

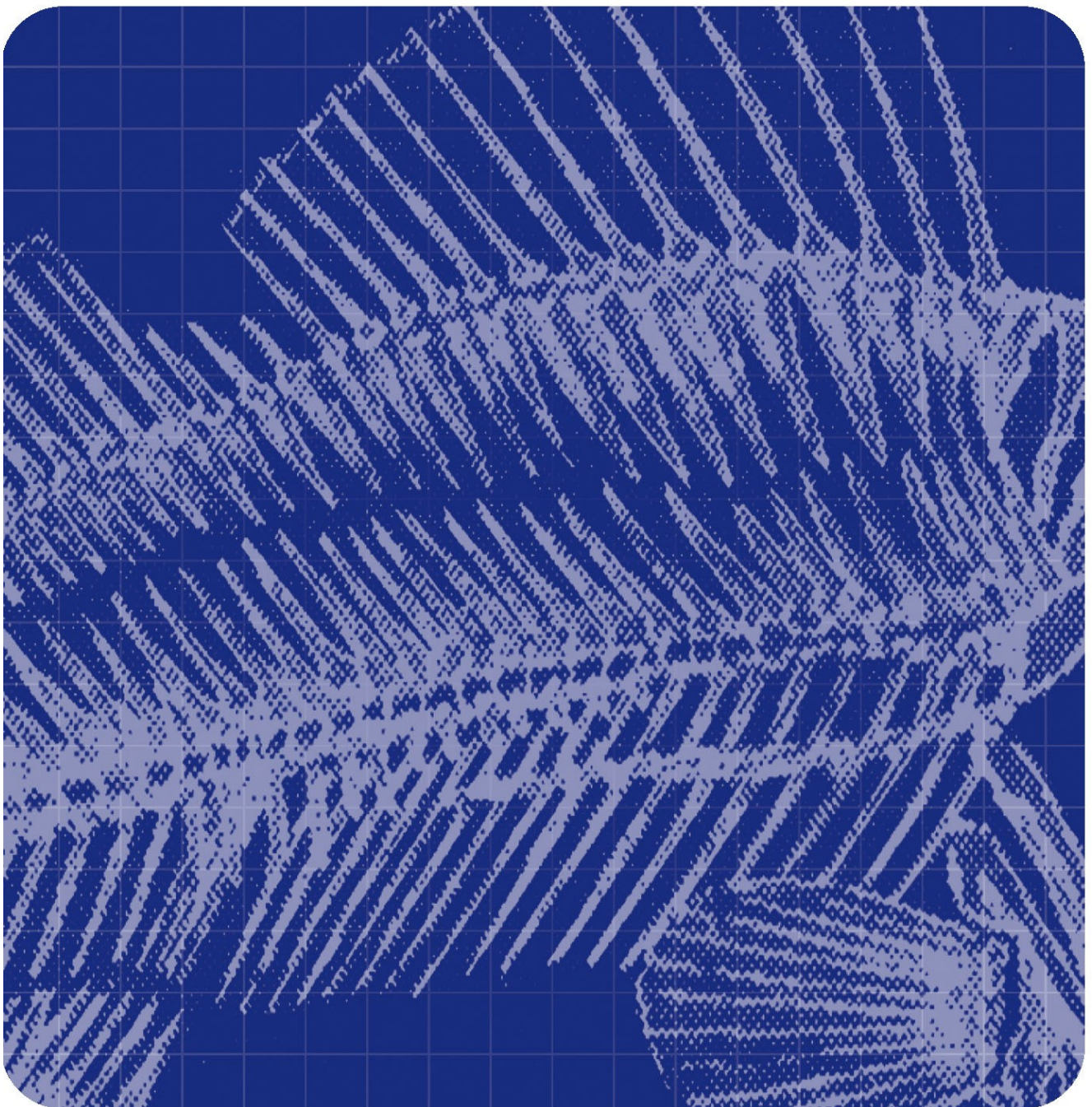


Fiskeriforskning

Vedlegg til sluttrapport NFR 242052

Behavioural responses in wild coastal cod exposed to salmon farms possible effects of salmon holding water - a field and experimental study

Pål Arne Bjørn, Bjørn-Steinar Sæther, Trine Dale (Fiskeriforskning), Kathrine Michalsen og Terje Svåsand (Havforskningsinstituttet)





Norut Gruppen er et konsern for anvendt forskning og utvikling og består av morselskap og seks datterselskaper. Konsernet ble etablert i 1992 – fundamentert på daværende FORUTs fire avdelinger og Fiskeriforskning.

Konsernet består i dag av følgende selskaper:

Fiskeriforskning, Tromsø

Norut IT, Tromsø

Norut Samfunnsforskning, Tromsø

Norut Medisin og Helse, Tromsø

Norut Teknologi, Narvik

Norut NIBR Finnmark, Alta

Konsernet har til sammen vel 240 ansatte.



Fiskeriforskning (Norsk institutt for fiskeri- og havbruksforskning AS) utfører forskning og utvikling for fiskeri- og havbruksnæringen.

Gjennom strategisk næringsrettet forskning og utviklingsarbeid, i samarbeid med næringsaktører og det offentlige, skal Fiskeriforsknings arbeid bidra til utvikling av

- etterspurt sjømat
- aktuelle oppdrettsarter
- bioteknologiske produkter
- teknologiske løsninger
- konkurransedyktige foretak

Fiskeriforskning har ca. 170 ansatte fordelt på Tromsø (120) og Bergen (50). Fiskeriforskning har velutstyrte laboratorier og forsøksanlegg i Tromsø og Bergen. Norconserv i Stavanger med 30 ansatte er et datterselskap av Fiskeriforskning.

Hovedkontor Tromsø:
Muninbakken 9-13
Postboks 6122
N-9291 Tromsø
Telefon: 77 62 90 00
Telefaks: 77 62 91 00
E-post: post@fiskeriforskning.no

Avdelingskontor Bergen:
Kjerreidviken 16
N-5141 Fyllingsdalen
Telefon: 55 50 12 00
Telefaks: 55 50 12 99
E-post: office@fiskeriforskning.no

Internett: www.fiskeriforskning.no

RAPPORT

	<i>Rapportnr:</i>	<i>Tilgjengelighet:</i> Åpen
<i>Tittel:</i> Behavioural responses in wild coastal cod exposed to salmon farms possible effects of salmon holding water - a field and experimental study	<i>Dato:</i> 30.09.2005	
	<i>Antall sider og bilag:</i> 26	
	<i>Forskningssjef:</i> Arne Mikal Arnesen	
<i>Forfatter(e):</i> Pål Arne Bjørn, Bjørn-Steinar Sæther, Trine Dale (Fiskeriforskning), Kathrine Michalsen, Terje Svåsand (Havforskningsinstituttet)	<i>Prosjektnr.:</i> NFR 242052	
<i>Oppdragsgiver:</i> Fiskeri og Havbruksnæringens Forskningsfond	<i>Oppdragsgivers ref.:</i> Kjell Maroni	
<i>3 stikkord:</i> villtorsk, adferd oppdrettsaktivitet		
<i>Sammendrag: (maks 200 ord)</i> <p>Kystfiskere har lenge hevdet at torsk har forandret sin gyteadferd i fjorder med oppdrett. Våre labstudier våren 2004 bekreftet at torsk fra områder uten oppdrett unngår "laksevann" og at dette også skjer ved svært lave konsentrasjoner. Responsen er også spesifikk for vill torsk, siden oppdrettstorsk ikke responderer på lukt av laks, og den er mindre (men fortsatt til stede) hos torsk fra fjorder med oppdrett. Nye resultater fra våren 2005 indikerer også at responsen ikke er artsspesifikk - torsk viser også en aversjon fra kar med "torskevann" - eller at laboratedesignet er for sensitivt. Feltstudien vår har imidlertid også vist at fjordtorsk aggregeres rundt oppdrettsanlegg for torsk, og at enkelte individer kan være svært stasjonære over lang tid. Vi har også indikasjoner på at oppdrettsanlegg ikke generelt avskrekker stasjonær fjordtorsk, men kan tvert imot benytte dem som en "ressurs" i hvert fall deler av året. Bestanden av torsk i åpne nordlige fjorder, viser imidlertid en stor grad av dynamikk, og kan i perioder både ha innsig av skrei og vandrende kysttorsk ("innsigsfisk"). Det kan derfor tenkes at vi i fjorder med intensivt oppdrett, både har lokal fjordtorsk som tiltrekkes oppdrettsanlegg og "innsigsfisk" på gytevandring som unngår oppdrettsanlegg. Våre laboratiestudier indikerer at denne responsen <i>kan</i> være relatert til "lukt av oppdrettsfisk". Dette er derfor viktig at laboratorieresponsene valideres i naturlige systemer, samt at langtidsstudier av dynamikken til torsk i fjorder med og uten oppdrettsaktivitet initieres.</p>		

