

Havforskningsinstituttet

Jon-Erik Juell/Åsmund Bjordal (prosjektansvarlig)

Jan Erik Fosseidengen (forsøksrigging, datainnsamling)

Huftargruppen (matfiskprodusent, Austevoll kommune)

Frode Møkster (daglig leder)

Even Drønen (driftsleder)

Emilsen & Sønner (matfiskprodusent, Flatanger kommune)

Trond Emilsen (daglig leder)

Marine Constructions

Tore Håkon Riple (adm. dir.)

I matfiskproduksjon av laks er det stor variasjon i merdutforming og fôringssystem mellom ulike anlegg. Fordi det er ønskelig at "Merdøye" skal kunne anvendes uavhengig av anleggstype ble det i prosjektet valgt et anlegg med stor-merder (Huftargruppen) og et anlegg med sentralfôringssystem (Emilsen).

PROSJEKTGJENNOMFØRING

Første prosjektmøte var 15. april 1993 hvor prosjektarbeidet ble planlagt, og "Merdøye" ble installert hos Huftargruppen og Emilsen henholdsvis 25. april og 30. august. Forsøkene hos Huftargruppen gikk som planlagt, mens den tekniske utviklingen av systemet som krevdes for å styre et sentralfôringssystem gjorde at en fullskala uttesting av systemet hos Emilsen ikke lot seg gjennomføre innenfor prosjektperioden. Denne utviklingen er imidlertid på det nærmeste gjennomført i samarbeid med fôringsteknologifirmaet Feeding System A/S (se "Videreutvikling av Merdøye"). I påvente av denne utviklingen ble det gjennomført tester på

styring av utfôring i små-merder, som er relevant ved smoltproduksjon i ferskvann og for forskningsformål. Fisken i disse forsøkene ble velvilligst stilt til disposisjon av Sildemelindustriens Forskningsinstitutt (SSF).

Kort systembeskrivelse

"Merdøye" er basert på hydroakustisk overvåkning som foregår ved at en liten svinger under merden sender lyd-pulser gjennom merden og mottar ekko fra fisk i og under merden, merdbunn, m.m. Disse signalene bearbeides av en PC som gir et grafisk bilde av situasjonen i opptil tolv merder samtidig. Teknologien er relativt billig og robust og kan "se" fiskens svømmedyp og fordeling uavhengig av lys og siktforhold. Døgnbilder av fiskefordelingen med fôringstidpunkt markert kan arkiveres. "Merdøye" har videre et fleksibelt program for å styre fôringen av alle merdene i anlegget. Systemet kalibrerer fôringsystemet og logger deretter fôrforbruket automatisk. Via programmet kan oppdretter velge fôringstidspunkt, fôringsintensitet (fôrmengde/fisk/tid) og fôrmengde for hver merd. Oppdretter kan velge å fôre ut forhåndsbestemte fôrmengder eller å bruke "Merdøye"s spesielle automatiske appetittfôringsprogram (se nedenfor).

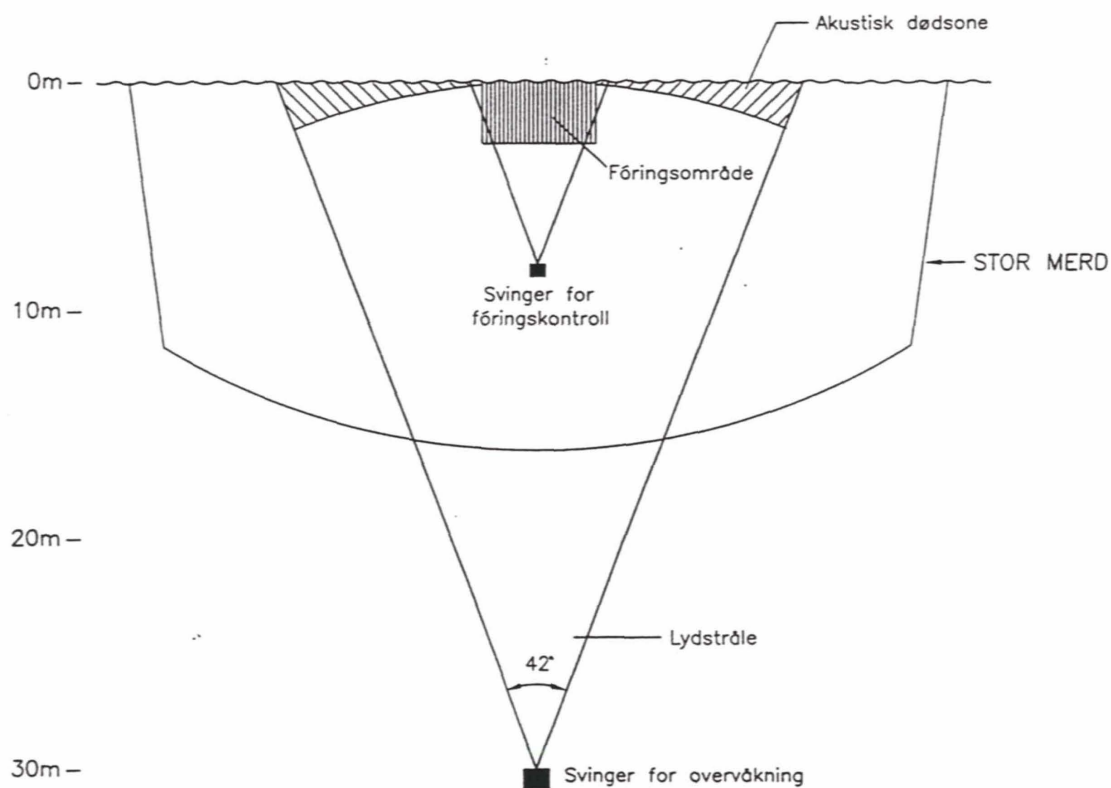
Overvåkning og styring av lakseproduksjon i stor-merd

Merdøye ble installert på Huftargruppens anlegg i slutten av april 1993 og ble rigget ned i slutten av mars 1994. I denne perioden overvåket "Merdøye" lakseproduksjonen i en stor og periodevis to mindre merder uten nevneverdige driftsproblemer. Forsøket kan grovt deles inn i to perioder. I periode I (22.04.-19.09.93) ble det lagt vekt på overvåkning av fiskens atferd samt å skaffe seg erfaring med hvordan automatisk appetittfôring best kan utføres i stor merd. I periode II (18.11.93-29.03.94) ble "Merdøye"s automatiske fôringskontroll testet ut.

Periode I

Stor-merden bestod av en åttekantet flytende stålring med en diameter på 36 m og en gangvei tvers over hvor fire Betten fôringsautomater var plassert. I tillegg ble fisken fôret via et

sentralfôringsanlegg. Sidene på selve merden var ca. 12 m dype, og største dyp var ca. 15 m. Totalt merdvolum var ca. 12 000 m³ (Figur 1). I denne merden var det nettopp satt ut rundt 37 100 toårsmolt à 0,4 kg. I løpet av perioden ble antallet redusert til 35 000 og gjennomsnittsvekten økte til 2,0 kg (0,9% pr. dag). Beregnet biomasse økte fra 18 til 70 tonn i perioden. "Merdøye" overvåket fisken med en svinger med 42° strålebredde som ble hengt under merden på 30 m dyp. Gjennomsnittlig fisketetthet (ekkoenergi) i førti 0,5 m dybdeintervaller ble observert hvert annet minutt og lagret på diskett som døgntfiler. Rådataene ble analysert ved Havforskningsinstituttet ved bruk av SASprogramvare. Temperatur på 0,25, 2,5, 5, 10 og 15 m dyp ble målt hver tredje dag.

