

Fangstbasert akvakultur

Tilvenning (weaning) av villtorsk til tørrfôr

Bjørn-Steinar Sæther, Pål Arne Bjørn, Kjell Ø. Midling, Rune Nilsen, Ronny Jacobsen og Sten I. Siikavuopio





Nofima er et næringsrettet forsknings-konsern som skal øke konkurranse-kraften for matvareindustrien, herunder akvakulturnæringen, fiskerinæringen og landbruksnæringen. Konsernet omfatter tidligere Akvaforsk, Fiskeriforskning, Matforsk og Norconserv, og har ca. 430 ansatte. Virksomheten er organisert i fire forretningsområder; Marin, Mat, Ingrediens og Marked. Konsernet har hovedkontor i Tromsø og virksomhet i Ås, Stavanger, Bergen, Sunndalsøra og Averøy.

Hovedkontor Tromsø
Muninbakken 9–13
Postboks 6122
NO-9291 Tromsø
Tlf.: 77 62 90 00
Faks: 77 62 91 00
E-post: nofima@nofima.no

Internett: www.nofima.no



Vi driver forskning, utvikling, nyskaping og kunnskapsoverføring for den nasjonale og internasjonale fiskeri- og havbruksnæringa. Kjerneområdene er avl og genetikk, fôr og ernæring, fiskehelse, bærekraftig og effektiv produksjon samt fangst, slakting og primærprosessering.

Nofima Marin
Muninbakken 9–13
Postboks 6122
NO-9291 Tromsø
Tlf.: 77 62 90 00
Faks: 77 62 91 00
E-post: marin@nofima.no

Internett: www.nofima.no

Rapport

	<i>ISBN:</i> 978-82-7251-666-5	<i>Rapportnr.:</i> 4/2009	<i>Tilgjengelighet:</i> Åpen
<i>Tittel:</i> Fangstbasert akvakultur Tilvenning (weaning) av villtorsk til tørrfôr	<i>Dato:</i> 3.2.2009		<i>Antall sider og bilag:</i> 25
<i>Forfatter(e):</i> Bjørn-Steinar Sæther, Pål Arne Bjørn, Kjell Ø. Midling, Rune Nilsen, Ronny Jacobsen og Sten I. Siikavuopio	<i>Prosjektnr.:</i> 20435		
<i>Oppdragsgiver:</i> Fiskerlaget Servicekontor v/Villfiskforum på vegne av FHF	<i>Oppdragsgivers ref.:</i> 342014		
<i>Tre stikkord:</i> Fangstbasert, oppdrett, torsk			
<i>Sammendrag: (maks 200 ord)</i> Fangstbasert akvakultur er stort på verdensbasis, og det arbeides med å utvikle denne næringen også for villfanget torsk i Norge. Man antar at næringen vil bidra positivt til tradisjonelt torskefiske, enten ved å forbedre kvaliteten på fisken eller for å kunne tilby torsk på markedet når den ellers er lite tilgjengelig. Fremtidig oppføring av villfanget torsk vil av flere hensyn være basert på bruk av kommersielt tilgjengelig tørrfôr. Tørrfôr er svært forskjellig fra villtorskens naturlige føde både med hensyn til lukt, smak, form, tekstur og farge. Ved å bløte opp tørrfôr i vann aksepteres føret bedre av torsken og en større andel fisk begynner å spise. Bløtlegging av tørrfôr i kar med vann over flere timer er en tid og arbeidskrevende operasjon. Det gir utfordringer på logistikk, hele dagsbehovet må forberedes dagen før, økte krav til hygiene, vanntilsettingen blir også en "utvanning" ved at næringsstoffer går tapt, føret får en vesentlig endret teknisk kvalitet etc. Tilsetning av vann i føret like før bruk gjør at oppdretter i stor grad unngår alle de negative sidene ved vanntilsettingen, mens fisken nyter godt av de positive sidene. I dette prosjektet sammenlignes to metoder for tilsetning av vann i tørrfôr til bruk i weaning av villfanget torsk; dagens praksis med oppbløting i kar med vann og en ny metode med tilsetning av vann like før bruk ved hjelp av vakuum. Et problem med villfanget fisk er å få dem til raskt å akseptere føret de blir tilbudt. Tidligere forsøk har vist positive effekter av attraktanter i weaning-fôr, og bruk av en kommersielt tilgjengelig fôr-attraktant til fisk blir også testet i dette prosjektet. Resultatene viser at vanntilsetning med vakuum gir minst like godt vekstresultat på torsken, mens attraktanten som ble testet ikke førte til bedret tilvekst og sannsynligvis ikke hadde noen appetittvekkende effekt.			
<i>English summary: (maks 100 ord)</i> Capture based aquaculture of Atlantic cod is currently being developed in Norway. This is likely to happen in concert with traditional fisheries, where wild caught cod can be kept in cages for feeding either to improve quality or to improve the capacity to serve the markets at times that fresh caught cod is less readily available. Feeding of cod in captivity will most likely be based on use of commercially available pelleted dry feed. This is due to several advantages as compared to use of whole fish or moist feed. Dry pellets is however very different from the natural prey of wild cod, most important is probably texture and water content. Soaking dry pellets in water to increase water content and soften the feed have shown promising in practical farming. This is however a labour intensive operation, and impose several management challenges, such as the need to start preparations the day before hence need to predict future appetite, logistics, loss of water soluble components and hygiene. Using vacuum to draw water into dried pellets may solve this problem. In this project, these two methods for adding water are compared and the resulting growth of captured cod measured. Use of attractants have shown promising results in other species, so a commercial available attractant is added in one treatment in order to stimulate appetite and thus improve weaning success. Fish offered feed with water added using vacuum grew at least as good as fish feed on pellets soaked in water overnight. No positive effects of adding the attractant was observed.			

Innhold

1	Bakgrunn	1
1.1	Oppfôring av villtorsk.....	1
1.2	Målsetting.....	2
1.3	Nytteverdi for næringen.....	2
2	Materiale og metode	5
2.1	Lokalisering og forsøksfisk.....	5
2.2	Prosjektorganisering og samarbeid med FHF Villfiskforum	6
2.3	Arbeidspakke 1: Tilvenningsforsøk	6
	2.3.1 Test av vanntilsetting.....	6
2.4	Arbeidspakke 2: Fôr og fôringsforsøk	9
3	Resultater og Diskusjon	11
3.1	Vannstrøm på lokaliteten	11
3.2	Tilvenning av villtorsk til tørrfôr og fôringsforsøk.....	18
4	Konklusjon	23
5	Referanser	25

1 Bakgrunn

1.1 Oppfôring av villtorsk

Oppfôring av villfanget torsk blir i hovedsak gjort med varianter av våtfôr (frost sild, lodde, brisling eller akkar). Selv om dette er arbeidskrevende kunne lav råstoffpris (ofte under 1 kr per kilo) forsvare innsatsen. Pelagisk råstoff har de siste årene blitt mindre tilgjengelig som fôr fordi stadig mer av fangstene går til konsumanvendelse. For eksempel kan realistisk pris på frossen lodde nå være så høy som 4 kroner per kilo. Med en fôrfaktor på fem tilsier dette fôrkostnader per kilo tilvekst på hele 20 kroner, eller om lag det dobbelte av prisen for ett kilo tilvekst på tørrfôr. I tillegg forventer man fremtidige begrensninger innen bruk av denne typen fôrmidler som ikke er varmebehandlet. De nye reguleringene fra Mattilsynet tillater ikke lagring av torsk ut over fire uker uten mat. Det er derfor helt nødvendig med rask og effektiv tilvenning til tørrfôr for å kunne tilby helårig leveranser av fersk fisk (se Dreyer m.fl. 2006 for ytterligere detaljer)

Tilvenning (weaning) av fisk til tørrfôr har vært forsøkt tidligere men med begrenset suksess. Seinest i 2005 ble det gjennomført fôringsforsøk av sei ved Havbruksstasjonen i Tromsø som viste at seien ikke ble weanet på tørrfôr. Fôret fikk smakstilsetninger (attraktanter), men ble ikke oppbløytet med vann (Aas m. fl. 2006). Imidlertid har to bedrifter, Havtorsk AS, Frøya og Ultra Seafood AS, Loppa, delvis fått til dette ved å forbehandle tørrfôret med oppbløyting og tilsetning av attraktanter. Resultatene er imidlertid ikke kvalitetssikret og dokumentert og har dermed begrenset verdi for næringa.

Fiskens naturlige byttedyr inneholder opp mot 80 % vann, og for fisk i sjøvann er dette viktig for at fisken skal få dekket sitt vannbehov. Dagens ekstruderte tørrfor inneholder mindre enn 10 % vann og er svært forskjellig fra naturlige byttedyr i så måte. I tillegg har levendefanget torsk, på tross av akklimatisering, også vært gjennom en belastende fangst. All håndtering påfører fisken stress, og slikt håndteringsstress resulterer i en markert reduksjon i matinntak (Fernó, 1998). I tillegg vil den integrerte stressresponsen i seg selv kunne påvirke fiskens vannbalanse betydelig (Wendelaar Bonga, 1997). I fangstbasert havbruk påvirkes fisken ekstra, ved at den utsettes for gjentatte stressende situasjoner som forsterker hverandre (fangst, transport, pumping, sortering og utplassering i merd; Sigismondi og Weber, 1988). Resultatet kan samlet sett bli at fisken får problemer med vannbalansen og som en følge av det ikke tar til seg fôr. Fôring med tørrfor til en fisk i fysiologisk ubalanse påfører fisken et ekstra vannbehov når nedbrytningen i magesekken tar til (Hughes og Barrows, 1990), og dette må kompenseres gjennom økt drikkerate. Denne økningen er ofte ikke nok til å kompensere for vannmengden det er behov for, slik at inntak av tørrfôr vil påføre en stressa villfisk et netto tap av vann (Ruhonen m. fl. 1997). Løsningen kan derfor være å bløyte opp tørrfôret med ferskvann slik at det både får en konsistens som likner mer på naturlig føde (bedret palatabilitet), lettere aksepteres og spises av torsken og er positiv for fiskens vannbalanse (Ruhonen m. fl. 1997, Grove m. fl., 2001). I tillegg åpner dette også muligheter med tilsetning av attraktanter som en integrert del av vanntilsetningen (for eksempel rekeskall-mel, akkar ekstrakt, blåskjell eller krabbe). Bruk av attraktanter skal øke sjansen for at fôret vekker interesse, blir akseptert og svelget (Toften 1997; Siikavuopio og Knudsen, 2001), og har gitt positive effekter både i akvakultur (Andy More, CEFAS, Lowestoft, UK, pers. komm), i fiskerier (for eksempel Løkkeborg 1990) og i sportsfiskesammenheng.

