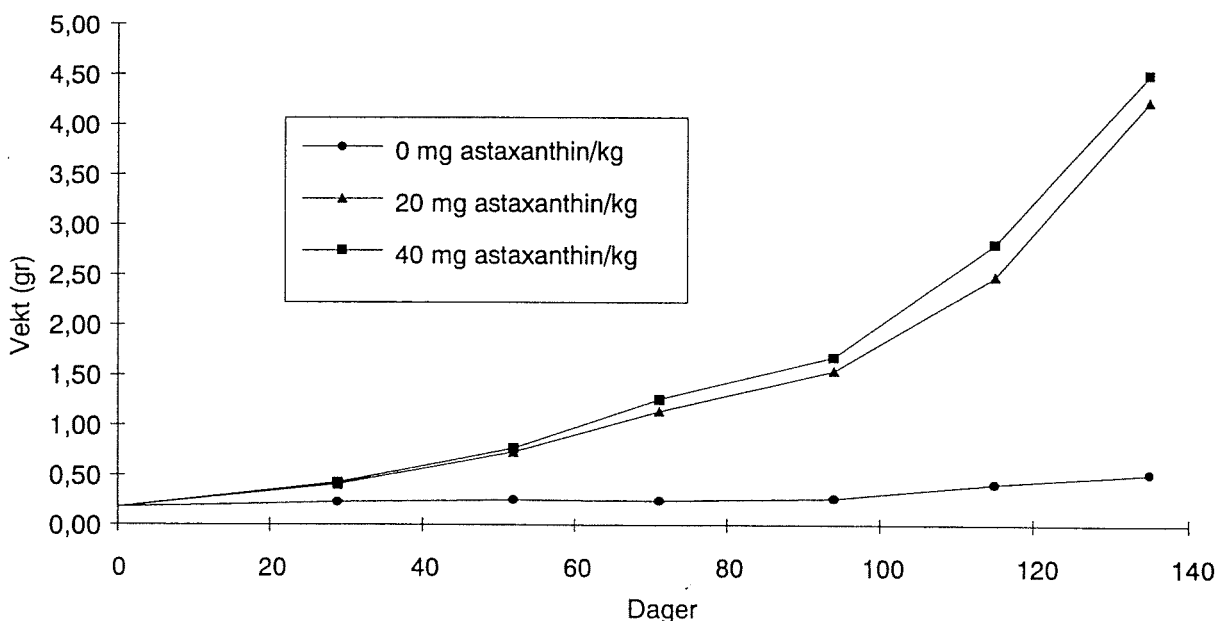
I praksis vil dette si at en god strategi for innfarging vil være å starte innfargingen tidlig for å sikre at fisken er så godt pigmentert som mulig til et hvert tidspunkt og fortsette innfargingen fram til slakting. Et pigmentinnhold i fôret på 50-60 mg skal være nok til å sikre maksimal innfarging dersom man bruker et fôr med 20-23% fett.

Vi har også arbeidet med bruk av alternative pigmentkilder til innfarging av laksemuskel og da hovedsakelig forskjellige produkter av gjærsoppen *Phaffia rhodozyma*. *Phaffia rhodozyma* er i kommersiell produksjon og det er oppnådd produkter med et astaxanthin innhold på over 6 g/kg. Forsøkene viser at *P. rhodozyma* gir god innfarging og kan være en alternativ astaxanthinkilde til innfarging av laks.

Biologiske funksjoner av astaxanthin i laks

Det har lenge vært antatt at astaxanthin har en biologisk funksjon hos laksefisk. Under kjønnsmodningsprosessen finner det sted en omfordeling av astaxanthin fra muskel til egg hos hunnlaks og fra muskel til skinn hos hannlaks. Med bakgrunn i disse observasjonene har det vært antatt at astaxanthin har betydning for egg- og yngelkvalitet. Astaxanthin er blitt foreslått å være et befruktningshormon og også å påvirke modningstidspunkt hos laksefisk. Andre funksjoner som har vært foreslått er at astaxanthin fungerer som et utgangspunkt for vitamin A (provitamin A), at det har en antioksydant effekt og at det har en positiv effekt på immunforsvar.

Våre arbeider har vist at astaxanthin er essensielt for lakseyngel og at yngel i startforingsfasen ikke overlever uten astaxanthin i fôret (figur 3.4). Astaxanthin-behovet for å opprettholde normal vekst ligger i området 5-10 mg astaxanthin/kg tørr diett. Vi har også vist at astaxanthin kan fungere som provitamin A og at lakseyngel i svært liten grad er i stand til å absorbere acetat og palmitatestere av vitamin A som er den vanlige formen vitamin A tilsettes i fôret. Normalt inneholder fôr basert på fiskemel og oljer tilstrekkelig mengder vitamin A og astaxanthin til å tilfredsstille behovet.



Figur 3.4. Tilvekst hos startforingsyngel fôret dietter med forskjellig innhold av astaxanthin.

Vi har derimot ikke klart å påvise effekter av astaxanthin på egg og yngeloverlevelse. Vi har heller ikke klart å påvise positive effekter av astaxanthin på immunsystemet hos fisk som har vært føret dietter med og uten astaxanthin tilsetning .

Resultatene fra disse undersøkelsene har stor betydning for norsk oppdrettsnæring ved en bedret fôrformulering og dermed bedret overlevelse og vekst i laksens tidlige yngelfase. Betydningen av at astaxanthin er essensiell for lakseyngel må også ses i et annet perspektiv. Dette bør føre til et endret syn på bruk av astaxanthin i fôr til laks. Tidligere har astaxanthin vært sett på som et tilsetningsmiddel i fôret men siden astaxanthin er nødvendig for vekst og overlevelse, bør forbindelsen behandles på samme måte som andre essensielle næringsstoff.

Vi venter at også andre fiskearter har samme behov for astaxanthin og at resultatene kan ha stor betydning for fôrformulering til marin yngel

Misfarging av laksefilet

De siste årene har det til tider vært svært mange reklamasjoner på grunn av misfarging og skjolding av røkt laks. Denne misfargingen gir seg utslag enten som flekkvis tap av pigment, en flekkvis gulning hos fisken etter røking eller som hvite flekker fortrinnsvis i buken, men også som små hvite flekker langs hele fileten. Misfarging og skjolding kan ha mange årsaker og mye forskning gjenstår før vi med sikkerhet kan si hva problemet er og hvordan vi kan unngå misfarging og skjolding.

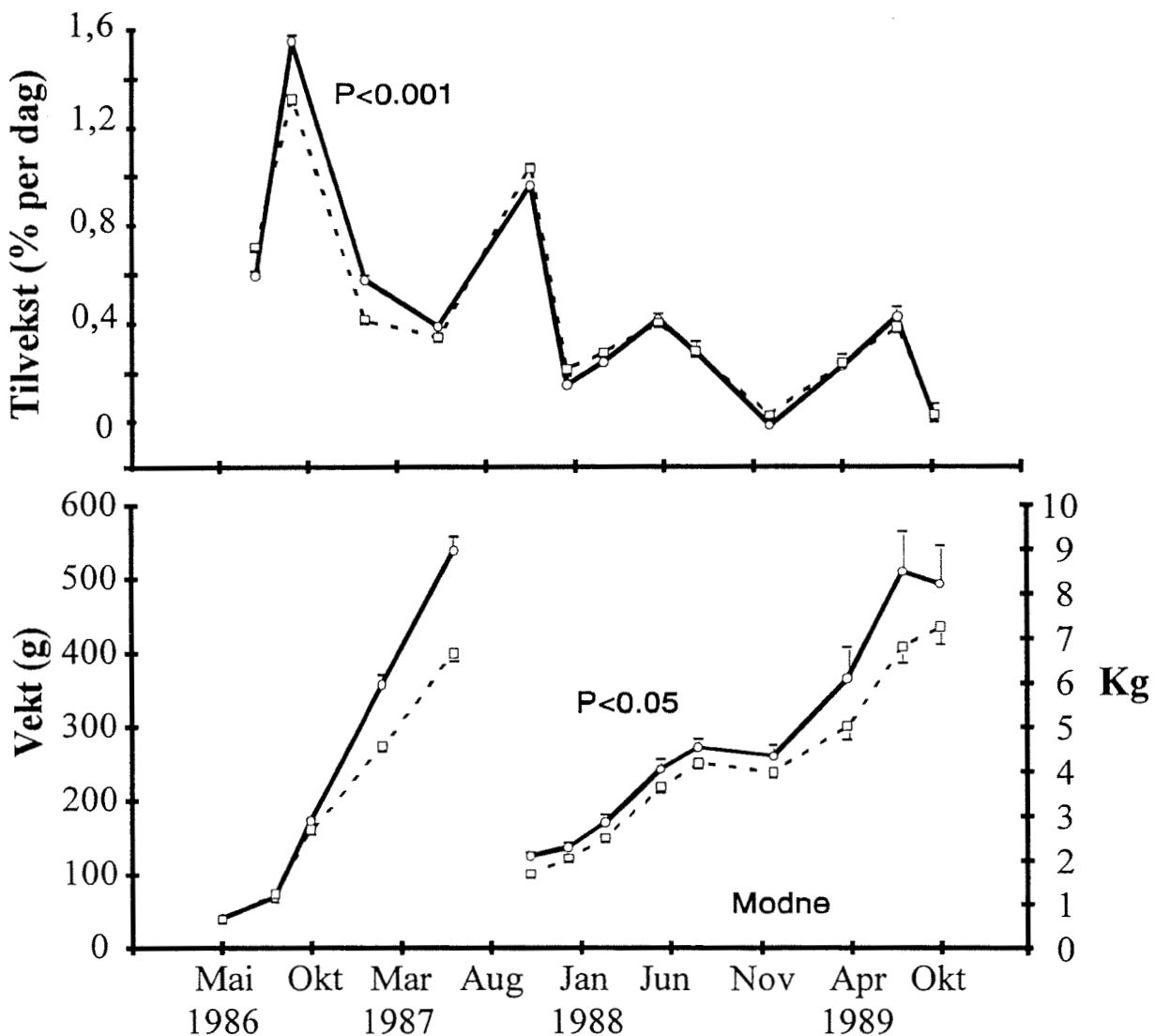
Karotenoidene er svært ustabile i kontakt med vann spesielt ved høye temperaturer. Det vil si at laks som har kondensdråper på filetoverflaten eller "vanndammer" i buken vil etter kort tid miste pigmentet i de områdene som er dekket av vann. Problemet vil være ekstra stort i de tilfeller en tar laks direkte fra et kaldt kjølerom og kjører fisken direkte inn i en varm, fuktig røykeovn. Flekking kan også oppstå dersom en skyller fisken i rent ferskvann etter salting, eller for den saks skyld vasker fileten etter filetering. Flekker forårsaket av kondens eller ferskvann går kun 1-2 mm ned i fileten.

Skjolding som går gjennom hele fileten fra filetoverflaten til skinnet, og der muskelen har en gele eller silikonaktig konsistens, har andre årsaker. Det foregår en intensiv forskning på området, og vi arbeider ut fra hypotesen om at denne type skjolding er et resultat av muskel proteaser (proteinnedbrytende stoff). Dessverre vil det ta forholdsvis lang tid før vi kan komme fram til metoder som kan løse problemet for oppdrettsnæringen. Dette skyldes kompleksiteten til problemet og at det er så mange ytre forhold som kan påvirke aktivitetentil disse proteasene.

3.1.3 Fordøyelsesenzymet trypsin TRP-2*92, en faktor for vekst hos laksefisk.

Trypsin er et av de viktigste fordøyelsesenzymene i tarmen til mange forskjellige organismer. Trypsin finnes i flere former, isozymer, og disse kan ha forskjellige egenskaper.

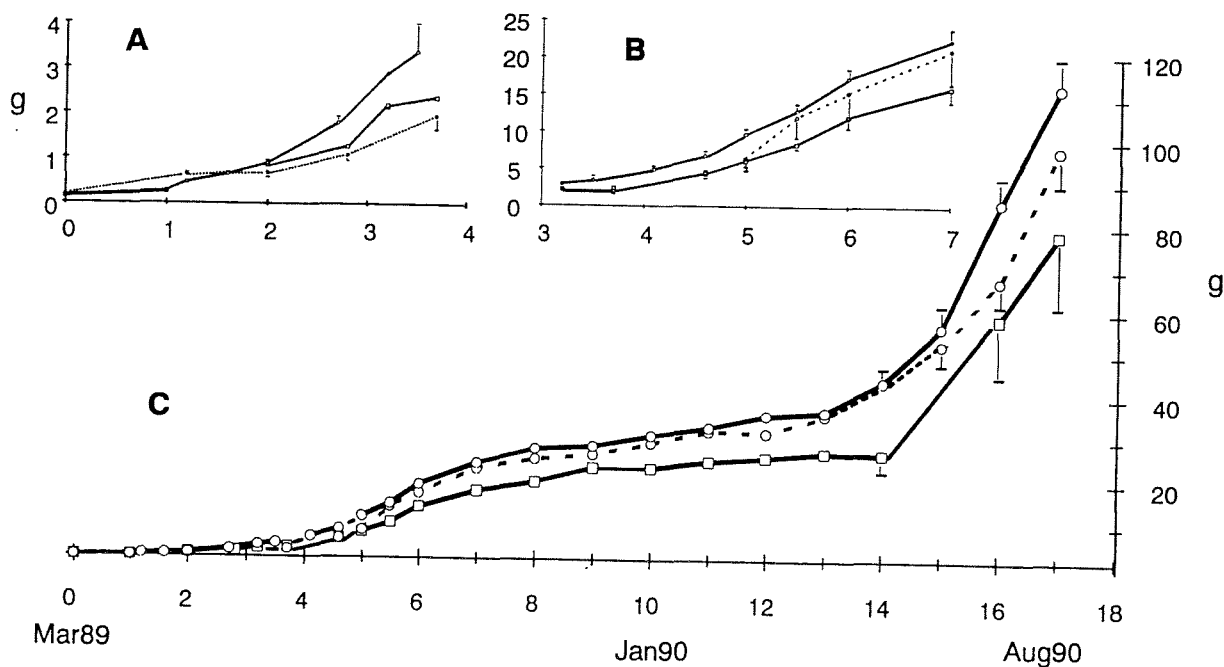
De forskjellige trypsin isozymene identifiseres med en isoelektrisk fokuserings-teknikk. Med denne teknikken blir isozymene separert fra hverandre på grunnlag av at de har forskjellige isoelektriske punkter, det vil si at de er nøytrale ved forskjellige pH-verdier. En blindtarmprøve er utgangspunkt for denne identifiseringen. Vevs-prøven blir tatt fra bedøvd fisk ved å trekke litt av blindtarmen ut gjennom et snitt i buken og klippe av en liten bit. Snittet lukkes med en steril hudstift og fisken blir behandlet med både bakterie- og soppdrepende middel for å hindre sykdom. Med denne metoden vil 95% av fisken overleve og kan følges gjennom livssyklusen.



Figur 3.5. Vekst hos 1985 årsklassen av laks. (- -) med TRP-2*92, (- - -) uten TRP-2*92.

Tilstedeværelse av ett av disse isozymene, betegnet TRP-2*92, er assosiert med økt vekst hos laks og røye. Effekten av isozymet TRP-2*92 synes å være størst ved temperaturer lavere enn 6 °C. Røye fra Hammerfest, som er i besittelse av dette isozymet og som lever i lav vanntemperatur i Nord-Norge, har bedre vekstrate tidlig i livssyklus enn en stamme fra Skogseidvatnet, som lever i Sør-Norge, og som ikke har TRP-2*92 varianten. Forskjellen i tilvekst mellom laks med og uten TRP-2*92 isozymet ble vist i vintermånedene etter første år i sjøen, i et forsøk der veksten av en 1985 årsklasse av laks ble fulgt over en periode på 3 1/2 år i sjøfase (figur 3.5).

Effekten av TRP-2*92 er bevist ved at veksten av 26 forskjellige laksefamilier ble fulgt over en periode på 17 måneder. Laksefamiliene ble delt inn i 3 grupper. To grupper med en frekvens av TRP-2*92-isozymet på henholdsvis 0.5 og <0.5, og en gruppe uten TRP-2*92. En signifikant forskjell i vekt ble bekreftet rundt 3 måneder fra startføring. Gruppene med en frekvens av TRP-2*92 på 0.5 hadde en spesifikk vekstrate signifikant høyere enn gruppene uten TRP-2*92, og hadde dessuten høyere vekt (figur 3.6). Forskjellene i vekt ble opprettholdt gjennom hele eksperimentet uten forskjell i senere daglig vekstrate.



Figur 3.6. Vekst hos Atlanterhavslaks gjennom ulike perioder. (A) de 4 første månedene, (B) fra 3 til 7 måneder, (C) hele den eksperimentelle perioden. (-o-) Grupper med TRP-2*92 frekvens 0.5, (--□--) 0 < frekvens < 0.5, (- -) uten TRP-2*92.

Den naturlige fordeling av isozymet TRP-2*92 er studert via undersøkelse av frekvensen av denne varianten hos smolt fra laksestammene fra Dale, Lonevåg og Voss. Veksten av disse ble fulgt over en 4 måneders periode om vinteren. Dale-stammen, som hadde en høyere frekvens ($f=0.29$) av isozymet TRP-2*92, var signifikant større enn Lonevåg og Voss stammene, som hadde frekvenser av TRP-2*92 på henholdsvis 0.10 og 0.09. Etter 4 måneder ved lav vanntemperatur ($<5\text{ }^{\circ}\text{C}$), var den daglige vekstraten lik mellom Dale- og Voss-stammene, men signifikant høyere enn veksten til Lonevåg-stammen (tabell 3.3). Det er tydelige forskjeller i tilvekst mellom fisk fra de forskjellige stammene som har TRP-2*92 varianten, men ikke mellom fisk uten TRP-2*92 isozymet.

Tabell 3.3. Gjennomsnittsvekt til laks med og uten isozym TRP-2*92 fra tre forskjellige stammer ved start og avslutning av eksperiment.

Stamme	Vekt sem, Oktober 90		Vekt sem, Februar 91	
	Med	Uten	Med	Uten
Dale ($f=0.29$)	52,7 2,2 _a	42,6 1,2 _b	64,3 2,9 _a	50,2 1,5 _b
Lonevåg ($f=0.10$)	47,9 2,8 _a	40,7 0,8 _b	*55,0 4,0 _a	*47,5 1,0 _b
Voss ($f=0.09$)	40,3 1,7 _b	40,5 0,7 _b	51,2 2,0 _b	49,0 0,7 _b

Trypsin er en protease som bryter ned protein i føret til mindre peptid ved aminosyrene lysin og arginin. Andre fordøyelsesenzymer, exopeptidase, bryter ned disse peptidene til opptagbare næringsstoffer til bruk i kroppens proteinsyntese. Tilstedeværelse av trypsin TRP-2*92 er assosiert med et økt nivå av frie aminosyrer i plasma og muskel etter fôring. Trypsin har også en annen viktig rolle ved at det aktiverer andre fordøyelsesenzymer i tarmen. Derfor er det mulig at fisk med TRP-2*92 varianten har bedre fordøyelse og utnyttelse av fôrprotein ved lave temperaturer, noe som gir fordelen med raskere vekst om vinteren. Siden vekst primært avhenger av fôring, ser fordøyelsesenzymer ut til å være en primær faktor for økning av tilgangen på aminosyrer som byggestener for proteinsyntetiserende vev.

Seleksjon av laks med TRP-2*92 isozymet kan føre til større produksjon med lavere kostnader fra startfôring og til slakting.

Ved å studere arvestoffet, DNA, kan en i teorien oppnå de samme resultatene med utgangspunkt i hvilket som helst vev fra fisken, for eksempel fra en finne. For å utarbeide en slik identifiseringsmetode basert på DNA, er trypsinogenet klonet fra DNA, hentet fra vev fra bukspyttkjertelen hos laks. Ved denne undersøkelsen er så langt fem varianter av trypsinogenet identifisert. Generelt viser alle disse en stor grad av likhet med kjente trypsinogen

Arbeidet videre vil konsentreres om å sammenligne genmønsteret for trypsin fra forskjellige grupper av laks for å utvikle en DNA basert metode som kan erstatte tradisjonelle isozymmønster bestemmelser.

Når en DNA basert metode er vel etablert for identifisering av TRP-2*92 isozymet, kan laks sorteres med hensyn på tilstedeværelse eller fravær av trypsin TRP-2*92. Dette kan brukes i framtidig avlsarbeid for å forbedre avlsmaterialet. Trypsin TRP-2*92 isozymet kan også bli produsert og tilsettes fôret som et kosttilskudd. Dette kan øke fordøyelsen og veksten til fisk uten TRP-2*92. En annen mulighet er å tilsette TRP-2*92 isozymet ved tillaging av fôret for på den måten å gi fisken delvis nedbrutt protein, som lettere kan fordøyes av fiskens eget fordøyelsessystem og gi økt tilgang på aminosyrer til proteinsyntesen.

3.2 Seksjon marine arter - forskning på lag med fremtiden

Behovet for solid drahjelp i utviklingen av en sammensatt og miljøakseptabel næringsvirksomhet i kyst Norge er en viktig årsak til de store investeringene i norsk marin vitenskap. Austevoll havbruksstasjon står for en stor del av denne satsingen ved å utvikle nye oppdrettsarter som kveite, torsk, piggvar og stort kamskjell.

Austevoll havbruksstasjon rår over mange ulike forskningsredskaper, og er et av Europas største akvakulturanlegg med forskning som formål. Virksomheten drives på to større sjøanlegg, en egen forskningspark for større fiskemengder i landbasert oppdrett (Sauaneset), i mindre haller og i et større antall ulike laboratorier i tilknytning til hovedbygningen, foruten at en leier flere poller (fjordavstengninger) i nærheten av stasjonen.

Viktige forskningsmål for stasjonen er å etablere kveite og torsk som nye oppdrettsarter. De fleste forbinder stasjonen mest med de forskningsmessige framskrittene på yngelproduksjon av torsk og kveite. Men det gjennomføres en langt bredere aktivitet enn dette. Vi arbeider med hele produksjonssyklusen til en rekke arter utenom de to sist nevnte. Stasjonens forskere har i de senere år engasjert seg med piggvar, tunge, rødspette, gråsteinbit, flekksteinbit, hummer, krabbe, østers og stort kamskjell. Dette arbeidet tar sitt utgangspunkt i en optimal langtidsbruk av Norges naturressurser. Helse - miljø - sykdom, produksjonsmåter og -teknologi, fysisk/kjemiske oppdrettsforhold, fôr, fôring og ernæring er forskningsområder som stasjonens forskere har vært engasjert med.

Kommersialisering av kveite krever biologisk basiskunnskap

Arbeidet med utvikling av kveiteoppdrett er på mange måter kommet inn i et tidsskifte. Resultatene er oppnådd gjennom et samarbeid hvor mesteparten av HI Austevoll havbruksstasjons rundt 45 ansatte bidrar, sammen med forskere fra andre institusjoner. Norges Forskningsråd (avd NFFR) er uten sidestykke den viktigste oppdragsgiveren for dette arbeidet, omlag 42% av kveitearbeidet finansieres av forskningsprogrammet Ny Fisk. Det er grunn til å understreke at biologenes rolle i dette er å bidra til å utvikle gode og sikre løsninger, mens det er marked og økonomi forøvrig som vil avgjøre hvordan kveiteoppdrett vil utvikle seg kommersielt.

Kunnskap om kveitas livshistorie - en mangelvare

Kveite (Atlantisk kveite, *Hippoglossus hippoglossus*). Kveite er den største av beinfiskene som egentlig er hjemmehørende i det nordlige Atlanterhav. Eldre individer kan bli over 200 kg. Som ung finnes den på kysten og på relativt grunt vann, mens større individer vanligvis holder til på dyp mellom 300 og 2000 m. Hankveita kjønnsmodner ved relativt liten størrelse, individer under 2 kg er observert både i naturen (fiskebankene rundt Færøyene) og i oppdrett. Spesielt hos hunkveite synes ikke kjønnsmodningen å endre vekt og kvalitet i fiskemuskelen så dramatisk som hos endel andre flatfisk og hos laks.

Både ved oppstarten av utviklingen av kveiteoppdrett og i dagens situasjon preges bildet av ulike oppfatninger av hva som er gode, framtidige løsninger. Dette har selvsagt med ulike vitenskapelige tradisjoner og miljøer å gjøre, men også det faktum at en mangler den basiskunnskapen som en eksempelvis har hatt i ryggen for andre arter (laks, torsk). Kveiteforskningen har manglet sin G. O. Sars og sin Johan Hjort. Således manglet en grunnleggende kunnskap om livssyklus i naturen. Kveita gyter sine pelagiske egg på store dyp i januar-mars. Eggene klekker som 10-12 mm lange lite utviklede larver etter 13-18 døgn, avhengig av temperaturen. Lysforholdene regulerer klekkeprosessen. Etter ytterligere 30-45 døgn som plommeseckklarve, har den utviklet seg til en startfôringsklar larve. Den gjennomgår metamorfose - forvandling - og blir flat og ser mye ut som en voksen fisk etter ca 100 døgn. I naturen dukker to år gamle ungveteiter opp på kjente oppvekstområder, og den kjønnsmodner etter 4-8 år, avhengig av kjønn, føde- og temperaturforhold.

Kritiske faser i kveiteyngelproduksjonen - viktige forskningsfelt

I oppdrett kan vi dele kveiteproduksjonen inn i minst seks faser: (1) stamfiskhold og eggproduksjon, (2) klekkeridrift, (3) siloproduksjon, (4) startfôring, (5) tilvenning til formulert fôr og (6) oppfôring. Sistnevnte bør antagelig deles opp i to, avhengig av fiskens miljøkrav og regningssvarende produksjonsmåte. Det er imidlertid innenfor fasene (4) startfôring og (5) tilvenning til formulert fôr at produksjonen må utvikles bedre, og hvor den må gjøres mer forutsigbar. Vi har flere fatale flaskehalser innenfor disse fasene, hvor fiskens overlevelse er for lav og for variabel: (a) overføring til startfôring kan gi høy og nesten umiddelbar dødelighet, (b) startfôringen som sådan, (c) tilvenningen (eller avvenningen), samt (d) dødelighet i larve- og yngelfasen hvor det kan påvises smittestoffer. En har ikke tilsvarende kritiske faser senere i produksjonen.