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	BAKGRUNN:.....	2
2	HOVEDMÅL OG DELMÅL:	2
3	RESULTATER OG DISKUSJON	2
3.1	Eksperimentelle studier – hovedmål 1) Effekter av "lakselukt"	2
3.1.1	Forsøksdesign og metodebeskrivelse.....	3
3.1.2	Verifisering av tidligere resultater og effekt av konsentrasjon.....	5
3.1.3	Adferdsrespons hos stasjonær kysttorsk.....	6
3.1.4	Adferdsrespons hos oppdrettstorsk.....	7
3.1.5	Adferdsrespons hos torsk med blokkert luktesans.....	8
3.1.6	Adferdsrespons hos kysttorsk eksponert for vann fra oppdrettstorsk.....	10
3.1.7	Oppsummering eksperimentelle studier	11
3.2	Feltstudier – hovedmål 2) Vandringsadferd og habitatvalg	12
3.2.1	Forsøksdesign og metodebeskrivelse.....	13
3.2.2	Vandringsadferd og habitatbruk	14
3.2.3	Næringsvalg og parasittinfeksjon	17
3.2.4	Oppsummering feltstudier	20
4	OPPSUMMERENDE DISKUSJON	21
4.1	Vurdering av oppnådde resultater	21
4.2	Oppsummerende konklusjon.....	22
4.3	Veien videre	23
5	REFERANSER.....	25

1 BAKGRUNN:

Intervjuundersøkelser viste at det var en oppfatning blant fiskere om at torsk har forandret sin gyteadferd i fjorder med oppdrett, selv om det ikke ble framholdt som eneste forklaring (Maurstad et al., in press). Resultater fra første del av prosjektet ("Effekter av lakseoppdrett på gyteadferd til vill torsk, NFR 151245, 2002 og 2003) indikerte at slik adferd kan være knyttet til lukt av laks. Resultatene fra andre studerte faktorer (lys og sedimenter fra anlegg) gir ikke grunnlag for å ekskludere disse, mens merket torsk også viste seg å oppsøke oppdrettsanlegg (se Svåsand et al., 2004 for ytterligere detaljer).

2 HOVEDMÅL OG DELMÅL:

Hovedmålet i forlengelsen av prosjektet ("Behavioural responses in wild coastal cod exposed to salmon farms: possible effects of salmon holding water – a field and experimental study, NFR 242052, 2004 og 2005) var derfor å fortsette studiene av adferdsmessige responser hos vill torsk eksponert for forskjellige komponenter og konsentrasjoner av "lakselukt" (*Hovedmål 1*), samt å forlenge studiet av vandringsadferd og habitatvalg hos torsk i en fjord med oppdrettsaktivitet (*Hovedmål 2*).

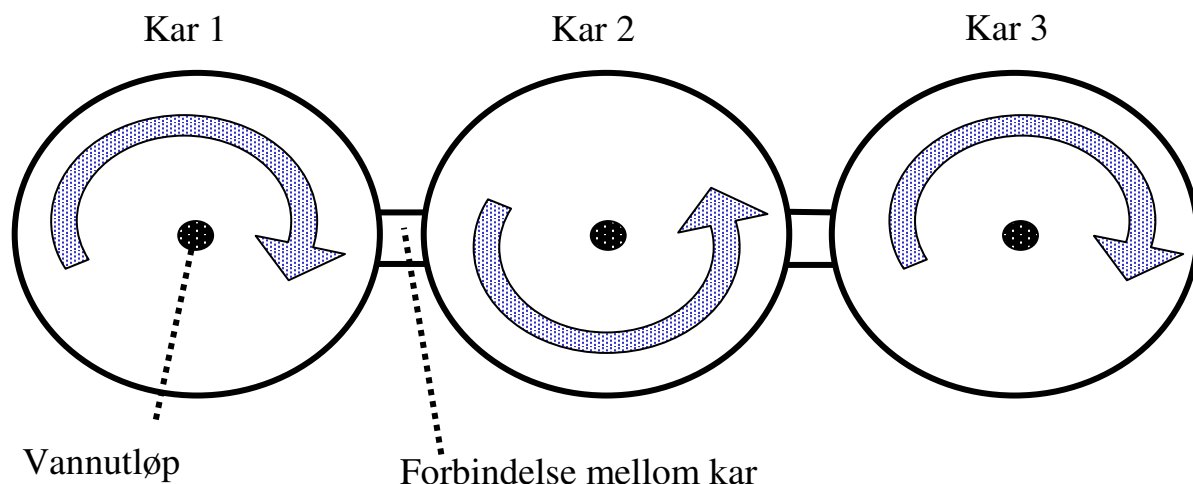
3 RESULTATER OG DISKUSJON

3.1 Eksperimentelle studier – hovedmål 1) Effekter av "lakselukt"

De eksperimentelle studiene som rapporteres her var en videreføring av tidligere eksperimentelle studier som ble gjennomført i prosjektet: "Effekter av lakseoppdrett på gyteadferd til vill torsk, NFR 151245. Disse forsøkene viste at både kjønnsmoden og umoden kysttorsk fra områder uten oppdrett unngikk et karmiljø tilsatt en andel vann fra et kar med laks (10 % av inntaksvannet fra laksekaret). Forsøkene var av et relativt begrenset omfang. Det var derfor viktig å validere resultatene med ny fisk og med lavere tilsatt mengde "laksevann". Det var også viktig å undersøke mekanismene bak den observerte responsen.

3.1.1 Forsøksdesign og metodebeskrivelse

Alle eksperimentelle studier i dette prosjektet ble gjennomført i samme forsøksoppsett, som består av tre sirkulære kar koblet sammen i serie (Fig. 3.1), som samlet utgjør et system hvor man kan benytte fiskens adferd til å studere preferanse (preferansekammer). Karene har en diameter på 1.5 meter, og en vannspeilhøyde på 1 meter, tilsvarende et vannvolum på ca. 1750 liter. Karene utgjør et felles vannvolum ved at de er koblet sammen ved hjelp av to rør (diameter 40 cm, 43 cm lengde). Totalvolumet for hele systemet blir dermed ca. 5350 liter. Hvert av karene har egen vannforsyning via vertikalstilte perforerte rør, og vanntilførsel, retning og strømhastighet kan bestemmes individuelt for karene. I disse forsøkene var vannforsyningen satt til 20 liter per minutt per kar, vannstrømhastigheten var ca. 5 cm per sekund. Retningen på vannstrømmen i karene var hhv med, mot og med klokken, slik at vannet hadde samme retning på hver sin side av rørene som kobler to kar sammen (Fig. 3.1). Vannutløpene var perforerte vertikalstilte rør (110 med mer diam) som tok ut vann i hele vannsøylen. Vannutløpene fra hvert av karene var koblet til en felles utvendig avløpsmunk som satte vannspeilhøyden identisk mellom karene. Oppsettet gav homogen vannmasse i hvert av karene, med liten innbyrdes blanding av vann i mellom dem. Ytterkarene, 1 og 3, kunne i tillegg tilsettes vann med andre egenskaper, i dette tilfellet vann med fra et kar med laks eller fra et kar med torsk, eventuelt væske med enhver ønsket egenskap. Denne tilsettingen skjedde via en pumpe tilkoblet vanninntaksrøret i karene, slik at "behandlingsvannet" kom inn i karene via standard vanninntak. Mengde av dette vannet ble bestemt av en peristaltisk pumpe med trinnløs regulering av vannvolum mellom 45 og 930 ml per minutt, eller 0.25 til 4.3 % av vannforsyningen per kar.