Vanntilsetning i tørrfôr er imidlertid både tid og arbeidskrevende. I tillegg forringes fôrets håndterbarhet og mekaniske egenskaper ved oppbløyting i ferskvann. Seafarm Products AS har patentert teknologi som tillater tilsetning av vann i konvensjonelt tørrfôr like før bruk, gjerne fullintegrert i et fôringssystem. Den tekniske siden av teknologien er utprøvd, men bedriften mangler dokumentasjon på biologisk effekt. Problemstillingene ved i fangstbasert

akvakultur egner seg god for slik utprøving, på en måte som gir hele industrien direkte nytteverdi av resultatene. Seafarm Products teknologi åpner for muligheten til fortsatt å benytte tørrfôr med alle dets kvalitetssikrede fordeler på logistikk, lagring og næringsverdi. Samtidig bedres fôrets egenskaper med hensyn til fiskens behov for vann og for et fôr med god palatabilitet og smaksegenskaper (Fig. 3., Tab. 1). I tillegg kan attraktanter også tilsettes som en del av denne prosessen, her skal imidlertid attraktanten tilsettes i merden like før utføring etter produsentens anbefaling.

1.2 Målsetting

Hovedmålsettingen ved prosjektet er å utvikle fullskala industrielle prosesser og metodikker for å tilvenne villfanget torsk i fangstbasert akvakultur til å spise kommersielt tilgjengelig tørrfôr. Dette vil bli gjort ved å bløyte opp tørrfôr i kombinasjon med attraktanter slik at fôrets attraktivitet øker (palatabilitet, smaksegenskaper) samt fiskens drikkebehov reduseres, samtidig som tørrfôrets fordeler med hensyn til kvalitet, logistikk, lagring og næringsverdi beholdes.

Delmålene vil være å:

- Utvikle og tilpasse Seafarm Products' teknologi til fullskala fangstbasert akvakultur
- Studere effekter på vekst, fysiologi og fiskevelferd

og relatere dette opp mot oppdrettsmiljø, produksjonskostnader og forventet avkasting.

1.3 Nytteverdi for næringen

Sesongsvingningene er store i fiskeriene. Det fanges mest torsk i løpet av noen få, hektiske vintermånedene, mens den kan være vanskelig å få tak i ellers i året. Dermed blir produksjonsstopp og permitteringer i bedriftene et tilbakevendende problem. Tall fra Fiskeriforskning viser at sysselsettinga i hvitfiskindustrien i Norge er redusert med hele 45 prosent de siste ti årene, og det er Nord-Norge som er hardest rammet: I perioden 1995 til 2005 ble antall arbeidsplasser i hvitfiskindustrien i for eksempel Finnmark redusert fra rundt 2200 til under 900 personer (Bendiksen, 2006). Ved å fôre opp torsk som er fanget levende kan man utjevne råstofftilgangen, minske risikoen for permitteringer og tap av kvalifisert arbeidskraft og utnytte kapasiteten på produksjonsutstyret bedre. Kontrollert slakting gir i tillegg mulighet til å levere høykvalitets produkter til tider av året da etterspørsel og pris er optimal. Siden helårig leveranser av ferske produkter til det europeiske markedet er Norges fremste fortrinn, vil vellykket levendefangst, lagring og fôring potensielt bli svært viktig både for fiskeri- og havbruksnæringen i framtida. Med det nye regelverket for fangstbasert akvakultur (gjort gjeldende fra 1. januar 2006), som maksimalt tillater å lagre torsk i fire uker uten mat, så vil vellykket tilvenning av villfanget torsk til tørrfôr sannsynligvis bli nødvendig for å kunne tilby helårig leveranser av fersk fisk i framtiden. Prosjektet tar sikte på å løse dette på en industrielt rasjonelt og kostnadseffektiv måte. Nytteverdien vil således kunne være forskjellen mellom ei næring på 3 kontra 30 tusen tonn torsk i fangstbasert akvakultur.



Figur 1 Utsnitt fra Ultra Seafoods oppføringsanlegg for torsk i Øksfjorden, retning lengste strøklengde.

2 Materiale og metode

2.1 Lokalisering og forsøksfisk

Forsøket ble gjennomført hos Ultra Seafood AS i Øksfjorden, Loppa kommune, sommeren 2007. Gjennom forskningskvote ble det tatt inn ca 40 tonn torsk ekstra til anlegget. Ultra Seafood stilte anlegg og logistikk (mottaksstasjon, personell, brønnbåt) tilgjengelig for prosjektet og fisken ble levert til mottaksanlegg på Danielsnes. Fisken ble sortert i to størrelses grupper (< 3 kg og > 3 kg), og akklimatisert på flatbunna merder. Etter at fisken var akklimatisert ble fisk mellom 3-5 kg fordelt i tre like grupper og overført til weaning (Arbeidspakke 1) og fôringsforsøket (Arbeidspakke 2). Fiskeriforskning var ansvarlig for prosjektet som ble gjennomført i tett samarbeid med Ultra Seafood AS. Begrenset tilgjengelighet av merder av adekvat størrelse gjorde at forsøkene ble gjennomført i to ulike merd-typer á 3 merder, med duplikering av behandlingene slik at alle behandlingene hadde en merd av hver type for på den måten å kontrollere for variasjonen som merd-typen eventuelt kan innføre. Weaning 1 ble gjennomført i tre sirkulære 60 m polarcircel merder med 5 meter dype nøter (merdvolum 1433 m³), mens weaning 2 ble gjennomført i tre firkantede 15x15x5 meters merder (merdvolum 1125 m³). Selve weaningen ble startet opp med tidsforskyvning slik at tre merder (weaning 1) ble startet opp to uker før de tre siste (weaning 2).



Figur 2 Kart over Øksfjorden med Ultra Seafoods lokalitet på Danielsnes for oppføring av torsk merket med rød sirkel på østsiden av fjorden. Nord er markert med rød pil.

2.2 Prosjektorganisering og samarbeid med FHF Villfiskforum

Prosjektet var organisert mellom Fiskerlagets Servicekontor v/Villfiskforum og Fiskeriforskning. I tillegg hadde Fiskeriforskning avtale med Ultra Seafood Loppa AS om samarbeid og bruk av infrastruktur, inkludert fisk. Pål Arne Bjørn ledet prosjektet fra Fiskeriforsknings side, Torbjørn Johansen ledet prosjektet fra Ultra Seafood Loppa AS sin side mens Jan-Henrik Sandberg ledet prosjektet fra Villfiskforum og FHF's side. I tillegg ble det satt ned en styringsgruppe bestående av de ovenfor samt Kjell Midling og Harald Mundheim (Fiskeriforskning). Samarbeidet, spesielt i oppstarten og de første kritiske ukene av prosjektet, med Villfiskforum v/Jan-Henrik Sandberg var tett, og alle større avgjørelser ble tatt over telefon eller mail i samarbeid med ham. De andre ble også rådspurt ved behov. I tillegg har det vært dialog med miljøet som driver med mellomlagring og oppforing av torsk i Vesterålen (Stian Reinholdsen, Fiskeriparken) og miljøet i Båtsfjord (Aker Seafood, Båtsfjordbruket og Skrovnes AS) for å utveksle informasjon og erfaringer i prosjektperioden.

2.3 Arbeidspakke 1: Tilvenningsforsøk

Begrenset tilgang på villfisk førte til en tilpasning av det eksperimentelle oppsettet i forsøkene. For å ivareta overføringsverdi til næringen bør fisketettheten i slike forsøk være tilsvarende de man ser i kommersiell drift. Mangel på fisk gjorde det nødvendig å gjennomføre forsøkene i mindre merdvolum enn opprinnelig planlagt (reduerte merdvolumet ved å redusere dybde til 5 meter) (Tabell 2).

2.3.1 Test av vanntilsetting

Tilsetting av vann til tørrfôr vil avhenge av fôrets egenskaper, spesielt med tanke på fettinnhold og porøsitet. I tillegg vil fôret være påvirket i ettertid, ved at de mekaniske egenskapene endres. Tre ulike fôrtyper ble derfor testet før weaningforsøket startet; Biomar torskefôr 12 mm pellets, Skretting Torskefôr 9 mm pellets samt Polar Feed torskefôr 12 mm pellets. Sistnevnte var et fôr spesielt produsert med tanke på opptak av vann. Her var den generelle resepten basert på hva man kan kalle et typisk marinfisk fôr med tanke på protein:fett forhold, men fôr-råstoffene ble spesielt valgt med tanke på vannbindingsevne og stabilitet etter vanntilsetting (Harald Mundheim Nofima Ingrediens, Bergen, pers med.). I tillegg ble fôret produsert mer porøst for å bedre vannopptaket. Testen viste at kommersielt produsert tørrfôr har en noe begrenset evne til å ta opp ferskvann, og samtidig beholde sine fysiske egenskaper. Opptak av vann var begrenset til rundt 20 % av total sluttvekt, og noe fôr gikk i tillegg i oppløsning, fikk brekasje på pellet. Polar Feed fôret kom betydelig bedre ut enn de andre og ble foretrukket til forsøket. Dette fôret ble også tilsatt vann på tradisjonelt vis, ved henstand i kar med vann over 24 timer. Resultatene fra testen er gjengitt i tabell 1.