Produksjonslinjen for kveiteyngel

En god gytebestand bør produsere overskudd av egg, og en bør ved god oppfølging kunne vente en befruktningsprosent på over 80% i 2/3 av eggene, over 90% i 1/3 av eggene. En bør ikke overføre annet enn de beste gruppene til klekking i siloene, og samtidig foreta desinfeksjon. Fra befruktning til klekking bør en ha høy overlevning, 80-95% er vanlig. Fra klekking til startfôring rapporteres det gjerne om overlevning på 50-80%. Høy dødelighet inntreffer gjerne mellom 45 og 75 døgngrader.

Artemia (saltreke, saltkreps) kan godt brukes som et førstefôr, men en risikerer manglende framvekst av pigmentceller på kveiteyngelen dersom en ikke fører disse byttedyrene på en spesiell måte (anrikning), eller går over til naturlig dyreplankton dyrket opp i poll. Ved slik polldrift får en gjerne fram arter som har hvileegg, og disse kan i høyt antall påvirkes til å klekke til ønsket tidspunkt. Hvileeggene kan desinfiseres. Dette muliggjør etablering av "rene" kulturer. En kan framtvinge hvileeggdannelse, disse kan

oppbevares i flere år, for så å bli klekket når de riktige miljøsignalene gies. Manipulering av fôrkulturer som samtidig gir tilfredsstillende startfôringsresultater, øker mulighetene for en industriell og årstidsuavhengig yngelproduksjon.

Dette fordi en har vist at kveite såvel som andre marine arter kan manipuleres ved hjelp av kunstig lys til å produsere befrukningsdyktige egg. Ved Havforskningsinstituttet Austevoll havbruksstasjon har en etablert fiskebestander som kjønnsmodner både to og seks måneder senere enn normalt.

Også fiskelarvenes fysiske miljø både før og under første fôropptak vil være avgjørende. Både dødelighet og plommesekkutnyttelse påvirkes av vannstrøm, vannutsiftning og lysstyrke.

Ved å tilsette alger i startfôringsenhetene, får en positive effekter på fôrtilslag, vekst og overlevelse. Etter endt startfôring kan en sitte igjen med 10-80% av det en satte inn i startfôringsenheten, vanligvis kommer 15-20% igjennom denne fasen. Høy uforutsigbar dødelighet er uakseptabelt. Årsaken til dette kan ligge på et tidligere stadium i produksjonslinjen.

For fiskelarver er de mest kritiske fasene startfôring (første fôropptak) og tilvenning til et formulert (kunstig laget og dødt) fôr. Ved Havforskningsinstituttet Austevoll havbruksstasjon har en lagt vekt på å utarbeide en teoretisk energimodell for kveitelarver. Dette sikrer at en til enhver tid kan tilføre startfôringsgruppene tilstrekkelige mengder fôr av riktig størrelse. Fiskelarver viser seg å vokse særdeles raskt under gode betingelser.

Overgangen fra levende til kunstig fôr er kritisk. Bruk av et våtfôr synes å gi høyere tilvekst. Utvikling av et formulert fôr til den første fôringen av en rekke arter av fiskelarver har ennå ikke lyktes. Uavhengighet av levende fôr vil være en så stor industriell fordel at det berettiger fortsatt forskningsinnsats.

Under tilvenningen til et dødt, formulert fôr får en også uakseptabelt høy variasjon i dødelighet, selv om en i gjennomsnitt må kunne vente høyere overleving (50-60%). Den samlede overleving fra egg til settefisk blir da et sted mellom 0,4 og 40%, med et ventet "normal" resultat på rundt 5%.

Sykdom i larve- og yngelfasen er i dag å betrakte som sekundære effekter av en dårlig driftsmåte. I dag er det først og fremst ulike arter vibriose som skaper problemer. Innslaget av IPN-relatert dødelighet synes ikke å være så alvorlig som for et par år siden, men en vet ikke sikkert hvorfor dette problemet nå er mindre. Parasitter (indre parasitter i tidlige faser, ytre på stor fisk) skaper tidvis problemer. Infeksjoner av *Flexibacter* sp. kan være alvorlige, også i eggfasen.

Mange av de problemene som vi arbeider med, skyldes manglende naturkunnskap, og at vi fjerner en spesielt tilpasset art fra sitt naturlige levesett. Ved å tilegne seg mer grunnleggende kunnskap om levesett og grunnleggende prosesser og mekanismer, vil vi

kunne anvende samme tankegangen som har bidratt til en betydelig optimalisering i laksesmoltproduksjonen.

Produksjon av torskeyngel

Fôrmangel, og muligens visse andre miljøbetingelser, kan gi store tap på grunn av kannibalisme, og dette kan gi store tap i visse faser av torskeyngelproduksjonen. Det er klare indikasjoner på at dette kan reduseres ved tilstrekkelig fôring og et riktig oppdrettsmiljø.

Overgangen fra levende til kunstig fôr er kritisk både for kveite og torsk. Bruk av et våtfôr synes å gi høyere tilvekst gjennom denne fasen for begge arter. Utvikling av et formulert fôr til den første fôringen av en rekke arter av fiskelarver har ennå ikke lyktes. Uavhengighet av levende fôr vil være en så stor industriell fordel at det berettiger fortsatt forskningsinnsats.

Forsøk ved flere forskningsinstitusjoner har etterhvert ledet fram til at en er istand til å gjennomføre hele livssyklusen for torsk. Da flere forskningsmiljøer har engasjert seg, har en etterhvert også fått flere ulike produksjonsmåter for endel av stadiene. Havforskningsinstituttet har gjort en oppsummering av dette i en egen håndbok¹. For yngelproduksjonen gjenstår det forskning knyttet til kannibalisme og generell optimalisering.

Matfiskproduksjon

Biologisk forskning som etterhvert knyttes opp mot teknologiske og økonomiske vurderinger vil i matfisksammenheng ha stor økonomisk relevans. I påvekstfasen hos kveite observeres det perioder med nedsatt appetitt og tilvekst, uten at en til nå har funnet rimelige biologiske forklaringer på dette. Forsøk pågår for å beskrive problemet, finne forklaring og mulige løsninger for å komme rundt problemet.

For både kveite og torsk synes den biologiske prosessen knyttet til fiskens gyting (kjønnsmodning) å medføre store økonomiske uttelling for en framtidig matfiskproduksjon av marine arter. Dette er et prioritert forskningsområde, og en venter å kunne styre matfiskfarsen på en slik måte at den økonomiske betydningen av kjønnsmodningsprosessen reduseres til et akseptabelt nivå.

¹ Håndbok i torskeoppdrett. Stamfiskhold og yngelproduksjon. Redigert av Holm, J.C., Svåsand, T. og Wennevik, V. Havforskningsinstituttet 1991. ISBN 82-7461-025-3

Markedet for marin oppdrettsfisk

Det er av svært stor betydning for en videre utvikling av kveiteoppdrett, såvel som andre arter, at private bedrifter ser forretningsmuligheter. Det er fortsatt private investorer som er villige til å satse, og en må anta at det vil utløse en positiv utvikling dersom klare positive utviklingsresultater framkommer.

Oppdrettskveiten må kunne omsettes til høye priser i spesielle deler av markedet for å kunne forsvare høye produksjonskostnader. I en introduksjonsfase synes derfor et høyt priset restaurantmarked å være det mest relevante. Prisen til fisker har lenge ligget i underkant av kr 45,- pr. kg, og på fiskemarkedene ligger den rundt 90-130 kr. pr kg. Stolt Sea Farm AS har solgt ut prøvepartier av sin oppdrettsproduksjon. Den mest ettertraktede størrelsen i markedet er fisk mellom 5 og 30 kg. Ved oppdrett synes den mest interessante produksjonen å ligge mellom 3 og 7 kg. Ved å skille kjønnene kan denne produksjonsformen gjøres mer effektiv.

Oppdrettet kveite vil møte konkurranse fra vill kveite og fra andre fiskearter og former for mat. Fersk oppdrettskveite vil imidlertid ha gode muligheter til å hevde seg rent smaks- og kvalitetsmessig. Som frossent produkt vil imidlertid oppdrettskveite møte sterk konkurranse fra villfanget kveite.

Det er etterspørsel etter atlantisk kveite i Europa, Japan og Nord-Amerika. I Europa er det i Skandinavia, Storbritannia, Nord-Tyskland, Holland og Belgia hvor en antar at deler av befolkningen tradisjonelt har et betinget forhold til kveite. Markedet preges av en betydelig underdekning av fersk kveite, og en må følgelig anta at økt leveranse vil kunne føre til økt etterspørsel. I Frankrike, Spania og Italia synes ikke kveite å ha et eksisterende marked, leveranseher krever høyere grad av markedsbearbeiding.

Markedsprisen på oppdrettstorsk er i stor grad avhengig av markedet for villfanget torsk. Sålenge oppdrettstorsk ikke etableres som et klart nisjeprodukt basert på høy eller spesiell kvalitet, jevn leveranse m.v., kan en ikke vente at intensivt oppdrett av torsk kan bli en frittstående næringsvirksomhet. Oppdrettsvirksomhet av torsk, gjerne basert på villfanget yngel eller undermåls torsk, føret med avskjær fra fisketilvirkning, vil kunne gi kostnadsreduksjoner som gjør denne formen for oppdrett (markedsbasert ressursuttak) konkurransedyktig.

Det landes vanligvis mellom tre og fire tusen tonn steinbit årlig i Norge, og flekksteinbit utgjør ca 85% av dette. Fisket er sesongbetont, og det foregår et visst fersksalg i denne perioden (juni-august). Filétutbyttet fra steinbit er lavt (under 30%), frossen filét omsettes likevel til en pris på rundt kr 35,- pr kg, hvilket gir ca 8-9 kr pr kg i førstehåndsverdi. Med alternative bearbeidingsmåter (flådd, solgt som kotelettfisk), kan utbyttet økes til over 50%. Biproduktene gjør denne arten mer interessant enn tidligere antatt (rogn, skinn). Verdensmarkedet for fiskeskinprodukter ligger på ca 1 milliard kroner, og eksportverdien foretgodtsteinbitskinnehøyere enn forsølvfiskekjøttet.

Biologiske flaskehalsar i oppdrett av marine arter

Tilgang på stamfisk for kveite vil vere en klar flaskehals. Etablering av stamfiskbestander basert på villfanget fisk er en kostbar og omstendelig prosess, og krever gjerne tre til fem år fra beslutning tas til jevn produksjon av gode egg kan påregnes. For andre arter vil etablering av stamdyrbestander vere mindre tid- og ressurskrevende.

Eggproduksjonen er kostnadskrevende for kveite, naturlig gyting gir ikke sikker nok produksjon av god kvalitet. Erfaringene fra Havforskningsinstituttets kveitebestander tilsier at økt arbeidsinnsats knyttet til stryking og kunstig befruktning resulterer i egg av langt bedre kvalitet og levedyktighet. For torsk er imidlertid eggproduksjon ingen minusfaktor.

Første fôropptak og tilvenning til formulert fôr vil for kveite og torsk vere spesielle flaskehalsar med gjennomgående uakseptabel høye og varierende dødelighet. Perioden to til fire uker etter at kamskjellyngel bunnslår er beheftet med stor dødelighet. Påvekstfasen vil ikke normalt medføre store tap, men valg av produksjonsmåte vil til gjengjeld vere økonomisk utslagsgivende. Både veksthastighet og fôrutnyttelse, samt innslag av kjønnsmodning vil påvirke det økonomiske resultatet.

3.3. Seksjon kulturbetinget fiske - det grønne alternativet

Havbeite er i dag et prioritert felt, og Stortinget besluttet i 1989 å opprette et Program for Utvikling og Stimulering av Havbeite (PUSH) med artene laks, hummer, torsk og sjørøye (St.prp. nr. 25). Havforskningsinstituttet var en av initiativtakerne til programmet og er tungt involvert i gjennomføringen av havbeiteforsøk med laks, hummer og torsk. Målet for Havforskningsinstituttets Havbeiteprogram er å klarlegge grunnlaget for utvikling av havbeite på torsk, hummer, laks og kamskjell. Seksjonens hovedaktivitet i 1993 har vært knyttet opp mot PUSH-programmet. Bunnfisk-seksjonen har vært ansvarlig for utsettingsprosjektet med torsk, men av praktiske årsaker blir resultatene rapportert her.

Utenom PUSH-programmet har seksjonen arbeidet med populasjonsgenetiske studier på ville bestander av torsk, sild, hummer og leppefisk, samt interaksjons-studier mellom oppdrettet og vill laks. Seksjonen driver et populasjonsgenetisk laboratorium med kompetanse og fasiliteter til å gjennomføre alle typer genetiske studier.

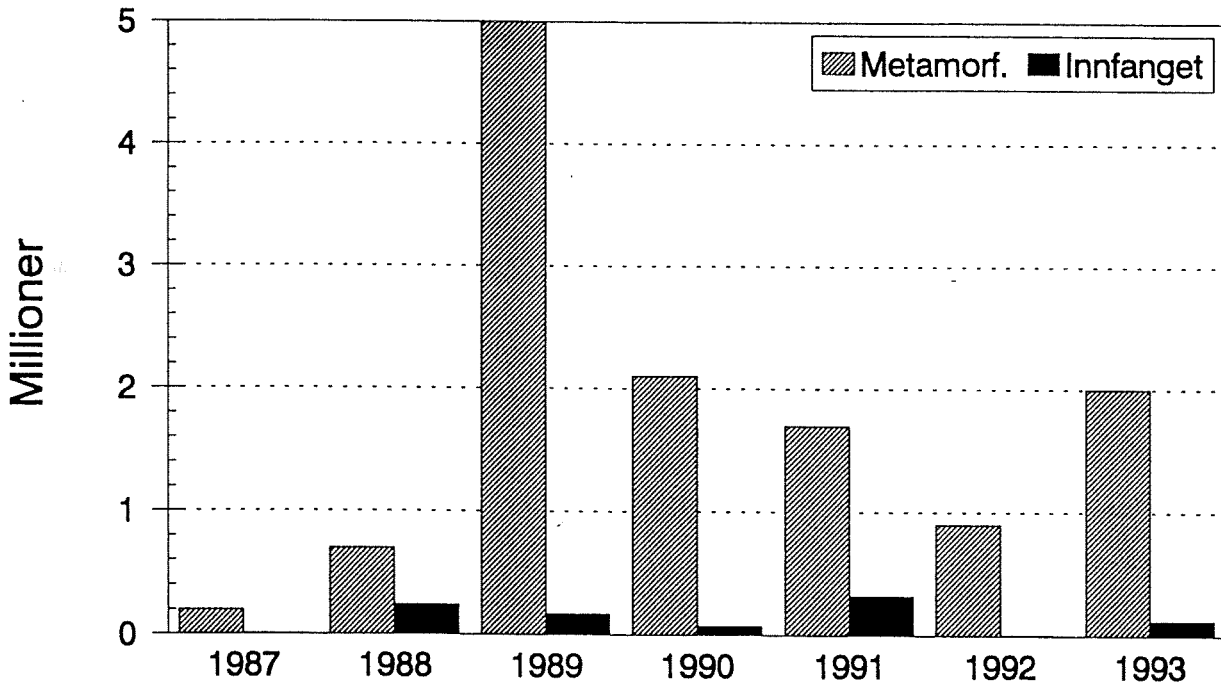
Kystbeite med kamskjell er et nytt innsatsområde innenfor seksjonene, og innledende studier med bunnkultur av kamskjell startet i 1993.

3 3.1 Havbeite torsk

Målet er å klarlegge grunnlaget for havbeite med torsk. Programmet er todelt der optimalisering er målet for yngelproduksjonsdelen og utsettingsdelen skal fremskaffe gjenfangstdata for å kunne evaluere potensialet for havbeite med torsk.

Storskala produksjon av torskeyngel

Moderne pollproduksjon av torskeyngel har sine røtter i forsøk utført ved Hyltrollen, Austevoll havbrukstasjon fra begynnelsen av 1980 årene. Relativt gode produksjonsresultat førte til stor interesse for yngeloppdrett av torsk, og flere kommersielle firma startet produksjon. Det ble også satt i gang storskala forsøk med utsetting av yngel til havbeite (Masfjordprosjektet m.fl.) (Figur 3.7).



Figur 3.7. Antall yngel ved metamorfose (ca 12 mm) og antall fanget inn fra Parisvatnet.

Uventede problemer, bl.a. med oppskalering til kommersiell skala dukket opp, og dette sammen med svikt i etterspørselen av torskeyngel førte til at de kommersielle anleggene (poller/poser) gikk konkurs eller la ned produksjonen. Pr. i dag foregår det ingen yngelproduksjon av torsk av betydning utenom PUSH-programmet.

Stamfiskhold og klekking er vanligvis ikke begrensende for produksjonskapasiteten, og er heller ikke noen vesentlig utgiftspost. Torskelarvene er avhengig av å startfôres med levende plankton. Ved pollproduksjon blir de nyklekkete larvene satt ut i pollen og beiter der på den naturlige planktonbestanden. Ved hjelp av relativ enkel manipulering med pollen, d.v.s. avstengning, fjerning av predatorer (rotenonbehandling) og eventuell gjødsling for å øke planktonproduksjonen, kan en med denne metoden produsere store mengder torskelarver fram til metamorfose (ca. 12 mm lengde). Denne delen av produksjonssyklusen har tradisjonelt vært relativ enkel og stabil ved polldrift, dog med unntak av i 1992, jfr. avsnitt om giftalger. Det som i hovedsak har vært begrensende for yngelproduksjonen i poller har vært tilgangen på plankton i perioden fra rundt metamorfose og til fisken kan fôres med formulert fôr, d.v.s. ved en lengde på ca. 3 cm. Den raske veksten til yngelen gjør at dens matbehov øker enormt i denne perioden, og pollens egenproduksjon av

plankton blir for liten. Matmangel fører til kannibalisme og dødeligheten kan være svært høy i denne perioden. Selv om plankton blir tilført med tidevannet er dette oftest for lite til å gi en økonomisk forsvarlig produksjon. Planktontilførselen utenfra og delvis pollens egenproduksjon kan variere mye fra år til år, noe som gjør produksjonskapasiteten usikker. De siste årene har utviklingen av planktonfiltreringsutstyr gjort at tilførselen av plankton kan økes betydelig, noe som også er med på å stabilisere og øke yngelproduksjonen. På den andre siden er slikt utstyr relativt kostbart og effekten er avhengig av svingninger i den naturlige planktonbestanden. En annen metode for å omgå problemet med planktonmangel, er å fange yngelen inn på et tidligere tidspunkt. Før dette kan la seg realisere er det behov for en del utviklingsarbeid både når det gjelder fôrformulering og innfangning/behandling av fisk under 3-4 cm. Det vesentlige av torskeyngelen blir fanget inn fra pollen og overført til merd etter at den har passert ca 4 cm, den er da tilvent tørrfôr og relativt enkel å fange. Ved innfangning blir den samtidig sortert og vaksinert mot vibriose. Vibriose har vært et problem, men de siste årene har en effektiv vaksine omtrent fjernet dette problemet. Det har heller ikke vært særlige problemer med kannibalisme etter overføring til merdene, og samlet dødelighet fra innfangning til utsetting i havet har vært relativt liten (< 20 %). Det skulle gå klart fram av figur 3.7 at pollers produksjonspotensiale er stort, i 1989 var det f. eks. ca. 5 millioner yngel rundt metamorfose, mens "bare" 170.000 ble fanget inn. Dersom en kan redusere en del av dette svinnet, enten ved hjelp av økt planktontilførsel v.h.a. filtreringsutstyr eller en tidligere innfangning og tilvenning til formulert fôr, vil det ha en storinnvirkning på pollers produksjonspotensiale og dermed lønnsomhet.

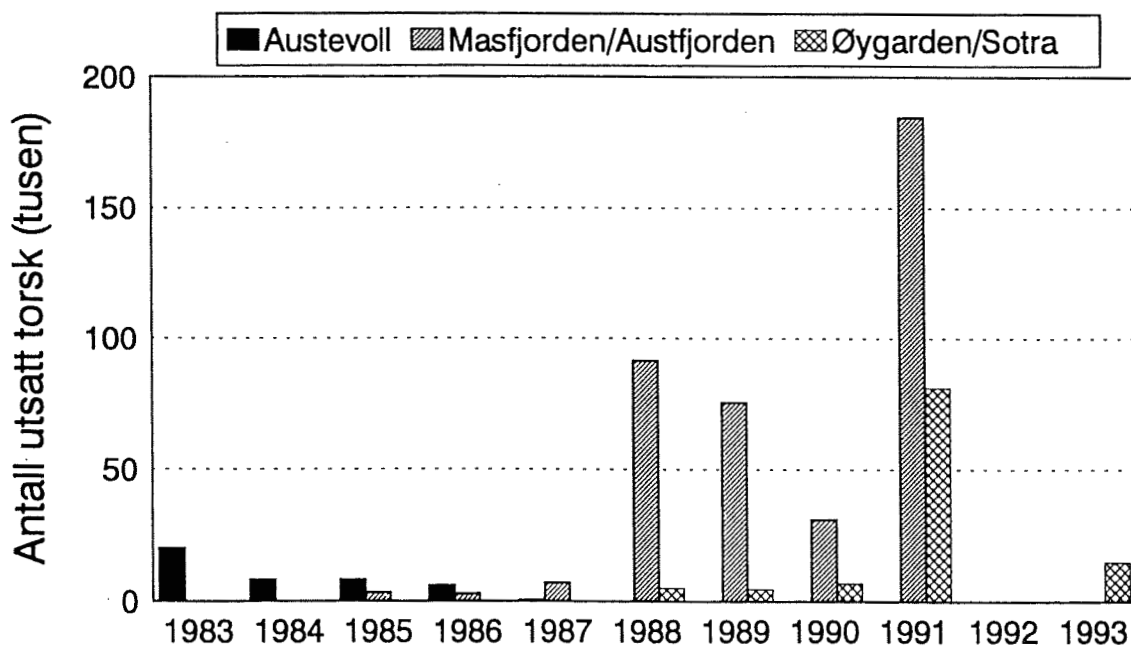
Problem med giftige alger

En oppblomstring av den giftige algen *Alexandrium excavatum* førte i 1992 til at bortimot hele produksjonen av torskeyngel gikk tapt. Oppblomstringen skjedde i den delen av produksjonssyklusen da pollen er avstengt og torskelarvene ernærer seg av pollens egenproduksjon av plankton. I et system som baserer seg på naturlig plankton kan en ikke gardere seg 100 % mot at giftalger kan ødelegge deler av produksjonen fra tid til annen. I et naturlig økosystem som en poll vil det om våren/sommeren skje en oppblomstring av alger, som igjen danner grunnlaget for produksjon av dyreplankton og til sist torsk. Et naturlig planteplanktonsamfunn inneholder flere titalls arter, men hvorav få arter dominerer i antall. De vanligste artene under vår oppblomstringen tilhører kiselalgene (diatoméer). Disse har et skall av kisel (silisiumforbindelse) og blir regnet som mest gunstige for produksjon av dyreplankton og dermed torskeyngel. Kiselalgene har også dominert algeproduksjonen i Parisvatnet i tidligere sesonger. I 1992 utviklet det seg i tillegg til kiselalger en relativ stor andel av en annen algegruppe, fureflagellater (dinoflagellater). Blant denne gruppen fins det flere giftige arter, bl.a. *A. excavatum* som ble registrert i konsentrasjoner opptil 300.000 pr. liter i Parisvatnet i begynnelsen av mai måned. Selv om

det ikke foreligger eksperiment der det er direkte observert at denne algen drepte torskeyngelen, må en utfra kjennskap til algen med stor sikkerhet kunne anta at den var årsak til fiskedøden. Som nevnt tidligere kan en ikke gardere seg mot at en giftalgeoppblomstring skal kunne gjenta seg. Algen produserer også hvilesporer som kan overvintre i sedimentet og være utgangspunkt for en ny algeoppblomstring til neste vår. Imidlertid finnes det metoder for å redusere sjansen for en slik oppblomstring. Hvilke alger som til enhver tid blomstrer opp, er avhengig av miljøforholdene. Ved å legge forholdene til rette for en oppblomstring av kiselalger, reduserer en samtidig sjansen for at fureflagellater skal trives, da disse har forskjellige miljøpreferanser. Dette kan gjøres ved å gjødsle med silikat samt øke omrøringen i vannmassene, noe som ble gjennomført i 1993 med godt resultat. Selv om det ble påvist *A. excavatum* også i 1993-sesongen klarte vi å holde konsentrasjonen på et ufarlig nivå.

Utsetting og gjenfangst av torsk

Utsetting av merket torskeyngel i større skala startet i Austevoll i 1983, etter at det lyktes å produsere over 70.000 torskeyngel i en sjøvannspoll (Hyltropolen). Denne aktiviteten ble oppskalert i 1985 da NFFR besluttet å initiere programmet *torsk i fjord*, med utsettingsforsøk på Sørlandet, Vestlandet og i Troms-regionen. På Vestlandet falt valget på Masfjorden i Nordhordland. Fra 1990 ble de pågående utsettingsforsøkene innlemmet i PUSH-programmet. I perioden fra 1983 til 1993 har HI merket og satt ut over 550.000 oppdrettet torsk på Vestlandet (figur 3.8). Havforskningsinstituttet har også vært faglig ansvarlig for havbeiteforsøk med torsk i Ytre Namdal, Nord-Trøndelag, hvor 37.000 oppdrettet småtorsk og 2.100 villtorsk er merket og satt ut i perioden 1991-93.



Figur 3.8. Utsetting av oppdrettet merket torsk på Vestlandet i perioden 1983-1990.

Målet for de første utsettingsforsøkene på Austevoll var å sammenligne utsatt og vill torsk, og å beskrive vandring og dødelighetsmønster til oppdrettet torsk. Forsøkene i Masfjorden hadde som mål å undersøke om det er mulig å øke produksjonen av torsk i en fjord ved å sette ut pollproduisert torsk, klarlegge de fysiske og biologiske forhold som er bestemmende for bæreevnen for torsk i en fjord og beskrive de biologiske effektene av utsettingen. Etter at utsettingsprogrammet ble en del av PUSH-programmet ble målet utvidet til å klarlegge grunnlaget for utvikling av havbeite på torsk. Siden Masfjorden ikke var en optimal torskfjord ble innsatsen flyttet til Øygarden.

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

Oppdrettet torsk som ikke er moden når den settes ut, vandrer lite. Dette er i samsvar med resultater fra merkeforsøk på vill torsk av samme størrelse.