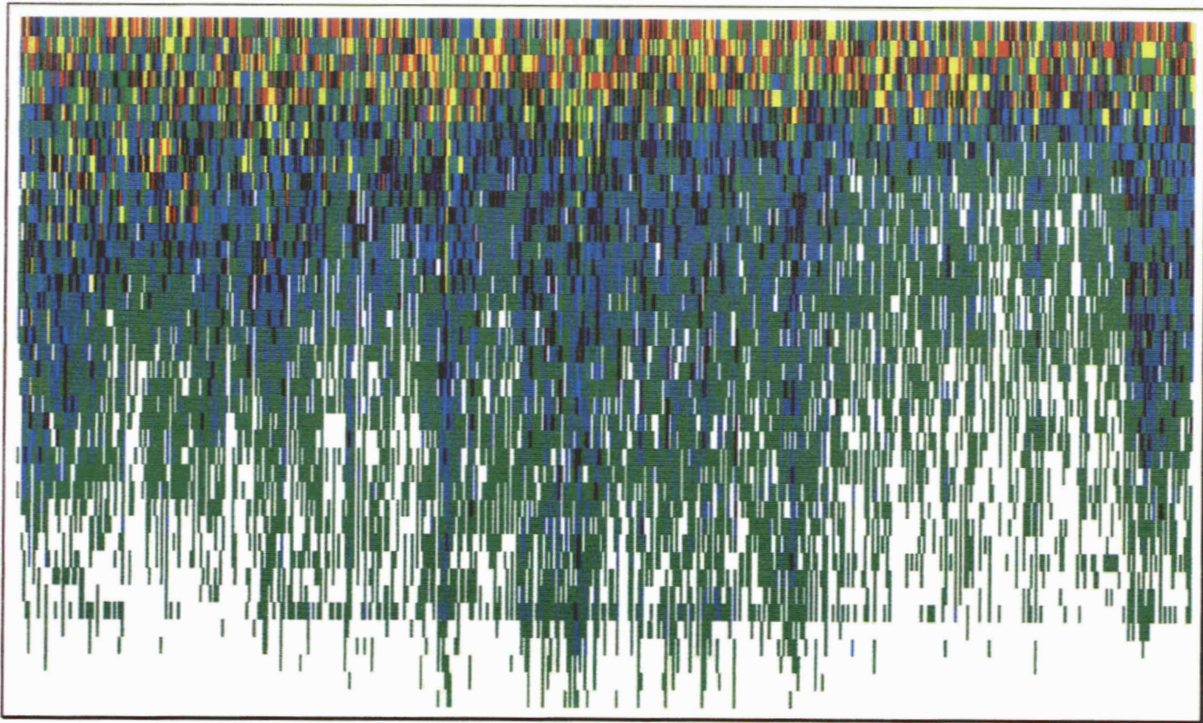


Figur 1. Tverrsnitt av stor-merd (12 000 m³) med svingerplassering, fôringsområde og akustisk dødsone indikert [Cross section of large sea cage (12 000 m³) with transducer-positions, soundbeams, acoustic "blindzone" and feedingspace indicated].

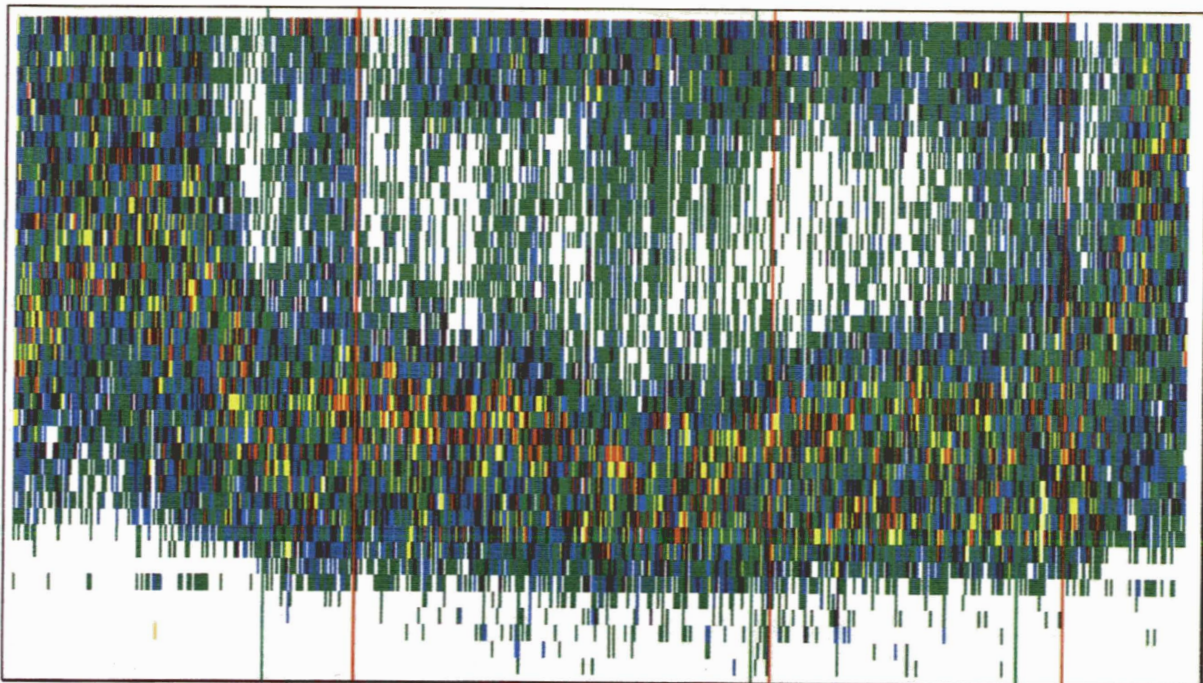
Fisken atferd i stor merd

"Merdøye"s nytteverdi som overvåkningsystem i stor-merder ble klart demonstrert i forsøket. Systemet gir oppdretteren viktig informasjon som ellers er meget vanskelig tilgjengelig. Etter smoltutsett i april holdt fisken seg nær overflaten gjennom hele døgnet (Figur 2). I denne perioden kunne oppdretteren om dagen forholdsvis lett observere fisken fra overflaten. I midten av mai endret atferden seg imidlertid betydelig. På dagtid svømte nå fisken hovedsakelig på mellom 10 og 15 m dyp, mens den om natten var utspredd fra 0 til 10 m (Figur 3). Denne typiske døgnvariasjonen i svømmedyp er dokumentert i tidligere atferdstudier, som konkluderer med at lysnivå er en viktig regulerende faktor (Huse og Holm 1993, Fernø m.fl. 1995). Etterhvert som lengden på lysdagen øker utover sommeren holder laksen seg derfor i dypet en stadig større del av døgnet. Slike døgn- og sesongvariasjoner i svømmedyp ble også observert i stor-merden. Denne atferden medfører at oppdretteren i lange perioder har minimal kontakt med fisken han produserer. Mangelen på visuell kontakt skaper en generell usikkerhet i produksjonen (Hvor står fisken? Har det rømt fisk?) og er spesielt problematisk i forbindelse med å fastsette den riktige daglige fôrmengden. Ønsket om maksimal tilvekst kombinert med store appetittvariasjoner kan derfor lett føre til uønsket fôrspill. Utfôring av for lave fôrrasjoner er ineffektiv produksjon både fordi fisken anvender en mindre andel av fôret til vekst (høy fôrfaktor) og også fordi tilvekstpotensialet ikke blir utnyttet (reduisert produksjonskvantum). I en situasjon uten kontroll er det derfor fristende å prioritere overfôring framfôr underfôring som "det beste av to onder".