Figur 3 Vakuumutstyr for tilsetning av vann i tørrfôr fra Seafarm Products AS. Til venstre står operatøren og kontrollerer prosessen, til høyre tørrfôr etter tilsetning av vann.

Tabell 1 Test av ferskvanntilsetning i tre ulike typer marinfisk fôr. De tre øverste har fått tilsatt vann under vakuum (Seafarm Products optimaliserer), mens den siste er tilsatt i ved henstand i kar med vann over 24 timer.

Fôrtype	Vekt før vanntilsetning (Kg)	Vekt etter vanntilsetning (Kg)	Vanntilsetning i % av total sluttvekt
Biomar 12 mm	2	2,581 (0,189)	22,5
Skretting 9 mm	2	2,457 (0,002)	18,6
Polar Feed 12 mm	2	5,419 (0,104)	63,1
Bløtlegging 24 timer			
Polar Feed 12 mm	2	5,359 (0,047)	62,7

Tørrfôret ble forbehandlet på tre ulike måter:

1. Tradisjonell behandling; fôret mykes opp i vann ved bløtlegging i kar over 24 timer. Dette er den metoden som til nå har blitt benyttet av industrien. Røkter håndfører deretter fisken etter tabell (Jobling, 1988), men basert på betydelig overføring (ca. 6 ganger ved start og ca. 3 ganger ved slutt) i forhold til forventet behov. En av gruppene vil bli behandlet på denne måten og vil representere forsøkets kontroll.
2. Tilsetning av vann til tørrfôret ved bruk av vakuum (vakuumkoating). I gruppe nummer to tilpasses teknologien til Seafarm Products AS slik at vann kan tilsettes tørrfôr like før bruk. På denne måten kan fôret tilsettes vann tilsvarende ca. 60 % av sluttvekt på vektbasis på en industrielt rasjonell måte. Fôret ble tildelt på samme måte som beskrevet ovenfor.
3. Som 2, kombinert med attraktanter tilsatt direkte i merden like før utfôring. Attraktantene er kommersielt tilgjengelige komponenter utviklet av CEFAS (UK) og testet med suksess på en rekke arter over hele verden.



Figur 4 Sortering av torsk til weaningforsøk ved Ultra Seafood i Øksfjord. Fisken ble sortert i to størrelsesklasser; < 3 kg og > 3 kg. Sorteringen baseres på fiskens bredde.

I innledende tilvenningsfase som gikk over ca 14 dager, fikk fisken fôr i overskudd slik at andel spisere eller fôrinntak ikke skulle begrenses av tilgang. Mengden fôr tildelt hver merd ble registrert. Etter to uker fôring ble andel fisk som spiste og vekst, fysiologisk status (stress og vannbalanse) og fiskevelferd (adferd, hudsår, øyne, skjelltap, finneskader) registrert etter standard metodikker på et utvalg forsøksfisk. Resterende fisk gikk videre i fôr og fôringsforsøk i arbeidspakke 2. Dette ble så gjentatt i tre nye merder for å repetere behandlingene. Begrenset tilgang på fisk gjorde det nødvendig å redusere biomassen per merd til rundt 5 tonn i weaning 2 (tabell 2). Til sammen utgjorde disse 6 merdene tre replikate behandlinger som ble gjennomført med to ukers tidsforskjell.

Tabell 2 Fordeling av fisk i de ulike behandlingene. Forsøkene ble gjennomført med to ukers tidsforskyvning.

Gruppe	Antall	Vekt (Kg)	Biomasse (Kg)	Tetthet (Kg/m ³)
Coated I	5820	1,94	11291	7,9
Coated II	2555	1,85	4727	4,2
Trad I	5784	1,75	10122	7,1
Trad II	2549	1,79	4563	4,1
Coated + A I	5080	1,82	9246	6,5
Coated + A II	2717	1,83	4972	4,4

2.4 Arbeidspakke 2: Fôr og fôringsforsøk

I hver merd ble et representativt tilfeldig utvalg fisk ($n= 100$ i første og $n= 50$ i andre runde) merket med nummererte t-bar merker ved basis av ryggfinnen. Disse individene ble veid og lengdemålt for å kunne gi informasjon om individuell vekst og vekstrate ved forsøkets slutt.

Etter den innledende tilvenningsfasen på 14 dager gikk samtlige behandlingsgrupper over i et lengre fôringsforsøk. Ved oppstart av fôringsforsøket var allerede data over størrelse, fysiologisk status og fiskevelferd registrert gjennom prøvetakning av gruppene på dag 0 og dag 14. Det ble deretter gjort målinger av et representativt utvalg fisk fra hver gruppe ved dag 30, 60 og 90 slik at vi kunne følge utviklingen i andel fisk som spiser, vekst, fysiologisk status og fiskevelferd. Fisken fikk fôr i overskudd slik at andelen fisk som spiste eller fôrintak/vekst ikke var begrenset av fôrtilgang. Vannmiljø har stor betydning for fiskens prestasjoner i oppdrett, og generelle effekter av temperatur, salinitet og vannstrøm er alle godt kjent i så måte. I dette forsøket fulgte vi opp utvalgte miljøfaktorer på lokaliteten i forsøksperioden. Blant de viktigste kriterier for plassering av oppdrettsanlegg er at vannmiljøet er av god kvalitet og at vannstrømmen sørger for at vannet kontinuerlig skiftes ut. Vanntemperatur, oksygenmetning, og salinitet ble registrert på lokaliteten slik at vi kunne ta hensyn til dette under vurderingen av resultatene. Vannstrømmen i anlegget vil bli registrert i hele vannsøylen ved hjelp av dopplerbasert vannstrømmåler (RDCP 600, Aanderaa Data Instruments, Bergen). Dette instrumentet ble plassert sentralt på lokaliteten, forankret på ca. 45 meters dybde. Derfra logget den vannstrøm i dyp delt inn i 2 meters intervaller hvert 30 minutt, integrert over målinger á 60 sekunder. Instrumentet logget også vanntemperatur og salinitet ved forankringsdybde med samme intervall. Ved forsøkets slutt skulle faktorer som fôrforbruk, vekst, kvalitet m.m. bli registret i samarbeid med Ultra Seafood og deretter relatert til oppdrettsmiljø, produksjonskostnader og forventet avkastning. Sett i sammenheng vil arbeidspakke 1 og 2 både kunne gi ny kunnskap om optimalisert tilvenning og fôring av torsk i fangstbasert akvakultur.

3 Resultater og Diskusjon

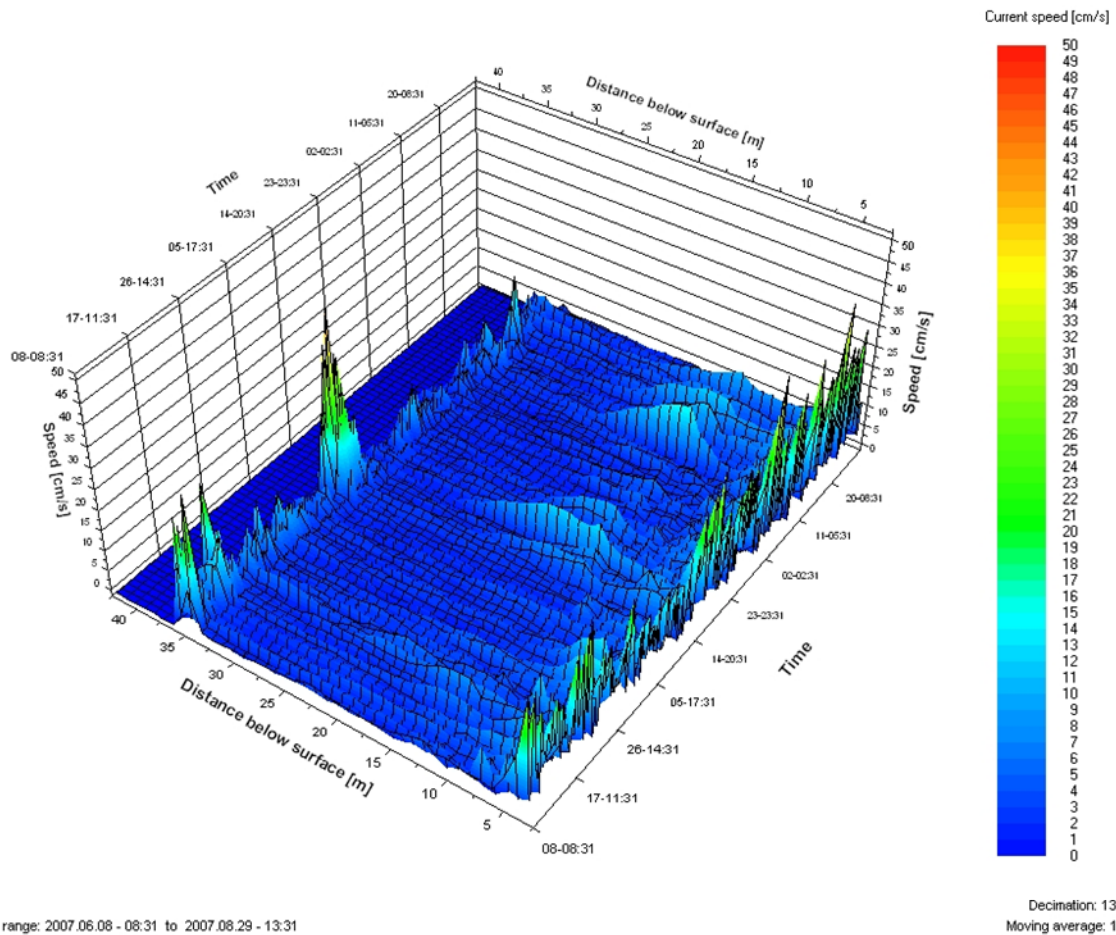
Under gjennomføringen av forsøket ble beklageligvis oppfølgingen fra Ultra Seafood's side tidlig og ved flere senere anledninger problematisk. Fiskeriforskning ble nødt til å leie inn eget personale med ansvar for å følge opp forsøket som lokal forsøksansvarlig. Ultra Seafood gikk konkurs før forsøket var avsluttet, og dette hadde flere konsekvenser for gjennomføringen av prosjektet. Fiskeriforskning fikk ikke anledning til å følge fisken gjennom slaktingen, som var forsøkets definerte slutt punkt. Prosjektet fikk dermed ikke samlet inn eller tilgang til slakteresultatene som skulle danne grunnlag for beregning av total biomasseøkning samt slakteutbytte. I perioden rundt avviklingen av selskapet ble også fryserommet slått av og fordampere satt på opptining. Denne hendelsen resulterte i at prøvemateriale tinte opp og gikk i oppløsning, slik at det ble ubrukelig til planlagte formål. Materiale som ble ødelagt her omfatter mageprøver fra alle uttak i weaning forsøk samt blodprøver til analyse av et utvalg blodparametere (dag 0, 14, 30 60 og 90 i både weaning I og II). Dette gjør at resultater fra andel spisende fisk i weaningforsøk, data på blodparametere, samt slakteresultatene ikke kan rapporteres.