De første ukene etter utsetting oppfører oppdrettet torsk seg ulikt vill. Den oppdrettede torsken tilpasser seg imidlertid raskt til et liv i det fri, bare små forskjeller med hensyn på atferd, vekst og overleving er funnet etter tre måneder i sjøen. Polloppdrettet torsk synes dermed å være godt egnet for utsetting på havbeite. Dette kan forklares ved bruk av semi-naturlig oppdrettsmiljø, og bruk av naturlig plankton.

Resultat fra Masfjorden 1985-91

Resultatene¹ viser at det er en positiv sammenheng mellom mengden dyreplankton, torskeføde og rekruttering av torsk. Bæreevnen ser ut til å variere med mengden av dyreplankton som blir tilført, siden planktonet danner grunnlaget for produksjon på de neste leddene i næringskjeden. Modellering tyder på at torskeproduksjonen er avhengig av hvor fort vannet blir skiftet ut mellom Masfjorden og kyststrømmen, siden denne vanntransporten bringer med seg dyreplankton fra kystvannet. Det er utført 21 utsettinger av torsk i Masfjorden i perioden 1985-1991. Fire av disse var storskala utsettinger på 27.000-180.000 torsk. For å vurdere effekten av utsettingene, ble overleving, vekst, leverindeks og kondisjonsfaktor til torsk og de andre torskefiskene målt i utsettings- og kontrollområdet. Torskens fødevalg og populasjonsutvikling ble også undersøkt. På 1-gruppe stadiet førte utsettingene til at tallet på torsk var signifikant høyere i utsettingsområdet enn i kontrollområdet. Tetthetsavhengig overleving i utsettingsområdet førte til at det ikke var signifikante forskjeller mellom områdene på toårsstadiet. Utsettingene førte dermed ikke til en målbar økning i torskeproduksjonen. Tilgang på føde er trolig den viktigste tetthetsavhengige faktoren for torskeproduksjon i fjorden. Små effekter ble registrert på vill torsk og andre arter som følge av utsettingene. Rutinemessig prøvetaking ble utført for siste gang i Masfjorden i juni 1993.

Utsetting av torsk i Øygarden/Sotra

Resultatene viser at vi finner både likhet og forskjeller mellom fiskesamfunnene i kystnære Øygarden og mer innelukkede fjorder i Austevoll og Masfjorden.

Liknende resultater ble funnet for:

- artssammensetning på 2-20 m dyp
- mageinnhold til umoden torsk
- vandring til ung torsk.

Forskjeller ble funnet med hensyn på:

- vekst, kondisjonsfaktor og leverindeks til umoden torsk, som viser noe høyere verdier i Øygarden sammenlignet med Masfjorden.
- tetthet av umoden torsk er høyere i Øygarden enn i Masfjorden
- prosent utsatt torsk av sin årsklasse er lavere i Øygarden enn i Austevoll og Masfjorden
- foreløpig gjenfangstprosent, og estimert overleving, er lavere i Øygarden enn i Masfjorden og i Austevoll.

Øygarden ble valgt som havbeitelokalitet p.g.a sin kystnære plassering. Hypotesen var at stor tilførsel av plankton fra kyststrømmen og store gruntvannsområder med tareskog gir høy produksjon av torsk, sammenlignet med mer lukkede fjorder. De foreløpige resultatene fra Øygarden viser rask vekst og høy kondisjonsfaktor, leverindeks og tetthet av torsk, og støtter vår hypotese. Den lave gjenfangstprosenten kan skyldes lav overleving, lav fiskeintensitet eller underrapportering. De videre utsettingsforsøkene i Øygarden blir designet for å gi svar på disse spørsmålene.

3.3.2 Havbeite laks

Hensikten med prosjektet er å prøve ut "Kystmodellen". Den skiller seg ut fra tradisjonelle lakseutsettinger ved at en prøver å utnytte potensialet i små kystnære, ikke lakseførende, vassdrag til havbeite.

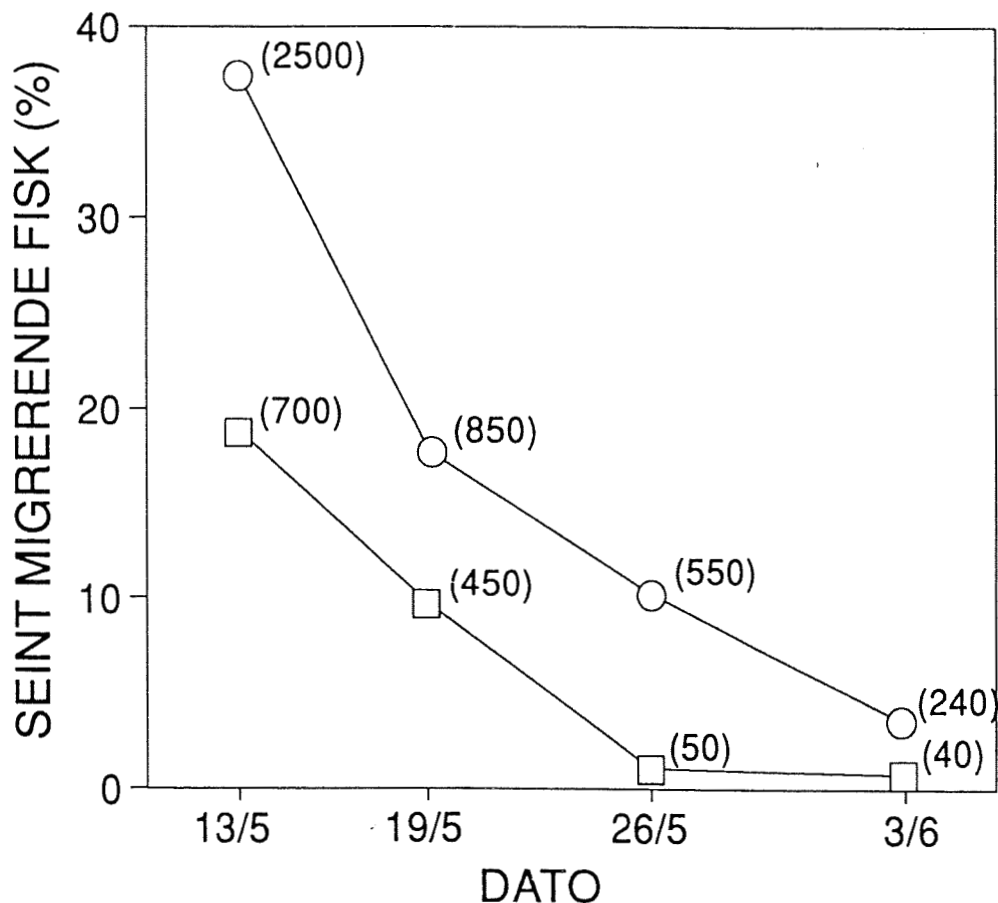
Utsettinger

For tredje året på rad ble det i 1993 satt ut smolt i Selstøvågen på Sotra (41.000). Vågen er 500 meter lang og 40-80 meter bred. Ferskvannsavrenningen kommer fra et lite vassdrag på 1.5 km² og passerer smoltanlegget. Smolten ble holdt i merder i sjøen før utsetting. Som i 1992 lå disse på innsiden av en oljelense som samlet opp et kunstig ferskvann-/brakkvannslag på 0.5-1 meter. Hensikten var å etterligne området utenfor en naturlig elv og dermed forenkle den kritiske overgangen fra fersk- til sjøvann. Smolten var tidligere (månedsskiftet mars/april) blitt sortert i "liten" og "stor" smolt. Dykkere med

undervannsvideo fulgte en smoltens oppførsel under utvandringen. Utsettingene ble planlagt og gjennomført for å belyse følgende problemstillinger:

Effekt av ulike utsettingstidspunkt

Utsettingstidspunktet har størst betydning for vandringsmotivasjonen og en økende andel av utsatt smolt forlater utsettingsstedet umiddelbart etter slipp mot slutten av utsettingsperioden (figur 3.9). Når den fullt utviklede smolten slippes, svømmer den hurtig vestover i stimer mens etternølerne samler seg i grupper inne i bunnen av bukten.



Figur 3.9. Prosent av stor og liten (sirkler) smolt (antall i parentes) som forlater utsettingsstedet hurtig. Smolten ble holdt 3 (13 og 26 mai 1993) eller 7 (19 mai og 3 juni 1993) dager i merd før slipp.

Størrelsens betydning for utsettingsmetodikken

Punkt a) gjelder for både liten og stor smolt, men vandringsmotivasjonen til den lille smolten blir kraftigere redusert i begynnelsen av perioden. Fiske etter predatorer i området (lyr, sei, torsk) viste at de nesten utelukkende spiste liten smolt, sannsynligvis fordi disse hadde lengre oppholdstid i området før utvandring. Disse resultatene viser at havbeitesmolt

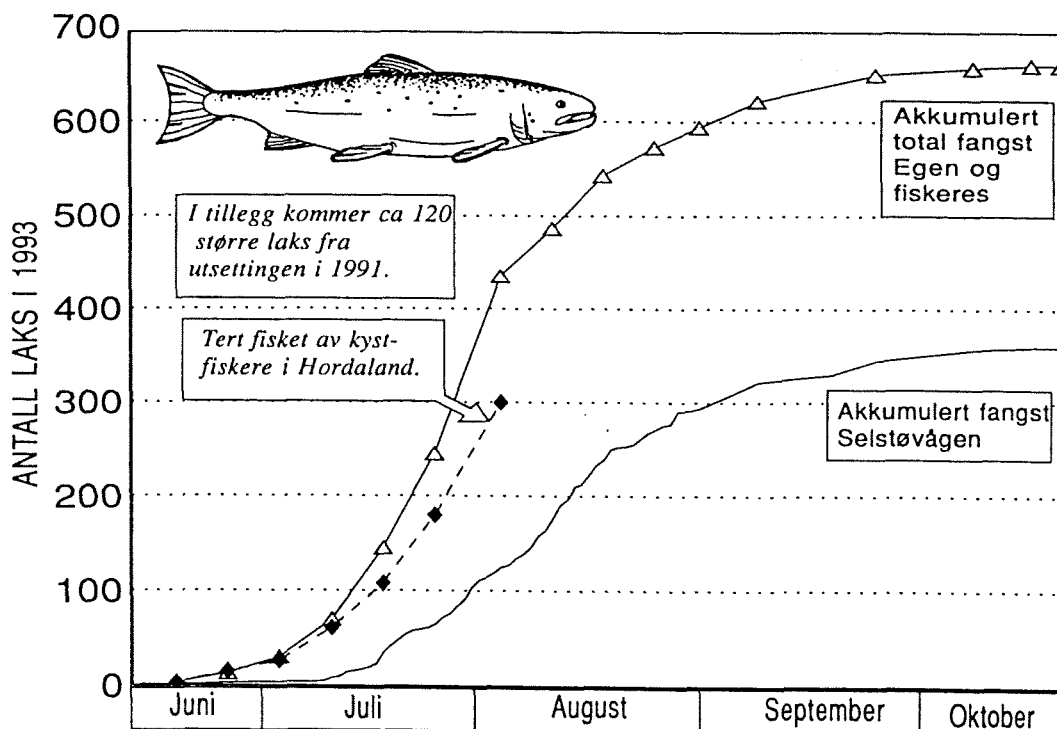
bør sorteres på forhånd slik at liten smolt kan settes ut noen uker senere enn større fisk. Dette vil redusere dødeligheten av seint utvandrende smolt i nærområdet.

Betydning av akklimatiseringsperiode i sjø/brakkvann

Varigheten av opphold i merd før slepp hadde liten effekt på post-smolt adferden, muligens med unntak av de to første gruppene med liten smolt. En kort oppholdstid vil være en klar fordel ved havbeite fordi muligheten for at sykdom og parasitter skal bre seg før slepp reduseres, og fordi kapasiteten til utsetningsanlegget øker.

Gjenfangst

Fra 1992 til 1993 endret vi strategi fra å satse på generell informasjon (etterlysningsplakater på postkontorer, butikker etc. og informasjon i aviser) til direkte kontakt med grupper som fisker laks. Erfaringene med årets (1993) metode er positive, ettersom både kontaktflaten med fiskerne og antall rapporteringer er øket. Nær 100% av fettfinneklippet fisk fra kystfisket og over 70% av alle Carlin merker fra Hordaland kommer fra fiskere som vi har tatt kontakt med. Figur 3.10 viser rapporterte fangster fra kysten av Nord-Rogaland og Hordaland.



Figur3.10. Akkumulert fangst av havbeitelaks på kysten av Hordaland fra utsettingen i 1992.

I Selstøvågen ble laksen fanget i kiler som hver bestod av to eller flere garn. Det var totalt opp til 9 slike kiler i sjøen samtidig. Gjenfangsten må vurderes etter merketype og geografisk område. Vi har fått tilbakemelding om fettfinneklippet laks fra Hordaland. I tillegg kommer Carlin-merker fra andre områder. Egne og andres fangst av fettfinneklippet laks gir en gjenfangst i "nærområdet" på 1.7%. Gjenfangsten i Selstøvågen etter ett år i sjøen er 0.9% for utsettingen i 1992. Korrigering for ulik forbehandling av smolten gir et øket estimat på 1.4% for strømtrente grupper (se nedenfor). Den overveiende del av laksen som har returnert i år er tidlig kjønnsmodnende hannfisk som har vært ett år i havet. Vi venter derfor en klar økning av gjenfangstprosenten fra 1992-utsettingen når hunnfisken og store hannfisk vender tilbake i 1994. Carlin-merkene gir en rapportert gjenfangst på 2.9%, noe som må sees på som et godt resultat.

Rapporterte Carlin-merker indikerer at det alt i alt er fanget over 1000 laks fra utsettingen i 1992, uten at det er tatt hensyn til økt dødelighet på Carlin-merket fisk og underrapportering av merker. Årets fangst av tert er viktig for å vurdere havbeite etter kystmodellen i småkystnære vassdrag.

Forbehandling, utsetningsmetodikk, tilbakevandringspresisjon og streifing

I Selstøvågen ble det i 1993 bare fanget 17 større laks fra den første utsettingen (1991), mens kystfiskerne fanget i overkant av 100. Dette bildet er sammenlignbart med gjenfangstmønsteret fra den samme årsklassen i 1992. En mye mindre andel av denne årsklassen har kommet inn i Selstøvågen sammenlignet med 1992 utsettingen der over halvparten av registrert laks i Hordaland er fanget i Selstøvågen. Dette indikerer at forhold knyttet til forbehandling eller utsetningsmetodikk påvirker laksens evne til å finne tilbake, og at de to årsklassene oppførte seg ulikt.

Selv om tilbakevandringspresisjonen var vesentlig bedre for utsettingen i 1992, var det likevel en betydelig streifing i noen grupper. Forbehandlingen av smolten før slipp hadde sannsynligvis betydning for dette forholdet. I 1992 hadde halvparten av smolten gått under sterk strøm før slipp. Når en gruppe strømtrent smolt og en "vanlig" gruppe blir sluppet på hver utsetningsdag kan vi nå begynne å vurdere effektene av treningen. Etter ett år i sjøen er det en klar trend at strømtrent smolt vender tilbake til Selstøvågen i større antall og at ikke strømtrente dominerer blant streiferne. Et uventet trekk ved streifingen er at streiferne har vandret opp i elver i et geografisk område langt vekke fra utsettingsstedet (15 Carlin-merker). Streiferne har i hovedsak vandret opp i vassdrag fra Jæren og østover. Vanligvis venter man at streifingen synker med avstanden til utsettingsstedet. I Hordaland har streifingen vært lav og bare en fisk med Carlin-merke er tatt oppe i lakseførende vassdrag og en utenfor ikke-lakseførende vassdrag. Rundt 15 fettfinneklippede tert er rapportert fra Hordalandselver. Følgende år vil vise om dette er en "tilfeldig" situasjon eller om kystutsettingergiret annet mønster for streifing enn andre utsettingstyper.

Konklusjoner

Forbedrede resultater mener vi beror på:

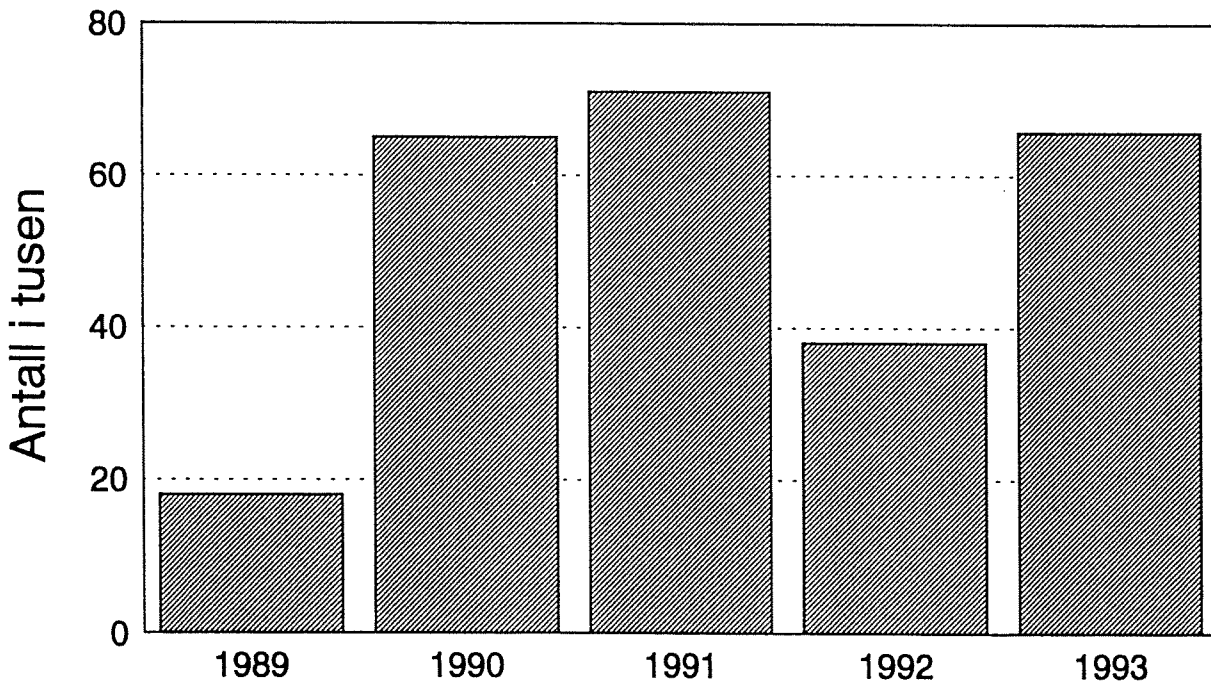
- 1) Forbedret utsettingsmetodikk gjør smoltens overgangen til sjøvann enklere (lense/kunstig estuarie).
- 2) Endret fangstmetodikk øker fangbarhet og/eller laksens attraksjon til stedet (ferskvannslag og småfisk av samme avstamning i ferskvannskilden).
- 3) Øket informasjonsaktivitet overfor yrkesfiskere.

3.3.3 Havbeite hummer

Målet for dette programmet er å klarlegge grunnlaget for havbeite med hummer. Prosjektet er todelt der optimalisering er målet for yngelproduksjonsdelen og utsettingsdelen skal fremskaffe gjenfangstdata for å kunne evaluere potensialet for havbeite med hummer.

Yngelproduksjon

Havforskningsinstituttet har drevet hummerungeproduksjon på Kyrksæterøra siden 1989 da anlegget ble overtatt fra Timar. Årlig produksjon av hummeryngel har i denne perioden variert fra 18.000 til 71.000 (figur 3.11)



Figur 3.11. Antall bunnslått hummer som er produsert på Kyrksæterøra i perioden 1989-1993. Hummerungene blir ofte satt ut året etter de bunnslår.

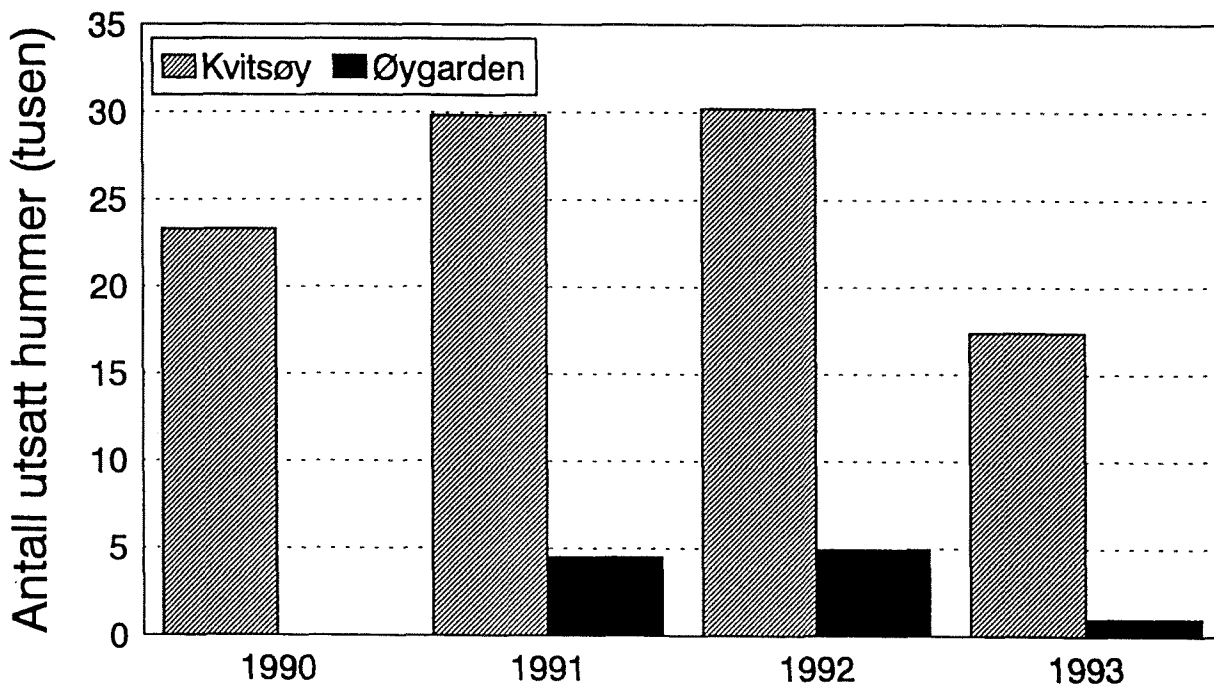
Driften av hummeranlegget på Kyrksæterøra har i 1993 gått bedre enn ventet, noe som skyldes ulike tiltak for å bedre oppdrettsforholdene. I løpet av året er det produsert noe over 65 000 bunnslått yngel med hovedmengden (50700) klekket i sommerhalvåret. De sistnevnte skal merkes og settes ut på Kvitsøy i løpet av våren 1994.

I tillegg til den ordinære produksjon av hummeryngel for utsetting, er det gjennomført flere forsøk på Kyrksæterøra med sikte på optimalisering av produksjonen. Stabil og høy temperatur i vannforsyningen fra smelteverket og forbedrede fôrings-regimer er viktige faktorer som øker overleving i de tidlige stadier. Forsøk med å sammenligne overleving og kvalitet på avkom fra forskjellige mordyr, tyder på at både størrelse og kvalitet på stamdyr er viktig for høy overleving hos larver og videre oppdrett av hummeryngel.

Fullskala havbeite

Yngelen som blir produsert i anlegget på Kyrksæterøra settes ut på to ulike lokaliteter. Stamdyrene er fanget på de samme lokalitetene slik at de representerer den lokale stammen i området. Utsettingene er lagt opp slik at det kjøres storskala forsøk på Kvitsøy, mens det gjennomføres mindre, eksperimentelle studier i Øygarden utenfor Bergen.

En oversikt over utsettingene på Kvitsøy og i Øygarden så langt er gitt i figur 3.12. I hele perioden 1990 - 93 er det satt totalt 100 000 magnetmerket yngel. I dette forsøket samarbeides det med lokale krefter på Kvitsøy. Merkedetektor er plassert på Kvitsøy og registrering av gjenfangster i det ordinære fisket og direkte kontakt med fiskeren utføres av



Figur 3.12. Oversikt over antall utsatt magnetmerket hummer på Kvitsøy og Øygarden i perioden 1990-1993.

folk knyttet til kommunen. De første gjenfangstene av utsatt hummer kommer nå etter hvert inn i fangstene. Innslaget av utsatt hummer i de ordinære fangstene (over minstemålet) på Kvitsøy er foreløpig på 12%. Det er også gjort noen registreringer av utsatt hummer blant hummer under minstemålet - her har en funnet oppimot 40% med magnetmerker. Totalt er det registrert 464 merkede hummer i høstfisket og disse er dominert av den første utsettingen i 1990 (2990). Dette betyr at det allerede er gjenfanget ca. 2% av den første utsettingen før den for alvor inngår i de kommersielle fangstene. Det er ventet at andelen utsatt hummer vil øke i fisket i de nærmeste årene.

Forsøksutsettingene i Øygarden tar sikte på å studere betydning av habitat og tetthet. Utsettingene startet i 1991 og det er totalt satt ut ca. 14 000 merkede hummeryngel. Disse er satt ut på forskjellige lokaliteter for undersøke betydningen av bunnsubstrat og eksponering. Det er også satt ut grupper for å registrere betydning av utsettingstetthet.

Det er i løpet av høsten 1993 startet et innledende prøvefiske i utsettingsområdene, men det har så langt vært små fangster. Det ventes større innslag i 1994, og her vil en teste ulike fangstmetoder/strategier i samarbeid med aktuelle fiskere.

Genetiske studier er inkorporert i undersøkelsene. Foreløpig er det tatt sikte på å analysere all stamhummer som blir brukt i utsettingene på Kvitsøy og i Øygarden. Det blir også tatt stikkprøver av den yngelen som er kunstig produsert og satt ut på de respektive steder. I løpet av høsten har vi også fått prøver av utsatt/gjenfanget hummer på Kvitsøy. Det blir derfor mulig å foreta en genetisk sammenligning mellom den utsatte bestand og den ville hummeren i området. Det totale datasettet vil også vise om det skjer genetiske endringer gjennom den kunstige produksjonsprosessen.

3.3.4 Kystbeite kamskjell

Resultater fra forsknings- og utviklingsprosjekter siden midten av 1980 årene på produksjon av kamskjellyngel i klekkeri, viser at det er lagt et godt grunnlag for oppskalering av produksjon til kommersielt interessante mengder. Dette er en nødvendig forutsetning for utvikling av en kamskjellnæring i Norge. På grunnlag av erfaringer en har gjort med dyrking i nett og kasser hengt fra bøystrekkanlegg, og resultater fra kultivering av kamskjell i andre land, synes utsetting av kamskjell på kystbeite å ha klart størst potensiale for lønnsom produksjon.