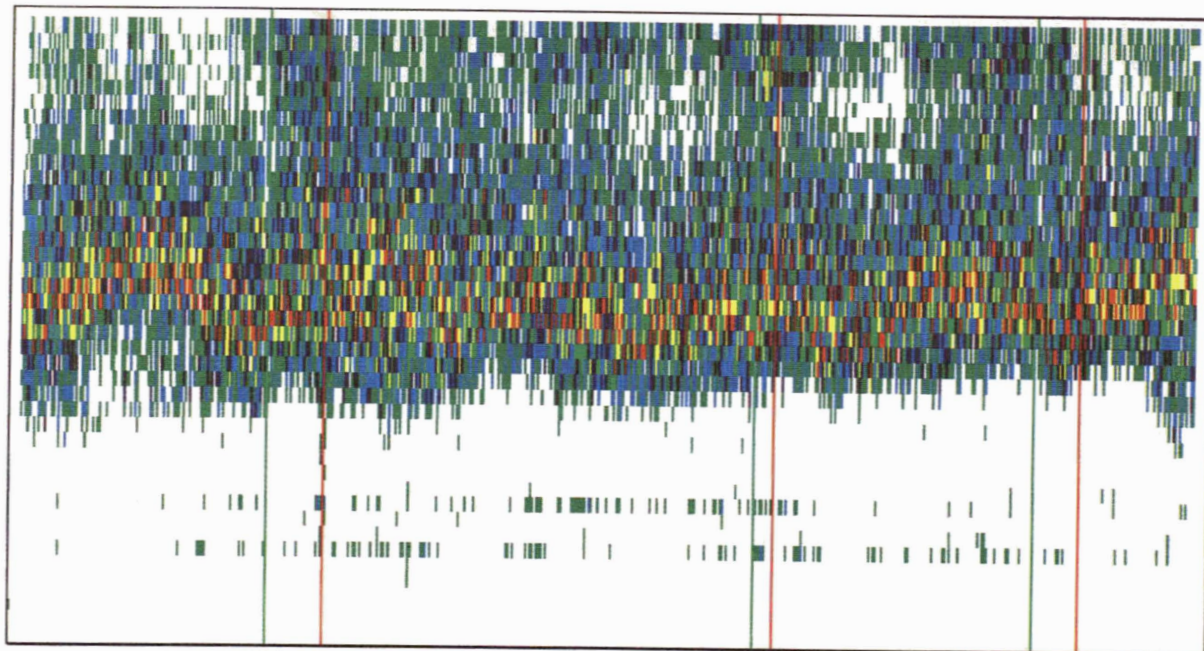
Om sommeren vil det tilnærmet kontinuerlige lyset gjøre at laksen slutter å vertikalvandre og holder seg i dypet gjennom hele døgnet (Figur 4). Temperatursjiktninger i merden kan imidlertid også påvirke fiskens fordeling betydelig. Etter et innsig av kaldt vann i begynnelsen av juni ble det dannet en temperaturgradient i merden slik at fisken unnvek det kalde vannet ved å redusere svømmedyp på dagtid (Figur 5). Temperaturen var da 5-6°C lavere på 15 m dyp enn ved overflaten (Figur 6). Temperaturmålingene ble foretatt manuelt i dette forsøket, men "Merdøye" er nå modifisert slik at det logger og framstiller temperatur i inntil fem ulike dyp på samme skjermbilde som viser fiskefordelingen. I tillegg til produksjonsbiologisk nytte av temperaturmålinger, kan oppdretteren altså samholde fiskens atferd med endringer i temperatur. Endringer i fisken atferd som skyldes temperaturgradienter i merden blir dermed lett å identifisere. Dette er viktig også hvis man skal bruke atferdsendringer til



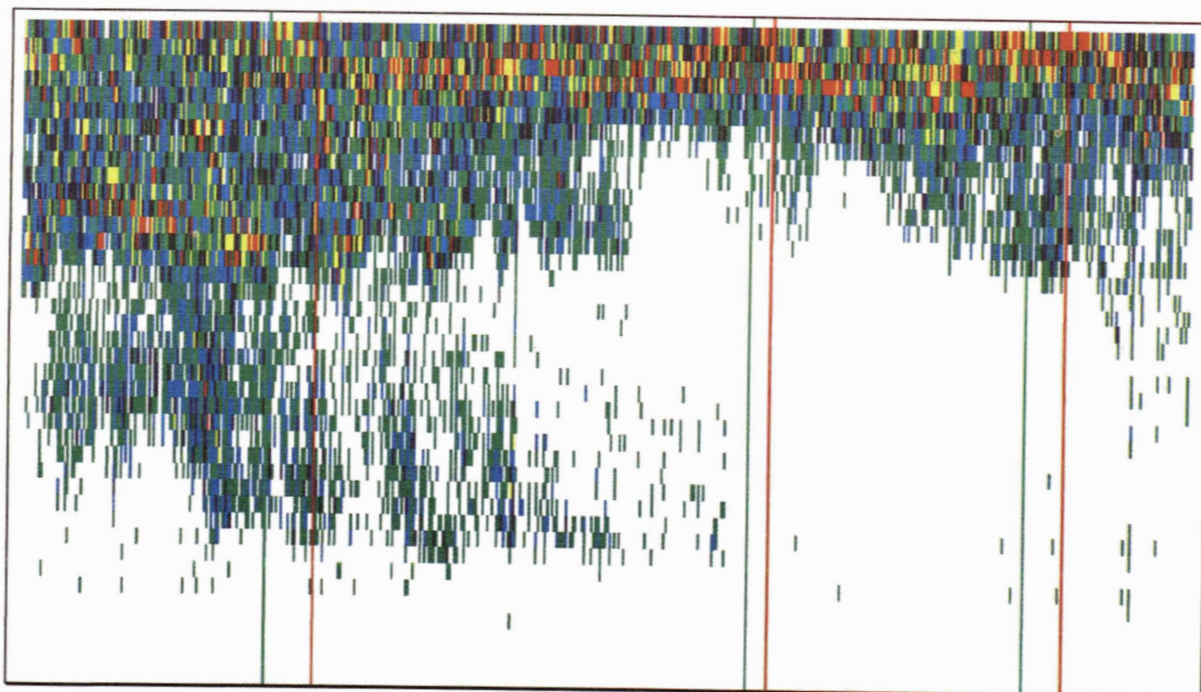
Figur 2. Smolten (37 100 à 0,4 kg) stod høyt i merden etter utsetting (april-93). Figuren viser "Merdøye"s presentasjon (ekkkogram) av laksens vertikalfordeling gjennom et døgn. Fargestyrke representerer relativ fisketetthet (rødt er høyeste og grønt er laveste fisketetthet). Øvre billedkant er overflaten og nedre billedkant er 20 m dyp. Den horisontale aksene går fra klokken 00 til 24. Vertikale grønne og røde streker indikerer henholdsvis start og stopp av fôring [Postmolt swimming close to the surface after transfer to large sea-cage (April-93). The figure shows the graphical display (echogram) of the vertical fish distribution in a 24-hour period. Colour scale indicates relative fish density (red=highest, green=lowest). Vertical axis range is 0 to 20 m depth and horizontal axis range is 00 to 24 h. Green and red vertical lines indicates start and stop of feeding, respectively].