Figur 3.1. Eksperimentelt system for studier av adferd hos fisk - preferansekammer. Tre kar á 1.75 m³ er koblet sammen med rør som tillater at fisk i systemet kan bevege seg fritt i mellom dem. Pilene viser retningen på vannstrømmen i hvert av karene. Karene har felles utløpsmunk som setter vannspeilhøyden identisk i de tre karene.

Under rørene som kobler karene sammen er det montert en antenne som sender ut radiobølger og registrerer om disse reflekteres tilbake (Trovan ANT 612 HP med 650/655 LID dekode). Fisk som ble benyttet i systemet ble merket med PIT merker (Passive Integrated Transponders, Trovan ID 100), som når de blir truffet av radiobølgene reflekterer signalet tilbake til antennen og tidspunkt for denne hendelsen registreres. Dette systemet holdt rede på når fisken passerte gjennom rørene mellom karene, og dermed hvor fisken til enhver tid befant seg.

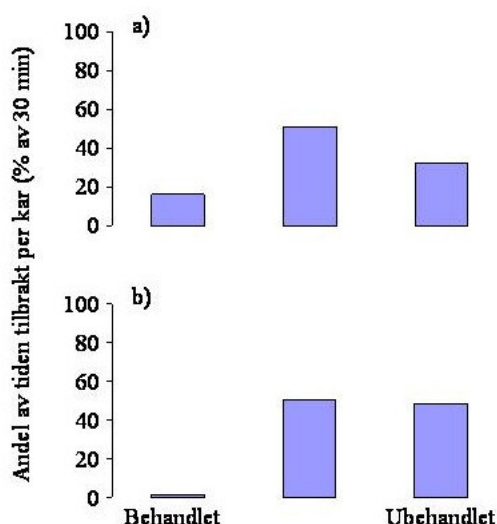
Forsøksoppsettene fulgte hele tiden samme protokoll. Alle forsøk ble gjennomført med enkeltfisk i preferansekammeret. Torsken ble merket med PIT merker etter kl 1400 dagen før forsøket startet og satt ut i kammeret for akklimering. Ved merking var torsken bedøvet med metakain (0.5 g per 10 liter vann). Hvert enkelt forsøk varte i 5 timer, og startet kl. 0900 om morgenen ved at fiskens oppholdssted i kammeret ble registrert i en time. Dette gav informasjon om adferden til torsken i preferansekammeret, og var avgjørende for videre tolkning av resultater. Mellom klokken 1000 og 1100 ble kar 1 i systemet tilsatt kontrollert mengde vann med ønskede komponenter, eksempelvis vann fra et kar med laks. Klokken 1100 stanset tilsettingen, og behandlingen som fisken ble utsatt for ble gradvis tynnet ut i en periode på 2 timer. Fra klokken 1300 til 1400 ble kar 3 behandlet på samme måte som kar 1 tidligere. Etter denne behandlingen ble forsøket avsluttet, fisken tatt ut og ny fisk merket og satt inn for akklimering.

Basert på fiskens bevegelser mellom karene ble torskens oppholdssted beregnet som prosent av de siste 30 minuttene i hver behandlingsperiode. Fiskens lokalisering i forhold til hvor behandlingen ble tilført utgjør således en adferdsmessig respons på behandlingen. Disse resultatene ble behandlet statistisk ved kji-kvadrat test på data fra kontingenstabeller, hvor nullhypotesen var at torskens oppholdssted var tilfeldig, og uavhengig av behandlingen. Statistiske analyser er basert på resultater fra flere identiske forsøk hvor ulike torsk har vært testet individuelt med samme behandling.

3.1.2 Verifisering av tidligere resultater og effekt av konsentrasjon

Resultatene fra eksperimentelle studier i første del av prosjektet ("Effekter av lakseoppdrett på gyteadferd hos vill torsk, NFR 151245) gav indikasjoner på at "naiv" torsk, det vil si torsk som vi antar ikke har vært i kontakt med oppdrettsanlegg, unngår å oppholde seg i kar med tilsetning av vann fra et kar med laks, om den får muligheten til det. Disse resultatene ble verifisert i et nytt studie med ny fisk. Torsken i dette forsøket var snurrevadfanget utenfor Sørøya i Finnmark, av samme båt og i samme område som torsken som inngikk i NFR 151245. Av 5 individer, gjennomsnittvekt 1.7 Kg (\pm 0.6 stdavvik) responderte alle på en tilsetning av 4.6 % laksevann, ved at de i all hovedsak holdt seg unna karet som ble behandlet; 7 vs 54.5 % med 38.5 % av tiden i det midterste karet. Sannsynligheten for at denne fordelingen skal fremkomme som følge av en tilfeldighet er svært liten ($P < 0.001$). Disse resultatene verifiserer dermed funnene fra tidligere forsøk (delmål 1.1, validering). Tilsetningen som ble benyttet her utgjorde mindre enn halvparten i volum av tilsetningen som gav effekt i tidligere studier (10 % tilsetning i 2002 og 2003; NFR 151245). Fisken som inngikk i dette forsøket ble deretter eksponert for gradvis reduserte mengder tilsatt "laksevann", ved at forsøket ble gjentatt på samme fisk påfølgende dager med trinnvis redusert tilsetning dag for dag. Ved laveste tilsetning som ble testet, 45 ml per minutt, eller 2.5 ‰ av den totale vanntilførselen per kar per minutt, hadde fortsatt 4 av 5 en klar skjevfordeling i oppholdssted ved at de tilbrakte mest tid i kar uten behandling, mens den siste ikke viste noen negativ respons ved laveste konsentrasjon. Den totale fordelingen, inkludert all fisken, viste en signifikant effekt av behandlingen ved at 40.5 % av tiden ble tilbrakt i karet uten behandling mot 8.5 % i karet med behandling, mens torsken var 51 % av tiden i det midterste karet. Resultatene gjengitt i figur 3.2 er fra forsøkene med laveste konsentrasjon; tilsetning av 2.5 ‰ "laksevann" av den totale vanntilførselen per kar per minutt. Adferden observeres selv når vannvolumet som tilsettes er redusert til 2.5 ‰ av vanntilførselen per kar per minutt.

Kun ett av individene som ble testet endret adferd ved redusert tilsetning. Vi kan således ikke si noe sikkert om tilsatt vannvolum (delmål 1.2, betydning av konsentrasjon) som er nødvendig for at fisken skal respondere. Dette styrker likevel antagelsen om at det ikke er vannkvaliteten per se, dvs. en følge av at vannet har vært "brukt" av laks før, som er årsaken til de observerte adferdsendringene.

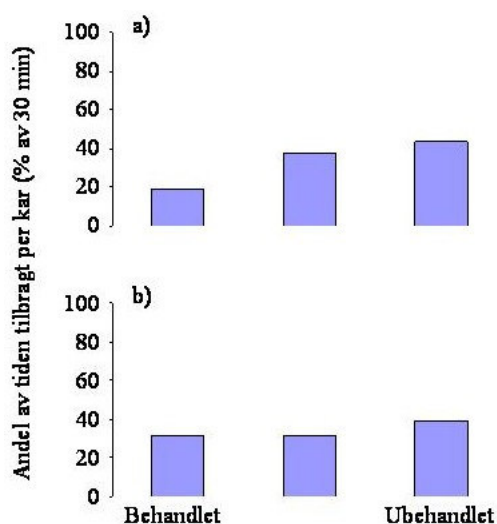


Figur 3.2. Andel av tiden som 5 villfanget kysttorsk tilbrakte i ulike kar i preferansekammeret. Behandlingen var tilsetning av 45 ml min^{-1} fra et kar med laks, det vil si 2.5 % av totalt tilsatt vannvolum per kar. Figur a viser oppholdstid når kar 1 ble behandlet og b viser oppholdstid når kar 3 ble behandlet.