Kommersiell høsting av kamskjell foregår i dag i Fosen, Sør-Trøndelag, der interessen for kystbeite med kamskjell blant næringsaktører er stor. I samarbeid med Taroskjell AS er det satt igang innledende undersøkelser i et prosjekt som inngår i det nasjonale FoU-programmet "Produksjon av stort kamskjell". Mål for aktivitetene i 1993 var å etablere lokaliteter for forsøksutsettinger i Fosen, gjennomføre forsøksutsettinger av merkede kamskjell og registrere fordeling av kamskjell og forekomst av predatorer. Det var videre

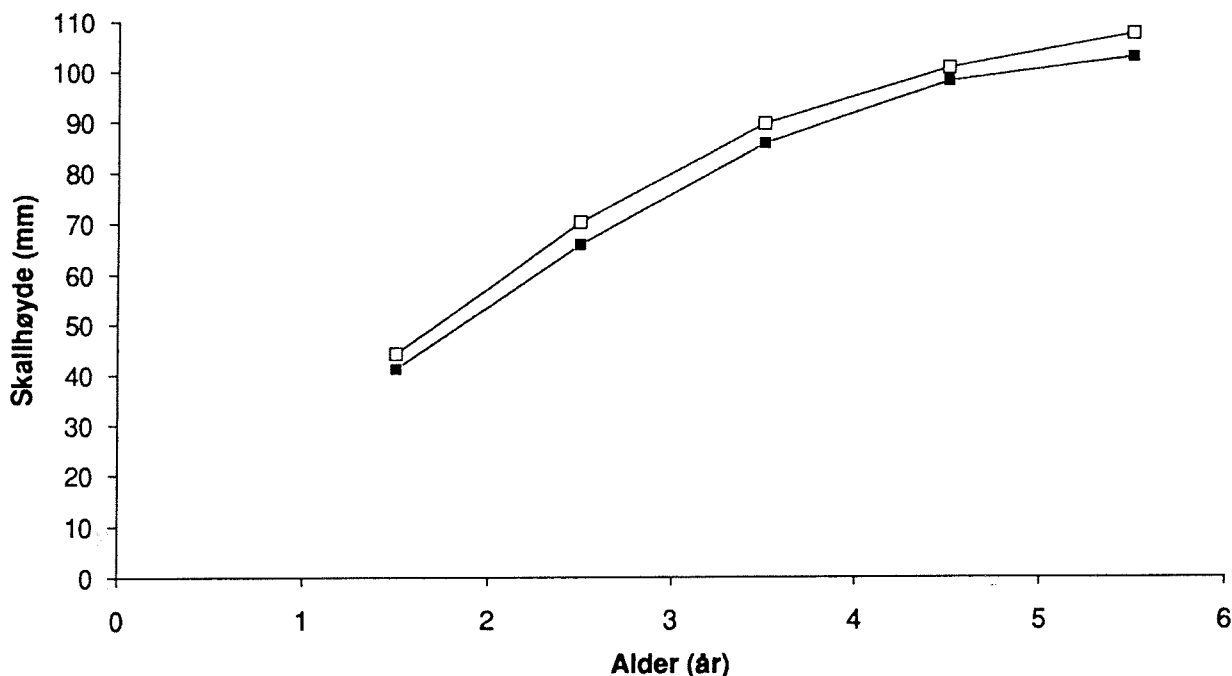
et mål for prosjektet å følge opp deltagelse i EF-prosjektet "Scallop seabed cultivation in Europe", der fremstående forskningsmiljøer på kystbeite med kamskjell samarbeider.

På forsøkslokalitet i Roan er det satt ut 1341 individmerkede kamskjell på bunnen. Skjellene er samlet fra lokale bestander og har skallstørrelse mellom 38 og 100 mm. Dette materialet er ventet å gi gode indikasjoner på overlevelse og gjenfangst i kystbeite for 2-3 årsklasser allerede i 1994. Resultater fra registreringer av merkede skjell i bunnkultur viser at skjell har forflyttet seg opptil 25 meter ut fra utsettingsfeltet i løpet av 6 måneder, men bare mot grunnere område. Resultatene tyder på en orientert vandring fra utsettingsfelt. Orientert vandring, masseforflyttinger og vandring har hittil vært gjenstand for spekulasjoner og antagelser, særlig i tilknytning til fiskerier på kamskjell, men det har ikke vært dokumentert for kamskjell. 13% av merkede skjell som ble registrert hadde mistet nummermerket som var festet til skalloverflaten. Denne merkemetoden er arbeidskrevende og metode for individmerking bør forbedres ved fremtidige merkeforsøk med større antall skjell.

Krabber og sjøstjerner er de viktigste predatorer på kamskjell, og predasjonen er i stor grad størrelsesavhengig. Yngelen må derfor være av en viss størrelse for at høy overlevelse skal kunne oppnås ved utsetting i kystbeite, mens det av hensyn til lønnsomhet er ønskelig å redusere den intensive yngelvekst-fasen. Ved å kontrollere predatorer gjennom den første fasen av bunnkulturen, bør liten yngel likevel kunne settes ut i kystbeite med høy overlevelse. Med bakgrunn i dette, er det satt igang innledende forsøk, der 5000 yngel (5-15 mm yngel produsert ved Øygarden klekkeri) er satt ut på bunnområder inngjerdet med notinnhegning. Yngel og predatorer blir hyppig overvåket og dokumentert ved hjelp av videoopptak.

Minstemål for stort kamskjell er i dag 100 mm skallhøyde. Vekst beregnet på grunnlag av bestemmelse av årringer på skalloverflaten viser at minstemål oppnås etter 4-5 år eller 2-4 år fra utsetting av yngel (30-50 mm) (figur 3.13). Vekst hos kamskjell i Froan var noe lavere enn vekst hos kamskjell fra ytre Sogn, men på den beste lokaliteten som ble undersøkt, var vekst like god. Rundvekt ved skallstørrelse 100 mm er 150-180 gram, mens det i Frankrike forventes at markedsskjeller veier 150 gram.

I 1993 er det produsert 200.000 kamskjellyngel for utsetting i kystbeite, og en oppskalering er planlagt for 1994. Forutsetninger for å kunne gjennomføre nødvendige storskalautsettinger i kystbeitekommande år er derfor til stede.



Figur 3.13. Vekst hos stort kamskjell fra ytre Sogn (lukket firkant) og Sør-Trøndelag (åpen firkant).

3.3.5 Populasjonsgenetiske undersøkelser

Målet for dette arbeidet er å identifisere genmarkører til bruk i bestandsundersøkelser og i studier av gen-interaksjon mellom kulturbestander og villfisk.

Senter for havbruk har et velutbygd laboratorium hvor det er lagt til rette for å bruke en rekke forskjellige genetiske analyseteknikker. I tillegg er det utviklet utstyr som brukes rutinemessig på tokt hvor de genetiske analysene utføres etter hvert ombord i forskningsfartøyet.

De genetiske analysemetodene brukes i en rekke prosjekter som er kort skissert nedenfor. Samtidig med en rutinemessig bruk skjer det en oppgradering og utvikling av metoder.

Overvåkning av ville bestander

Disse undersøkelsene går i samarbeid med Ressurssenteret og hovedvekten er lagt på torsk og sild. Den nye årsklassen av sild blir analysert på 0-gruppe toktet hver høsten. Resultatene blir brukt til å skille mellom yngel fra lokale stammer i fjordene og den store oseaniske bestanden. I 1993 ble undersøkelses-programmet noe utvidet ved at det ble analysert materiale både i forbindelse med "Norskehavsprogrammet" og kartleggingen av sild i østlige del av Barentshavet. I den sistnevnte undersøkelsen ble det funnet svært store genetiske forskjeller mellom voksen sild i fanget i bunntål og pelagisk ungfisk som var Atlantoskandisk sild. De genetiske forskjellene var så store at det sannsynligvis er ulike underarter av sild.

Innsatsen på torsk er konsentrert mot skrei og innsiget i Lofoten. Her vil en etablere et større datamateriale på gytefisk av de årsklassene som en har data av på yngre alderstrinn. Samtidig tas prøver av noen få utvalgte kysttorsk-stammer som sammenligning.

Studier knyttet opp mot havbeite

Genetiske aspekter ved havbeitevirksomhet har fått mye oppmerksomhet og er helt sentrale i vurderingene omkring et fremtidig kommersielt havbeite. I våre undersøkelser har vi forsøkt innarbeide slike problemstillinger i de enkelte prosjektene, i den grad det er mulig i forhold til ressursene.

I dette arbeidet er vi kommet lengst med torsk hvor vi har hatt et nært samarbeid med Universitetet i Bergen og genetiske analyser er utført på all torsk (både vill og gjenfanget utsatt fisk) i Masfjordprosjektet. Liknende prøver vil bli tatt av torsk i Øygarden. Når det gjelder torsk, har det vært tatt prøver av all produsert fisk og det er også satt ut genetisk merket fisk.

I torskeprosjektet er også genetiske vurderinger lagt til grunn ved valg av stamfisk. Samtidig er det lagt ned et vesentlig arbeid i utvikling av nye havbeitestammer. Dette skjedde ikke minst i 1993 hvor vi gikk igjennom et stort antall av 1992-årsklassen av torsk og identifiserte en ny innkrysning av genetisk merket fisk. Denne er avkom fra den gamle stammen av genetisk merket torsk og villfisk fra Øygarden. Den nye stammen består i dag av over 300 fisk som blir føret opp til stamfisk ved Austevoll havbrukstasjonen.

Studier av gen-interaksjon

Disse forsøkene har utspring i problemstillingene omkring effekten av rømt oppdrettsfisk på ville stammer. De siste årene har også potensielle problemer knyttet til genmodifiserte organismer og havbeite understreket behovet for ny kunnskap om gen-interaksjon mellom ulike stammer av samme art.

Forsøkene utføres i Mauranger hvor vi studerer genetisk interaksjon mellom stedegen og fremmede bestander av laks og aure. I mai ble det satt ut 7000 genetisk merkede laks som raskt vandret ut i sjøen. I august ble det videre installert en fleksibel fiskesperre med fangstfelle i den nedre delen av Øyreselv. Formålet var å skaffe opplysninger om gytebestandene av laks og aure. Det ble derfor tatt biopsi av all gytefisk for genetiske analyser.

Det er også identifisert to nye genmarkører på laks. Undersøkelser av nedarving, samt studier av vekst og overleving av individ med disse markørene er gjennomført i 1993. Laks med disse markørene vil bli benyttet i de videre gen-interaksjon studiene på laks, og 8000 genetisk merket laks er nå under produksjon.

Kartlegging av bestandsstruktur

Prøver av hummer fra ulike deler av landet er samlet inn. Arbeidet er en kartlegging av populasjonsstruktur hos norsk hummer hvor også habitat-beskrivelse i ulike deler av landet inngår. Det er utført dykking og samlet inn video-dokumentasjon på en rekke lokaliteter. Fra enkelte regioner (Møre - Trøndelag) mangler det fortsatt prøver.

Leppefisk brukes til avlusning av laks i oppdrettsnæringen. Det er aktuelt med flytting av levende fisk (særlig bergnebb) til områder hvor det er tynne bestander. I den forbindelse ble det gjort et innledende arbeid med sikte på å identifisere genmarkører som igjen skulle brukes for å se om det var lokale bestander av leppefisk. I et begrenset materiale (5 lokaliteter) ble det funnet små, men statistisk signifikante forskjeller mellom fjord og kystområder. I løpet av høsten 1993 ble dette materialet supplert med prøver fra de nordligste regioner, og disse prøvene er nå under bearbeiding.

Nye analysemetoder

Den populasjonsgenetiske forskningen har hatt som mål å finne best egnet metode for å kunne skille og studere grupper av akvatiske organismer, i første rekke arter som laks, aure, torsk og sild. Grupper vil her omfatte alt fra individ som stammer fra samme foreldrepar (søskengruppe) eller individ tilhørende større, mer eller mindre avgrensede, områder (kyst - hav, fjord).

Den "klassiske" måten å utføre populasjonsgenetiske analyser har vært ved protein/enzym studier. Dette har vært den dominerende metoden, men vil etter hvert gi plass for nye og mer avanserte teknikker. Protein/enzym analyser vil fortsatt utgjøre en viktig del av våre rutinemessige analyser, men utvikling og tilpassing av nye metoder som vil kunne gi bedre og mer detaljert kunnskap om den populasjonsgenetiske strukturen hos såvel ville bestander som arter i kultur.

Oppdagelsen av såkalte restriksjonsenzymer satte fart på studiene av arvestoffet (DNA). Ved hjelp av disse enzymene kunne man kutte opp DNA og studerer det man kan kalle "fragmentlengde polymorfisme", variasjon i lengden av de fragmenter som kunne anskueliggjøres etter behandling med forskjellige enzymer. Siden 1985, da mønster av meget variable individuelt spesifikke profiler ble oppdaget i menneskets DNA, har det vært en eksplosjonsartet utvikling av nye metoder for produksjon av arts- og individ spesifikke DNA fingerprint (profiler).

Genetikklaboratoriet ved Senter for havbruk har søkt å prøve de forskjellige analysemetodene, og er i dag både personalmessig og teknisk utrustet til å gjennomføre alle disse analysene. Mye av arbeidet går med til å prøve ut forskjellige metoder på "kjent" materiale, samt å tilpasse metodene til rutinemessige analyser dersom de viser seg brukbare til de forskjellige formål.

Minisatellitter

Minisatellittanalyser baserer seg på ikke-artsspesifikke prober/markører som gir profiler med meget stor variasjon for det enkelte individ ("fingeravtrykk" = "fingerprinting"). Disse analysene gir et for komplisert bilde av hvert enkelt individ og passer derfor best i studier av familier (arter i kultur, komparative studier).

De innledende studiene på torsk med multilocus prober ble avsluttet og arbeidet med familiestudier med samme type prober er under bearbeiding. Forsøkene viser som ventet meget stor individuell variasjon mellom enkeltindivider, men fragmentene nedarves i henhold til genetiske lover, og metoden kan derfor benyttes til familiestudier på litt større fisk (se "Microsatellitter" nedenfor)

Det ble også, på henstilling fra Senter for marine ressurser gjennomført innledende forsøk med de samme multilocus prober på uer. Dette arbeidet vil bli videreført i noen grad i 1994.

Microsatellitter

Microsatellittanalyser er basert på artsspesifikke primere/markører. Disse markørene kjenner igjen helt spesifikke sekvenser i DNA og gir enkle profiler for hvert individ (homozyoter: 1 bånd og heterozyoter: 2 bånd). Disse analysene gjennomføres ved hjelp av den såkalte PCR-teknikken (se nedenfor). Denne teknikken gir kortere analysetid og krever svært lite materiale for å kunne gjennomføre analyser. Det er gjort forsøk med gamle øresteinsposer. En bit av en slik pose er blitt klippet av og analysert. Gamle rester av blod og annen væske fra innsamlingen av øresteinene synes nok til å gjennomføre analyser med denne teknikken. Dette gir også nye perspektiv med tanke på muligheter for DNA-studier av materiale innsamlet over mange år.

Under et studieopphold (1 måned) i Canada (Marine Gene Probe Laboratory) finansiert av NFFR, ble de første microsatellitt studier av torskpopulasjoner i våre nære farvann (Færøybanken) gjennomført. Disse analysene vil bli sluttført i første halvdel av 1994. Det ble under oppholdet også diskutert videre samarbeid innenfor bruk av denne teknikken på et materiale fra hele Nord-Atlanteren, samt mulige andre arter som laks og uer.

Metoden gir muligheter til å analysere larver, noe som ikke vil være mulig med minisatellitter. Det skyldes at arvestoffet oppformerer ved hjelp av en teknikk kalt PCR. Teknikken går i hovedsak ut på at en løsning bestående av bl.a. spesifikke primere/DNA markører og enzym, settes i en maskin som fører temperaturen opp og ned i et bestemt mønster. Enzymene vil ut fra primeren produsere nytt DNA som kan analyseres.

RAPD (Random amplified polymorphic DNA)

Denne teknikken bygger også på PCR-teknikken. Som med microsatellitter produseres fragment profiler ut fra primere/markører. Disse er imidlertid mindre og tilfeldig satt

sammen. Profiler som kommer fram med en slik analyse er mer komplisert enn med microsatellitter, men i regelen langt mindre komplisert enn minisatellitter.

I 1993 ble det gjennomført RAPD analyser av fem familiegrupper av torsk for å finne mulige familiespesifikke fragmentprofiler. Arbeidet viste at metoden er anvendelig på torsk, men for rutinemessige analyser vil det kreve et større bakgrunnsarbeide, et arbeid som vil bli gjennomført i 1994.

3.4. Seksjon helse-sykdom

Seksjonen legger vekt på å arbeide med de problemstillinger innenfor sykdom og miljøeffekter av havbruk som er av størst betydning for forvaltning og næring. Det har i 1993 vært en positiv utvikling i sykdomssituasjonen med en betydelig reduksjon i innrapporterte tilfeller av sykdom. Dette skyldes i flere forhold. Her kan nevnes den strategi som er iverksatt når det gjelder nedslakting av syk fisk og påfølgende brakklegging av lokaliteter, bedre kunnskaper omkring smittespredning og smitteoverføring og sist men ikke minst bedre vaksiner og vaksinasjonsstrategier. Den bedrede sykdomssituasjonen har også ført til at medisinbruken i 1993 er betydelig redusert i forhold til de foregående år. Det er imidlertid fortsatt infeksjøs lakseanemi, furunkulose og problemer med lakselus som dominerer. I tillegg er infeksjoner med Infeksjøs pankreasnekrose virus et økende problem for næringen. Til tross for den positive utvikling av sykdomssituasjonen i 1993 er det fortsatt mange uløste problemer på sykdomssiden, og ikke minst når det gjelder miljøvirkninger av havbruksaktiviteten.

Norge er også i ferd med å bygge opp en næring basert på marine arter, innbefattet skjell. Forskning og utvikling med henblikk på å forebygge og hindre sykdom på disse arter vil derfor være en stor utfordring de kommende år. Med bakgrunn i disse problemstillinger har seksjonen bygget opp en betydelig faglig kompetanse som dekker feltene virussykdommer hos oppdrettsorganismer, bakteriologi, lakselus, sykdommer hos marine arter innbefattet skjell og på effekter av antibiotika og organisk materiale omkring miljøer. I tillegg har seksjonen kompetanse innenfor basisfag som immunologi, histologi og analytisk kjemi. Kompetansen er dels knyttet til fast ansatt personell, men også til prosjektansattpersonell.

Seksjonen disponerer laboratorier med muligheter for å gjøre smitteforsøk både med bakterier og virus, samt laboratorier for dyrkning og analyse av mikroorganismer. I tillegg disponerer seksjonen utstyr for histologiske studier. Seksjonen er også i ferd med å bygge opp en instrumentpark for immunologiske studier. Miljølaboratoriet har godt utstyr for vannkvalitets-ogsedimentundersøkelser.

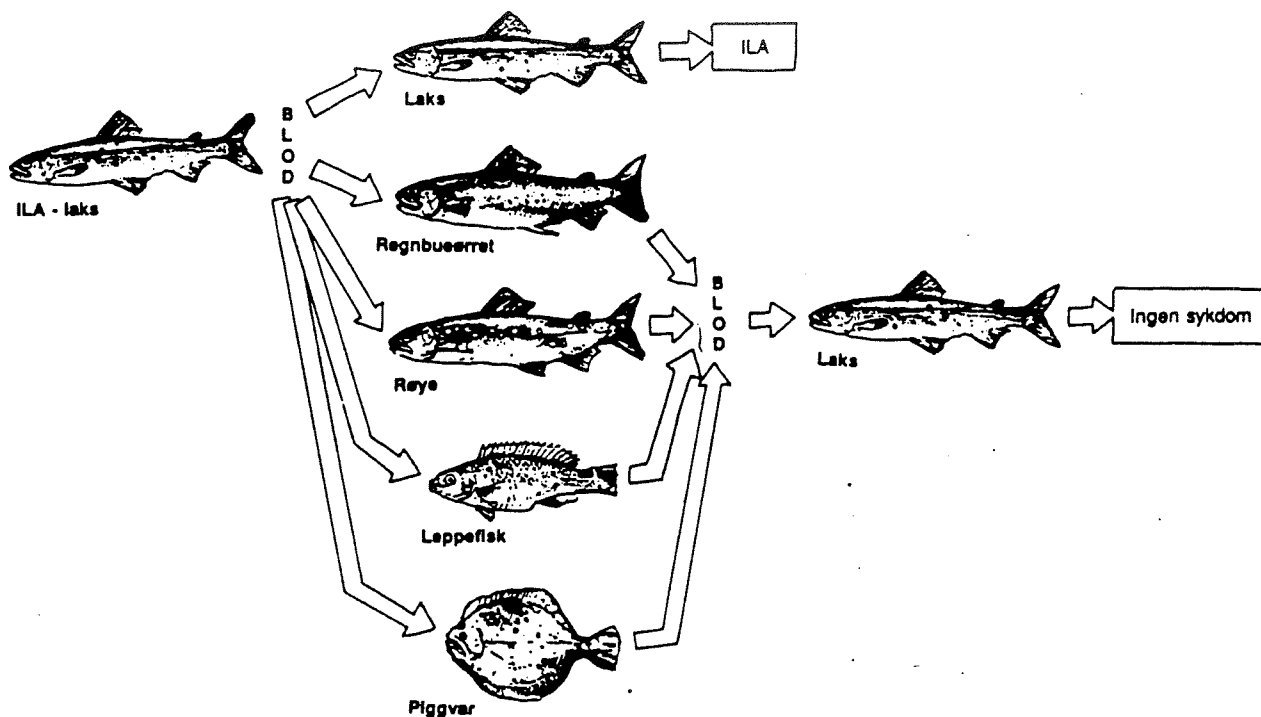
3.4.1 Helserelatert forskning

Kan laksesykdommene furunkulose og infeksjøs lakseanemi overføres til andre fiskearter?

Furunkulose og infeksjøs lakseanemi ble begge første gang påvist i Norge på midten av 80-tallet. Det er ingen tvil om at furunkulosen ble introdusert i norske oppdrettsanlegg gjennom import av infisert smolt, mens ILA er en spesifikk norsk laksesykdom. Etter introduksjon av furunkulosen har den spredd seg til de fleste deler av landet, med de følger det har fått for næringen gjennom stor dødelighet og en katastrofalt høyt forbruk av anti-biotika. Furunkulose forårsakes av en bakterie og kan behandles med antibiotika. Dette, sammen med at det stadig utvikles nye og bedre vaksiner, gjør at problemet med furunkulose i de aller fleste tilfeller er til å leve med. Når det gjelder ILA er smittestoffet ikke med sikkerhet kjent. Det antas imidlertid at dette er et virus. Dette betyr at det kan ikke brukes antibiotika for å bekjempe sykdommen. Det finnes heller ikke noen vaksiner som gir beskyttelse.

Inntil 1992 gikk antall registrerte tilfeller av både furunkulose og ILA bare en vei; oppover. Denne trenden ser ut til å være snudd i 1993. Hovedårsaken er uten tvil den systematiske nedslakting og brakklegging av anlegg som har funnet sted denne sesongen, selvfølgelig kombinert med bedre vaksiner og hygienerutiner. Dette har ført til at smittepresset og reservoiret av smittestoff i vannmassen er redusert betydelig. I og med at reservoiret av smittestoff i vannmassene reduseres, er også sjansen for at villfisk skal bli syk redusert betydelig. Villfisk er sansynligvis en spredder av sykdom fra anlegg til anlegg. Vi vet at både furunkulose og ILA forekommer i ville bestander av laks. Et stort spørsmål er om disse sykdommene er overførbare til andre fiskeslag. Kunnskaper om dette er viktige for å forstå hvordan disse sykdommer spres innen et anlegg og fra anlegg til anlegg. Samtidig vil dette være av betydning når en skal vurdere plassering av anlegg for marin fisk i forhold til anlegg som driver oppdrett av laksefisk. Et annet forhold er at leppefisk idag er i bruk i stor utstrekning i bekjempelse av lakselus. Er den en potensiell kandidat for spredning av sykdom? Disse forhold er årsaken til at seksjonen har satt i gang en forskningsaktivitet for å studere vertsforhold for de vanligste norske laksesykdommer, et studium som bør være av stor interesse både for forvaltning og næring.

Smittestoffet for ILA finnes både i blod og homogenat fra organer av syk laks. I de forsøkene som er gjennomført er begge deler benyttet som smittekilde. Alle forsøkene er gjennomført under kontrollerte betingelser i laboratoriet ved å sprøyte smittestoffet inn i fiskens bukhole. Det ble gjort forsøk med å injisere smittestoff i laks, regnbueørret, røye, leppefisk og piggvar. Laksen som fikk innsprøytet smittestoff begynte å dø etter ca 20 dager. Tretti dager etter smitte var all laksen død i de fleste grupper. De andre fiskeartene viste ingen tegn til sykdom eller nedsatt appetitt. For å undersøke om disse fiskene har utviklet en bærertilstand for ILA, ble det tatt blod fra disse og sprøytet inn i laks. Dette ga ingen sykdom på laksen. Resultatene fra hele forsøket er skjematisk oppsummert i figur 3.14.



Figur 3.14 Skjematisk oversikt over smittemodell som er benyttet for å studere vertsspesifisitet av ILA

ILA ser ut til å være en spesifikk laksesykdom. En kan imidlertid ikke utelukke at andre fiskeslag kan være mottagelige for sykdommen. Dette vil bli studert videre. Det ser heller ikke ut til at noen av de fiskeslag som er med i undersøkelsene utvikler bærertilstand som kan smitte over på laks.

Ipn-liknende virus hos skjell og marin fisk

Infeksiøs pankreasnekrose virus (IPNV) er tradisjonelt først og fremst sykdomsfremkallende for yngel av laksefisk. I de senere år er dette viruset imidlertid funnet i en rekke andre fiskeslag, krepsdyr og bløtdyr. Dette er tilfelle også i Norge. Resultatene fra en serotyping av et utvalg isolater (fra laks, kveite, piggvar, lyr, blåskjell og kamskjell) innsamlet ved sykdomslaboratoriet viser at disse virusene danner en relativt homogen gruppe. På tross av en viss antigenisk variasjon viser alle stor likhet med den beskrevne Sp-serotypen.

I smittforsøk kan virusisolatet fra kamskjell gi infeksiøs pankreasnekrose (IPN) hos ørret, og oppfyller derved kriteriene for å være et IPN-virus. I laboratorieforsøk har kamskjellisolatet vist seg å være svært stabilt i vann med ulik temperatur og saltholdighet.