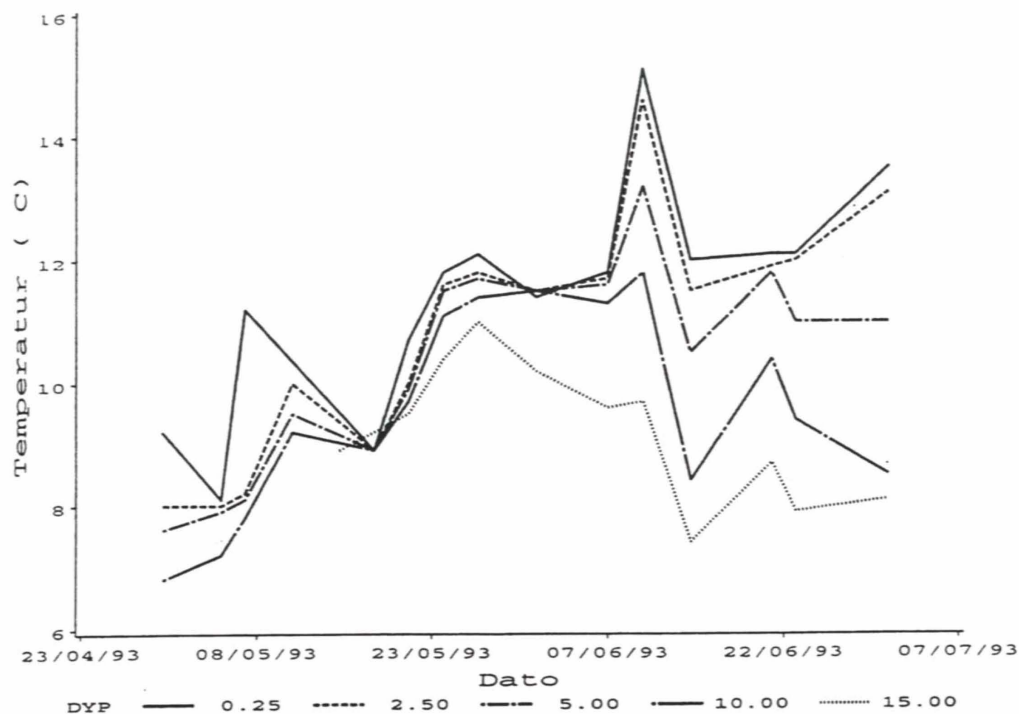
Figur 3. I mai endret laksen atferd og det var en klar døgnvariasjon i svømmedyp ved at fisken stod dypere om dagen enn om natten - dvs. i ytterkantene av bildet (se Figur 2 for forklaring av bildet) [In May the typical diel vertical migration was established with the salmon swimming deeper during day than night (see Figure 2 for explanations)].



Figur 4. Laksen svømmer dypt gjennom hele døgnet i juli (se Figur 2 for forklaring av bildet)
 [No vertical migration during bright nights in July (see Figure 2 for explanations)].



Figur 5. Laksen svømmer over kaldt dypvann i juni (se Figur 2 for forklaring av bildet)
 [Salmon swimming above cold water layer in the deeper parts of the cage in June (see Figure 2 for explanations)].



Figur 6. Temperatur på 0,25 m, 2.5 m, 5 m, 10 m og 15 m dyp [Sea temperature at .25 m 2.5m, 5m, 10m and 15m depth].

f.eks. tidlig indikasjon på sykdomsutbrudd. Sykdomsutbrudd med medfølgende stor dødelighet forekom ikke i forsøksperioden, og nytteverdien av "Merdøye" i slike situasjoner kunne dermed ikke demonstreres.

Som ekkogrammene ovenfor viser, utnytter fisken bare deler av merdvolumet. Dette er viktig i forbindelse med vurdering av fisketetthet i ulike sammenhenger. Det viser også de biologiske fordelene ved å anvende stor-merder. Når laksen har mulighet for det, velger den altså i lange perioder å stå dypere enn merdypet i de fleste norske merdanlegg. Dette er en indikasjon på at miljøbetingelsene i "normale merdanlegg" kan være suboptimale og at utformingen av slike anlegg i større grad har tatt hensyn til praktiske sider ved driften enn laksens biologi.

Foruten å observere fisken i merden kan "Merdøye" detektere villfisk under merden. Dette er ofte en god fôrspillindikator og kan utnyttes til å utløse fôrspillsalarm. I stor-merder vil den høye biomassen med laks imidlertid "viske ut" villfisk på systemets grafiske presentasjon (men se "Viderutvikling av Merdøye"). I Figur 7, som viser et døgnbilde fra en av de mindre merdene som ble tabellfôret av systemet, er dette imidlertid illustrert. Denne merden var ca.

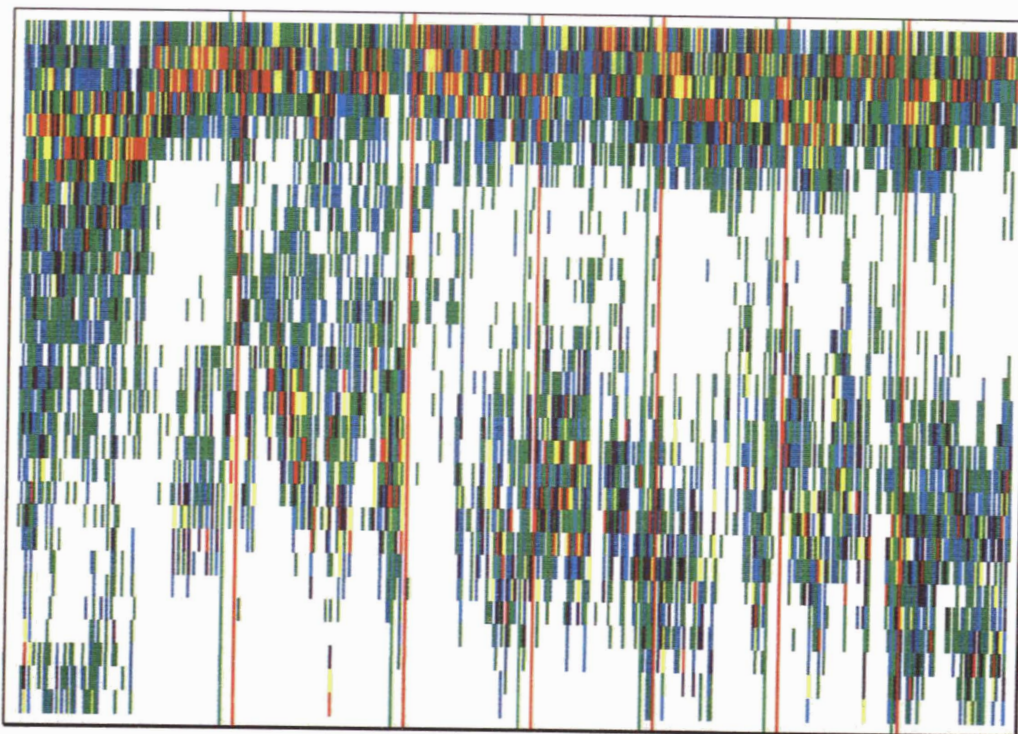
10 m dyp, og de varierende registreringene i den nedre delen av bildet er ansamlinger av villfisk som venter på fôrspill.