3.1 Vannstrøm på lokaliteten

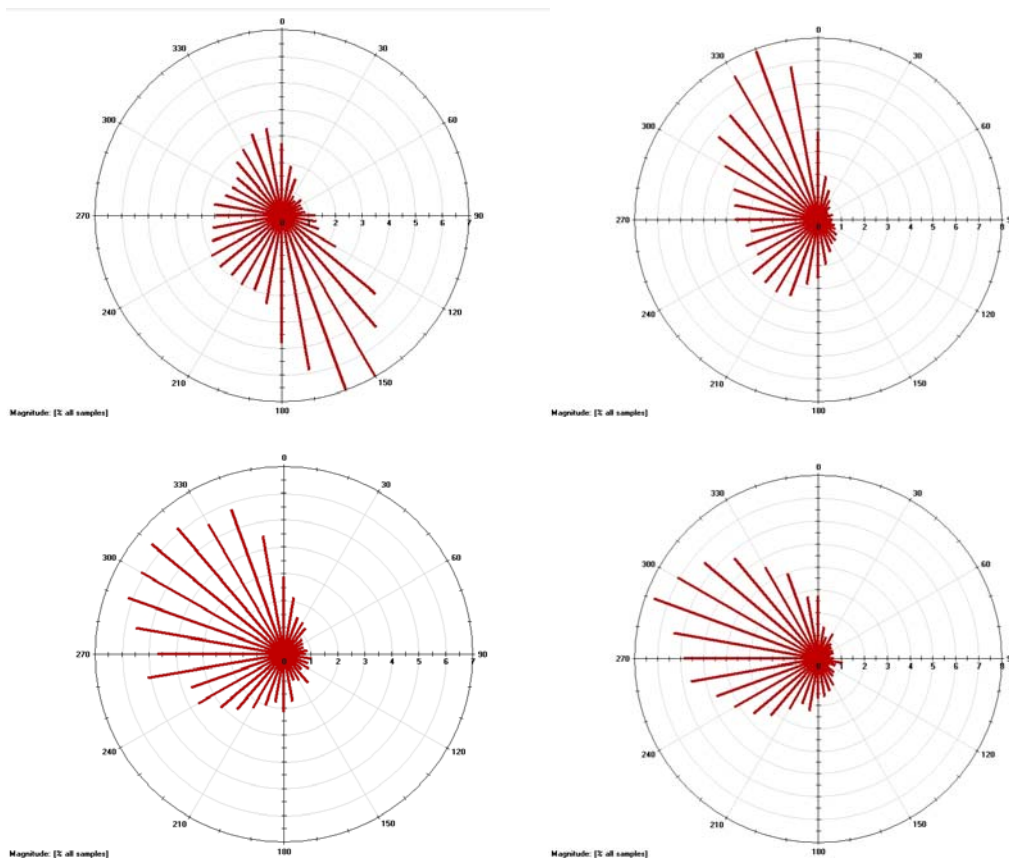
Horisontal vannstrøm på lokaliteten varierte typisk rundt 15-20 cm per sek. nær overflaten. Målinger på 2-4 meters dyp, viste at hastigheten var mindre enn 5 cm per sekund i rundt 15 % av tiden, mindre enn 10 cm/sek i rundt 45 % av tiden, mindre enn 20 cm/sek i 75 % av tiden, mindre enn 30 cm/sek i 90 % av tiden og mindre enn 40 cm/sek i 95 % av tiden. Tilsvarende tall for andre utvalgte dyp finnes i tabell 3. Maksimal vannstrøm registrert i perioden var 66 cm/sek på 2-4 meter dybde. Ved dyp rundt 35 meter er det økt vannstrøm, med hastigheter opp mot 30 cm per sekund. Her er det nødvendig å ta hensyn til plasseringen av måleinstrumentet, og det tilsynelatende fallet i vannstrøm på større dyp er sannsynligvis ikke reelt, da måleinstrumentet ikke er i stand til å måle vannstrøm tett opp til sensorene.

Tabell 3 Endring i vannstrømhastighet med økende dybde på lokaliteten. Kun i overflaten var vannstrømmen over 20 cm/sek i mer enn 25% av tiden. Fra 10 meter og nedover var strømhastigheten under 10 cm/sek i mer enn 95% av tiden.

Dybde (m)	Prosentil med vannstrømhastighet (cm/sek) mindre enn				
	5	10	20	30	40
2-4	15	45	75	90	95
10-12	60	95	100	100	100
20-22	90	100	100	100	100
30-32	95	100	100	100	100

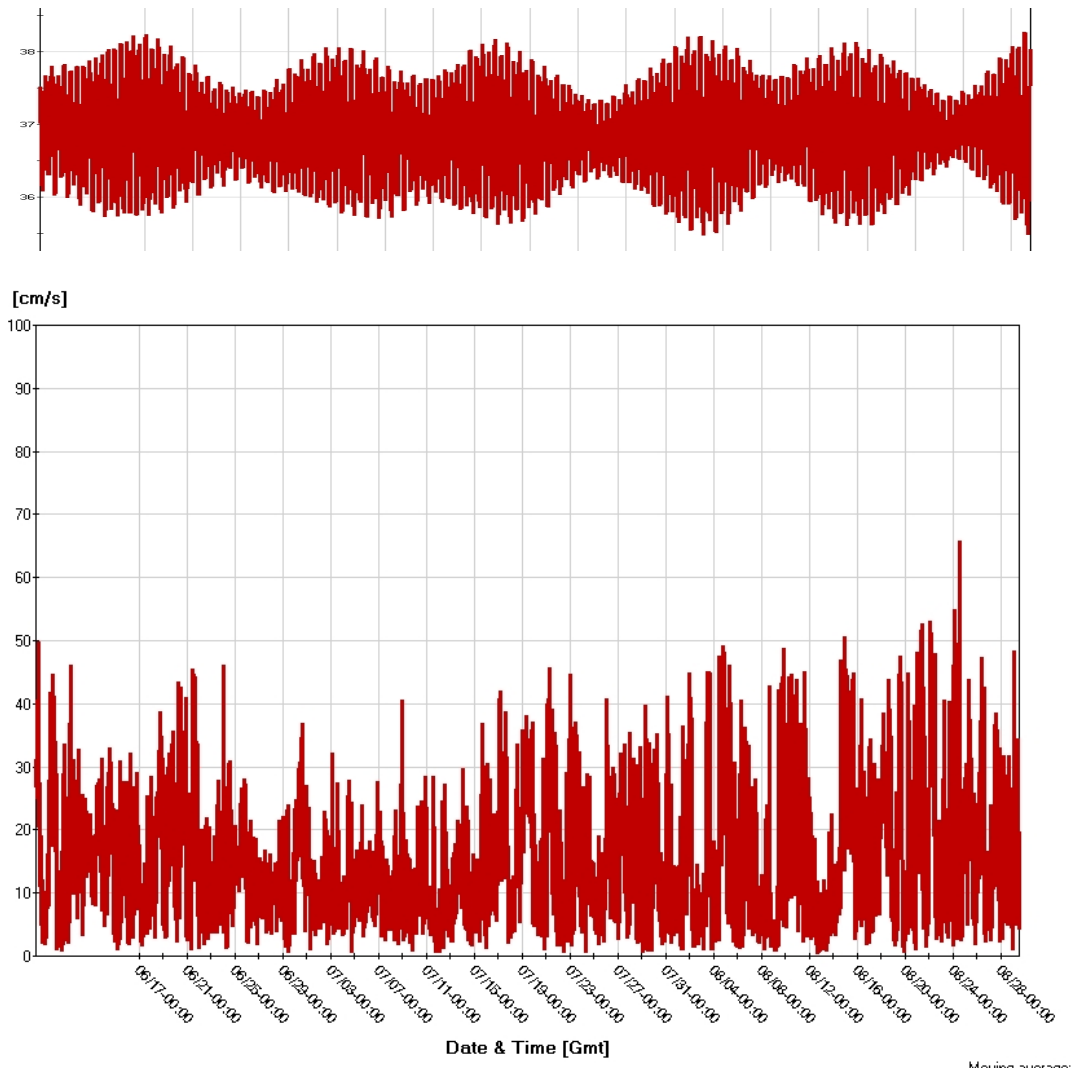


Figur 5 Horizontal vannstrømhastighet på lokaliteten Danielsnes i Øksfjorden i forsøksperioden, her skilles ikke på strømretning. Vannstrømhastighet i cm/sek på Z-aksen, Dybde i meter på Y-aksen og tid (dato) Maksimal vannstrøm registrert i overflaten var på 66 cm per sekund, ved to tilfeller (rundt 4 og 22 August). Det er også en økt vannstrøm ved dyp mellom 30 og 35 meter, og største hastighet registrert her var ca. 35 cm per sekund. Fargeskala for vannstrømhastighet til høyre på figuren.