Gjennom en tidligere forsøksserie er det imidlertid ikke fremkommet resultater som tyder på at kamskjellisolatet forårsaker sykdom hos kamskjell. Vi har målt både opptak, lang overlevelsestid og utskilling fra skjellene. Viruset er også påvist i krepsdyr som beiter på avføring fra smittede skjell eller på døde smittede skjell. Våre resultater tyder på at skjell kan fungere som smitteoverføringsorganismer eller reservoarer av virus.

Sykdommer og parasitter hos norske skjell

Det er i nyere tid ikke registrert tilfeller av høy dødelighet forårsaket av sykdom i norske skjellbestander. Imidlertid har det ikke vært utført noen systematiske undersøkelser av helsetilstanden til norske skjell. Over en treårsperiode har vi derfor tatt prøver fra en del bestander av europeisk flatøsters (*Ostrea edulis*), stillehavsosters (*Crassostrea gigas*), asiatisk teppeskjell (*Ruditapes philippinarum*), "gullskjell" (*Ruditapes decussatus*) og stort kamskjell (*Pecten maximus*). I disse undersøkelsene er det primært lagt vekt på å undersøke mulig tilstedeværelse av de parasittene og sykdomstilfellene som har skapt store problemer for skjelldyrkingen i Europa.

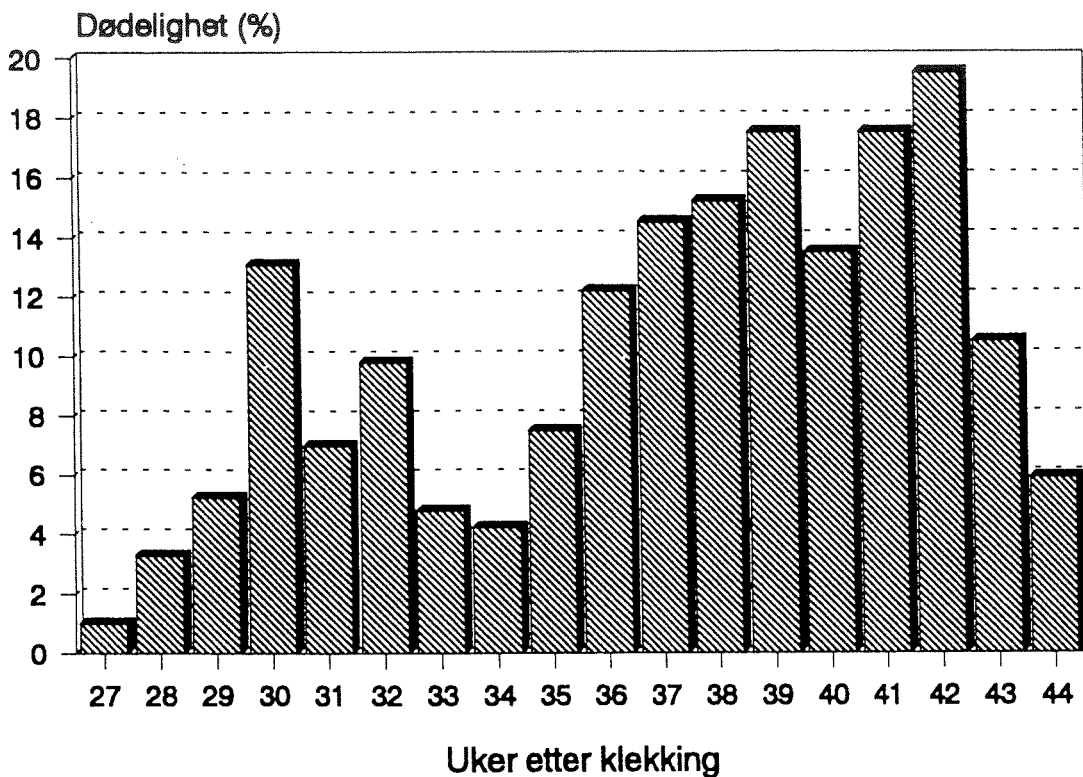
Resultatene av arbeidet ser ut til å bekrefte antakelsene om at bestandene er frie for sykdommer og alvorlige parasitter. Både funn av ciliater i fordøyelsesvev og intracellulære bakteriekolonier er regnet som "normalt". Etter som "normalfauna" under visse forhold også kan bli sykdomsfremkallende, er funnene et klart varsko om at skjelldyrkerne må holde egne stamdyrbestander under tilfredsstillende forhold og at myndighetene må sikre en kontroll av bestandene.

Infeksiøs pancreasnekrose hos kveite

Infeksiøs pankreas nekrose (IPN) er en akutt smittsom sykdom forårsaket av IPN-virus som i første rekke angriper yngel og smolt av laksefisk. I løpet av de siste årene har en også påvist IPN hos andre arter bl. a. kveite. Det viser seg at sykdommen først og fremst er et problem i den fasen kveiten tilvennes tørrfor. I sesongene 1991 og 1992 ble det tatt regelmessige prøver av egg og yngel fra et kommersielt oppdrettsanlegg for å påvise IPNV og korrelere eventuelle funn med sykdomsutbrudd. Det ble ikke påvist virus på egg eller plommeseklarver hverken i 1991 eller 1992. I den fasen hvor larvene vennes til tørrfor, ble det i 1991 påvist to klare toppler i dødelighet (figur 3.15). Den første toppen kan sansynligvis tilskrives de forandringer av fysisk og biologisk karakter som skjer i forbindelse med tilvenning til tørrfor. Her ble det ikke påvist virus. Etter at denne dødeligheten avtok (ca. 33 - 34 uker etter klekking) ble det for første gang påvist virus i to prøver. I uke 35 og 36 økte dødeligheten igjen og alle prøver som ble tatt på dette tidspunkt inneholdt virus.

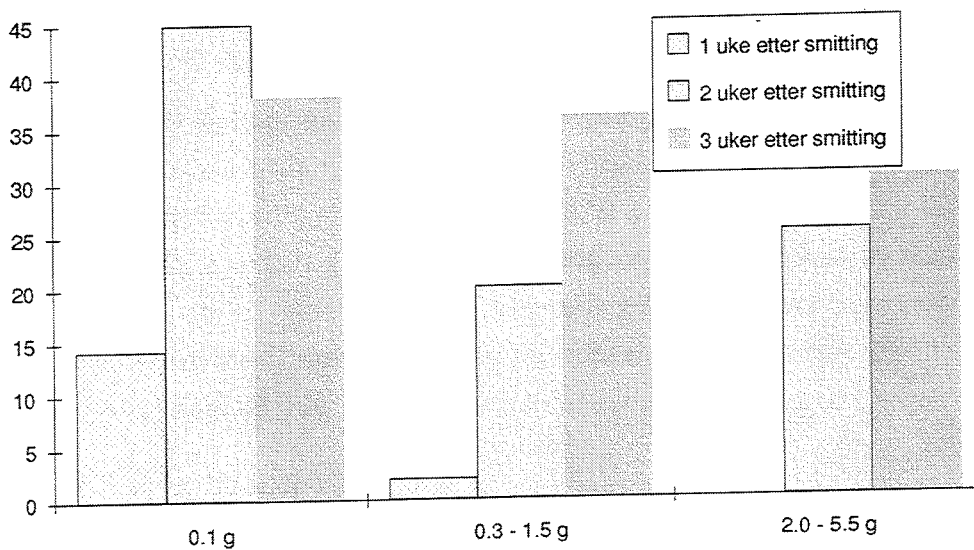
Konklusjonen på dette var at den siste toppen i dødelighet skyldes IPN. I sesongen 1992 ble det ikke påvist noen tofaset dødelighet i populasjonen og det ble heller ikke isolert IPNV. Konklusjonen på dette er at IPN kan være et problem hos kveite i den fasen fisken tilvennes tørrfor. Deter imidlertid sikkert at dette problem varierer fra sesong til sesong.

Når viruset eventuelt introduseres i populasjonen er usikkert. En kjenner fra laksefisk at IPNV kan ligge latent i fisk i lengre tid uten at det kan påvises med de metoder som er tilgjengelige. Fisken kan derfor være smittet på et langt tidligere tidspunkt enn der hvor virus første gang ble påvist. Det er nærliggende å tro at virus kan overføres med levende



Figur 3.15 Dødelighet i et anlegg for produksjon av kveiteyngel i den fasen hvor yngelen tilvennes tørrfôr.

for. I 1993 ble det gjort forsøk på å overføre virus ved å fore fisk med artemia som på forhånd var inkubert i en virusløsning og ved å tilføre virus til vannet fisken lever i. Smittning gjennom fôr gav ingen dødelighet og det ble heller ikke påvist virus på denne fisken. Dersom fisken smittes gjennom vannet ble det registrert høy dødelighet på grupper av fisk fra 0,1 g til ca. 5 g (figur 3.16). Dette betyr at kveiteyngel i hele tørrförtilvenningsfasen er mottagelig for IPN-virus og at smitte kan overføres gjennom vannet. All den tid det ikke kan påvises noen forskjell mellom lakseisolater og kveiteisolater er det mye som tyder på at viruset som isoleres fra laks kan overføres til kveite og gi sykdom.



Figur 3.16 Dødelighet av kveiteyngel smittet med infeksjøs pankreas nekrose virus. Tre grupper av forskjellig størrelse er smittet.

3.4.1 Miljørelatert forskning

Den raske vekst i norsk havbruksnæring de senere år har ført til en stadig sterkere fokusering på de negative miljømessige konsekvenser av oppdrettsaktivitet. Den globale satsning på miljøforebyggende tiltak sammen med press fra interesseorganisasjoner tilsier dette er sider ved aktiviteten som må tas alvorlig. Hittil har en tatt lite hensyn til disse forhold både når det gjelder lokalitetsvalg, utforming av det enkelte anlegg og i forbindelse med føring og medisinerings av oppdrettsfisk. Det er ingen tvil om at det innenfor disse felt ligger store potensiale for en forbedring av miljøet i og rundt oppdrettsanlegg.

Miljøpåvirkninger som følge av oppdrettsvirksomhet kan grupperes som følger:

- a) Avsetning av organisk materiale
- b) Spredning av antibiotika til villfauna
- c) Spredning av sykdom
- d) Genetiske interaksjoner mellom oppdrettet og vill fisk

Løsning av problemene krever kunnskaper og kompetanse innenfor et vidt spekter av fagområder. Forskere ved Havforskningsinstituttet har de siste år arbeidet med problemstillinger som er relevante for et eller flere av de ovenfor nevnte områder. Dette har ført til at instituttet har bygget opp en kompetanse på flere fagfelt som uten tvil kan benyttes i forskningsprosjekter som har som mål å redusere negative miljøeffekter av havbruk.

Regulering av miljøvirkninger fra oppdrettsanlegg - MOM

Avsetning av organisk materiale er et problem som påvirker både bunnfauna og vannkvaliteten i merdene. Forskningen ved HI har gitt grunnleggende kunnskaper om effekter både i vannfase og på bunn. Resultatene viser blant annet at sammensetningen av bunnfaunaen endres og kan i ekstreme tilfeller forsvinne helt under og rundt oppdrettsanlegg. Disse kunnskaper skal benyttes i en beregningsmodell hvor en ut fra anleggets størrelse, driftsform og de naturgitte forhold på lokaliteten kan beregne bunneffekten. På denne måten vil en være i stand til å forutsi hvordan oppdrettsvirksomhet kan drives uten å overskride en på forhånd definert grense for påvirkning av det omgivende miljø.

Oppdrettsnæringen må sikre fisken tilstrekkelig reint vann, og samtidig holde seg innenfor de grensene samfunnet setter for miljøpåvirkning. Disse kravene kan bare oppfylles dersom næringen selv og myndighetene kan regulere miljøvirkningene i forhold til disse grensene.

Havforskningsinstituttet har skissert et redskap som kan tilpasse miljøvirkningene fra et gitt merdanlegg til bæreevnen på lokaliteten. Fiskeridepartementet har besluttet å utvikle redskapet, og har stilt midler til rådighet for arbeidet som vil bli gjennomført i løpet av 1994. Redskapet består av en beregningsmodell for miljøvirkning og et integrert

overvåkningsprogram. Det kalles forkortet MOM, som står for modellering - overvåkning -matfiskanlegg.

MOM vil kunne bli et viktig element i den framtidige avgrensningen av oppdrettsanlegg. Det nye redskapet setter oss istand til å avgrense størrelsen av anlegg etter den miljøvirkningen de har på lokaliteten; det vil redusere lokale forurensninger og åpne for en mer fleksibel bruk av kystområdene. På lokaliteter med særlig stor bæreevne kan størrelsen av anleggene avgrenses ved en kombinasjon av miljøvirkning og areal av merdene.

MOM vil gi bedre miljøforhold i merdene, og slik bedre produktiviteten. Problemene med dødfisk og legemidler vil derfor bli redusert. Dokumentasjon av miljøtilstanden i anleggene vil kunne avklare noe av den usikkerheten som belaster forholdet til naboer og offentlighet, og få betydning for kvalitetssikring og markedsføring.

MOM-modellen

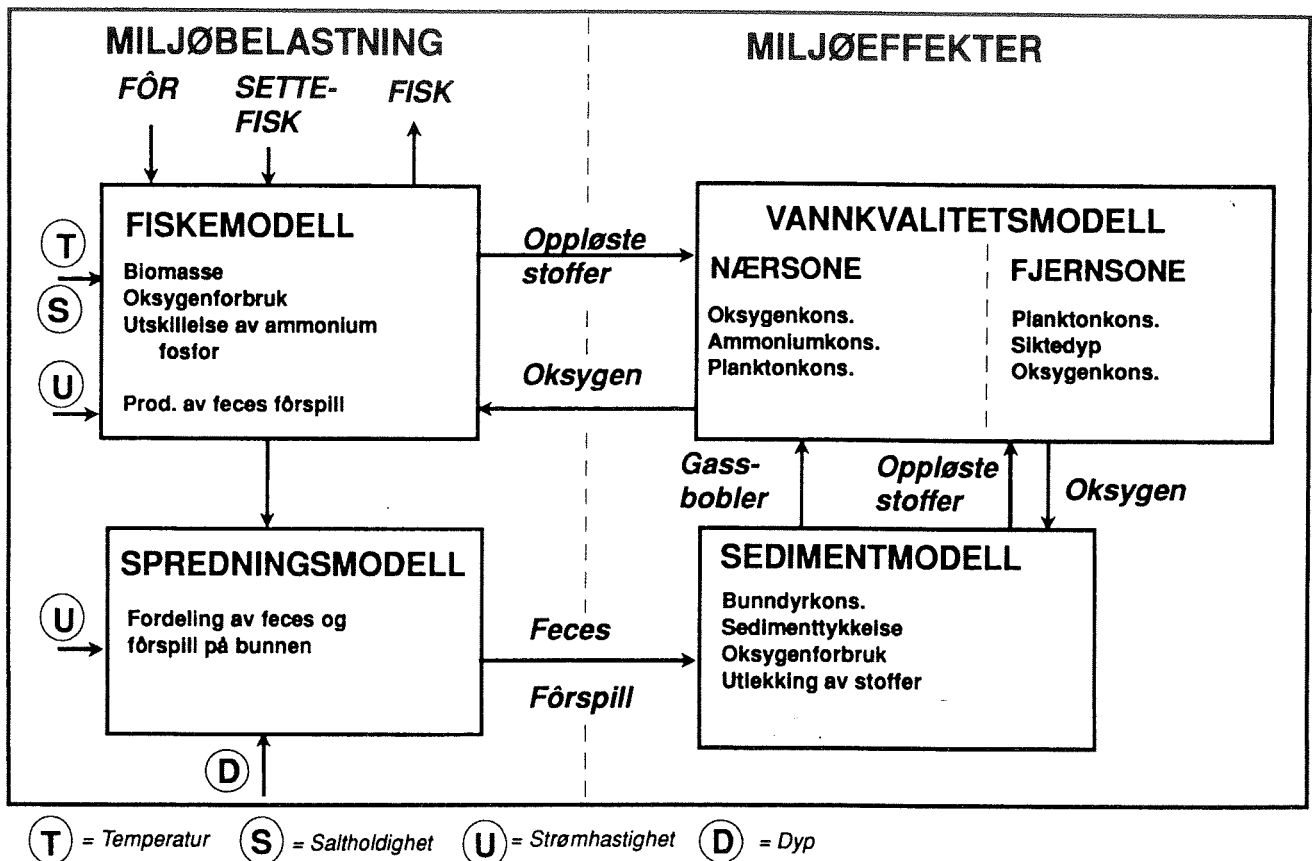
På grunnlag av definerte og naturgitte forhold skal modellen beregne hvilke miljøvirkninger et anlegg vil ha på en lokalitet, eller hvordan et anlegg må utformes og drives for at miljøvirkningene ikke skal overskride gitte grenseverdier. Det gjelder både virkningene på bunnen og effektene i vannet i og nær selve anlegget (nærsonen) og i omgivende resipient (fjernsonen). Modellen skal være PC-basert og brukervennlig.

Modellen vil være satt sammen av fire hovedkomponenter (figur 3.17).

- 1) Modell som beregner anleggets utslipp av oppløst og partikkelbundet stoff, samt fiskens oksygenbehov (fiskemodell).
- 2) Modell som beregner hvordan fôrspill og fekalier blir spredt og deponert på bunnen når strømfelt og bunntopografi er gitt (spredningmodell).
- 3) Modell som beregner tilstand og akkumulering i bunn som mottar partikkulært stoff fra oppdrettsanlegg (sedimentmodell).
- 4) Modell som beregner tilstanden i vannmassen, både i oppdrettsanlegget og i omgivende resipient (vannkvalitetsmodell).

Som det framgår at flytdiagrammet beregner modell 1 og 2 belastningen av oppløst og partikkulært materiale, samt fordelingen av det partikulære stoffet på bunnen. Modellene 3 og 4 kan ut fra belastning og de naturgitte forholdene på stedet beregne miljøvirkningene på henholdsvis bunn og vannmasser. Modell 1 og 4 er utviklet tidligere, men må implanteres i MOM-modellen. Professor Anders Stigebrandt, Universitetet i Gøteborg, er ansvarlig for modellutviklingen og tar inn modell 1 og 4 fra sine tidligere arbeider.

MOM-modellen kan bli et standardverktøy for beregning av miljøvirkninger fra oppdrettsanlegg. Det legges derfor vekt på at den kan endres eller utvides med flere moduler eller beregningsmuligheter.



Figur 3.17. Flyttdiagram for MOM-modellen

MOM-overvåkning

Overvåkingen skal sikre at påvirkningen ikke overskrider gitte grenseverdier. Metoden inneholder beskrivelse av målemetoder, parametre, måleprogram og forslag til grenseverdier, og utgjør samlet en standardisert metode for kartlegging av miljøtilstand i oppdrettsanlegg.

På en bestemt lokalitet kan man produsere en viss mengde fisk, når utslipp pr mengde produksjon og grenseverdier for påvirkning er gitt. Denne mengden kalles lokalitetens **bæreevne**. Hvor hardt man ønsker å utnytte lokaliteten, dvs hvor nær opp til bæreevnen man ønsker å ligge, uttrykkes som **utnyttelsesgraden**. Den foreløpige versjonen av MOM opererer med tre utnyttelsesgrader; 1. utnyttelsesgrad betegner lite påvirkning, 2. middels og 3. utnyttelsesgrad stor påvirkning. Til hver utnyttelsegrad hører et bestemt **overvåkningsnivå**, det er den overvåking som er nødvendig for å sikre at grenseverdiene for miljøvirkning ikke overskrides. Hvert overvåkningsnivå inneholder to eller tre typer undersøkelser; A, B eller C (tabell 3.4).

Tabell 3.4. Oversikt over de undersøkelser som inngår i overvåkningsnivå 1, 2 og 3. (ps=produksjonsyklus)

Overvåkningsnivå	Undersøkelse		
	A	B	C
1	1/ps	-	8. år
2	2/ps	1/ps	5. år
3	2/ps	2/ps	2. år

A-delen, som inngår i alle overvåkningsnivåer, består av enkle undersøkelser av sediementene under anlegget. B-delen består av mer omfattende kjemiske sediementundersøkelser og C-delen er en inngående undersøkelse hvordan anlegget påvirker dyreliv og sediement. En oversikt over de parametre som inngår i de tre typene undersøkelser er gitt i tabell 3.5.

Tabell 3.5. Oversikt over parametre undersøkt i A, B og C-delen.

Parametre	Undersøkelse		
	A	B	C
Sedimentasjon	+	-	-
Lukt	+	-	-
Konsistens	+	-	-
Dyr (+/-)	+	-	-
Sedimenttykkelse	+	-	-
Sedimentkjemi	-	+	-
Org. innhold	-	-	+
C/N forhold	-	-	+
Total fosfor	-	-	+
Antall dyr	-	-	+
Samfunnstruktur	-	-	+

Grenseverdier

Utgangspunktet for grenseverdiene er at organisk stoff ikke skal akkumuleres over tid. Tykkelsen av avsetningene fra anleggene skal derfor ikke overstige bestemte verdier og sediementene skal inneholde gravende bunndyr. Det kan bli aktuelt å stille krav til de kjemiske forholdene i sediementet og til maksimum konsentrasjon av antibakterielle midler i bunnen.

4. UTVALGTE EMNER

4.1. Karotenoider - hva kan tilsettes i fôr til laks?

Hva er karotenoider?

Karotenoider er en gruppe pigment som inneholder en dobbeltbindingskjede (kromatofor) som gir forbindelsene farge ved at deler av lysspekteret absorberes. Navnet karotenoider er avledet fra carrot (gulrot), og mest kjent av disse pigmentene er β -karoten som gir gulrot den karakteristiske gule farge. Rød farge på marine dyr skyldes ofte astaxanthin, men astaxanthin bundet til proteiner kan også ha svart eller mørk blå farge som i skallet til hummer og egg hos en rekke krepsdyr. Ved koking vil proteinet denaturere, bindingen med astaxanthin brytes og astaxanthinet får tilbake den røde fargen.

Karotenoidenes funksjoner

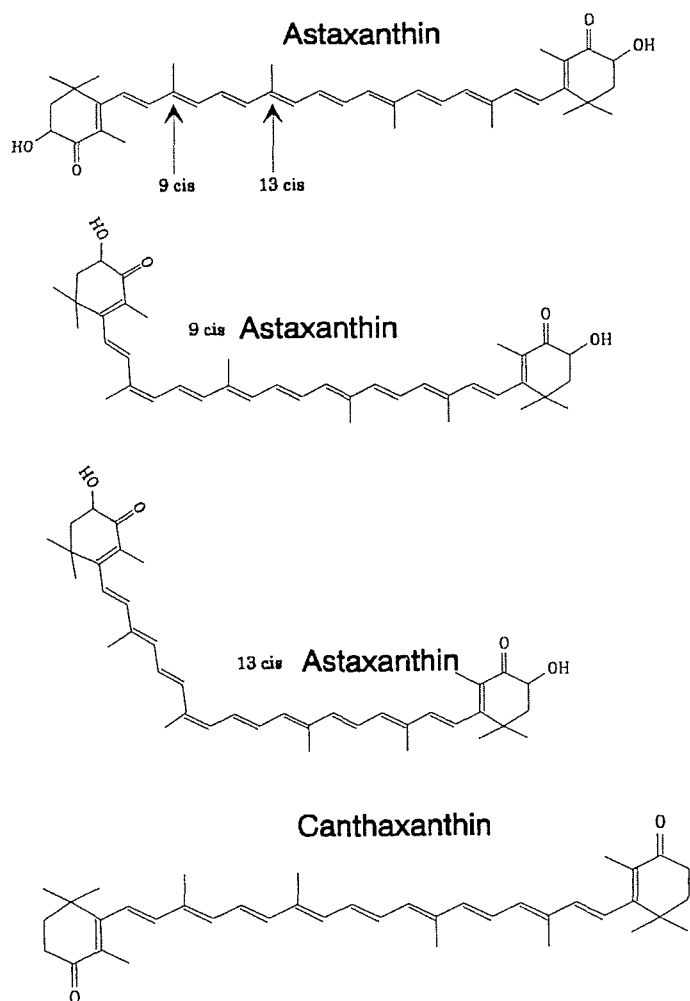
Karotenoidene har en rekke funksjoner. De er essensielle i fotosyntesen og de er utgangspunktet for vitamin A. I tillegg fungerer de som biologiske antioksydanter og har en beskyttende effekt mot enkelte krefttyper og hjerte/kar sykdommer. Ved Havforskningsinstituttet er det vist at de også er essensielle for fisk og at laks vil stoppe å vokse (figur 3.4) og til slutt dø om ikke fôret inneholder karotenoider som astaxanthin eller canthaxanthin. Vi har ikke full klarhet i mekanismene bak behovet for karotenoider, men forskning på funksjon av karotenoider har høy prioritet.

Karotenoider i fiskeoppdrett

Karotenoidene astaxanthin og canthaxanthin (Figur 4.1) tilsettes i fôr til laks for å oppnå ønsket farge på laksekjøttet. Normalt tilsettes 40 til 100 mg pr kg tørt fôr fra fisken settes i sjøvann og fram til slakting. Dette gir et karotenoidinnhold i laksemuskel på ca 8 mg/kg og for konsumentene betyr det ca 1.5-2.5 mg karotenoider pr laksemåltid. I vill laks er astaxanthin det dominerende karotenoid.