Automatisk appetittføring i stor-merd

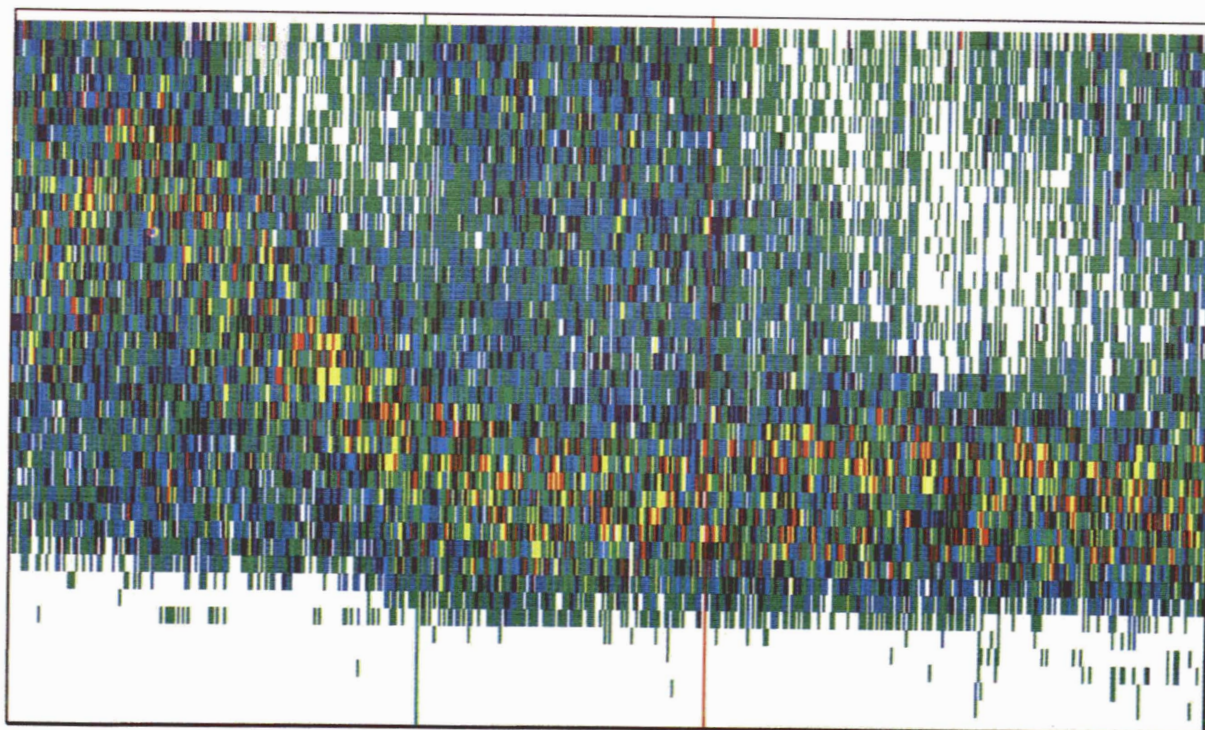
Et viktig mål i prosjektet var å verifisere at hydroakustisk fôringskontroll kan anvendes i kommersiell produksjon. Kommersiell produksjon er imidlertid ikke noe entydig begrep, fordi merdutforming og fôringsanlegg kan variere betydelig mellom ulike anlegg. Forut for prosjektet var "Merdøye" hovedsakelig testet i merder med "normalt" volum (500-1 000 m³) som det som regel er 10-12 stykker av på et gjennomsnittsanlegg. Når det anvendes stor-merd, reduseres antallet enheter (2-4), og det blir desto viktigere (men vanskeligere) å ha kontroll med produksjonen i hver enhet. Siden stor-merder i økende grad anvendes i næringen, var det viktig å teste "Merdøye"s automatiske appetittføring også i stor-merd.

Den automatiske appetittføringen forgår ved at "Merdøye" starter føringen og observerer fiskens respons på føret. Responsen måles som fisketetthet (ekkonivå) i et "fôringsområde" nær overflaten. Hvis responsen er svak, avsluttes føringen etter noen minutter. Hvis responsen er god, fortsetter føringen inntil fisketettheten i fôringsområdet avtar til et lavt nivå. Sammenhengen mellom appetitt og fisketetthet nær overflaten er basert på laksens naturlige atferdsmønster (Juell m.fl. 1994b, Fernö m.fl. 1995). Ved overflaten er lysnivået høyt, og faren for å bli tatt av fugl er stor. Laksen vil derfor vanligvis unngå overflaten. I oppdrett er imidlertid overflaten også der føret kommer. Når laksen er sulten, vil behovet for mat normalt overvinne redselen for selv å bli spist, og laksen går til overflaten for å spise. Når sultnivået avtar, vil imidlertid laksen gradvis søke dypere i merden, og fisketettheten i fôringsområdet avtar. Prinsippet bak "Merdøye"s automatiske appetittføring er således basert på en sterk biologisk mekanisme som kommer til uttrykk i de fleste dyrs oppførsel. Fordi styringsprinsippet er basert på en naturlig indre balanse hos laksen, vil systemet i stor grad være selvjusterende.

I "normale" merder med volum på rundt 1 000 m³, vil fiskens respons på føret greit detekteres av overvåkningssvingeren som henger under merden. I slike merder er overflatearealet rundt 140 m², og fôringsområdet utgjør som regel en stor andel av dette. I den aktuelle stor-merden var imidlertid overflatearealet ca. 1 000 m², og fôringsautomatene spredte føret



Figur 7. Villfisk som venter på fôrspill under 10 m dyp merd (se Figur 2 for forklaring av bildet) [Wildfish waiting for foodwaste under 10 m deep cage (see Figure 2 for explanations)].



Figur 8. Laksens fordeling fra kl. 02-12. Bildet viser hvordan fisktetthet og svømmedyp øker ved daggry og responsen på dagens første foring (se Figur 2 for forklaring av bildet) [Vertical distribution of salmon from 2 a.m. to 12 a.m. showing increase in swimming depth and fish density at dawn. The response towards food in the first meal is also shown (see Figure 2 for explanations)].

på en relativt liten andel av dette området (Figur 1). Dette medførte at det akustiske observasjonsvolumet var relativt stort i forhold til fôringsvolumet. I Figur 8 er det illustrert hvordan en god fôringsrespons ble detektert av svingeren på 30 m dyp. På dette bildet ser man også at bare en mindre andel av fisken reagerer. Fordi systemet beregner den gjennomsnittlige fisketettheten i et dybdesjikt, ble selv ganske kraftige responser "utvisket". Dypet på den akustiske dødsonen, samt den store åpningsvinkelen kombinert med lang avstand til overflaten bidro også til at det var vanskelig å detektere en distinkt respons. Det måtte derfor utarbeides en alternativ strategi for fôringskontroll under slike forhold.

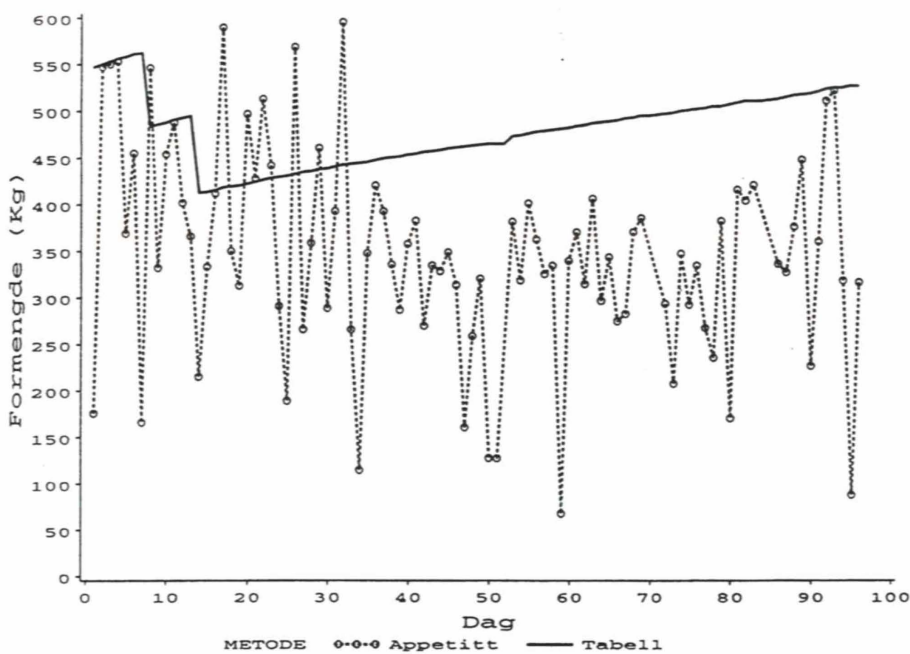
Løsningen ble å introdusere en ny svinger med spesialoppgave å overvåke responsen i fôringsområdet. Størrelsen på fôringsområdet i dette anlegget tilsa at optimalt svingerdyp skulle være rundt 8 m. I siste del av periode I styrte denne svingeren fôringen i anlegget på ønsket måte. Det at det må anvendes flere svingere med ulike oppgaver på samme merd betyr imidlertid ikke økte kostnader, fordi antall merder som overvåkes er færre. I den opprinnelige versjonen av "Merdøye" er algoritmen som styrer fôringen basert på sanntids-analyse av relative endringer i ekkoenergi. Ekkoenergien er proporsjonal med fisketettheten, men ekkoenergiverdier gir ikke umiddelbar mening for en oppdretter. I forbindelse med utarbeiding av en biomassemålingsfunksjon på "Merdøye", ble det oppnådd resultater som kunne anvendes til å gi et direkte mål for mengde fisk (kg) i fôringsområdet. En slik funksjon ble implementert og gjorde det dermed lettere for oppdretteren å velge hvilken respons han krever av fisken for at det skal fôres. Dette er et enkelt og antakelig også bedre styringsprinsipp enn det opprinnelige og i tråd med at "Merdøye" er et røkkerredskap som først og fremst har stor nytteverdi når det anvendes av en bevisst bruker.