3.1.3 Adferdsresponser hos stasjonær kysttorsk

Observasjoner av villtorsk rundt oppdrettsanlegg er vanlig, og det er sågar kjent at denne fisken spiser av overskuddsfôr under anleggene. For øvrig kjenner man lite til adferden til denne kategorien kysttorsk. Samling av villtorsk rundt oppdrettsanlegg stemmer dårlig med påstandene om at villfisk unngår områder med oppdrettsanlegg, og sammenfaller også dårlig med våre resultater så langt. Studier av adferd hos villtorsk (gjennomsnittsvekt 1.3 kg, ± 1.1 std avvik) fanget ved oppdrettsanlegg eksponert for vann fra kar med laks var derfor en naturlig oppfølger i dette prosjektet. Dette er fisk som oppholder seg i nærheten av oppdrettsanlegg, til tross for at den fritt kan flytte på seg. Resultatene, som er gjengitt i figur 3.3, viste at 9 av 13 torsk responderer negativt på vann fra laksekaret. I to av de resterende 4 forsøkene hadde torsken en positiv respons på laksevannet, mens de to siste ikke endret adferd. Alle 13 forsøkene samlet viser en signifikant endret adferd, ved at oppholdstiden i kar

med tilsetning av 4.6 % vann fra laksekar var redusert i forhold til ubehandlet kar ($P < 0.05$ Fig. 3.3). Oppholdstiden i behandlet kar var likevel 25 % sammenlignet med 41 % i ubehandlet kar, og den negative responsen var derfor redusert i forhold til den antatt ”naive” kysttorsken studert tidligere (25 vs 8.5 %, $P < 0.05$). Torsken responderer med andre ord fortsatt negativt mot tilsetning av laksevann, men responsen hos den stasjonære kysttorsken fra en fjord med lakseoppdrett er ikke like markert som hos hva vi antar er oppdretts-naiv torsk. Et forhold som kan ha påvirket resultatene her er at vi ikke fikk anledning til å fiske helt opp i anlegget for å fange den stasjonære torsken. Torsken som ble benyttet i dette forsøket er teinefanget i en avstand på 100 meter fra et lakseoppdrettsanlegg. Det kan dermed ikke konkluderes sikkert med at dette er torsk som oppholder seg stasjonært i nærheten av anlegget, men den har oppholdt seg i umiddelbar nærhet til oppdrettsanlegget da den ble fanget.

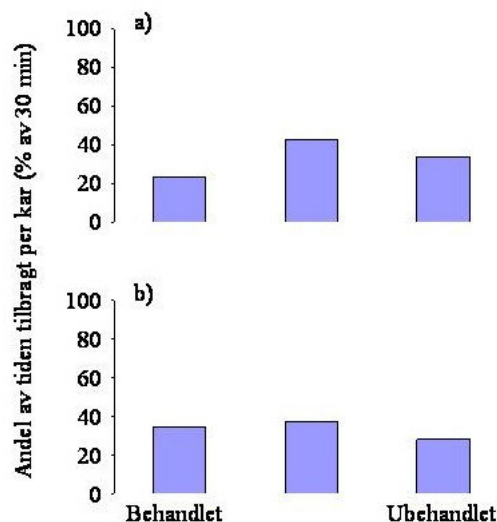


Figur 3.3. Andel av tiden som 13 stasjonære kysttorsk tilbrakte i ulike kar i preferansekammeret. Behandlingen var tilsetning av 4.6 % av vannet fra et kar med laks. Figur a viser oppholdstid når kar 1 ble behandlet og b viser oppholdstid når kar 3 ble behandlet.

3.1.4 Adferdsrespons hos oppdrettstorsk

I en serie på 14 forsøk ble responsen hos oppdrettstorsk eksponert for vann fra kar med laks på samme måte som beskrevet tidligere. Denne torsken var 2 år gammel, produsert ved Troms Marin Yngel AS, og hadde en gjennomsnittsvekt på 1.4 kg (± 0.3 stdavvik) under forsøket. Oppdrettsfisken viste en annen adferd i preferansesystemet, ved at den var mindre aktiv og forflyttet seg lite mellom karene. Fem av disse torskene flyttet ikke på seg gjennom hele forsøket, uavhengig av behandling. Vi vet dermed ikke om disse har noen forutsetning for å

oppsøke andre kar i systemet om de ønsket det, og resultatene fra disse 5 forsøkene er derfor utelatt fra datamaterialet. Av de 9 gjenværende forsøkene responderte 2 fisk negativt, 2 positivt, mens de 5 siste tilsynelatende var likegyldige til laksevannet. Resultatene er gjengitt i figur 3.4. Samlet sett var det ingen signifikant forskjell i oppholdstid mellom karene, og oppdrettstorsken kan dermed sies å ikke respondere på tilsetning av vann fra laksekaret. Denne forskjellen i adferd kan skyldes en tilvenning til vannkvaliteter typisk for oppdrett. Fisken er første generasjon oppdrettstorsk, og har ikke gjennomgått noen målrettet avl.



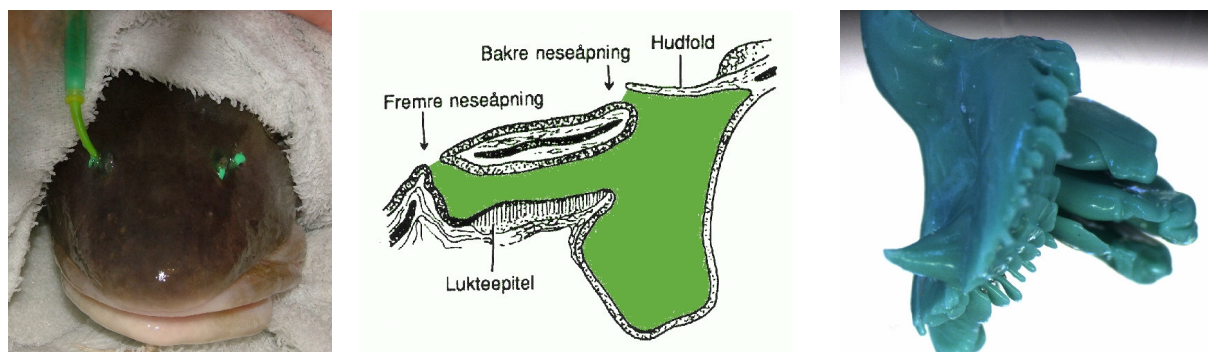
Figur 3.4. Andel av tiden som 9 oppdrettstorsk tilbrakte i ulike kar i preferansekammeret. Behandlingen var tilsetning av 4.6 % av vannet fra et kar med laks. Figur a viser oppholdstid når kar 1 ble behandlet og b viser oppholdstid når kar 3 ble behandlet.

3.1.5 Adferdsresponser hos torsk med blokkert luktesans.

Torsken som ble benyttet her var linefanget på Malangsgrunnen i 3 mars 2005, gjennomsnittsvekt på 2 Kg (± 0.7 stdavvik). Fisken ble kontrollert for skader i snute regionen, og kun intakte individer ble benyttet i videre studier. Fisken ble satt i kar på Havbruksstasjonen i Tromsø, hvor de gikk i en uke før forsøkene begynte.