Karotenoidet astaxanthin kan foreligge i flere former

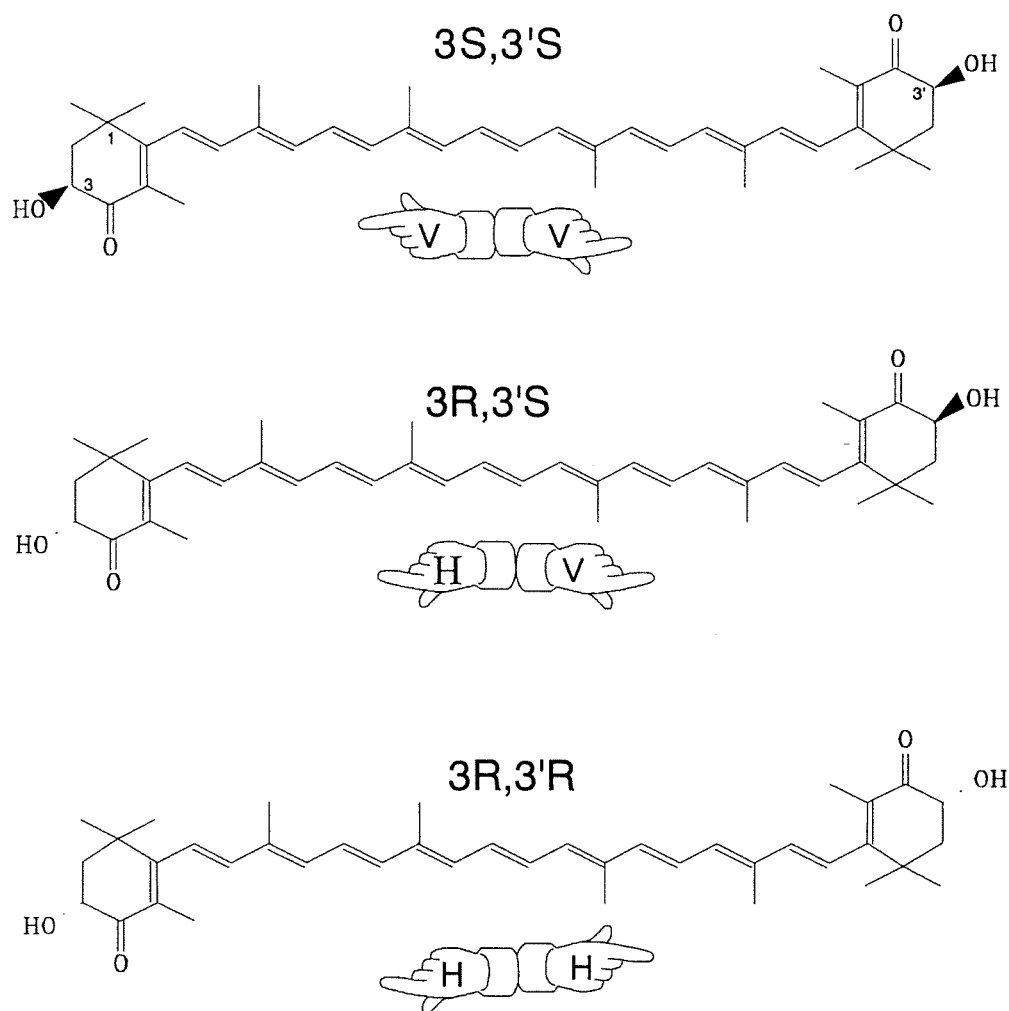
Astaxanthin kan foreligge i flere former (isomere). Geometriske isomere (figur 4.1) er former der kjeden roteres rundt posisjon 9 eller 13 i karbonkjeden eller begge samtidig (såkalte cis isomere). Astaxanthin der kjeden ikke er rotert om karbon 9 eller 13 kalles trans-astaxanthin. Alle cis isomere har en lavere fargeintensitet enn den normale trans formen, for 9 cis er fargeintensiteten ca 80% og for 13 cis ca 60 % av intensiteten for trans formen. Omdanning fra trans til cis kan skje ved sterk oppvarming, for eksempel under ekstrudering eller pelletering av fôret.



Figur 4.1. Karotenoider i laks og de vanligste geometriske isomere (former).

Astaxanthin vil også forekomme som tre forskjellige optiske isomere. Karbon, hydrogen og oksygenatomene i astaxanthin ligger i et plan mens, OH-gruppene vil være plassert enten over eller under dette planet (figur 4.2). De optiske isomerene 3R,3'R og 3S,3'S er speilbilder av hverandre, mens 3R,3'S har en OH-gruppe plassert på hver side av planet. Det er normalt ingen overgang mellom de optiske isomerene. Laks ser også ut til å avleire de forskjellige optiske isomere like godt. Det betyr at fordeling mellom de forskjellige optiske isomere i laksekjøtt er et bilde av formene i laksefôret. Mellom de forskjellige pigmentkilder varierer imidlertid fordelingen av de forskjellige formene (tabell 4.1). Fordelingen mellom de optiske isomere i laksekjøtt gir dermed indikasjoner på hvilke pigmentkilder som er benyttet i fôret. Fordeling mellom optiske isomere i rogn har også vært benyttet for å skille mellom

rogn fra vill laks og rogn fra oppdrettsfisk i elver. Begrensingen her ligger først og fremst i tidsaspektet. Er det lenge siden fisken rømte, vil astaxanthin fisken har fått i seg i sitt ville liv dominere, og til slutt vil fisken få et mønster som tilsvarer vill laks.



Figur 4.2. Optiske isomere av astaxanthin. R og S formen er speilbilder av hverandre.

Tabell 4.1. Fordeling mellom forskjellige optiske isomere i aktuelle pigmentkilder for laks.

PIGMENTKILDER	3R,3'R (%)	3R,3'S (%)	3S,3'S (%)
Syntetisk astaxanthin	25	50	25
Krill (<i>Euphausia superba</i>) ¹	70	21	9
Røddåte (<i>Calanus finmarchicus</i>) ¹	11	5	84
Gjær (<i>Phaffia rhodozyma</i>) ²	92	+	+

1) Foss et al., Comp Biochem.Physiol., 86B:313-314.

2) Johnson & Gil-Hwan, Crit. Rev. Biotech., 11:297-326

Reguleringer i ulike markeder

De fleste land har regler som regulerer bruk av fôrråstoff og kjemiske tilsetningsstoff i fôr. Når det gjelder tilsetningsstoff benyttes positiv listing, det vil si at kun de stoffer som er oppført i listen er tillatt brukt. Karotenoider er klart tilsetningsstoff dersom det benyttes kilder som er framstilt med henblikk på et høyt karotenoidinnhold: syntetiske produkt, produkt framstilt ved hjelp av bioteknologi (gjær, alger) og ekstrakt eller konsentrat. Karotenoider i vanlige fôrråstoff (fiskemel, krepsdyr mel, fiskeoljer o.l.) kan derimot fritt benyttes, men i de tilfeller der det er gitt maksimaldoser i fôr må disse selvsagt ikke overskrides.

I Norge har Fiskeridepartementet delegert myndigheten til å regulere hvilke kjemiske stoff og fôrråstoffer det er tillatt å bruke i fiskefôr til STIL (Statens Tilsynsnemd for Landbruket). Det kreves i dag at både fôrråstoff og fôrtilsetninger skal være godkjent før de kan tilsettes fôr (positiv listing). I Norge er det tillatt å benytte både astaxanthin og canthaxanthin i fôr til laksefisk. Når det gjelder fôrråstoff som kan benyttes som pigmentkilder er det tillatt å bruke mel fra fisk og krepsdyr (reker, krill, o.l.), fiskeoljer og syntetisk produsert astaxanthin eller canthaxanthin. Derimot er det ikke tillatt å bruke astaxanthin fra rød gjær (*Phaffia rhodozyma*), alger (*Haematococcus pluvialis*) eller for den saks skyld andre pigmentkilder basert på tørking eller ekstraksjon fra vegetabiliske produkt. Det norske regelverket er utarbeidet etter mønster fra EU, og som følge av EØS avtalen vil Norge, etter en overgangsperiode, måtte adoptere EU's reguleringer fullt ut.

EU tillater også bruk av både astaxanthin (E 161j) og canthaxanthin (E 161g) i doser på opp til henholdsvis 80 og 100 mg/kg tørt fôr fra fisken er 6 mnd gammel fra syntetiske produkt eller vanlige fôrråstoff. EU tillater heller ikke direkte bruk av bioteknologi produkt som rød gjær eller alger uten godkjennelse. Vi vet at det er søkt om godkjennelse for bruk

av gjæren *Phaffia rhodozyma*, men det er usikkert når en avgjørelse vil bli tatt. Vi antar at en tillatelse til å bruke *Phaffia* produkt i EU land vil føre til en umiddelbar godkjennelse også i Norge, som en følge av EØS avtalen.

I EU's helsemyndigheter arbeider også med å få fastsatt verdi for maksimalt anbefalt inntak for canthaxanthin (ADI-verdi). Det er her snakk om verdier i størrelsesorden 0,5 mg canthaxanthin pr dag. Bakgrunnen for dette er de negative effekter en fant ved bruk av "spis deg brun pillen". "Spis deg brun pillen", som også ble solgt i Norge, inneholdt store mengder canthaxanthin. Daglige doser i gram nivå over lang tid ga avsetning av canthaxanthin krystaller i netthinnen. Med de nivå canthaxanthin laks kan inneholde, i lys av at canthaxanthin også benyttes til pigmentering av egg, vil en ADI verdi på 0,5 mg pr dag utelukke bruk av canthaxanthin som pigmentkilde for fisk som skal eksporteres til EU landene.

Regelverket tar ikke hensyn til at karotenoidene er essensielle for fisk og at tilskudd er nødvendig for å sikre maksimal tilvekst og fiskens helse. Myndighetene bør ta dette opp for

å få tilpasset regelverket til våre nye forskningsresultat. Ut fra våre resultat burde det vært et pålegg om å tilsette fiskefôr minimum 10 mg astaxanthin pr kg tørt fôr.

I USA er det Food and Drug Administration (FDA) som håndhever regelverket. USA tillater bruk av canthaxanthin som pigmentkilde på midlertidig basis, mens astaxanthin ikke er tillatt brukt i fiskefôr. Hoffmann La Roche, Sveits, søkte om godkjenning av astaxanthin i 1987 og det skal være håp om en avgjørelse innen relativt kort tid. Det er her mulig at også bruk av *Phaffia rhodozyma* vil bli inkludert i en eventuell tillatelse. FDA har opplyst at et relativt høyt innhold av cis-isomere i syntetisk produsert astaxanthin har vært hovedårsaken til den lange saksbehandlingstiden. For utenforstående kan det imidlertid se ut som om treneringen har vært bevisst for å beskytte amerikansk oppdrettsnæring og eget laksefiske mot konkurranse utenfra.

FDA har imidlertid utviklet analysemetoder for å skille mellom astaxanthin og canthaxanthin pigmentert laks og også bestemme fordelingen mellom de ulike optiske isomere av astaxanthin. I innledningen til analysemetodene slås det fast at metodene skal benyttes for å håndheve gjeldende regelverk. Det betyr at de vil kunne avvise fisk pigmentert med syntetisk astaxanthin, astaxanthin fra *Phaffia rhodozyma* og også astaxanthin fra alger (*Haematococcus pluvialis*).

4.2. Miljøvirkninger av antibakterielle midler i havbruk

Fisk er, som alle andre levende organismer, utsatt for sykdommer. Til nå er mer enn 50 ulike bakterier assosiert med sykdom på marin- og ferskvannsfisk. De mest alvorlige bakterielle sykdommene i norsk fiskeoppdrett har vært vibriose forårsaket av bakterien *Vibrio anguillarum*, kaldtvanns vibriose (*Vibrio salmonicida*) og furunkulose (*Aeromonas salmonicida*). Siden det nå finnes effektive vaksiner mot både vibriose og kaldtvanns vibriose, anses derfor furunkulose i øyeblikket som den mest alvorlige sykdommen og gir de største økonomiske tapene. Tap grunnet sykdom for norsk oppdrettsnæring ble i 1991 kalkulert til ca. 1 milliard kroner.

Siden flere av sykdommene skyldes bakterier, har en i kjølvannet av den sterke økningen i fiskeproduksjon hatt en tilsvarende økning i forbruket av antibakterielle midler til behandling av den syke fisken. Da all import og distribusjon av antibakterielle midler i Norge skjer i regi av Norsk Medisinaldepot og veterinærenes utskrivning av resepter på anti-bakterielle midler er underlagt kontroll, har en i Norge, i motsetning til de fleste andre land, gode og riktige statistikker over forbruket fra år til år. Regnet i kilo var forbruket av slike midler i 1981 på omlag 3,6 tonn, mens tilsvarende forbruk i 1991 var på ca 26,8 tonn (figur 2.3).

I mange år var oksytetrasyklin og furazolidon klare førstevalg i behandlingen av syk fisk. I 1987 kom quinolonet oksolinsyre og overtok i løpet av et par år størstedelen av markedet. Siden har flumequin, et annet quinolon, kommet sterkt og i 1992 fikk også Tribriksen (Trimetoprim/sulfadiazin) sin renessanse.

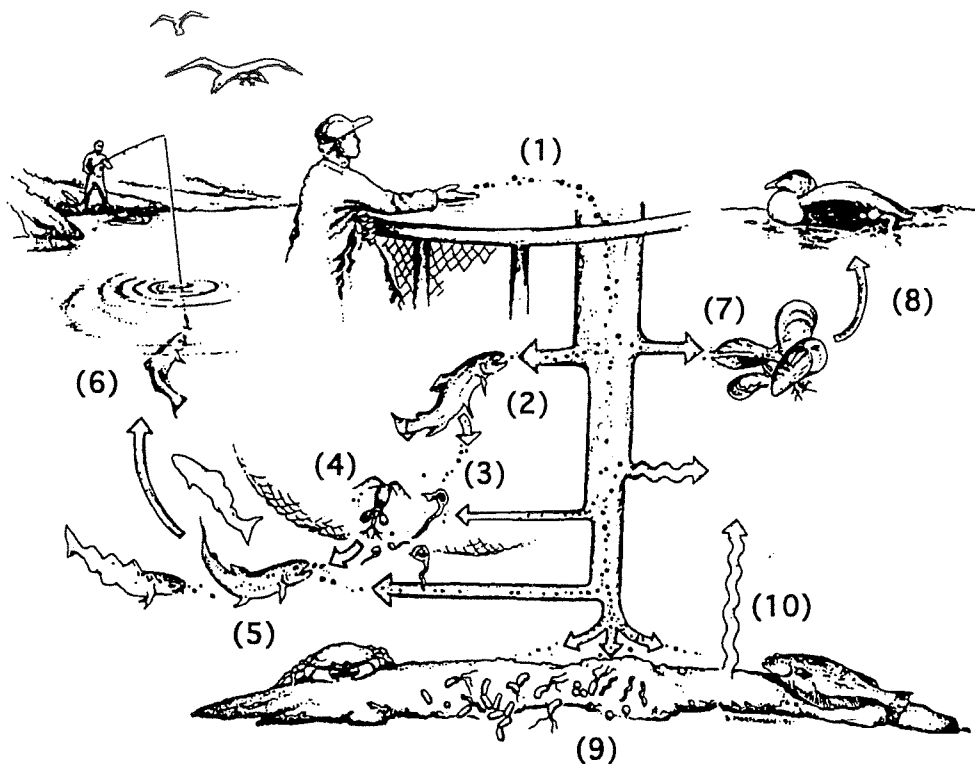
Selv om intensivt fiskeoppdrett har vært praktisert i mange år, er det først i den senere tid at det er fokusert på mulige negative miljøeffekter av denne virksomheten. Spørsmål er blitt stilt om mulighetene for genetisk innblanding i ville laksestammer, spredning av fiskepatogener, utslipp av organisk materiale og den store bruken av kjemikalier og antibakterielle midler.

Siden 1986-87 har det i Norge vært en utstrakt forskningsaktivitet for å kartlegge skjebnen til antibakterielle midler i miljøet i forbindelse med fiskeoppdrett. Det er også gjort forsøk på å klarlegge en del effekter disse midlene har på miljøet.

Skjebnen til antibakterielle midler i miljøet

I figur 4.3 har vi prøvd å vise hvordan vi tenker oss at et antibakterielt middel kan bli distribuert i både den levende og ikke levende del av miljøet.

Syk fisk blir vanligvis behandlet med det antibakterielle midlet blandet i fôret. Ved utfôringen kan medisinholdig støv og flak fra fôret frigjøres (1). Syk fisk har ofte dårlig appetitt og overføring kan lett forekomme. Medisin kan dermed lett havne i miljøet rundt anlegget som overskuddspellet. Siden opptaket av antibakterielle midler i fiskens tarm på langt nær er 100%, vil en del av den medisinen som blir spist bli tilført miljøet i uforandret form etter å ha passert gjennom fisken (3). Småpartikler fra pellets og faeces med medisin-



Figur 4.3. En skisse over spredningen av antibakterielle midler. Se teksten for nærmere forklaring.

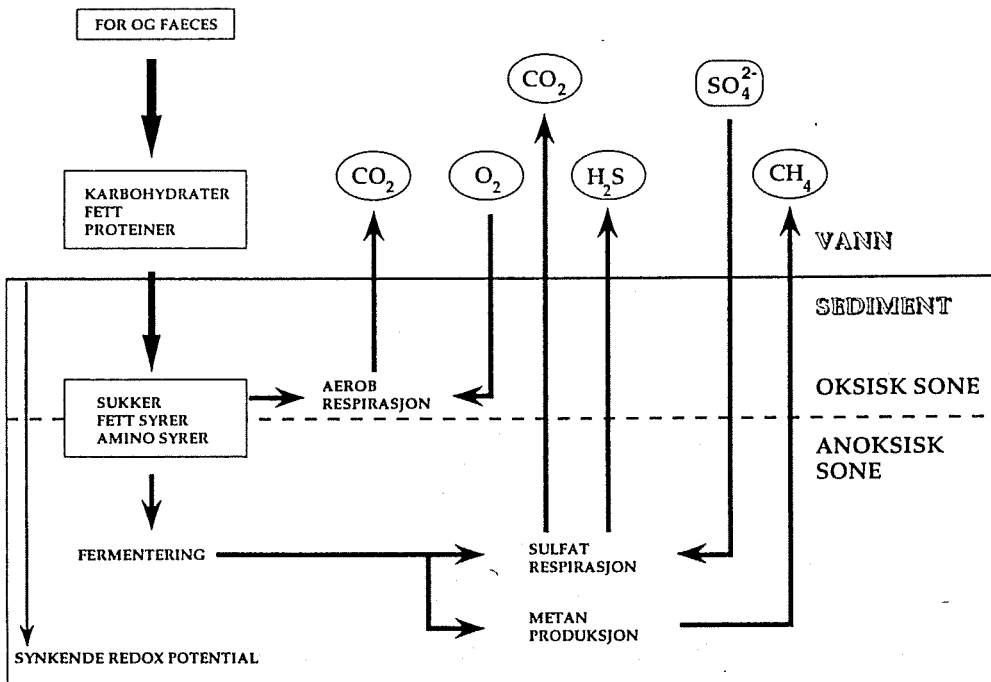
rester kan taes opp av frittsvømmende organismer som kopepoder og fastsittende organismer som blåskjell og sekkedyr (4, 7). Villfisk og krepsdyr som holder til i nærheten av anlegget kan få i seg medisinholdig fôr eller byttedyr (5). Villfisk og krepsdyr med medisinrester kan gå til konsum (6). Medisinholdige pellets og faeces kan legge seg på bunnen under notposene (9). Under anleggene er det ofte ansamlinger av faeces og fôrpellets, et såkalt sediment. Fra dette sedimentet vil medisinrester kunne frigjøres til vannmassene (10).

Stabilitet i sediment

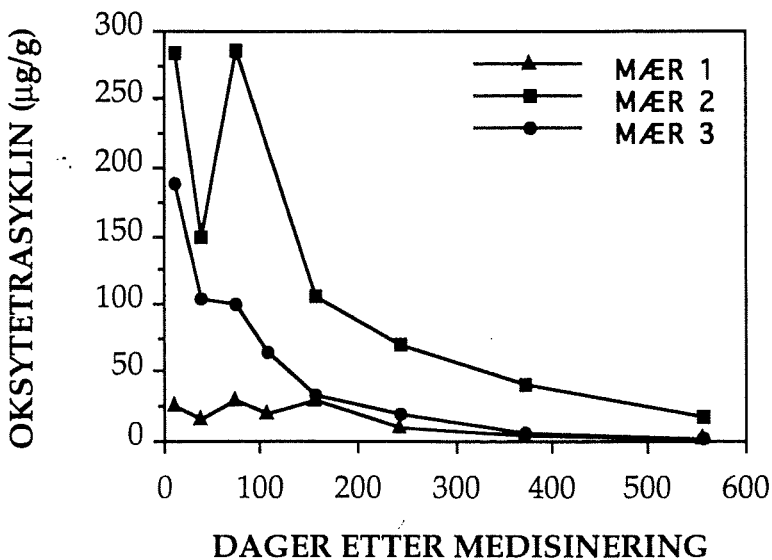
Fra flere forskergrupper, nasjonale og internasjonale, er det vist at ved medisinerer vil en del av medisinen ende opp i sedimentet under mærene. Dette sedimentet består hovedsakelig av overskuddspellets og faeces og er derfor rikt på organisk materiale. Det organiske materialet kan nyttiggjøres av både makro- og mikrofauna. Dersom tilgangen på organisk materiale overskrider utnyttelsen vil en få en opphopning av sediment og dersom opphopningen blir stor nok forbrukes alt tilgjengelig oksygen og sedimentet blir anoksisk (uten oksygen). Figur 4.4 gir et forenklet bilde av noen av de viktigste mikrobielle nedbrytningsprosessene i et marint organisk sediment.

I feltforsøk er det vist at medikamentet oksytetrazyklin kan være tilstede i et slikt sediment flere måneder etter medisineringen (Figur 4.5). Prøver av et sediment ble tatt ved hjelp av dykkere over en periode på 18 måneder. Sedimentprøvene ble analysert vha HPLC for rester av oksytetrazyklin.

Siden feltforsøk både er tidkrevende og kostbart er det i flere arbeider brukt akvarier når skjebnen til andre antibakterielle midler i sedimentet skulle undersøkes. I bunnen av akvariene



Figur 4.4 Viktige nedbrytningsprosesser i et sediment



Figur 4.5 Rester av oxytetrasyklin i sedimentet under merdene etter en medisinering

Siden feltforsøk både er tidkrevende og kostbart er det i flere arbeider brukt akvarier når skjebnen til andre antibakterielle midler i sedimentet skulle undersøkes. I bunnen av akvariene (70 cm i.d. x 50 cm høyde) ble det lagt et 10 cm tykt lag med skjellsand. Oppå skjellsandlaget ble det satt til et 10 cm tykk sedimentlag som var iblandet et av de antibakterielle midlene oksytetrasyklin, oksolinsyre, flumekvin eller furazolidon. To akvarier hadde sediment uten innblanding av medisin. Akvariene hadde en vanngjennomstrømming på ca 10 liter pr.

minutt. Sedimentprøver ble tatt jevnlig over en 6 måneders periode og analysert for restkonsentrasjoner av medikamenter. I et annet forsøk ble det brukt små kar uten vanngjennomstrømming slik at også stabiliteten til forskjellige antibakterielle midler i et marint oppdrettssediment kunne undersøkes.

Av de undersøkte forbindelsene viste det seg at furazolidon, ormetoprim og trimetoprim lot seg bryte ned dersom de ble tilsatt et marint oppdrettssediment. Furazolidon var mest ustabil og var nedbrutt etter ca 9 døgn. Her var det mulig å identifisere ett av nedbrytningsproduktene. Etter 2 måneder var også ormetoprim og trimetoprim forsvunnet fra sedimentet mens mengden av sulfadimethoxine i sedimentet hadde sunket med ca 20 % etter 6 måneder.

Oksytetrasyklin, sulfadiazine, oksolinsyre og flumequin viste seg derimot å være svært stabile og vil bare forsvinne fra sedimentet ved at de blir vasket ut til vannmassene. Halveringstiden (dvs. den tid det tar å halvere mengden av en forbindelse fra et system) er avhengig av i hvilken form (rensubstans eller som pellets) medikamentet er tilsatt sedimentet, sedimentets dybde, vannstrøm og bioturbasjon (dvs. aktiviteten til gravende organismer i sedimentet) (tabell 4.2).

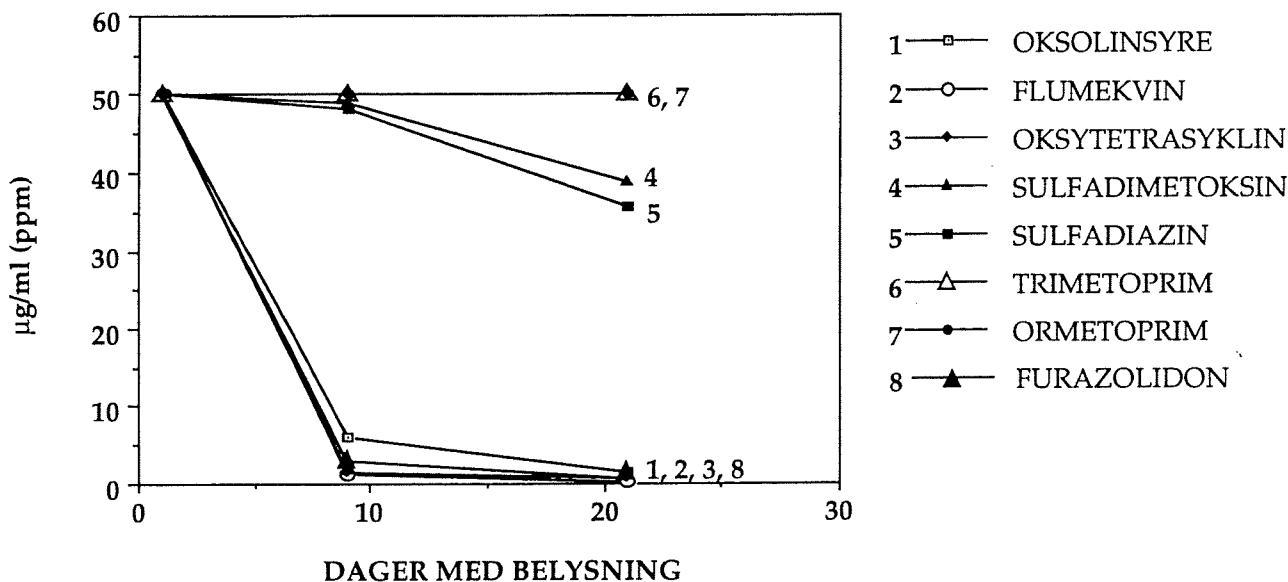
Tabell 4.2 Halveringstid for noen antibakterielle midler i marine akvakultursedimenter. Prosessen er utvasking fra sediment for alle unntatt furazolidon som blir nedbrutt av bakterier i sedimentet.