Periode II

En ny gruppe på ca. 26 000 tre kilos laks (78,1 tonn) ble overført til stor-merden i midten av november 1993. Når utslakting startet 21. februar 1994, var biomassen i merden beregnet til 105,6 tonn, og det var tilført 31,7 tonn fôr. Dette gir en fôrfaktor (økt biomasse/tilført fôr) på 1,15. Temperaturen avtok gradvis fra 7,8 til 4,5°C og varierte mindre enn en grad fra overflate til 15 m dyp. Den prosentvise tilveksten i perioden ble beregnet til 0,3% pr. dag. Biomassen ble gradvis redusert til slaktingen var fullført 4. mai. I hovedsak styrte "Merdøye" fôringen på denne gruppen fram til slakting. Oppdretter kunne velge hvor ofte han ville teste fiskens respons på fôret. Antall forsøk varierte derfor mellom to og seks pr. dag, men

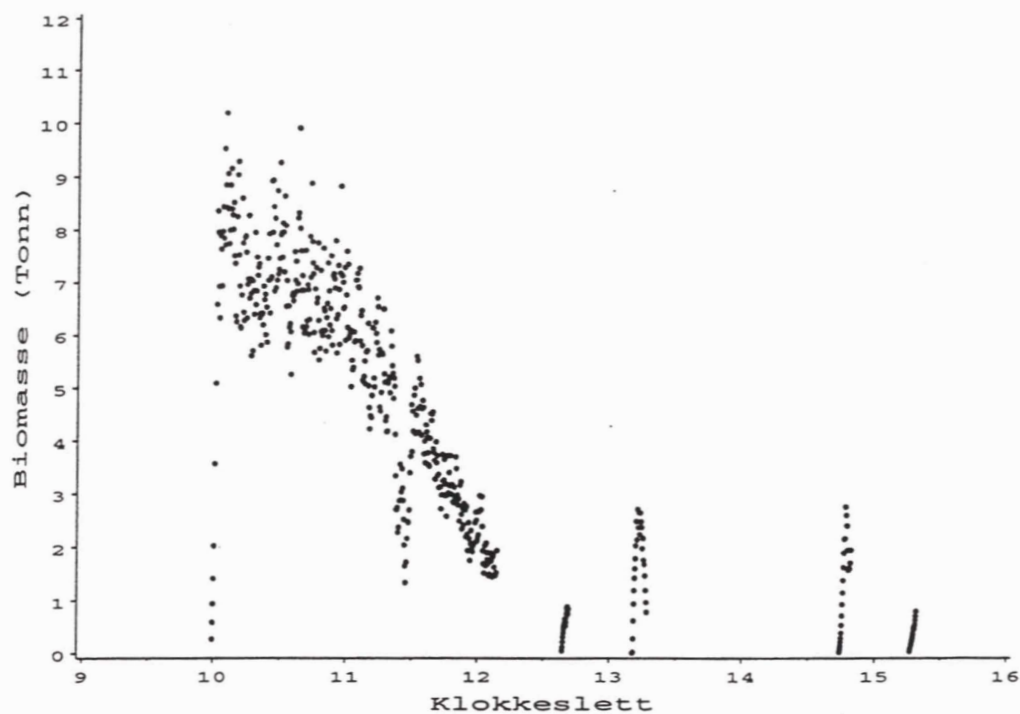
responsen var ofte så dårlig at "Merdøye" avsluttet fôringen. Tidspunkt for første og siste fôring ble justert etter lengden på lysdagen. Fôringsintensiteten var 0,032 g/fisk/min. Fôringsintensiteten fisken opplevde er imidlertid ca. ti ganger høyere fordi fôringsområdet (ca. 50 m² og 2,5 m dypt) begrenset hvor mange fisk som hadde tilgang til fôr samtidig. "Merdøye" observerte fisketettheten og estimerte biomassen i fôringsområdet. Basert på visuell observasjon av responsen samholdt med "Merdøye"s biomasseestimat, fastsatte oppdretteren at det skulle være minimum 2 tonn fisk i fôringsområdet for at responsen skulle godkjennes. Et undervannskamera rettet mot fôringsområdet fra 10 m dyp, ble rutinemessig anvendt til å verifisere at det ikke oppstod fôrspill.

I samsvar med tidligere undersøkelser var det store korttidvariasjoner i laksens appetitt. Figur 9 viser variasjonene i "Merdøye"s daglige utfôring sammen med en kurve som simulerer tabellfôring basert på fiskestørrelse og sjøtemperatur. Som figuren viser, er det sannsynlig at tabellfôring hadde forårsaket et betydelig fôrspill på denne lokaliteten. Også innenfor dager varierer det når fisken spiser fôret. På noen dager kan for eksempel hele fôrinntaket skje i løpet av en lang fôring uten respons på fôret senere (Figur 10a), mens det andre dager er jevnere fordelt på flere fôringer (Figur 10b). Figur 10 viser hvordan biomassen i foringsområdet øker raskt til et høyt nivå når fiskens appetitt er høy, for så å gradvis avta igjen når fisken mettes.

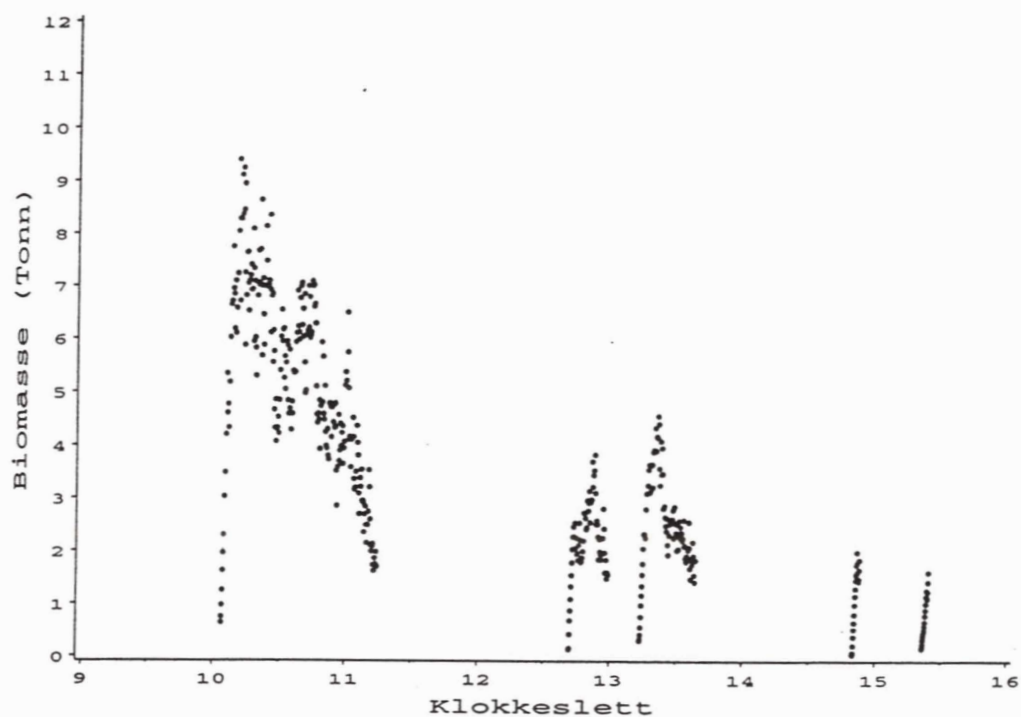


Figur 9. Fôrinntaket hos stor laks i stor-merd (heltrukken linje) og simulert tabellfôring (stiplet linje) i perioden 18.11.93-21.02.94. Biomassen økte fra 78,1 til 105,6 tonn i perioden [Foodintake (kg) by adult salmon during automatic demand feeding (broken line) and food amounts calculated from feedingchart (solid line) in the period 18.11.93-21.02.94. The biomass increased from 78.1 to 105.6 tons during this period].