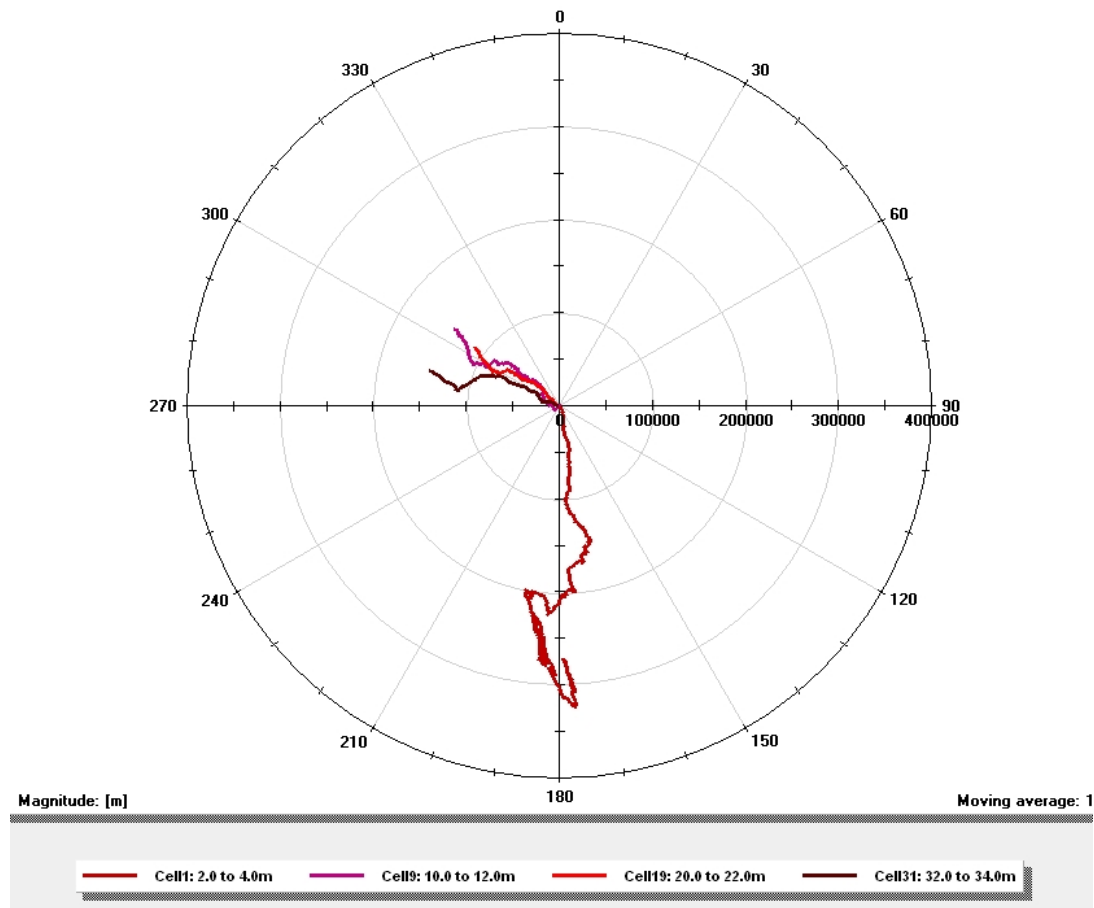


Figur 6 Retning på horisontal vannstrøm på lokaliteten Danielsnes i Øksfjorden i forsøksperioden ved ulike dyp; 2-4 meter øverst til venstre, 10-12 meter øverst til høyre, 20-22 meter nede til venstre og 30-32 meter nede til høyre. Grafene viser prosentvis fordeling av vannstrøm i ulike kompassretninger gjennom perioden; 0= Nord, 90 = øst, 180 = sør og 270 = vest.

Den dominerende vannstrømretningen i overflaten går sør-sørøst men dreier og hovedtyngden befinner seg innen Nord-vestlig sektor nedover i dypet. Dette er også illustrert i progressiv vektor plottet (se figur 8). Dette betyr at vannmassene hovedsakelig beveger seg innover i fjorden i overflaten og utover i fjorden lengre ned i vannet. Dette er i overensstemmelse med at vannet beveger seg inn fjorden på vestlig side og ut fjorden på østlig side, som vanlig er på den nordlige halvkule (Coriolis effekten).

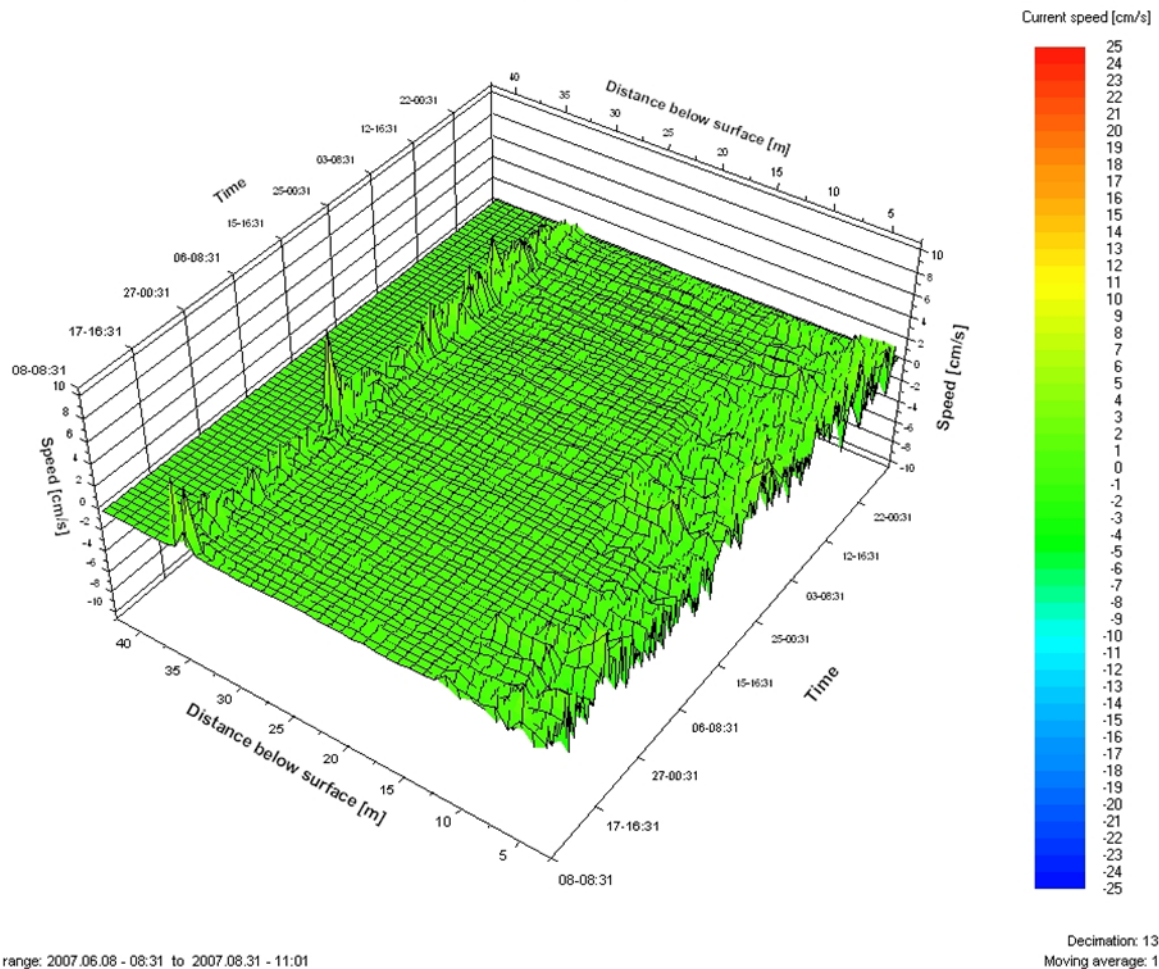


Figur 7 *Horisontal vannstrømhastighet (cm/sek) i overflaten (2-4 m dyp) på lokaliteten Danielsnes i Øksfjorden i forsøksperioden, sett i forhold til tidevannsendringer. Tidevannet har tilsynelatende liten betydning for strømhastigheten i overflaten på lokaliteten.*