Antibakterielt middel	Forsøksoppsett	Halveringstid
Oksytetrasyklin	Akvarium, knust medisinert pellet lagt på sediment	32 dager
Oksytetrasyklin	Akvarium, knust medisinert pellet innbakt i sediment	64 dager
Oksytetrasyklin	Prøver fra sediment under fiskeoppdrett, merd 1	125 dager
Oksytetrasyklin	Prøver fra sediment under fiskeoppdrett, merd 2	142 dager
Oksytetrasyklin	Prøver fra sediment under fiskeoppdrett, merd 3	89 dager
Oksytetrasyklin	Akvarium, rensustans blandet i sediment	125 dager
Oksolinsyre	Akvarium, rensustans blandet i sediment	165 dager
Flumequin	Akvarium, rensustans blandet i sediment	155 dager
Furazolidon	Akvarium, rensustans blandet i sediment	18 timer

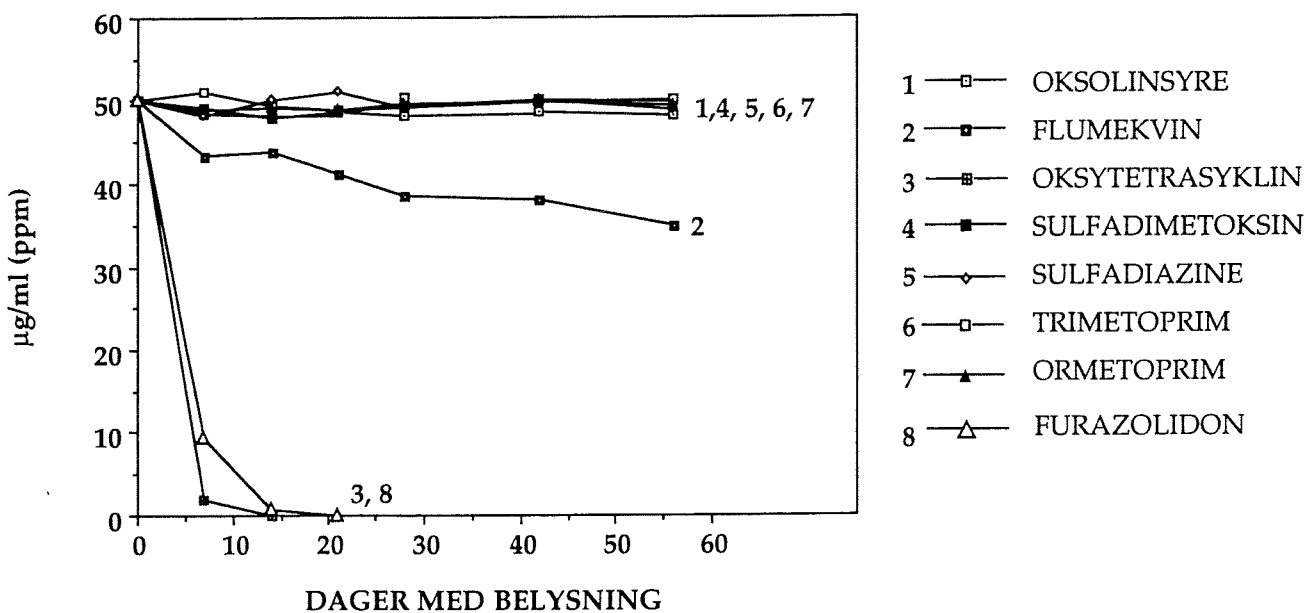
Stabilitet av medikamenter oppløst i sjøvann

En del medikamenter som oppløst i væske utsettes for lys kan brytes ned (fotokjemisk nedbrytning). Sjøvann tar opp lys slik at den fotokjemiske effekten vil avta med økende dybde. Kilder til antibakterielle midler oppløst i vann er avskalling og lekkasje fra fôret, faeces og urin fra fisk og lekkasje fra sedimentet. Laboratorieundersøkelser av stabiliteten til oksytetrasyklin og oksolinsyre oppløst i vann viste at lys hadde markert effekt på stabiliteten til oksytetrasyklin mens oksolinsyre var mer stabil. En større undersøkelse om betydningen av fotokjemisk nedbrytning av antibakterielle midler i sjøvann ble utført høsten 1992. Ett sett

med prøver, glassrør (kvarts) med medisinholdig sjøvann ble plassert ved havoverflaten og ett sett med prøver ble senket ned på 1 meters dyp. Prøver av det medisinholdige sjøvannet ble tatt gjenvlig over en 2 måneders periode og analysert (HPLC, UV-spektroskopi, mikrobiologiske metoder). Resultatene fra HPLC analysene er vist i figurene 4.6 og 4.7. Medikamentene oksytetrasyklin, furazolidon, oksolinsyre og flumequin er fullstendig nedbrutt etter 3 uker ved havoverflaten. Sulfapreparatene brytes noe ned mens trimetoprim og ormetoprim er stabile. På 1 meters dyp er det kun oksytetrasyklin og furazolidon som brytes fullstendig ned. Flumequin brytes noe ned mens de andre er stabile.



Figur 4.6 Nedbrytning av antibakterielle midler ved havoverflaten under påvirkning av sollys.



Figur 4.7 Nedbrytning av antibakterielle midler på en meters dyp under påvirkning av sollys.

Både de mikrobiologiske testene for antibakteriell aktivitet og stabilitetsmålinger ved å bruke UV-spektroskopi, bekrefter resultatene fra HPLC analysene.

Konklusjon: Med mulig unntak for oksytetrasyklin og furazolidon vil ikke fotokjemisk nedbrytning spille en særlig stor rolle i nedbrytningen av antibakterielle midler i miljøet.

Medisinrester i villfauna

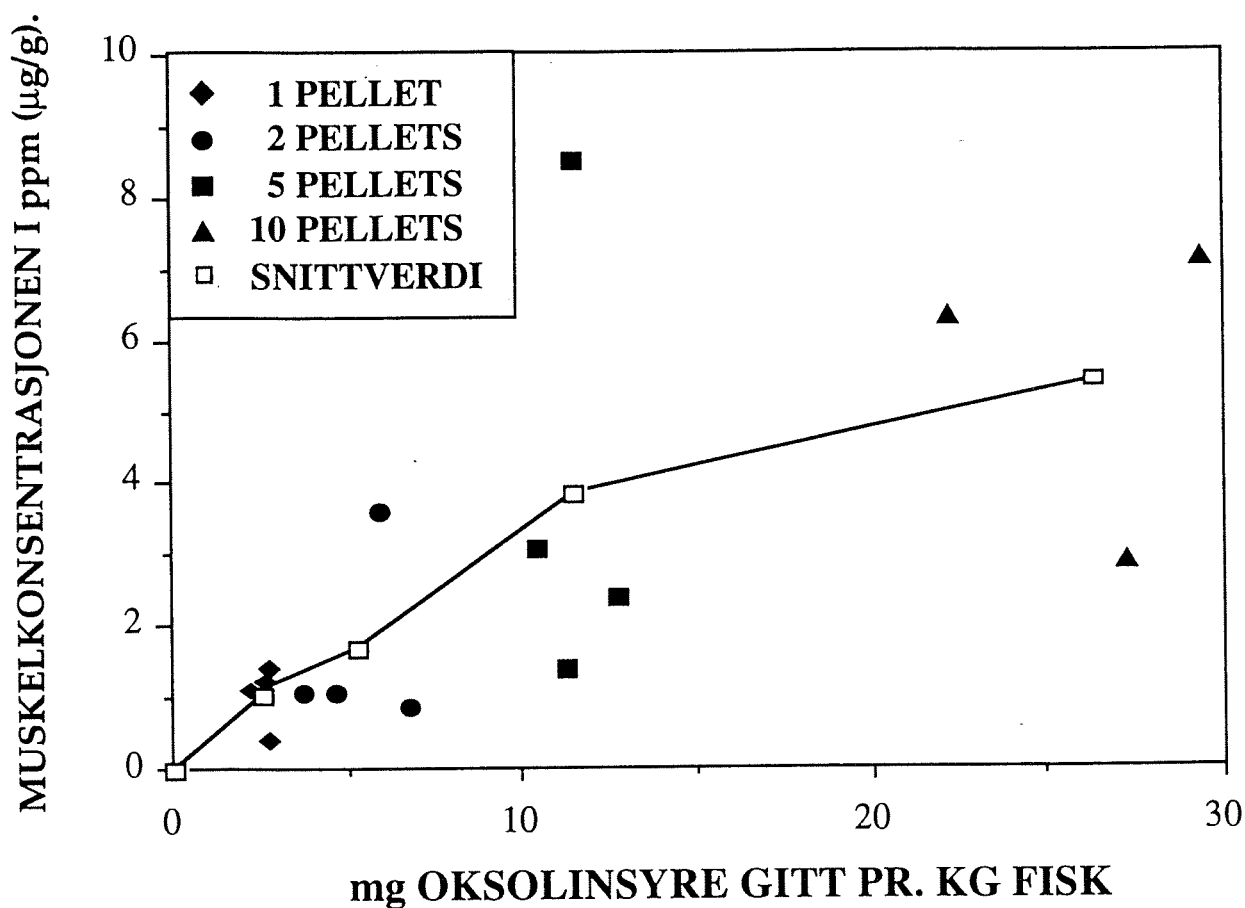
Vanligvis vil det være en populasjon av villfisk rundt et oppdrettsanlegg. Disse vil i tillegg til vanlig mat også spise pellets. Ved medisinerer i anlegget er det derfor en fare for at villfisk får i seg medisin. I motsetningen til oppdrettsfisk som er underlagt streng kontroll for rester av medisin før den sendes ut på markedet er dette ikke tilfelle med villfisk.

Undersøkelse av villfisk fanget ved 6 oppdrettsanlegg like etter medisinerer viser at en stor del av villfisken inneholder medisinrester (tabell 4.3).

Tabell 4.3. Rester av antibakterielle midler i muskel hos villfisk fanget i nærheten av fiskeoppdrettsanlegg like etter en medisinerer. (OXA - oxilinsyre, FLU - flumequin.

Anlegg nr	Middel	Fiskeart	Antall	% positive	kons (ppm)
1	OXA	Sei	26	100	5.56
		Berggylte	2	100	0.49
		Lyr	1	100	0.62
		Hyse	2	100	5.02
		Lange	1	100	0.20
		Total	32	100	4.89
2	OXA	Sei	4	100	1.04
		Makrell	9	100	0.37
		Hvitting	2	0	<0.01
		Total	15	87	0.58
3	OXA	Sei	30	93	3.21
		Lyr	7	86	0.59
		Flyndre	1	0	0
		Torsk	4	75	0.18
		Total	42	88	2.41
4	OXA	Sei	30	70	1.08
		Hvitting	4	100	1.52
		Lyr	3	33	0.04
		Laks	2	72	0.05
		Total	39	72	1.00
5	OXA	Sei	30	77	1.02
6	FLU	Sei	26	77	1.12
		Torsk	4	100	0.06
		Lange	1	0	0
		Total	31	77	0.95
SUM		Alle	189	84	2.03

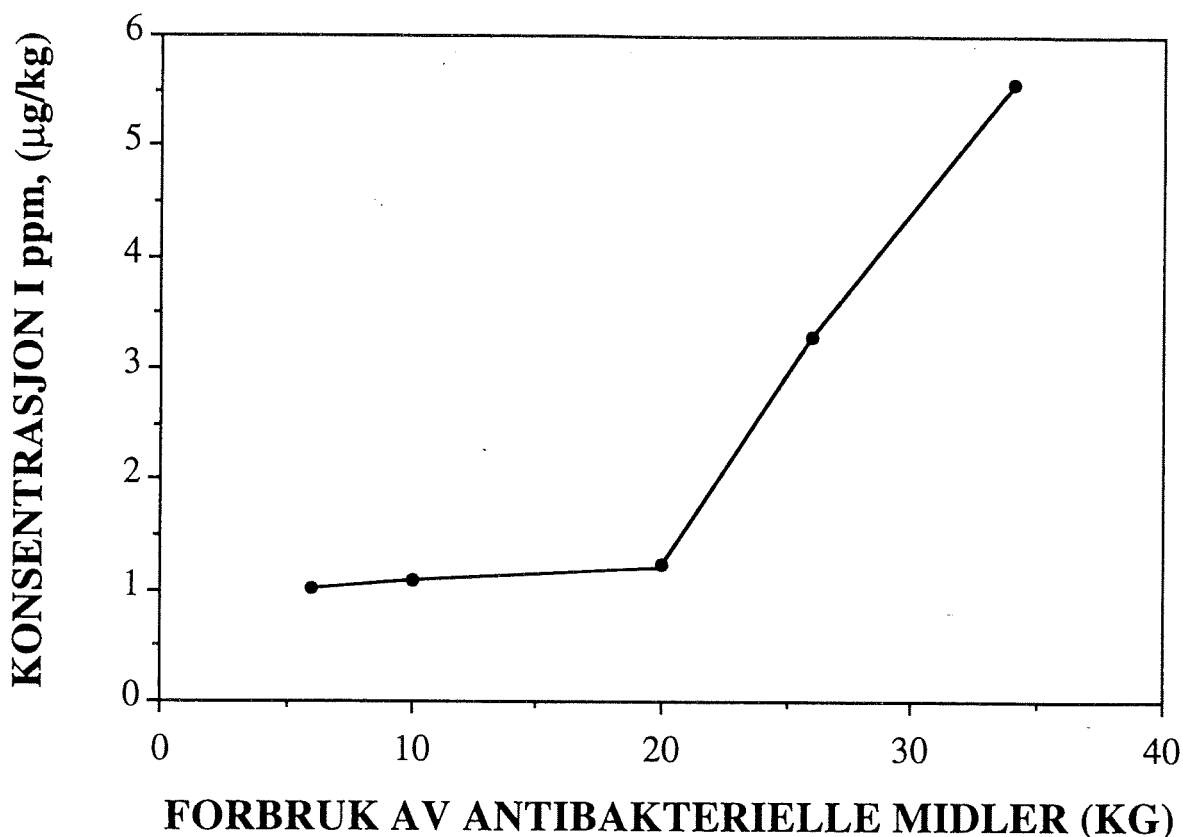
Konsentrasjonene det her er tale om ligger i mange tilfeller langt over det en ville godkjenne for konsum i oppdrettsfisk. Det er lite trolig at det får noen helsemessige konsekvenser av å spise slik fisk, men da det er gjort lite forskning og det finnes lite tilgjengelige data om emnet, er det vanskelig å trekke noen endelige konklusjoner. Sei er den arten som finnes i størst mengde rundt oppdrettsanlegg i Sør-Norge og som får i seg mest medisinfor ved behandling av oppdrettslaksen. Ved å undersøke lever og muskelkonsentrasjonen av oksolinsyre i sei etter oral dosering med 1, 2, 5 og 10 medisinerte pellets kan en si noe om hvor mye pellet en sei må spise for å oppnå en viss mengde medisin i muskel og lever (figur 4.8).



Figur 4.8 Muskelkonsentrasjonen av oksolinsyre i sei etter oral dosering med 1,2,3, og 10 medisinerte pellet

Vi har også påvist en mulig sammenheng mellom mengde brukt medisin til behandlingen og middelkonsentrasjonen som ble funnet i muskel hos fanget sei (figur 4.9).

Resultatene vist i figurene 4.8, 4.9 og tabell 4.3 tilsier at det høyst sannsynlig er fanget og konsumert fisk med medisinrester.



Figur 4.9 Sammenheng mellom mengde brukt medisin i behandlingen og middelkonsentrasjonen som ble funnet i muskel hos sei fanget ved anleggene.

Bruk av Lift-Up og fôrdetektor for å begrense utslipp av spillfôr

Effekten av to metoder som hindre utslipp av spillfôr og dermed begrenser matkilden til villfisk rundt anleggene er undersøkt. Spillfôroppsamleren (Lift-Up) samler opp spillfôr mens spillfôrdetektoren styrer utfôringen.

To anlegg med påmontert fôroppsamler (Lift-Up) ble medisinerert med oksolinsyre. Prøver av villfisk og avløpsvannet fra oppsamleren ble tatt. Forsøket ble gjort om sommeren da det var svært mye småsild og sil i sjøen. Villfisken hadde derfor god tilgang på alternative matkilder. Villfisk ble fanget før, under og den dagen medisineringen ble avsluttet.

I ett oppdrettsanlegg ble det montert en fôrdetektor på en av mærene. Fiskene ble behandlet med flumequin. Villfisk ble fanget før, under og like etter medisineringen.

Resultatene med spillfôroppsamler tyder på at utstyret ikke totalt hindrer spredningen av antibakterielle midler til villfisken, men snittkonsentrasjonene synes å være lavere i muskel enn når oppsamlingsutstyr ikke benyttes. Ved de anleggene vi har undersøkt tidligere har sei hatt en midlere muskelkonsentrasjon på henholdsvis 5.56, 1.04, 3.21, 1.08 og 1.02 ppm ved slutten av medisineringen. Ved de to anleggene med oppsamling er tilsvarende konsentrasjoner 0.65 og 0.02 ppm. Noe som skiller disse undersøkelsene fra tidligere er at det er bare 1 merd i hvert anlegg som er behandlet, mens medisineringen ved de tidligere undersøkelsene har

omfattet en større del av fisken i anleggene. Den totale mengde medisin er derfor redusert, noe som er påvist å påvirke innholdet av medisiner i villfisken.

I forsøket med spillfôrdetektor var fisken fri for medisinrester før medisineringen. Midt under kuren inneholdt 87% av prøvene medisinrester med snittverdi på 0.92 ppm. Avslutningsdagen var andelen av positive prøver sunket til 53% og middelverdien i muskel til 0.19 ppm. Resultatene forklares ved at fôringsautomaten de første dagene kastet fôret for langt slik at en del fôr kom utenfor merden. Da dette ble oppdaget ble det montert en skjerm slik at alt fôret falt ned i merden.

Som en forløpig konklusjon kan en si at både fôroppsamler og fôrdetektor synes å redusere medisinmengdene i villfisken, men problemet fjernes ikke helt.

Effekter på sedimentbakterier

Antall bakterier i et marint akvakultur sediment er rapportert til å være et sted mellom 3.8×10^8 og 1.4×10^{10} per gram sediment (våtvekt). Siden antibakterielle midler er karakterisert ved sin evne til å virke på bakterier er det naturlig at disse har effekt også på bakteriene som finnes i sedimentet.

Totalt antall bakterier i sedimentet

I akvarieforsøk har vi sett på bakterienes overlevelsessevne i sedimenter tilsatt antibakterielle midler. Når antibakterielle midler tilsettes et sediment, reduseres antall bakterier meget raskt. To dager etter at medisinen var tilsatt var antallet bakterier redusert med opp til 50%. Medikamentene oksytetrazyklin, furazolidon, oksolinsyre og flumequin gav tilnærmet lik effekt. Etter 185 dager var nivået i sedimentet tilsatt oksytetrazyklin tilbake til kontrollverdien, mens sedimentene tilsatt oksolinsyre og flumequin inneholdt 67% og 89 % av kontrollen. Ved dag 80 hadde sedimentet behandlet med furazolidon 60% av det opprinnelig nivået. Da det fremdeles er rester av antibakterielle midler igjen i sedimentet kan økningen skyldes at bakterier utvikler resistens mot stoffene det er snakk om.

Resistens

Feltundersøkelser har, som tidligere nevnt, vist at oksytetrazyklin er tilstede i oppdrettssedimentet i relativt høye konsentrasjoner og i lang tid etter medisinerings. Dette resulterte i en økning av andelen resistente bakterier i sedimentet. Noen av disse kan være fiskepatogene og kan siden gi opphav til sykdomsutbrudd som vanskelig lar seg behandle med tilgjengelige antibakterielle midler.

Kort tid etter tilsetning av medisin til forsøkssedimentene kunne vi observere en markant økning i prosentandelen av resistente bakterier, mens resistente bakterier bare kunne påvises i svært små mengder i kontrollsedimenter uten antibakterielle midler.

I sedimenter tilsatt oksytetrazyklin og oksolinsyre utviklet bakteriene raskt resistens, mens

for flumekvin var dette en langsommere prosess. For oksytetrasyklin og oksolinsyre var det økende resistens hos sedimentbakteriene allerede etter 2 dager, men en signifikant økning i flumekvin resistens ble ikke observert før etter 80 dager. I sedimentet tilsatt oksolinsyre utviklet det seg hurtig bakterier resistente også mot oksytetrasyklin og flumekvin, såkalt kryssresistens. Resistensen i dette sedimentet ble gradvis redusert i løpet av forsøksperioden på 185 dager. I sedimentet tilsatt flumekvin var kryssresistensen mot oksolinsyre betydelig mindre. Oksytetrasyklin derimot gav ikke kryssresistens mot hverken flumekvin eller oksolinsyre. Etter 185 dager var det i sedimentet tilsatt oksytetrasyklin fremdeles en betydelig del (35%) av bakteriene som var resistente. I sediment tilsatt oksytetrasyklin var en betydelig del av bakteriene (35%) fortsatt resistente etter 185 dager.

Bakteriell nedbrytning av sediment

Bakterier er meget viktige i nedbrytningen av organisk materiale (mineralisering) både i fersk- og saltvann. I det marine miljø er de sulfatreduserende bakteriene (SRB) ansvarlige for en stor del av mineraliseringen og blir viktigere jo mer organisk materiale det er. Siden sedimenter under marine akvakulturanlegg er rike på organisk materiale kan en tenke seg at SRB er meget viktige i mineraliseringen av slike sedimenter.

I akvarier har vi undersøkt effekten av oksytetrasyklin, oksolinsyre og flumekvin på SRB i et marint akvakultur sediment. Eksperimentet gikk ut på å måle mengden av produsert radioaktivt H_2S etter tilsetning av radioaktivt SO_4 .

Syv dager etter medisinerings var aktiviteten til SRB meget lav sammenliknet med ett kontrollsediment uten antibakterielle midler. Sedimentet med oksytetrasyklin hadde en aktivitet på 4% av kontrollsedimentet, mens sedimentene med oksolinsyre og flumekvin hadde en aktivitet på 9 og 1%. Etter 70 dager var den negative effekten på SRB borte. Siden antibakterielle midler fremdeles var tilstede i sedimentene vil de SRB måtte være resistente overfor disse. Under og etter en medisinerings kan en derfor vente mindre nedbrytning av organisk materiale med følgende større opphopning av sediment under mærene.

I sedimentet har en kunnet påvise følgende effekter av antimikrobielle midler:

- 1) Bakteriene som er å finne i sedimentet opparbeider raskt motstandsevne mot de antimikrobielle stoffene (resistens).
- 2) Mengden og aktiviteten til naturlig forekommende sedimentbakterier blir redusert. Dette tar seg opp igjen når konsentrasjonen av stoffene går ned eller bakteriene opparbeider motstandsevne.

Det er også funnet et forhøyet nivå av resistente bakterier i blåskjell og i tarm hos villfisk under en medisinerings i ett oppdrettsanlegg.

Et framtidig fiskeoppdrett i Norge vil blant annet være avhengig av om en mestrer problemene med bakterielle sykdommer hos fisken. Disse problemene kan ikke løses ved bare å bruke stadig større mengder medisiner. Det må også satses mer på forebyggende helsearbeid i vid betydning. Et bedre oppdrettsmiljø, avl og utvikling av virksomme vaksiner er stikkord i denne sammenheng. Dersom antimikrobielle midler må brukes kan en ikke bare ta hensyn til hvor effektive disse stoffene er i en behandlingssituasjon. Hvor stabile stoffene er i miljøet og hvilke effekter de kan ha, er faktorer som må veie tungt når en vurderer antimikrobielle stoff som skal brukes i fiskeoppdrett.

4.3. Lakselus

Parasittiske copepoder er et av de store problemene i oppdrett av laks. Den vanligste er lakselusa, *Lepeophtheirus salmonis*, selv om det på enkelte steder kan finnes en mindre luseart, *Caligus elongatus*. De er begge små krepssdyr som lever av å spise slim, hud og blod av verten.

Utgiftene knyttet til direkte og indirekte behandlingstiltak gjør lakselus til et problem i 100 millioners klassen og medregnet tap i vekst/dødelighet hos laksen er det postulert tapstall helt opp til 500 millioner i året.

Allerede så tidlig som på 60-tallet observerte norske oppdrettere epidemiske angrep av lakselus. Den gang var den årlige norske produksjonen av laks på ca. 300 tonn. Til sammenligning er produksjonen i dag omkring 600 ganger større, og problemene med lakselus har i de senere år økt betydelig. Egne erfaringer fra Havforskningsinstituttet, Austevoll Havbruksstasjon er blant annet at lakselusangrepene vinterstid har økt. Dette faller sannsynligvis også sammen med en høyere minimumstemperatur i sjøen sammenlignet med tiårsnormalen. Mulige klimaendringer kan derfor være en medvirkende årsak til det økte lakselusproblemet.

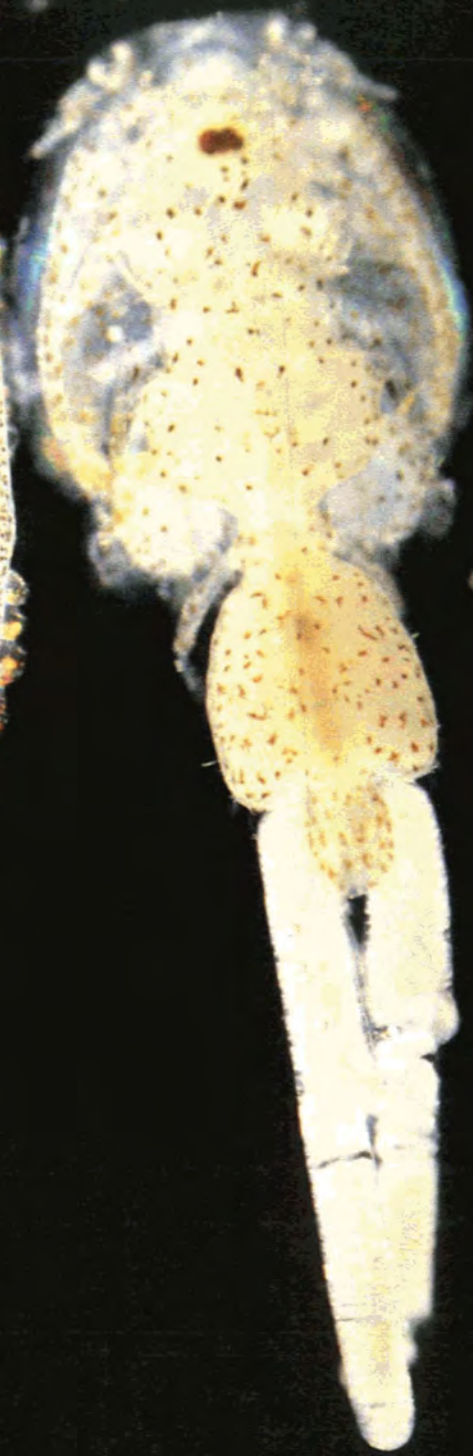
Lakselus ble i mange år sett på som et produksjonsproblem som oppdrettere måtte hanske med alene. Det var derfor ikke før på slutten av syttitallet at det i regi av Havforskningsinstituttet ved P.O. Brandal og E. Egidius ble utviklet en kjemisk avlusningsmetode bestående av badbehandling med organo-fosfor forbindelser. Stoffene, trichlorfon (Neguvon®, Bayer) og seinere dichlorvos (Nuvan/Aquagard®, Ciba-Geigy) er de eneste som har vært tillatt brukt mot lakselus til ganske nylig. Den negative presseomtalen kjemikaliene har hatt fra seint på 80-tallet og frem til i dag har i hovedsak vært på grunn av de toksiske virkningene på mennesker og miljø. Dette gjorde det påkrevet å finne andre behandlingsmetoder mot lakselus, samt utrede muligheten for forebyggende tiltak.