A)



B)

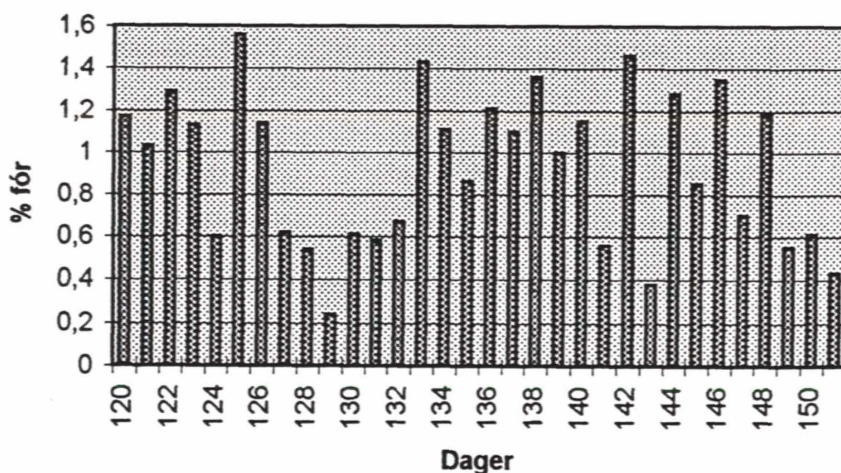


Figur 10. Akustisk måling av mengden fisk i fôringsområdet under fôring (fem fôringer/dag). Stor-merden inneholdt totalt ca. 100 tonn laks (3-4 kg). (A) Fisken spiser det meste av fôret i første fôring. (B) Fisken spiser i de tre første fôringene, men responderer for dårlig til at "Merdøye" godkjenner responsen på de to siste fôringene [Acoustic estimates of fish-biomass in the feedingspace during feeding (5 meals per day). Total biomass in the cage was approximately 100 metric tons. (A) Accepted feeding response only in the first three meals. (B) Accepted response only in the first meal.].

Overvåkning av små-merd

Ved smoltproduksjon i ferskvann samt i eksperimentelle fôringsforsøk anvendes ofte mindre merder enn det som er vanlig i matfiskproduksjon. "Merdøye"s evne til å overvåke og styre utføring i slike merder ble testet ved SSF sitt forsøksanlegg på Austevoll Havbrukstasjon i perioden 23.06.94-21.11.94. Merdvolumet var ca. 120 m³ og merddypet 4 m. Merden inneholdt ca. 700 laks som vokste fra 0,65 til 2,4 kg i perioden.

Testen viste at "Merdøye"s automatiske appetittføring fungerer tilfredstillende også i grunne små-merder, hvor beiteresponsen må detekteres innefor et lite dybdeintervall. Figur 11 illustrerer hvordan "Merdøye" kompenserer for endring i fiskens appetitt fra dag til dag. Ved dag 124 falt fôrinntaket fra et nivå rundt 1,1% av biomassen til 0,6%. Årsaken til denne appetittreduksjonen ble ikke identifisert, men dagen etter kompenserte fisken ved økt fôrinntak (ca. 1,6%). Ved dag 127 ble det på nytt registrert en kraftig appetittreduksjon som vedvarte. Ved nærmere undersøkelse viste det seg at den siste fôrleve,ransen hadde inneholdt harskt fôr. Når fôret ble skiftet ut på dag 133 økte appetitten umiddelbart til det "normale". Appetittreduksjoner på dag 141 og 143 var sannsynligvis forårsaket av kjemisk avlusning i nabomerder. I siste del av perioden sank sjøtemperaturen fra 9,5 til 7,6°C, noe som er en sannsynlig årsak til den lave appetitten i slutten av perioden. Testen illustrerer hvor dynamisk "Merdøye" følger svingninger i fiskens appetitt, og derved bidrar til bedre lønnsomhet og miljø.



Figur 11. Automatisk appetittføring av laks i små-merd (120 m³). Figuren viser en periode med store appetittvariasjoner [Food intake (% of biomass) during automatic demand feeding of salmon in a small cage (125 m³) in a period of large fluctuations in appetite].

VIDEREUTVIKLING AV "MERDØYE"

"Merdøye" ble opprinnelig utviklet for spesielle forskningsbehov, og var ikke tiltenkt overvåkning og styring av driften av kommersielle anlegg. For at systemet lettere skulle vinne innpass i næringen, var det derfor viktig å gjøre systemet mer brukervennlig og generelt. Videre var et av målene i prosjektet å implementere nye overvåknings- og alarmfunksjoner i "Merdøye".

En viktig erkjennelse i utviklingen av "Merdøye" mot et brukervennlig system, gikk på graden av automatisering av fôringskontrollen. I utgangspunktet var tanken at systemet automatisk skulle styre en rekke parametere i utføringen. Etter samtaler med driftsledere på flere anlegg, ble det imidlertid klart at det var viktig for oppdretterens tillit til systemet at de på en enkel måte kunne gripe inn og endre fôringsregime. Systemet ble derfor modifisert slik at dette var mulig. Dette reflekterer et generelt trekk ved "Merdøye": Systemet er et røkterredskap som på en enkel måte avlaster en aktiv bruker for en rekke rutine- og overvåkningsoppgaver og bidrar til en mer effektiv og miljøvennlig produksjon.

For å gjøre "Merdøye" anvendelig på ulike typer matfiskanlegg, var det viktig å tilpasse det til styring av sentralfôringsanlegg. I prosjektet var det derfor valgt et anlegg med sentralfôringsanlegg (Feeding Systems A/S) styrt via en PLS og en PC som samarbeidspartner. Det ble imidlertid tidlig klart at det var vanskelig å samkjøre de to systemene slik programstrukturene var lagt opp. Dette ville kreve et "multitasking" operativsystem. Da vi høsten 1993 fikk vite at Feeding Systems A/S ville skrive om programmet til WINDOWS, ble videre forsøk på sammenkopling utsatt. Samtidig kom det klare signaler om at andre programmer som næringen brukte også ble lagt over til WINDOWS. Vi så det som vesentlig at "Merdøye" kunne gå under dette operativsystemet og reprogrammering av systemet fra MS-DOS til WINDOWS ble derfor prioritert. Høsten 1994 ble det nye "Merdøye" prøvet sammen med et enkelt PLS-system. Denne prøven var vellykket, og vi ble klar til en samkjøring av "Merdøye" og et sentralfôringsanlegg. I denne prosessen har det vært direkte kontakt med Intercontrol A/S som har utviklet programmet til Feeding Systems A/S. En egen kommunikasjonsprotokoll er utviklet av LDA for å utveksle data mellom de to programmene. Denne er nå under utprøving, og vi håper i løpet av februar -95 å kunne gjennomføre et

praktisk forsøk. "Merdøye" og sentralføringsanlegget vil da "snakke sammen" over et eget lokallnett. De to systemene koples sammen ved hjelp av en parallellkabel. På siste møte (januar -95) med Feeding Systems A/S, ble det planlagt innledende forsøk på et matfiskanlegg utenfor Flesland, Bergen. Når denne prøven er gjennomført, vil systemet bli overført til Emilsen & Sønner A/S i Rørvik for å gjennomgå en langtidsprøve.