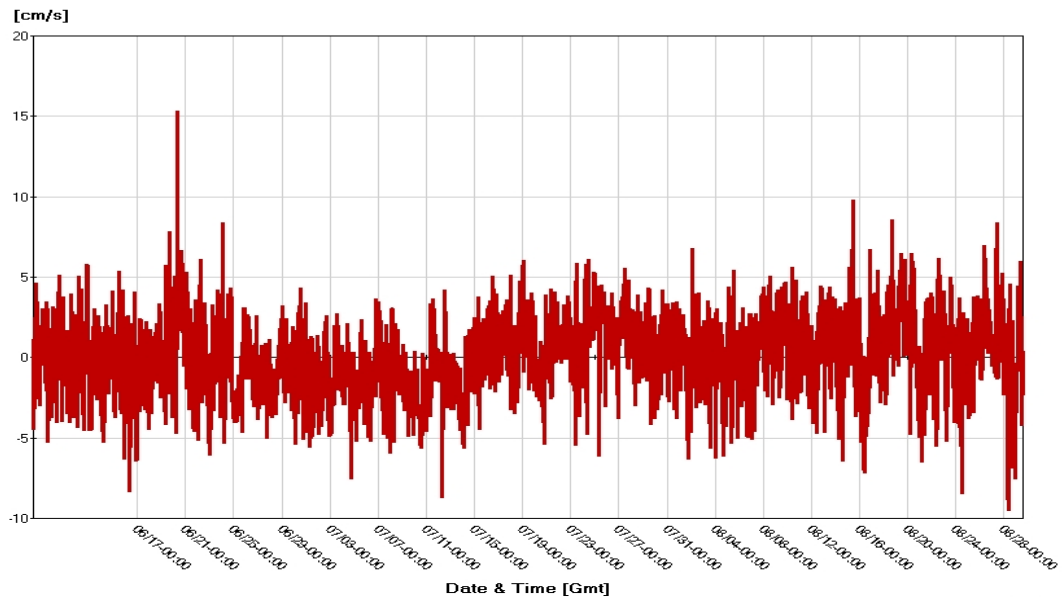


Figur 8 Vektorplottet viser hvordan en tenkt partikkel ville beveget seg ved de ulike utvalgte dypene (2-4, 10-12, 20-22 og 30-32m) på lokaliteten Danielsnes i Øksfjorden gjennom forsøksperioden. Nær overflaten er transporten i særlig retning, mens den dreier mot vest-vest/nordvest nedover vannsøylen. 0° angir rett nord, 180° rett sør, 90° rett øst og 270° rett vest. Avstander på X-aksen gitt i meter.

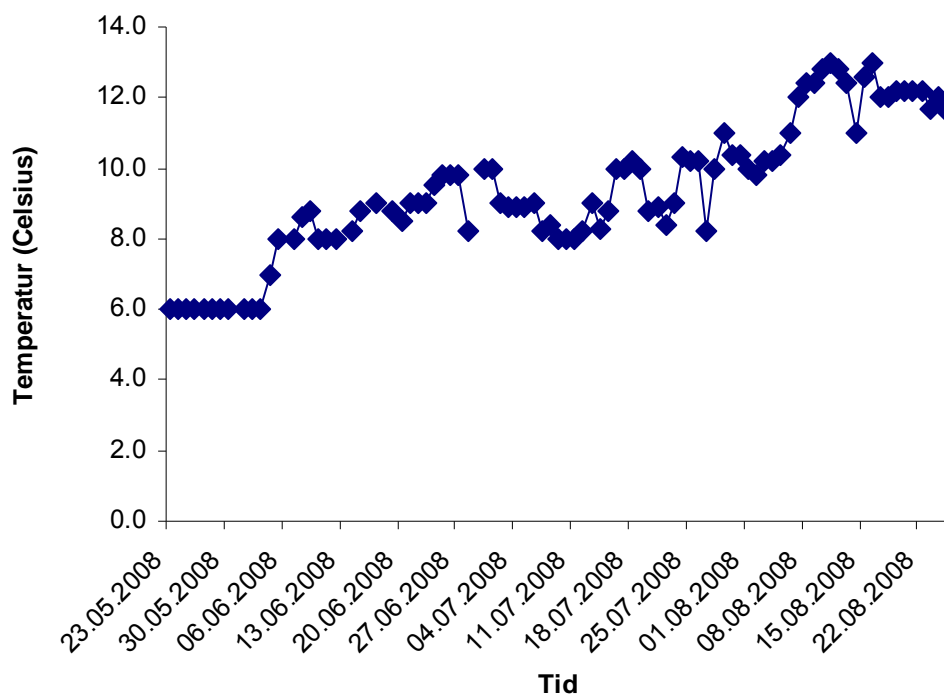
Oppdrettslokaliteter er ikke bare påvirket av horisontal vannstrøm. Vertikale vannstrømmer kan være viktig bidragsyter til vannutskiftingen på lokaliteter. Vertikale vannstrømmer betegnes som positive når vannet kommer fra dypet og beveger seg oppover, og negativ når vann fra overflaten beveger seg nedover i vannsøylen. De vertikale vannstrømmene på lokaliteten i Øksfjorden beveger seg lite vertikalt, men med en tendens til positiv vannstrøm nær overflaten. Sannsynligvis presses dypere vann oppover når det treffer land. Dypere vannlag beveger seg ut fjorden og kan dermed også bidra til å skyve vann opp. I dypet noen meter over strømmåleren synes det å være et belte med mer vertikal vannstrøm aktivitet. Dette sammenfaller med målinger av økt horisontal vannstrøm. Som for horisontal vannstrøm strekker dette beltet seg sannsynligvis dypere, og den tilsynelatende reduserte vannstrømmen kan skyldes begrensinger ved måleinstrumentet.



Figur 9 Vertikal vannstrøm på lokaliteten Danielsnes i Øksfjorden i forsøksperioden. Vannstrømmen er kraftigst i de øverste 10 meterne, for så å avta nedover i dypet inntil det igjen er økninger i vertikalstrømmen i et belte rundt 35 meter. Vannstrømmen varierer rundt 0, om enn med en svak tendens til netto positiv vannstrøm nær overflaten. Dypere vann presses dermed oppover når det treffer land. På dyp under 10 meter er typisk vertikalstrøm mellom -2 og 2 cm per sekund, mens overflatestrømmen varierer typisk mellom -5 og 5 (Fig. 10). Fargeskala for vannstrømhastighet til høyre på figuren.



Figur 10 Vertikal vannstrøm (cm/sek) i overflaten på lokaliteten Danielsnes i Øksfjorden i forsøksperioden. Negativ vannstrøm betyr at vannet beveger seg fra overflaten og nedover, positiv vannstrøm betyr at dypere vann strømmer oppover.



Figur 11 Vanntemperatur på lokaliteten Danielsnes i Øksfjorden i forsøksperioden, tid (dato for målingen) angitt på X-aksen og temperatur i grader Celsius på Y-aksen.

Vanntemperaturen i ved lokaliteten steg relativt jevnt fra ca. 6 °C ved forsøksstart til 12-13°C i siste del av forsøket. Dette er temperaturer gunstige for tilvekst hos torsk (Jobling, 1988), og det er liten grunn til å anta at prestasjonene til fisken var begrenset vesentlig som følge av vanntemperaturen. Temperaturer nede på 6 °C er noe lavere enn hva som gir maksimal tilvekst, mens økningen i temperatur kan forventes å gi en positiv progresjon i tilveksten som kan tenkes å forsterke effekten av torskens forventede gradvise tilpasning til oppdrettsbetingelsene. Dog er temperaturer oppe på 12 °C litt høyere enn hva som forventes å gi maksimal tilvekst, fiskens størrelse tatt i betraktning (Jobling, 1988).

Horisontal vannstrøm på lokaliteten var som forventet høyest ved overflaten og avtagende med økende dybde ned til ca. 30 meter. Resultatene viser størst variasjon i de øverste 4-5 meterne, uten noen påtakelig mønster eksempelvis i sammenheng med tidevann. Det er imidlertid tydelig at hovedretningen på vannstrømmen dreier fra nær rett sørlig (innover i fjorden) i overflaten til en mer vest/nord-vestlig retning (ut fjorden) med økende dybde. Innslaget av vertikal vannstrøm er relativt begrenset, og det er helt klart horisontal vannstrøm som besørger det meste av vannutskiftingen på lokaliteten. Vanntransporten i overflaten går nærmest rett innover i fjorden, mens de dreier i mer nord/vestlig retning med økende dybde. Dette bidrar til vanntransport ut, men også på tvers av fjorden spesielt på dyp fra 20 meter og dypere. Vannstrømmen bidro til at fisken gikk fint i merdene; fordelte seg jevnt i vannvolumet og svømte rolig og retningsbestemt. De miljømessige betingelsene for oppdrett av torsk var i perioden i store trekk gode, og ikke vesentlig forskjellig mellom merdene.

3.2 Tilvenning av villtorsk til tørrfôr og fôringsforsøk

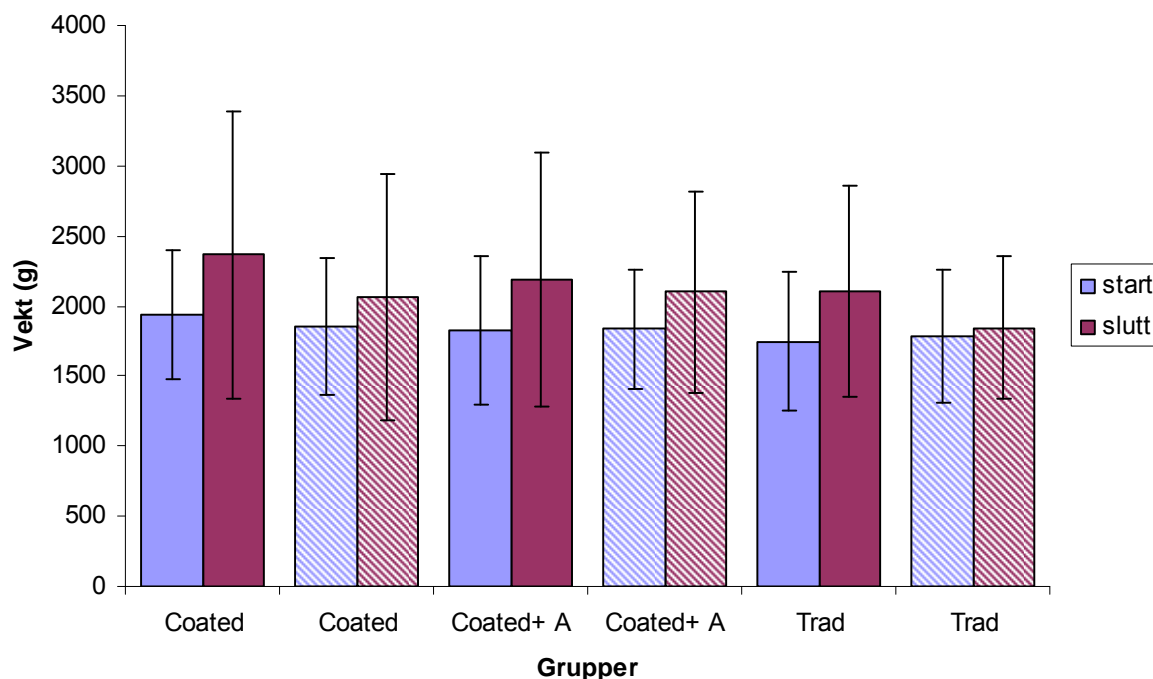
Grunnet tidligere omtalte problemer med ødelagt prøvemateriale er resultatene arbeidspakke 1 og 2 slått sammen, da gjenværende data fra forsøkene er felles for begge.