Tidligere forsøk har ikke utelukket noen kjemosensoriske sanser som fisken er i besittelse av. De observerte adferdsendringene kan derfor være en følge av både lukt eller smak, i tillegg til at fisken er i stand til å registrere en rekke andre komponenter i vannet, så som metning av oksygen via reseptorceller i gjellene (Sundin et al., 1998), karbondioksyd via reseptorer tilknyttet smakssansen (Sorensen & Caprio, 1998). Tilsatt mengde laksevann benyttet her, samt kvaliteten på dette vannet, gjør at vannkvalitet som sådan er en lite sannsynlig

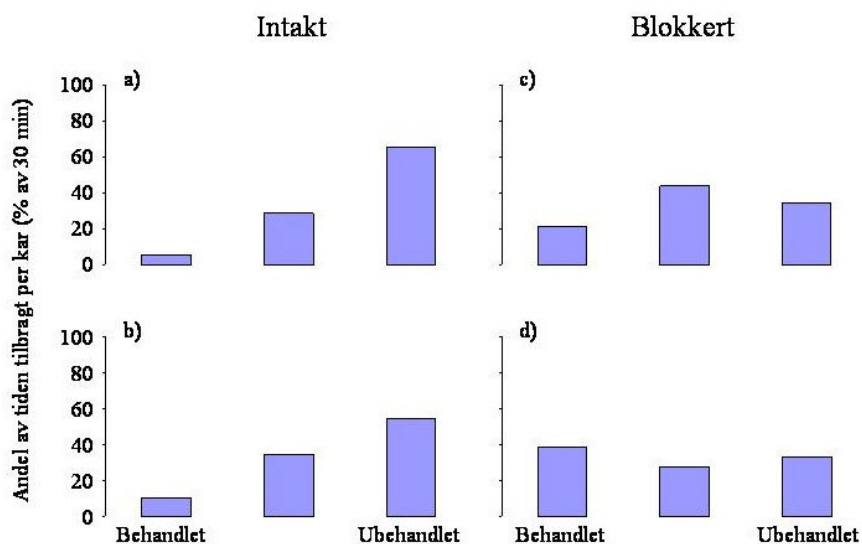
forklaring. Dette forsterkes også av betydningen av konsentrasjon rapportert ovenfor. Stoffer som stimulerer smakssansen forventes ikke å gi endringer i adferd som de observerte (Sorensen og Caprio, 1998). Luktesansens betydning for de observerte adferdsendringene ble studert ved at torskens luktelapper ble blokkert og adferden studert. Fiskens lukteorgan ligger i to fordypninger på hver sin side av snuten, med en innstrømsåpning og en utstrømsåpning, og vannet ledes over luktelappen (Fig. 3.5). Da fiskens nese kun har sensoriske oppgaver, og ikke bidrar i respirasjonen, er den enkleste måten å hemme luktesansen å blokkere hulrommet som luktesekken ligger i. Til dette formålet ble et hurtigtørkende hydroaktivt materiale benyttet (3rd Generation Affinity Light Body RF Vinyl Poly Siloxane, Cliniciann's choice Dental Products Inc.). Materialet ble fylt inn i nesehulrommet via fremre neseåpning (fig. 3.5) og når fyllingen var fullstendig dannet dette en nøyaktig avstøpning av torskens lukterose. Disse ble dissekert ut og kontrollert etter at forsøket var avsluttet.



Figur 3.5. Blokkering av luktoorgan hos torsk. Bildet til venstre viser hvordan materialet ble sprøytet inn i torskens nesehulrom. Torskens venstre hulrom er allerede blokkert, og den grønne massen kommer ut av begge åpningene. Skissen i midten viser hvordan lukteepitelet er plassert, hulrommet er farget i grønt for å illustrere hvordan blokkeringen fungerer. På bildet til høyre er den stivnede avstøpningen tatt ut for kontroll etter forsøkslutt, merk den detaljerte gjengivelsen denne gir av hulrommet i torskensnese.

Fisken gikk gjennom to forsøk, først uten blokkering deretter med blokkering. I en serie på 10 forsøk viste alle individene en signifikant negativ respons ($P < 0.001$) på tilsetning av laksevann før blokkering (8 vs 60 % av tiden i behandlet og ubehandlet kar, med 32 % av tiden tilbrakt i det midterste karet). Etter blokkering av luktesansen viste 8 av 10 ingen negativ respons på behandlingen, mens to fortsatt viste negativ respons. Den ene av disse hadde en markert økning i andel av tiden tilbrakt i karet med behandling sammenlignet med resultatet før blokkering (18.5 vs 4.5 %), men fortsatt signifikant lavere enn ubehandlet kar ($P < 0.05$). Avstøpningen fra den andre fisken som opprettholdt sin negative respons tydet på at blokkeringen var ufullstendig i ett av neseborene, og denne fisken hadde sannsynligvis luktesansen intakt selv etter blokkering. Samlet sett, med alle 10 forsøkene, viste likevel

resultatene at responsen uteble hos fisk uten luktesans ved at det ikke var noen signifikant adferdsendring som følge av behandlingen (Fig. 3.6). Det var ikke forskjell i tilbrakt tid mellom de ulike karene med og uten behandling, med hhv. 30.5, 33.5 og 36 % av tiden tilbrakt i kar med behandling, ubehandlet og midtkaret. Disse resultatene bekrefter dermed at de observerte adferdsmessige responsene medieres via fiskens luktesans (delmål 3.3), og utelukker vannets kvalitet for øvrig som forklaring.

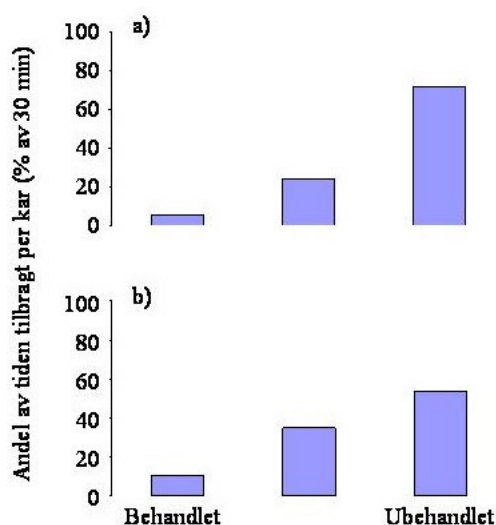


Figur 3.6. Andel av tiden som 10 villfanget kysttorsk tilbrakte i ulike kar i preferansekommeret. Behandlingen var tilsetning av 4.6% av vannet fra et kar med laks. Figur a og c viser oppholdstid når kar 1 ble behandlet mens b og d viser oppholdstid når kar 3 ble behandlet. Grafene til venstre (a og b) viser resultater før blokkering, mens grafene til høyre viser resultater etter at fiskens neseåpninger var blokkert med avstøpningsmasse.

3.1.6 Adferdsrespons hos kysttorsk eksponert for vann fra oppdrettstorsk

Serien av forsøk har så langt fokusert på den opprinnelige problemstillingen med effekter av lakseoppdrett på villtorskens vandring. Responsene som er observert så langt er relativt tydelige, sett i sammenheng med det eksperimentelle oppsettet som er benyttet. Årsaken til at torsk har unngått karet med lukkestoffer fra karet med laks er ikke klar. Luktesansen er svært viktig for fiskens evne til å orientere seg i miljøet, blant annet for å finne mat, orientere seg om gode/dårlige habitater, unngå predatorer, kommunikasjon med artsfrender etc. (Hara, 1994; Sorensen og Caprio, 1998). Den følgende serien av forsøk tok for seg adferdsrespons hos villtorsk eksponert for vann fra oppdrettstorsk, i den hensikt å studere hvorvidt de observerte responsene er artsspesifikke. Torsken i denne forsøksserien var fra samme gruppe benyttet i del 3.1.5. Torsk ble først eksponert for vann fra kar med torsk føret med

kommersielt tilgjengelig tørrfôr til marin fisk, og i fire av fire forsøk viste torsk en klar negativ respons på behandlingen. Oppholdstiden i behandla kar utgjorde hhv. 10.5 % mot 50.7 og 38.8 % i ubehandlet og midtkaret ($P < 0.001$). I tilsvarende forsøk hvor behandlingen var vann fra kar med loddefôret torsk viste 3 forsøk at den negative responsen på behandlingen var opprettholdt ($P < 0.001$; hhv. 4.5, 17 og 78.5 % av tiden tilbrakt i behandlet, midtkar og ubehandlet). Resultatene fra torsk – torsk interaksjonene er gjengitt samlet i figur 3.7. De observerte responsene er med andre ord ikke artsspesifikke (delmål 3.4) og de knytter seg til stimuli som medieres via lukt. Komponenten synes heller ikke knyttet til bruk av tørrfôr, da responsen var like klar ved bruk av hel lodde som tørrfôr.