Parallelt med omleggingen av systemet til WINDOWS, ble det arbeidet med å utvikle nye overvåkningsfunksjoner i MS-DOS-versjonen av "Merdøye". I løpet av prosjektperioden er det implementert villfiskalarm og tyveri/predator-alarm. Villfiskalarmen varsler oppdretteren om ansamlinger av villfisk under merden. Forekomst av villfisk (spesielt sei og torsk) under matfiskanlegg har ofte sammenheng med at fisken lærer seg til at dette potensielt er en god matkilde. Forekomst av villfisk under en merd er derfor som regel en indikator på fôrspill og også uønsket fordi de kan skremme laksen fra å spise og på denne måten selv indusere fôrspill. Alarmen er basert på måling av ekkointensitet under merden i et dybdeintervall fastsatt av oppdretter. Systemet kan også forsterke den grafiske presentasjonen i dette området, slik at villfisk kommer tydeligere fram på ekkogrammet. Tyveri/predatoralarmen er basert på hydroakustisk deteksjon av unormalt raske endringer i midlere svømmedyp hos laksen i en merd. Slike endringer kan for eksempel indikere opplining av merdbunn eller panikkreaksjoner hos fisken.

I løpet av prosjektet er det videre implementert funksjon for temperaturmåling i inntil fem dyp. Aktuelle temperaturer vises kontinuerlig på skjermen og logges på en egen fil slik at temperaturutvikling i produksjonsperioden kan vises grafisk hvis ønskelig. Videre er det implementert mulighet for fjernovervåkning ved å overføre tilstandsrapporter/alarmer via telefonlinje (modem).

INFORMASJONSVIRKSOMHET

Det har vært lagt vekt på å formidle informasjon om "Merdøye" til oppdrettsnæring og forskningsmiljøer, og systemet er omtalt flere ganger i næringens fagpresse i prosjektperioden. Videre er "Merdøye" presentert i følgende publikasjoner og foredrag:

Publikasjoner

Bjordal, Å., Lindem, T., Juell, J.E. and Fernö, A. 1993. Hydroacoustic monitoring and feeding control in cage rearing of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.), pp. 203-208. In: Reinertsen, H., Dahle, L.A., Jørgensen, L. and Tvinnereim, K. (eds.) *Fish Farming Technology*. Rotterdam: Balkema.

Lindem, T. and Al Houari, D. 1993. Hydroacoustic monitoring of fish in aquaculture - method for automatic feeding control by detection of fish behaviour. *ICES CM 1993/F:45*.

Juell J.E. og Fosseidengen J.E. 1994. Angsten eter fôret. *Norsk Fiskeoppdrett, 1994(2)*: 48-49.

Juell, J.E. 1994. Laksens atferd og effektiv fôring, s.36-39. I konferansekompedium: "*Den store kostnadsjakten*". Stiftelsen Havbrukskunnskap, Bergen, ISBN 82-7495-012.

Juell, J.E. 1994. Fôringskontroll II: "Merdøye", s.46-49 . I konferansekompedium: "*Den store kostnadsjakten*". Stiftelsen Havbrukskunnskap, Bergen, ISBN 82-7495-012.

Juell, J.E. 1995. The behaviour of Atlantic salmon in relation to efficient cage rearing. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, (in press).

Foredrag

Bjordal m. fl. Hydroacoustic monitoring and feeding control in cage rearing of Atlantic salmon. First International Conference on Fish Farming Technology, Trondheim, 9-12 August 1993.

Juell J.E. Akustisk mengdemåling av oppdrettsfisk. Dr. scient. seminar, Høytteknologisenteret, Universitetet i Bergen, 11. juni 1993

Juell J.E. Ta kontroll over laksens atferd. Fagseminar for oppdrettere (EWOS). Solstrand Hotell, Os, 5. februar 1994.

Juell J.E. Bruk laksens atferd i produksjonskontrollen. Fagseminar for oppdrettere (Felleskjøpet). Førde, 26.-27. mai 1994.

Juell, J.E. Laksens atferd og effektiv fôring. "Den store kostnadsjakten" (Stiftelsen Havbrukskunnskap), Bergen, 21.-22. september 1994.

Juell, J.E. Fôringskontroll II: "Merdøye". "Den store kostnadsjakten" (Stiftelsen Havbrukskunnskap), Bergen, 21.-22. september 1994.

REFERANSER

Bjordal, Å., Floen, S., Fosseidengen, J.E., Totland, B., Øvredal, J.T., Fernö, A., and Huse, I. 1986. Monitoring biological and environmental parameters in aquaculture. *Modeling, Identification and Control*, 7: 209-218.

Bjordal, Å., Furevik, D.M, Fernö, A. og Huse, I. 1990. Hydroakustikk: "Oppdretterens tredje øye". *Norsk Fiskeoppdrett*, 1990(2): 38-39.

Blyth, P.J., Purser, G.J. and Russell, J.F. 1993. Detection of feeding rhythms in seacaged Atlantic salmon using new feeder technology, pp. 209-216. In: Reinertsen, H., Dahle, L.A., Jørgensen, L. and Tvinnereim, K. (eds.) *Fish Farming Technology*. Rotterdam: Balkema.

Burczynski, J.J., Johnson, R.L., Kreiberg, H. and Kirchner, W.B. 1990. Acoustic estimation of dense aggregations of fish in sea pens. *Rapp. p-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer.*, 189: 54-64.

Dunn, M. & Dalland, K. 1993. Observing behaviour and growth using the Simrad FCM 160 fish cage monitoring system, pp. 269-. In: Reinertsen, H., Dahle, L.A., Jørgensen, L. and Tvinnereim, K. (eds.) *Fish Farming Technology*. Rotterdam: Balkema.

Fernö, A., Huse, I., Juell, J.E. and Bjordal, Å. 1995. The vertical distribution of Atlantic salmon in net pens: trade-off between surface light avoidance and food attraction. *Aquaculture*, (in press).

Floen, S., Totland, B. and Øvredal, J.T. 1988. A PC-based echo integration system for fish behaviour studies. *ICES C.M. 1988/B:35*.

Furuzawa, M., Ishii, K., Miyanozana, Y. and Maniwa, Y. 1984. Experimental investigation of an acoustic method to estimate fish abundance using culture nets. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 23: 101-103.

Huse, I. and Holm, J.C. 1993. Vertical distribution of Atlantic salmon (*Salmo salar*) as a function of illumination. *J. Fish Biol.*, 43 (Supplement A): 147-156.

Juell J.E., Fosseidengen J.E. og Lindem T. 1990. Lovende resultater med atferdsbasert utføring. *Norsk Fiskeoppdrett*, 1990(1): 32-34.

Juell, J.E. 1991. Hydroacoustic detection of food waste - a method to estimate food intake of fish populations in sea cages. *Aquacultural Engng.*, 10: 207-217.

Juell, J.E., Furevik, D., and Bjordal, Å. 1993. Demand feeding in salmon farming by hydroacoustic food detection. *Aquacultural Engng.*, 12: 155-167.

Juell, J.E., Bjordal, Å., Fernö, A. and Huse, I. 1994a. Effect of feeding intensity on food intake and growth of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in sea cages. *Aquaculture and Fisheries Management*, 25: 453-464.

Juell, J.E., Fernö, A., Furevik, D. and Huse, I. 1994b. Influence of hunger level and food availability on the the spatial distribution of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in sea cages. *Aquaculture and Fisheries Management*, 25: 439-451.

Kadri, S., Metcalfe, N.B., Huntingford, F.A. and Thorpe, J.E. 1991. Daily feeding rhythms in Atlantic salmon in sea cages. *Aquaculture*, 92: 219-224.

Smith, I.P., Metcalfe, N.B., Huntingford, F.A. and Kadri, S. 1993. Daily and seasonal patterns in the feeding behaviour of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in a sea cage. *Aquaculture*, 117: 165-178.

Talbot, C. 1993. Some biological and physical constraints to the design of feeding regimes for salmonides in intensive cultivation, pp. 19-25. In: Reinertsen, H., Dahle, L.A., Jørgensen, L. and Tvinnereim, K. (eds.) *Fish Farming Technology*. Rotterdam: Balkema.