Fôret som ble benyttet var tilsatt 60 % ferskvann på vektbasis. Etter tester før forsøksstart ble vanninnholdet i vakuum-coated fôr tilpasset nivået i pellet som ble tilsatt vann ved henstand i kar med ferskvann over tid, slik at disse ble så like som praktisk mulig. Ingen av de kommersielle fôrene kunne ta opp slike vannmengder, og de beholdt heller ikke sine fysiske og tekniske egenskaper like godt etter vanntilsetning. Ved bruk av vakuumcoater var kvaliteten fortsatt tilfredsstillende, men vannmengde tilsatt var kun 18-22 %. Fôret vi fikk laget spesielt til forsøket inneholder kun marine råvarer, og er derfor noe dyrere enn kommersielle fôrtyper. Utvikling av fôr med høyere andel vegetabilia med tilsvarende egenskaper bør derfor prioriteres.



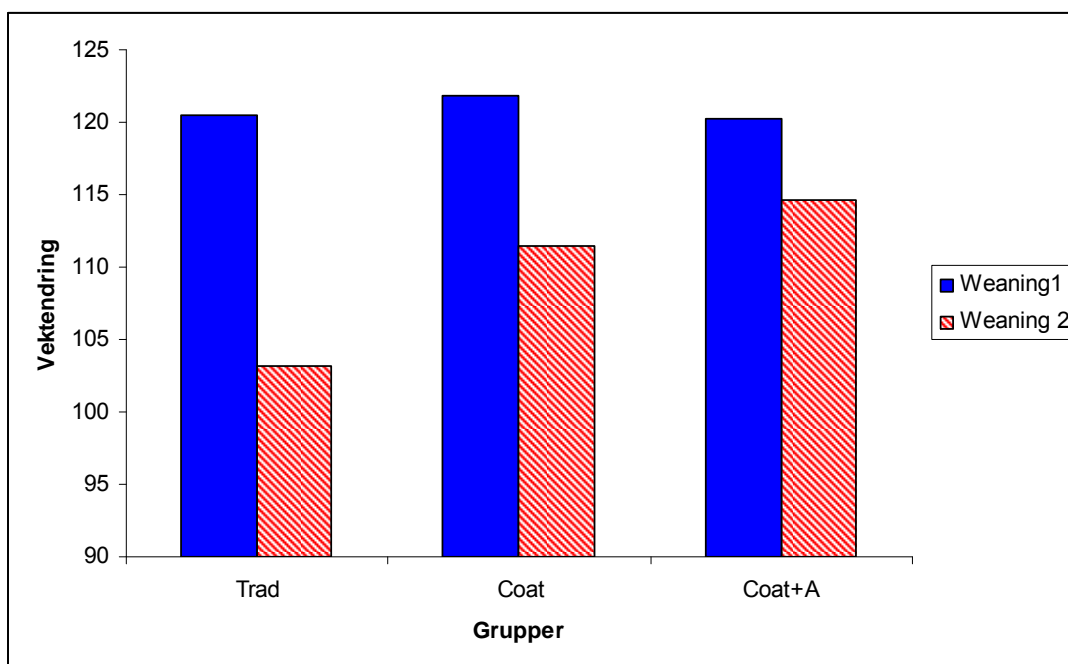
Figur 12 Håving og transport av torsk til prøvetakning ved forsøkslokaliteten i Øksfjorden.

Fiskens vektendring basert på måling av individmerket fisk i forsøket er gjengitt i figur 13. Her ser man at alle gruppene tenderer til positiv vektutvikling, men det er ingen signifikante vektforskjeller i startvekt eller sluttvekt (Tabell 4). Resultatene viser heller ingen signifikante forskjeller i vektendring eller kondisjonsfaktor (Tabell 4). Fra figur 13 kan vi imidlertid se en økning i størrelsesvariasjon mellom start og slutt, ved at standard avvik øker. Dette betyr at vektendringen er ujevnt fordelt mellom individene; noen spiser mye og vokser godt, noen spiser litt og vokser lite, noen spiser så lite at de kun opprettholder vekten eller reduserer vekttap, mens noen sannsynligvis ikke spiser i det hele tatt og taper vekt. Basert på resultater fra individmerket fisk fremkommer det ingen forskjell i andel fisk med positiv vektutvikling mellom gruppene, eller mellom de to weaning rundene (Chi-square analyser på kontingenstabeller; $P > 0.05$). Uavhengig av gruppe og weaning så vokser rundt 58 % av torskene gjennom forsøksperioden. Dette er dermed den andelen fisk som spiser nok til å ha en positiv vektutvikling, og det er altså ikke signifikante forskjeller mellom gruppene her.



Figur 13 Gjennomsnittlig vekt hos torsk før og etter weaning i 11 uker. X-aksen viser de ulike behandlingene. Resultater fra weaning 1 er gitt i fylte søyler, og weaning 2 er gitt i skraverete søyler. Blå søyler viser startvekt mens lilla søyle viser sluttvekt.

Ser man på vektendringen isolert i de ulike weaningene er det noe forskjell mellom de to weaning rundene. Fisken i første runde viste en vektøkning på rundt 20 % jevnt over. I den andre weaning runden derimot tenderer det til forskjell mellom gruppene, ved at fisken som fikk fôr som var tilsatt vann med coater hadde noe bedre vektutvikling enn fisken som fikk fôr oppbløttet i vann. Bruk av attraktanter i fôret hadde kun beskjeden om noen effekt, da det var tendens til forhøyet vektøkning i gruppen med tilsatt attraktanter i weaning 2 (Fig. 14).



Figur 14 Endring i gjennomsnittsvekt hos grupper av villfanget torsk gjennom 11 ukers weaning til tørrfôr. De ulike gruppene er angitt på X-aksen, mens vektendring er gjengitt på Y-aksen. Utgangsvekten tilsvarer 100, og en vektendring på 120 tilsvarer 20 % vektøkning. Weaning 1 er gitt i blå fylte søyler mens weaning 2 er gitt med røde skraverte søyler.

Tabell 4 Resultater fra statistisk sammenligning (ANOVA) av vekt, vektendring og kondisjonsfaktor mellom de ulike gruppene i forsøket. I=weaning 1, II=weaning 2

Avhengig Variabel		Trad (kontroll)	Coat	Coat + attraktant	Test-verdi (F _{2,3})	P
Startvekt	I	1746	1942	1821	5,035	0,11
	II	1787	1851	1833		
Sluttvekt	I	2104	2365	2104	1,092	0,44
	II	1845	2063	2101		
Vektendring	I	358	423	370	0,334	0,74
	II	59	212	268		
Kondisjon start	I	0,87	0,89	0,90	0,5	0,65
	II	0,82	0,83	0,86		
Kondisjon slutt	I	0,89	0,90	0,89	0,5	0,65
	II	0,79	0,83	0,85		

De merkede fiskene gav oss i tillegg muligheten til å studere eventuelle sammenhenger mellom status (størrelse og kondisjonsfaktor) ved oppstartstidspunkt og eventuell tilvekst ved forsøkets slutt. Det var imidlertid ingen av de målte parametre som i forkant kunne indikere om et individ ville ha god eller dårlig tilvekst gjennom forsøket. Både store og små individer presterte på samme nivå, og viste alt fra svært god tilvekst til betydelig vekttap ved forsøkets slutt. Det samme ble observert om individuell kondisjonsfaktor ved oppstart ble brukt som statusmål (Spearman rank, $P > 0.05$). Dette viser at andre faktorer må være avgjørende for hvorvidt et individ har potensial for oppføring i fangstbasert torskoppdrett.

Den individmerkede fisken ble målt ved forsøksstart og forsøksslutt og undersøkt med tanke på ytre sår og skader; skjelltap, sår, finneskade, skade på øyne. Det fremkom imidlertid ingen konsistente forskjeller mellom gruppene ved Chi-square analyser på frekvenser av ulike kategorier sår og skader ($P >> 0.05$). Økt frekvens av skader kan tyde på konkurranse og aggressiv adferd innad i gruppene. Slik adferd fører i neste omgang ofte til økt variasjon i tilvekst (Grant, 1997). Vi har ikke holdepunkter for at aggresjon eller ugunstig adferd innad i gruppene kan forklare variasjonen i motivasjon til å spise i dette forsøket. Det var imidlertid jevnt over en noe høy andel fisk med finneskader i weaning 1 (ca. 60%). Merdene som fisken gikk i var ikke utstyrt med vektorer som skulle holde posen utspilt i første del av dette forsøket. Posene lå dermed mye med strømmen, noe som reduserte oppdrettsvolumet i merden dramatisk, og som kan bidra til å forklare økt andel med finneslitasje i hos denne fisken. Dette forholdet ble utbedret ca. to uker etter at fisken ble satt i merdene.