Lakselusas utbredelse og livssyklus

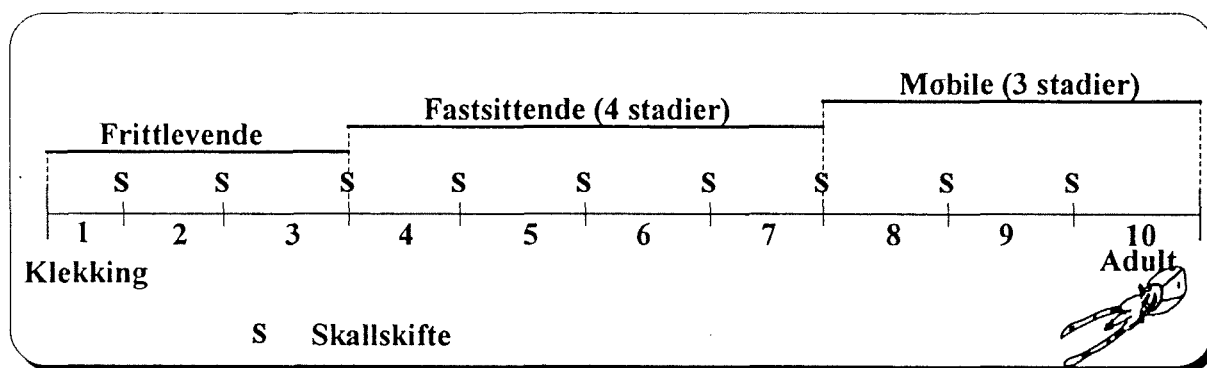
I Norge er lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*) den vanligste lusa i oppdrett. Den er vertsspesifikk og er avhengig av laksefisk for å fullføre livssyklusen sin. Utbredelsesområdet er stort og dekker hele norskekysten, samt Skottland, Irland, Færøyene og østkysten av Canada.

Den mindre arten, *Caligus* som ofte dominerer i Canada, Skottland og Irland er ikke like vertsspesifikk som lakselus, og har blitt funnet på ca. 80 forskjellige fiskearter rundt mesteparten av kloden. Det ser ut til at bestanden er voksende også i Norge, men antagelig er denne mer sårbar for lavere temperaturer slik at en kald vinter vil forandre utbredelsesbildet her. Det er lett å se forskjell på voksne individer av de to artene slik bilde 4.1 viser for de voksne hunnene. Lakselushunnen er vesentlig større.

Bilde .1 Voksen hunn av lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*)(stor uten eggstrenger) og *Caligus* (liten med eggstrenger).



Lakselus har 10 stadier som vist i figur 4.10. Etter klekking fra eggstrengen er de tre første stadiene frittlevende i vannmassene. Det tredje stadiet kalles copepoditt og det er den som finner og infiserer laksefisken. Den har en levetid på opptil en måned i laboratoriet, men normal levetid i naturen er ikke kjent. Hvis copepoditten finner en laksefisk vil den danne et frontalfilament for å feste seg til laksens hud, gjerne på finner eller bukside. Den er også observert på gjellene. Når copepoditten har slått seg ned, skifter den skall og har deretter fire fastsittende stadier (chalmus-stadier) etterfulgt av tre mobile stadier hvor de kan bevege seg over laksen for å finne egnede steder å slå seg ned. Det er i disse tre siste stadiene lakselusa kan gjøre mest skade.



Figur 4.10 Skjematisk fremstilling av lakselusas livsløp med stadier og skallskifte.

Lakselusa påfører laksen skade ved å spise av slim og skinn. Dette åpner for sekundærinfeksjoner (sopp og bakterier) og innvirker på den osmotiske balansen til fisken. Det er også foreslått at lakselusa sprer smitte i et anlegg blant annet på grunn av at den stikker hull på skinnet. Det har vært vanlig å behandle laksen når skader etter lakselusangrep er blitt synlige, som for eksempel ved grå felter over nakken.

Lakselusas formeringsevne er også en viktig grunn for å behandle laksen. Den voksne hunnlusa produserer opptil 800 egg i sine to eggstrenger. Etter at disse er klekket kan lusa lage flere sett med eggstrenger og det er i forsøk observert opptil syv par. De nyklekte og frittlevende stadiene av lakselus kan føres med strøm, sannsynligvis ikke bare mellom merder, men også fra et anlegg til et annet.

Registrering av lakselus

Metodene oppdrettere har brukt for å registrere nivået av lakselusangrep har variert og ikke minst utviklet seg mye de siste årene. Tidligere ble som oftest lusenivået bestemt ut i fra skaden på laksen og litt seinere også ved direkte observasjoner av lus på laksen ved hjelp av en vannkikkert. En vannkikkert avslører selvfølgelig bare lus som sitter på oversiden av laksen. Enkelte har vært forut for sin tid og talt lus direkte på laksen. For å bekjempe lakselus

effektivt har arbeidet med å utvikle registreringsmetodene vært viktig. Forskjellige metoder kan brukes i ulike sammenhenger, men for å være helt sikker på hvor mye lus det er på laksen må endel laks opp av merden og tas i nærmere øyesyn.

I avlusningssammenheng kan det være nok å bestemme totaltallet av mobile lus. Når dette tallet går over en viss grense er det på tide å avluse. Dersom man ønsker en prognose over utviklingen av lakselussituasjonen må de fastsittende stadiene telles, siden det er disse som vil utvikle seg videre til voksne lus i neste omgang. For å kunne anslå lusutviklingen over en lengre periode må mengden fritt svømmende lus i anlegget (smittepress) kontinuerlig telles. Dette er foreløpig ikke mulig, hovedsaklig på grunn av manglende viten om de yngste stadienes bevegelsesmønster, samt mangel på egnede innsamlingsmetoder.

Behandling av lakselus

Det har tidligere kun vært vanlig å bruke kjemiske midler mot lakselus. I dag finnes også en biologisk metode for avlusning (geografisk betinget) ved bruk av leppefisk.

Leppefisk

Biologisk avlusing ved hjelp av leppefisk har vist seg svært lovende, men må settes inn på et tidlig tidspunkt i lusangrepet. Leppefisken har i forsøkssammenheng og i praktisk produksjon vist at den i samkultur med lusinfisert laks beiter lusa av fisken. Til nå har den gitt best resultat ved bruk på mindre laks (særlig smolt). Det er imidlertid grunn til å anta at anvendelsesmulighetene er større. De begrensingene man nå kjenner til ved anvendelse av leppefisk er at tilveksten av lus i perioder er for stor til at leppefisken klarer å holde unna. I tillegg er det i enkelte deler av landet for lav tilgang på leppefisk til å tilfredsstille oppdretterne. Bruk av leppefisk til avlusing er derfor ikke en fullgod løsning på problemet, og andre metoder må være tilgjengelig i lakselusas toppsesonger.

Kjemisk behandling

Det stilles spesielle og strenge krav til kjemiske substanser som skal brukes i avlusningssammenheng. Kjemikaliet må ha en beskrevet og forutsigbar effekt på lakselus og helst bør behandlingen gi en dødelig utgang for lusa. Giftigheten av et stoff som brukes til avlusning bør generelt være betydelig større for lakselus enn for laks. Rester av stoffet i laksen må være akseptable (helst ikke-eksisterende) på slaktetidspunktet. Kjemikaliene som benyttes til avlusing bør i prinsippet ikke overføres til miljøet rundt anlegget. Det må foreligge nok informasjon slik at oppdretter kan behandle kjemikaliet på en forsvarlig måte, og således ikke utsette seg selv eller andre for helsemessig risiko. Av markedsmessige hensyn bør kjemikalier som har et "dårlig rykte" unngås.

Frem til ganske nylig har Nuvan® vært det eneste kjemikaliet tillat brukt som avlusningsmiddel. En lignende badmetode er blitt utviklet hvor en bruker hydrogenperoksyd

isteden. Et annet nytt stoff som er under godkjenning er Py-Sal. Dette kan brukes når laksen blir tatt opp for å vaksineres eller sorteres. Det nyeste er tilsetning av stoffer i fôret til laksen. Så langt er ingen slike godkjent.

Avlusninger bør settes inn på et tidlig tidspunkt om våren for å ha en så liten utgangsbestand som mulig av lus foran sommersesongen. Synkronisert regional avlusning har vist seg å redusere farten på etablering av ny lus. Gjentatte avlusninger er også viktig da en avlusning noen uker etter behandling vil ta den lusa som var fastsittende forrige gang som nå har blitt mobil og mottagelig for behandling.

Behandlingen, i hvilken form den måtte brukes, bør kunne kontrolleres og fjernes hvis det er fare for forgiftning av miljøet. Enkelte stoffer vil her ikke innebære noen risiko, slik som hydrogenperoksyd som dekomponerer til ufarlige stoffer (hydrogen og oksygen). Andre stoffer som Py-Sal brukes i lukkede systemer hvor oppsamling ikke byr på noe problem. Alle stoffer som brukes i form av store bad rundt hele merder vil i utgangspunktet representere et problem. Ved bruk av medisinfôr kan problemene reduseres, men vil fortsatt være tilstede i form av spillfôr.

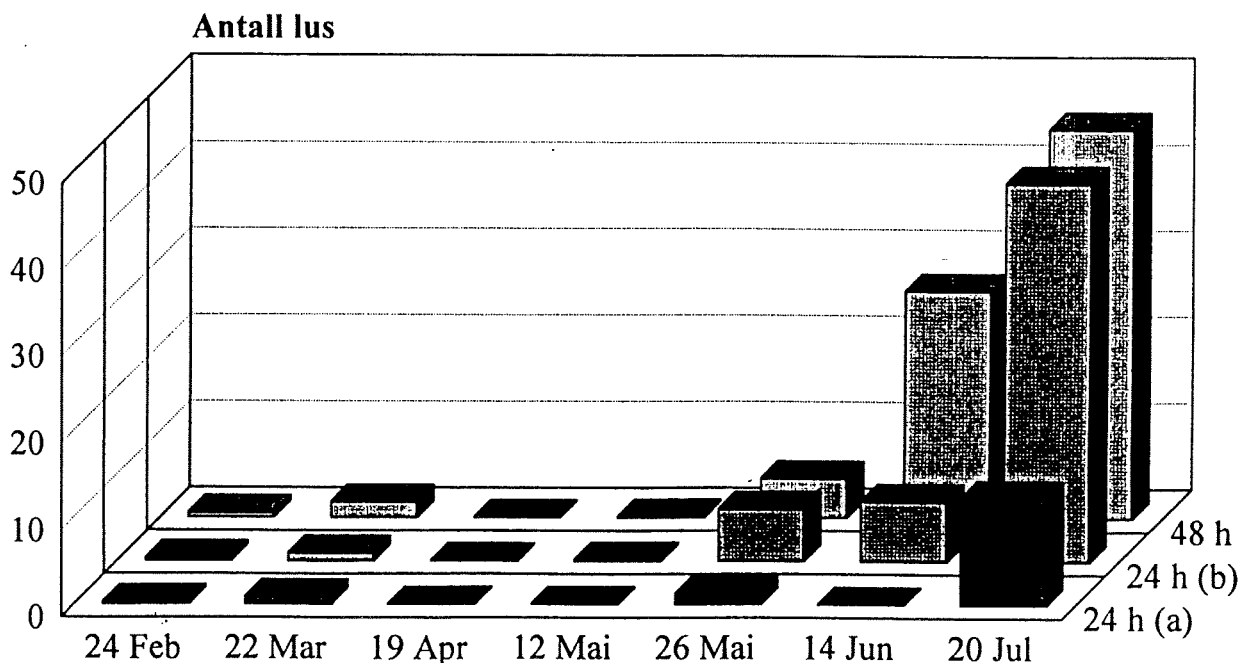
Generelt sett må ikke laksen utsettes for behandling som involverer dødsrisiko eller sjanse for varige skader. Når det gjelder behandling som induserer stress må den generelle sykdomssituasjonen til fisken overveies nøye.

Forebyggende tiltak

Avlusing av laks, enten ved kjemiske eller biologiske midler er en tidkrevende og kostbar prosess. Kjemiske midler vil i de fleste tilfeller representerer en økt belastning både på fisk og miljø, og er derfor lite tilfredsstillende. Biologisk avlusning har i mange sammenhenger vist seg som et godt alternativ, selv om denne metoden har vist seg å ha begrensinger. Foreløpig er det ikke etablert metoder for forebyggende tiltak mot lakselusangrep, selv om nettopp slike tiltak - som i alt annet sykdomsarbeid - vil være svært viktig. Grunnlaget for slike metoder vil ligge i økt kunnskap om lakselus biologi og adferd. Nye resultater viser at copepoditten kan sitte på egnet substrat rundt anlegget. Dette kan for eksempel være tang og andre vekster på not og anlegg. Det antas derfor at generell rengjøring rundt anlegget vil ha en forebyggende effekt mot lusangrep. Brakklegging av anlegget over en viss tid har også vist seg å gi positive resultater ved at lakselusplagene blir vesentlig redusert en tid etter nytt utsett. Generasjonsdeling av laksen har også vist seg å være positivt. Smolt som settes i sjø ved siden av allerede infisert stor fisk, blir gjerne utsatt for større smittepress og tåler ut i fra størrelsen færre lus per arealenhet hud. Generelt må det sies at kontrollert overvåkning av laks med hensyn på lakselus er viktig for å vite hva som skjer og kunne gripe inn på rett tidspunkt.

Ved Austevoll havbruksstasjon er det gjort forsøk på å registrere mengden av frittsvømmende lus i sjøen ved en indirekte metode. Siden direkte metoder til å kartlegge

mengden av lus i sjøen ikke er tilgjengelige, benyttes lusefrie laks som indikatorer. Laks uten lus blir satt ut i sjøen i opp til to dager for så å bli tatt opp i tanker på land. All lus som da finnes på laksen må den ha fått på seg i løpet av disse to dagene. Dette indikerer forekomstene av lus i sjøen på et gitt tidspunkt. I figur 4.11 er det vist hvordan lusmengden økte utover våren 1993 ved et av stasjonens anlegg. Først i slutten på mai begynte lusa å komme opp i antall og i løpet av juni/juli var antallet helt oppe i 50 lus per laks.



Figur 4.11 Påslag av lakselus i Austevoll våren 1993.

Lus på ville bestander

Det er i den senere tid rettet stor oppmerksomhet mot lakselusas mulige innvirkning på ville stammer av laks og sjøørret. Fisk av begge arter får lus på seg når de går ut i sjøen om våren. Enkelte steder, har fisken vendt tilbake til elven for tidlig med mye lus på seg. Dette skyldes at lusa faller av fordi den strengt knyttet til saltvann. Om denne økte infiseringen av villfisk skyldes oppdrett vet man ikke. I tillegg til det økte smittepresset fra oppdrettet laks, kan økningen av lus på villfisk, som tidligere nevnt, skyldes de senere års milde vintere. Høy temperatur i sjøen gir godt forhold for produksjon av lus hele året. Spesielt i fjorder med oppdrett er dette et problem. Enkelte har tatt konsekvensen av det og setter ikke ut oppdrettslaks i disse områdene før den ville fisken skal ha gått ut i havet.

Hvordan kontrollere lakselus i fremtiden?

Vi har i dag flere direkte metoder som kan benyttes mot lakselus. Frem til midten av 80-

tallet hadde de fleste lakseoppdrett liten kunnskap om lakselusas biologi, og om hvordan den kunne bekjempes på en konstruktiv måte. Ny erkjennelse om livssyklus og adferd samt utvikling av lusebestand i og utenfor merden bør gjøre det mulig å løse problemet på en biologisk effektiv måte. Det er også klart at oppdrettere i dag er blitt flinkere til å ta lakselus på alvor. Det er likevel viktig å arbeide videre kanskje spesielt med forebyggende tiltak, slik at lusa kan forhindres fra å slå seg på laksen i det hele tatt.

4.4 Et næringsperspektiv på produksjon av kamskjell

I Norge konsumeres et lite antall fisk- og skalldyrarter. Våre manglende tradisjoner på konsum av skjellprodukter har gjort markedsføringen av kamskjell i Norge vanskelig. I Frankrike alene konsumeres 70 000 tonn kamskjell, hvorav mesteparten importeres fra Japan og Canada.

Kamskjell er et av de mest etterspurte sjøprodukter på store markeder i Europa, USA og Japan. Det omsettes over 1 millioner tonn kamskjell til en verdi av omtrent 10 milliarder kroner på verdensmarkedet. Halvparten av dette var kultiverte skjell. Det ventes en økning på 2.5 % i etterspørselen etter kamskjell på det internasjonale markedet i kommende år.

Den best betalte kamskjellarten er stort kamskjell (*Pecten maximus*) som også finnes langs norskekysten. Kamskjell blir omsatt både frossent og ferskt (levende), og frosne produkter utgjør omkring 80% til en pris av 100-150 kr/kg. I Norge ble det omsatt skjell og kråkeboller i Fosen-området (Sør-Trøndelag) for ca. 10 millioner kroner i 1992.

Norge har inngått en avtale med Frankrike som kan sikre vår adgang til europeiske markeder. For å vinne innpass på det store europeiske markedet, må det legges vekt på å utvikle kunnskap og innsikt i hvordan markedet fungerer. Kontroll, produktaspekter, kvalitetskrav, foredlingsgrad og markedsføring er nøkkelfaktorer for å oppnå lønnsomhet.

Produksjon

Storbritannia og Frankrike er hovedlandene i fiske etter stort kamskjell i Europa. På grunn av overfiske har total fangst av stort kamskjell i Europa blitt redusert fra omkring 22 000 tonn i 1984 til 14 000 tonn i 1990. I Japan og Kina er oppdrett og kystbeite av kamskjell en betydelig næring, og produksjonen er henholdsvis 400 000 og 100 000 tonn. I Europa produseres det årlig 700 000 tonn skjellprodukter, mens det i Norge ble produsert omkring 20 tonn fra naturlige bestander i 1992.

Kamskjell som produkt

Det er muskelen og gonaden som ansees som en delikatesse over store deler av verden. Både muskel og gonade blir spist i Europa, mens kun muskelen blir spist i USA. I Japan blir hele skjellet benyttet. Dersom bare muskel og gonade blir konsumert, er kamskjell som produkt lite utsatt for algegifter. Det har vært påvist små mengder algegifter i gonadene hos kamskjell, mens muskelen er den delen av skjellet som inneholder minst algegift.

Skjellnæringen er avhengig av kvalitetssikring og kontroll på en rekke ulike punkter i produksjonen. Hvis vi ønsker salg av levende skjell til EF, må helsekontrollen etableres etter EF's normer. EF's regelverk krever jevnlig sykdomskontroll etter fastsatt rutine, men vi har i dag ikke noe permanent system som tilfredsstiller de europeiske kravene til helsekontroll av skjell. Dette vil dermed måtte bli et vesentlig utviklingsområde for Norge på veien mot en ny næring. Ved Havforskningsinstituttet eksisterer det allerede kompetanse på skjellsykdommer,

noe som gjør det mulig å "ligge i forkant" av utviklingen av en næring som må ha sykdomsfrihet som et av sine sterkeste kort.

Miljøvennlig næring

Hovedproduksjonen i norsk havbruk er marine arter som befinner seg høyt oppe i næringskjeden (fisk), i motsetning til verdens samlede havbruksvirksomhet som i stor grad omfatter arter lavere i næringskjeden (skalldyr og tang).

Skjell utnytter primærproduksjonen i havet (alger), og utgjør dermed ingen miljømessig belastning samtidig som de representerer et stort produksjonspotensiale. I Norge har vi gode muligheter for å utvikle en kystnæring basert på produksjon av kamskjell, både på grunn av høy kompetanse på kystbeite og marine arter, men også på grunn av de naturgitte forhold langs kysten. I Norge er sjøvannet relativt lite forurenset, og våre nære kystområder kan i fremtiden utgjøre en betydelig ressurs for bioproduksjon. Mangelen på alvorlige skjellsykdommer som finnes bl.a. i Frankrike, vil kunne benyttes i markedsføring av norske skjell.

Utvikling av en miljøvennlig kystnæring basert på kamskjell vil være i tråd med Stortingsmelding nr. 32 (1990-91) som belyser mulighetene for en langsiktig positiv utvikling i kyst-Norge. Om havbruk står det at "...regjeringen fortsatt vil legge vekt på å introdusere nye arter, utvikle havbeite og redusere miljøbelastningene." "Regjeringen vil spesielt understreke at det er nødvendig å utvikle en bærekraftig havbruksnæring, det vil si at næringen utvikles i balanse med naturgrunnlaget".

Kamskjell på vestkysten

Stort kamskjell er en art som er særlig interessant for Vestlandet og kysten opp til Nordland, da forekomstene her er relativt store. Forsøksdyrking fra Brønnøysund og nordover har gitt gode resultater, og Norge har mange kilometer med kystlinje som egner seg for kamskjellproduksjon.

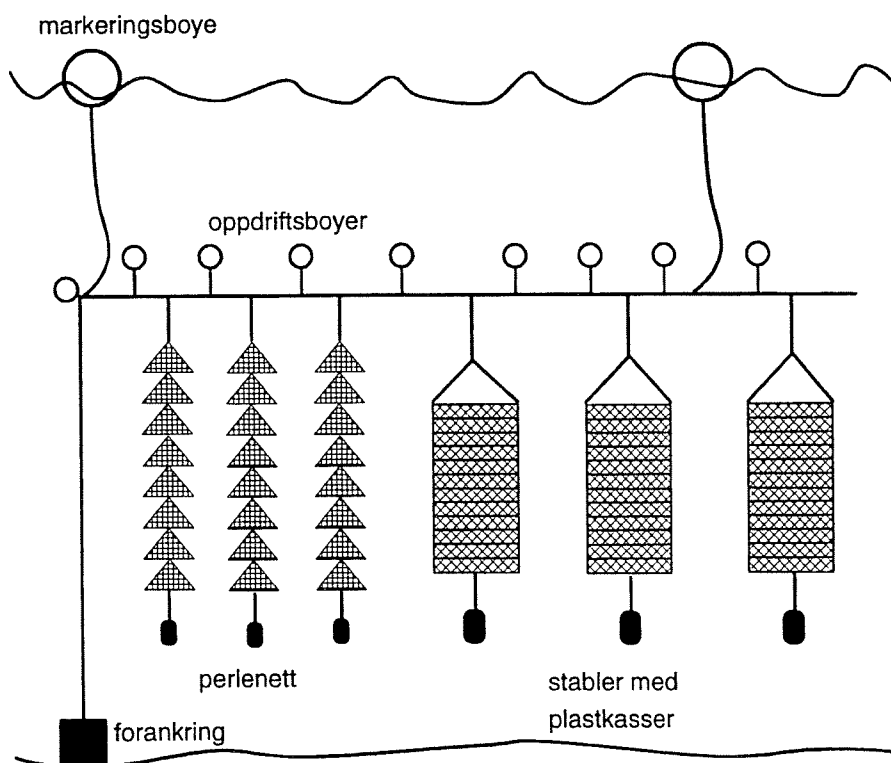
Yngelproduksjon

Yngel av kamskjell kan samles inn fra sjøen i egne yngelsamlere, eller produseres intensivt i klekkeri. Innsamling forutsetter svært høye tettheter av naturlige bestander, og vil allikevel gi store variasjoner i tilgangen på yngel. Av undersøkelser som er gjort på bestander i Hordaland og Sør-Trøndelag, ser man at enkelte årsklasser mangler helt. I Norge vil man derfor måtte basere seg på en intensiv produksjon for å ha en stabil tilgang på yngel. Frankrike har drevet med utvikling av en intensiv produksjon av yngel i snart 20 år, og produserer omkring 3-4 mill. yngel/år. I Norge ble forsøk med tilsvarende produksjon startet opp for nesten 10 år siden, og i dag beherskes produksjonen fram til yngelen skal ut i sjøen (2-5 mm) i kasser kledd med finmasket duk. I 1993 ble det produsert ca. 1 mill. utsettingsklar

yngel ved et fullskala anlegg i Øygarden, og ca. 75 000 utsetningsklar yngel ved et småskala anlegg ved Havforskningsinstituttet, Austevoll Havbruksstasjon. Dersom anlegget i Øygarden blir satt i full drift vil det produsere 5-10 mill. yngel årlig og sysselsette 6-10 personer på helårlig basis. Dette synes mulig innen en tre-års periode.

Produksjon av salgsklare kamskjell

Når yngelen som ble overført fra klekkeri til sjø er 15 mm, kan den selges til til oppdretter. Den kan deretter kultiveres i hengende kulturer (figur 4.12) eller på bunnen (bunnkultur - kystbeite) i 3-4 år før den når markedsstørrelse på 10 cm. I Japan er kostnadene ved kystbeite beregnet til å være en tredjedel av kostnadene ved hengende kulturer, men overlevelsen er usikker. De fleste land som i dag har interesser i kultivering av kamskjell, deriblant Norge, undersøker nå mulighetene for å benytte bunnkultur som produksjonsmetode. Problemene synes hovedsakelig å være at yngelen er utsatt for predatorer ("rovdyr") som krabber og sjøstjerner. Disse vil kunne gi stor dødelighet i et kamskjellfelt, særlig før skjellene er ca. 5 cm. Dersom kystbeite-modellen utvikles for produksjon av kamskjell i Norge, kan dette bli en rimelig måte å produsere et kvalitetsprodukt med høy etterspørsel, uten belastning for miljøet.



Figur 4.12 Prinsippet for hengende kulturer. Perlenett brukes til yngel 15-30 mm, deretter legges de over på kasser eller "ørehenges" i line gjennom et hull i skallet. Oppdriftsboyerne er plassert flere meter under overflaten for å unngå bevegelse i hengene.