Figur 3.7. Andel av tiden som 7 villfangede kysttorsk tilbrakte i ulike kar i preferansekammeret. Behandlingen var tilsetning av 4.6% av vannet fra et kar med torsk. Figur a viser oppholdstid når kar 1 ble behandlet og b viser oppholdstid når kar 3 ble behandlet.

3.1.7 Oppsummering eksperimentelle studier

Resultatene fra de eksperimentelle studiene bekrefter tidligere observasjoner som viste at villfanget antatt "naiv" kysttorsk unngår å oppholde seg i kar som tilføres en liten andel vann fra et kar med laks. Videre er det vist at denne adferden opprettholdes selv med svært lave tilsetninger av vann fra laksekaret (2.5 ‰). Det er luktstoffer i vannet torsken reagerer på, ikke endringer i vannkvalitet som sådan, da fisk med blokkert luktesans ikke viste denne adferden. Laboratoriestudien har således gitt oss et forsterket grunnlag til å vurdere betydningen av "fiskelukt" som årsak til mulige endringer i kysttorskens gytevandringsmønster i fjorder med oppdrettsaktivitet, og er fortsatt en sterk kandidat til å forklare eventuelle forskjeller. Observasjoner av villtorsk rundt oppdrettsanlegg står ikke nødvendigvis i motsetning til de

eksperimentelle resultatene, og kan skyldes forskjeller i adferd mellom vandrende og stasjonær kysttorsk (Maurstad et al., in press; Fevolden, 2005). Våre resultater viser at fisk fanget nær oppdrettsanlegg, som antas å være stasjonær kysttorsk, også unngår vann fra kar med laks, men i mindre grad enn antatt "oppdrettsnaiv" vandrende kysttorsk. Første generasjon oppdrettstorsk endrer ikke adferd når den eksponeres for vann fra laksekaret, noe som kan skyldes at disse er tilvent høye konsentrasjoner av komponenten(e) som villtorsken reagerer på. Oppdrettstorsken har kun gått sammen med annen torsk og er således ikke spesifikt tilvent lukt av laks. Eksponering for lukt fra annen torsk gav tilsvarende adferdsendring hos villtorsken; den tilbrakte mindre tid i karet hvor lukten ble tilsatt. Responsen var uavhengig om torsken vannet kom i fra ble føret med konvensjonelt tørrfôr eller hel lodde. Det kan dermed synes som om de observerte adferdsendringene ikke er knyttet til lukten av noen spesiell art, men snarere generelle komponenter som akkumuleres i vannet når store tettheter av fisk oppholder seg der. Det eksperimentelle designet tillater ikke at man konkluderer med at lukt av annen fisk i en fjord kan føre til endret adferd hos torsk som har naturlig tilhørighet der, eksempelvis ved at vandrende kysttorsk på gytevandring stanser og snur før de kommer inn til gyteområdet. Kompleksiteten i problemstillingen, de naturlige miljøene og årsaksforholdene til den enkeltes fisks adferd er alt for stor til at dette kan gjenskapes i laboratoriet. Vi observerer kun oppholdssted som respons på lukt av annen fisk når det for øvrig er likegyldig hvor torsken oppholder seg. Den taper med andre ord ingenting på å unngå lukten av annen fisk, og preferansesystemet kan derfor bli for følsomt ved at terskelen for å flytte seg bort fra lukten er liten. Derimot kan det heller ikke utelukkes at tilstedeværelse av høye tettheter av annen fisk *kan* bidra til å forklare de påståtte endringene i kysttorskens vandring. Luktstoffer akkumulert fra høye fisketettheter i oppdrettsanlegg er fortsatt en sterk kandidat til å forklare en slik adferd.

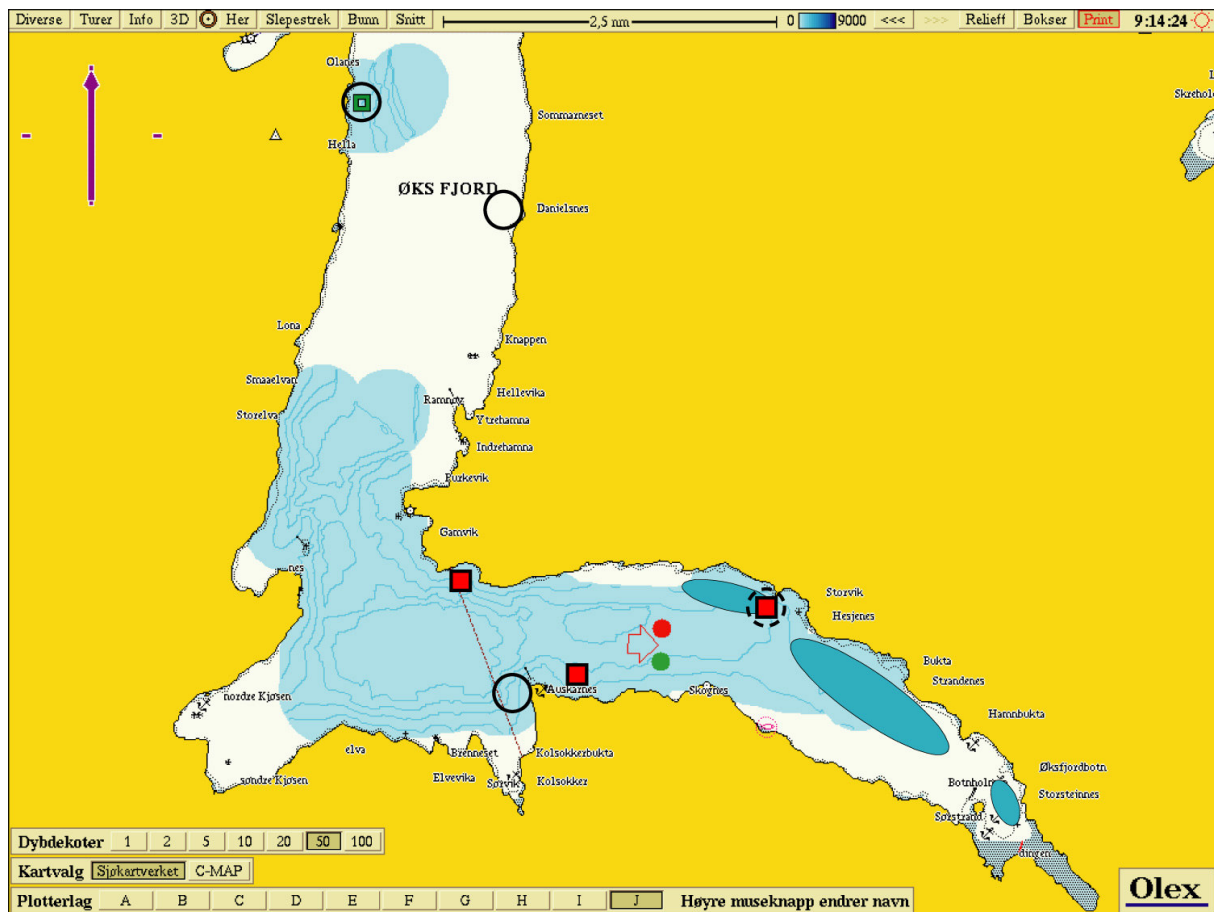
3.2 Feltstudier – hovedmål 2) Vandringsadferd og habitatvalg

I første fase av prosjektet ble det gjort telemetristudier hvor bevegelsene til enkeltfisk ble fulgt i detalj under gyteperioden. I tillegg ble det gjort klassiske fangst-merke-gjenfangststudier for å framskaffe grunnleggende kunnskap om økologien til torsk i en fjord med oppdrettsaktivitet (Svåsand et al., 2004). I forlengelsen av feltstudiet har vi undersøkt vandringsadferd og habitatvalg hos torsk i en fjord med oppdrettsaktivitet ytterligere. Vi har

spesielt hatt fokus på habitatvalg, genetikk, næringsvalg og parasittbelastning hos torsk rundt oppdrettsanlegg og på tradisjonelle fiskeplasser i fjorden.