Figur 15 Innsamling av blod og mageprøver og vurdering av fisken fra torsk i forsøk ved Ultra Seafood i Øksfjord. Prøvene ble samlet inn for senere analyse ved laboratoriet i Tromsø.

4 Konklusjon

Sammenlignet med tradisjonell oppbløting i vann hadde tilsetning av vann med vakuumcoater ikke noen signifikant effekt, positiv eller negativ, på tilvekst hos villfanget torsk gjennom en periode på ca. 90 dager. Bruk av coater gir derimot andre gevinster; fôret beholder i mye større grad sine fysiske og tekniske egenskaper, logistikken på anlegget blir forenklet i og med at det er mindre tidkrevende. Samt at fôret "tas i bruk" etter behov fremfor å måtte forutse dagens appetitt 24 timer i forkant. Bløtlegging av fôr gir en risiko for både over- og underfôring. Hygiene blir dessuten kraftig forbedret ved at man unngår å ha fôr liggende i vann over lengre tid, eksponert for både bakterie og soppvekst. Videre må man anta at de mer flyktige næringsstoffene i større grad lekker ut og går tapt når fôret ligger i vann over tid. Fisken synes å akseptere vakuum coated fôr i samme grad som fôr oppbløtet på tradisjonelt vis, slik at de positive egenskapene ved vanntilsettingen er beholdt.

Bruk av attraktant i fôret gav ingen bedring i weaning av villfisken. Det avstedkom ingen bedring i tilvekst over tid. Det var heller ingen forskjell på sår og skadefrekvens som kan tyde på endret adferd i denne gruppen sammenlignet med de øvrige. Tidligere weaning-forsøk med andre arter har vist positive effekter av attraktanter, og ved kommersiell oppdrett av villfanget røye er bruk av attraktant i weaningfasen en viktig suksessfaktor (Siikavuopio og Knudsen, 2001). I dette forsøket ble attraktanten ikke tilsatt i fôret, men tømte direkte ut i merden like før fôring, etter råd fra produsenten. Dette kan ha ført til at potensielle effekter har uteblitt, og det anbefales derfor at tilsetning av attraktant med vannet direkte i fôret utprøves ved senere anledning.

I weaning I forsøket økte biomassen med rundt 20 % i løpet av de rundt 90 dagene vi fulgte den individmerkede fisken. I weaning II er resultatene ikke like gode, spesielt for Tradgruppen (kontroll), men denne merden har sannsynligvis underprestert i forsøket, da vi egentlig ikke forventer store forskjeller basert på hvordan vi tilsetter vannet.

Resultatene viser positiv tilvekst hos nær 60 % av den villfangede torsken. I weaning 1 var vektøkningen jevnt over 20% over 90 dagers perioden. Den gjennomsnittlige vektøkningen i denne weaningen var høyere enn den beste i weaning 2, og representerer nok bedre potensialet i det tilgjengelige fiskematerialet. Med en start biomasse på ca. 30.5 tonn og en sluttbiomasse (beregnet på bakgrunn av tilvekst hos den merkede fisken) på 36.6 tonn, ble det produsert 6.1 tonn torsk med fisken som inngikk i weaning 1. Til denne produksjonen gikk det med like i underkant av 14 tonn fôr. Denne produksjonen er ikke optimalisert med hensyn på utnyttelse av fôret, og det ligger betydelig forbedringspotensial her. Det bør være en målsetting å nærme seg fôrutnyttelse på 1-1.2 Kg fôr per kilo tilvekst, som tilsvarer hva man kan oppnå hos torsk av tilsvarende størrelse i kommersielt torskeoppdrett.

I produksjonssammenheng er det interessant å se på potensialet i konseptet. All den tid det fortsatt er tidlig i utviklingen av fangstbasert oppfôring av torsk er det rimelig å anta at produksjonsresultatene vil forbedres ettersom produksjonsmetodene blir bedre. Ser man på den andelen som spiser bør denne kunne økes betydelig. Tilveksten i dette forsøket (20 % vektøkning på 90 dager) er betydelig lavere enn hva man kan forvente. Ser man på tilveksten hos den halvparten av voksende fisk som har høyest vekstrate (de 50 % beste fra alle gruppene i weaning 1) har disse en vekstrate på 0,56 prosent av egen kroppsvekt per dag. Over hele forsøksperioden tilsvarer dette en vektøkning på 65 %, tilsvarende en total biomasseøkning på ca. 20 tonn, en mer-produksjon på ca. 14 tonn sammenlignet med våre forsøksresultater

For å nærme seg potensialet i fangstbasert oppdrett av torsk må man forbedre driften på flere områder. Først er det viktig å få størst mulig andel av fisken til å spise kommersielt

tilgjengelig fôr. Bruk av tørrfôr direkte har vist seg å være mindre attraktivt for villfisken enn tørrfôr tilsatt vann. Fôrets tekstur og hardhet er viktig for fiskens evne til å akseptere det som mat. I dette forsøket oppnådde vi de beste resultatene på vanntilsetting med et spesialtilpasset tørrfôr, designet for tilsetting av ferskvann. Utgangspunktet var et marinfisk fôr men noen av råstoffene i fôret ble erstattet med råstoffer man viste hadde gode vannbindende egenskaper og som dermed gjorde pelleten mer stabil etter vanntilsettingen. I tillegg ble fôret produsert mer porøst for å øke evnen til å ta opp vann. Dette resulterte i et fôr som viste svært lovende egenskaper i sammenhenger som dette, og som kan og bør videreutvikles til bruk i weaning av villfanget fisk. Med tanke på fôrprisen bør imidlertid dyre marine råstoffer erstattes med billigere alternativer. Videre bør bruk av attraktanter i denne sammenheng utprøves ytterligere. Det er viktig å sortere ut fisken som ikke spiser fra resten av gruppen så tidlig som mulig. Denne fisken representerer biomasse tap ved lagring, over tid også redusert kvalitet, og bør derfor slaktes så tidlig som mulig. Ved lang tids oppfôring vil innslag av fisk som ikke spiser kunne utvikle seg til et helseproblem etter hvert som den svekkes. I slike tilfeller representerer den et problem også for annen fisk i merden og anlegg for øvrig. I tillegg vil dette ha uheldige dyrevelferdsmessige konsekvenser. Utvikling av metoder for sortering av fisk som spiser/ikke spiser, som er gjennomførbare i en kommersiell sammenheng bør derfor prioriteres. Det beste alternativet vil være å sortere fisken på fysiske mål (lengde-vekt forhold eller lignende), da dette kan gjøres mekanisk/automatiseres. Tidligere erfaringer, og også våre resultater, tyder imidlertid på at det er nødvendig å bruke fiskens spiseatferd i sorteringen.

5 Referanser

- Bendiksen, B.I. (2006). Norsk hvitfiskindustri i endring. Rapport 21/2006. Fiskeriforskning, Tromsø.
- Dreyer, B., Nøstvold, B. H., Heide, M., Midling, K. Ø. & Akse, L. (2006). Fangstbasert akvakultur – status, barrierer og potensiale. Rapport 19/2006, Fiskeriforskning, Tromsø.
- Fernó, A. (1998). Behavioural studies of salmon reared in marine net pens. Proceedings from minisymposium on ethology in aquaculture. Application of behavioural studies in aquaculture. Trondheim, Norway. Norwegian Society for Aquatic Research. Pp. 42-47.
- Grant, J.W.A. (1997). Territoriality. In: Behavioural ecology of teleost fishes (ed. Godin, J.G.J.)Oxford University Press, Oxford. Pp. 81-103.
- Grove, D.J., Genna, R., Paralika, V., Boraston, J. Hornyold, M.G. & Siemens, R. (2001). Effects of dietary water content on meal size, daily food intake, digestion and growth in turbot, *Scophthalmus maximus* (L.). Aquaculture Research, 32: 433-442.
- Hughes, S.G. & Barrows, R. (1990) Measurements of the abilities of cultured fishes to moisturise their digesta. Comparative Biochemistry and Physiology, 96A: 109-111.
- Jobling, M. (1988). A review of the physiological and nutritional energetics of cod, *Gadus morhua* L., with particular reference to growth under farmed conditions. Aquaculture 70: 1-19.
- Løkkeborg, S. (1990). Rate of Release of Potential Feeding Attractants from Natural and Artificial Bait. Fisheries Research, 8: 253-261.
- Ruhonen, K., Grove, D.J. & McIlroy, J.T. (1997). The amount of food ingested in a single meal by rainbow trout offered chopped herring, dry and wet diets. Journal of Fish Biology, 51: 93-105.
- Sigismondi, L. A. & Weber, L. J. (1988). Changes in avoidance response time of juvenile Chinook salmon exposed to multiple acute handling stresses. Trans. Am. Fish. Soc., 117 (2): 196-201.
- Siikavuopio, S. I & Knudsen, R., 2001. Oppføring av villfanget røye (*Salvelinus alpinus* L.) fra Altevatnet. Fiskeriforsknings rapport 2001. (Konfidensiell).
- Toften, H. (1997). Oxytetracycline as a feeding deterrent and squid extract as feeding stimulant in salmonid diets. Dr. scient. thesis. Norwegian College of Fishery Science, University of Tromsø, Tromsø, Norway.
- Wendelaar Bonga, S. E. (1997). The stress response in fish. Physiological Reviews, 77 (3): 591-625.
- Aas, K., Heide M. & Tobiassen, T. (2006). Levendefangst og vedlikeholdsføring av sei som grunnlag for produktutvikling og markedsutvikling. Rapport i trykk, Fiskeriforskning, Tromsø.