3.2.1 Forsøksdesign og metodebeskrivelse

Vi har derfor gjennomført et fangst- og merkeprogram etter torsk i Øksfjord. Fangsten har hovedsakelig blitt gjennomført med havteiner etter metodikker som ble utviklet i første del av prosjektet. For å forsøke å styrke gjenfangsten av merka torsk, har det også blitt benyttet juksa. I tillegg har vi benyttet kystfiskere og garn på slutten av prosjektperioden for å øke gjenfangsten av merket fisk ytterligere. Fisket har blitt gjennomført i april, juli og oktober 2004 samt mars og mai 2005 slik at tidsserien dekker mer enn en årssyklus. Teinene har blitt satt både rundt oppdrettsanlegg samt på to tradisjonelle fiskeområder i fjorden (Figur 3.8). På hver av lokalitetene har vi satt en standard serie på 6 havteiner. Havteinene ble satt i to lenker med tre teiner i hver lenke. Alle teinene ble egnet med lodde, og stod i 2 døgn før tømning. I hver fiskeperiode ble det gjennomført tre sett av to døgn på hver av fangstlokalitetene. På grunn av utbrudd av *Pancreas disease* på lakseoppdrettsanleggene i Øksfjorden, ønske fra oppdretter om ikke å sette teiner direkte under lakseoppdrettslokalitetene samt begynnende utslakting, ble det besluttet å avbryte fiske rundt lakseanleggene etter andre runde. Ved torskeoppdrettsanlegget på Olanes ble fisken også etter hvert slakta ut, men de fysiske konstruksjonene har blitt stående på lokaliteten gjennom hele undersøkelsesperioden. Torsk som ble fanget på hver av lokalitetene, ble merket med et floyd-merke i ryggfinnen, lengdemålt og umiddelbart satt ut igjen på fangststedet. Ved eventuell gjenfangst i seinere prøvefiskeperioder ble merket avlest og fisken satt ut igjen. Lokale fiskere blitt oppfordret til å sende inn merker og opplysninger om fisk, fangststed og fangsttid til Fiskeriforskning ved eventuell gjenfangst. I tillegg ble et subsample av fangsten forsøkt innsamlet på hver av lokalitetene og i hver prøvefiskeperiode. Disse ble frosset separat i plastposer, og transportert til Fiskeriforskningens laboratorier etter hver fangstperiode. På laboratoriet ble vanlige fiskeribiologiske parameter registrert (lengde, vekt etc). I tillegg ble fiskens magefylling vurdert og innhold i første omgang bestemt til relativt grove hovedgrupper i henhold til standard metodikker (Dos Santos and Falk-Petersen, 1989). Fiskene ble deretter undersøkt for et utvalg av ektoparasitter, samt at endoparasitter i mage, tarm og bukthule ble fiksert for eventuelle ytterligere analyser, i henhold til teknikker utviklet i samarbeid med hovedfagsprosjektet "Parasitter hos vill og oppdrettet torsk i et fjordsystem" (Monika Strøm, Norges fiskerihøgskole, UiTø)

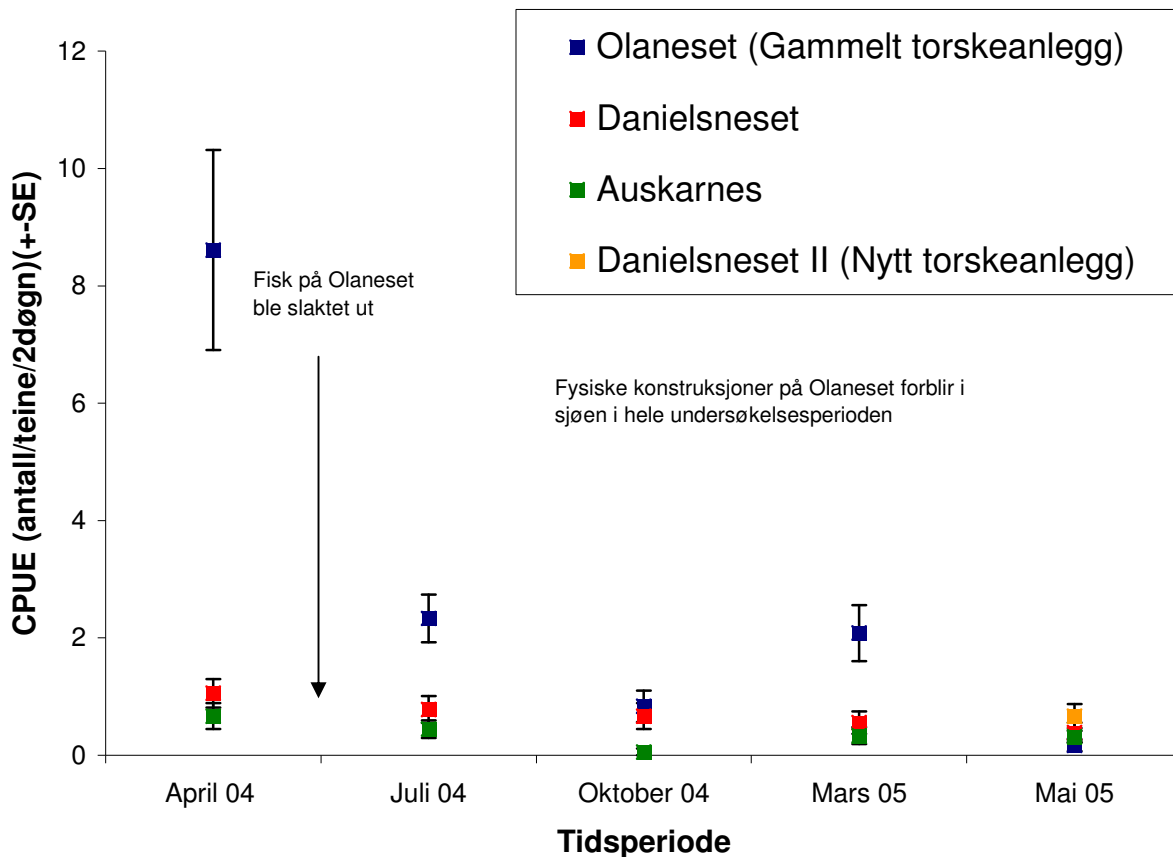


Figur 3.8. Kart over Øksfjorden. Åpen firkanter viser torskeoppdrettsanlegg. Fylte firkanter viser lakseoppdrettsanlegg i drift i starten av forsøksperioden. Åpne sirkler viser fangstlokaliteter. Fylte ovale felt viser kjente gytefelt for torsk.

3.2.2 Vandringsadferd og habitatbruk

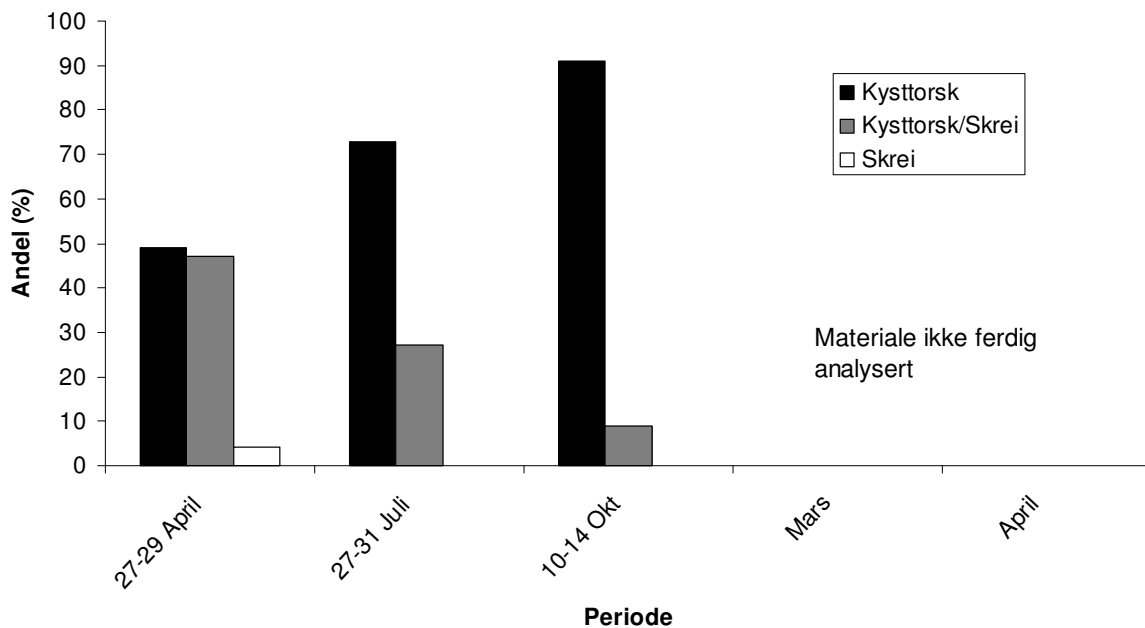
Våre resultater indikerer at det var kraftig forhøyet tetthet av torsk rundt oppdrettsanlegget på Olaneset i april 2004 sammenlignet med tradisjonelle fiskeplasser i fjorden. Fangst per innsats var på nesten 9 torsk per teine (Figur 3.9). På begge referanselokalitetene var fangsten betydelig lavere, rundt 1-2 torsk. Forskjellen mellom oppdrettslokaliteten på Olaneset og de tradisjonelle fiskeplassene normaliserte seg imidlertid gradvis etter at fisken ble slakta ut våren 2004. Prøvefisket i slutten av mars og begynnelsen av mai 2005 understreket ytterligere en betydelig forskjell mellom fangsten på Olaneset før (vinteren 2004) og etter (vinteren 2005) at oppdrettstorsken var slaktet ut fra anlegget. I begynnelsen av mai ble siste feltrunde i Øksfjord gjennomført. Oppdrettslokaliteten på Olaneset var fortsatt tom for fisk. Det var istedenfor blitt etablert en ny oppforingslokalitet for torsk på Danielsnes der vi fra før har en

lang tidsserie uten oppdrett. Dermed kan effekter av etablering studeres (Danielsneset II), og resultatene indikerte en svak økning i fiskemengde kun en uke etter etableringen (Figur 3.9).



Figur 3.9. Fangst av torsk med teiner i Øksfjord. Figuren viser gjennomsnittlig fangst (\pm SD) per teine per andre døgn i løpet av en totalt seks dagers fiskeperiode. Fisket ble gjennomført på tre lokaliteter i april, juli og oktober 2004 og fire lokaliteter i mars og mai 2005, og ble benyttet 6-9 teiner på hver lokalitet

Våre genetiske undersøkelser (Stenvik et al., in press) viser at det hovedsakelig er kysttorsk som oppholder seg i Øksfjorden, men også at dette endrer seg over tid (Figur 3.10). Det sammenslåtte materialet fra Øksfjorden viste at bestanden i fjorden bestod av omkring 50 % kysttorsk, litt under 50 % heterozygote (kysttorsk/skrei) samt et lite innslag skrei på våren 2004. Andelen skrei forsvant helt i påfølgende prøvofiskrunder, men andelen kysttorsk økte gradvis til over 90 % i oktober 2004. Materialet fra mars og april 2005 er nå til analyse.



Figur 3.10. Prosentvis (%) fordeling av kystorsk, heterozygot (kystorsk/skrei) og skrei av totalfangsten av torsk i Øksfjord i 2004. Se figur 3.8 for nærmere beskrivelse av fangstlokalitetene.

Våre merke-gjenfangst studier understreker i tillegg at enkelte av torskene er stasjonær, både rundt oppdrettsanlegget men også på de andre lokalitetene. Gjenfangsten er generelt svært høy og enkelte av individene har blitt gjenfanget gjentatte ganger (Tabell 1). I tillegg er gjenfangsten på selve merkestedet svært høy og viser at fisken er stasjonær/tilknyttet et begrensa område. De få gjenfangstene vi i tillegg har fra kommersielle fiskerier, understreker ytterligere at fisken er stasjonær og mesteparten har blitt gjenfanget i selve Øksfjorden.

Tabell 1. Resultater fra merke-gjenfangst studier i Øksfjorden. "Gjenfangst" angir prosentandel merket fisk som er fanget på nytt etter merking, "Gjentatt gjenfangst" angir hvor stor prosentandel som er fanget flere ganger (mellom 2 og 5 ganger), "Gjenfangst på merkestet" angir prosentandelen som gjenfanges på samme sted som den ble merket. Fiskens størrelse ved de ulike lokalitetene er angitt som gjennomsnittlig lengde i cm (\pm standard feil).

Merkestet	Gjenfangst (%)	Gjentatt gjenfangst (2-5 ganger) (%)	Gjenfangst på merkestet (%)	Lengde (cm) (\pm SE)
Ved oppdrettsanlegg (Olaneset)	20	23	86	46(1.02)
Ved tradisjonelle fiskeplasser (Danielsnes, Auskarnes og Hella)	13	50	75	46(1.8)
Alle lokaliteter	19	29	84	46(0.8)

3.2.3 Næringsvalg og parasittinfeksjon

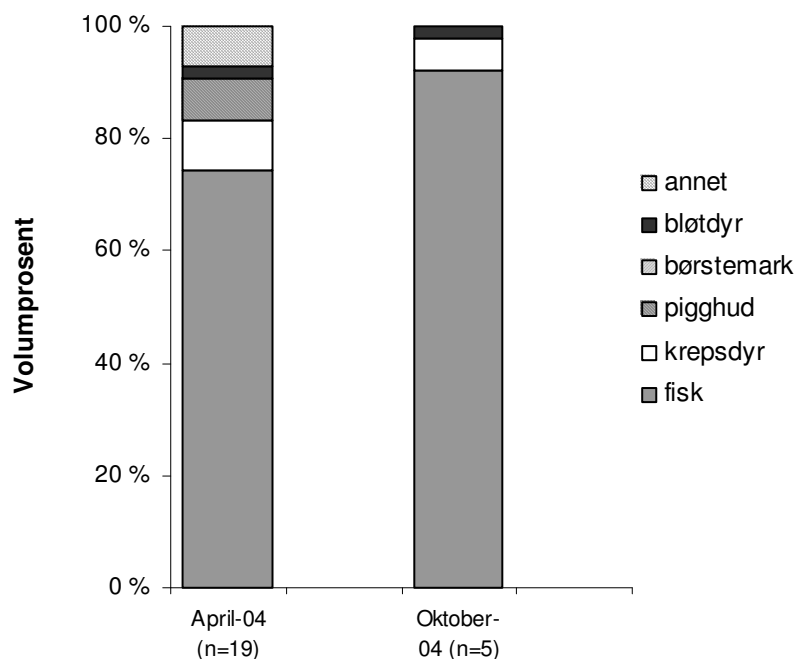
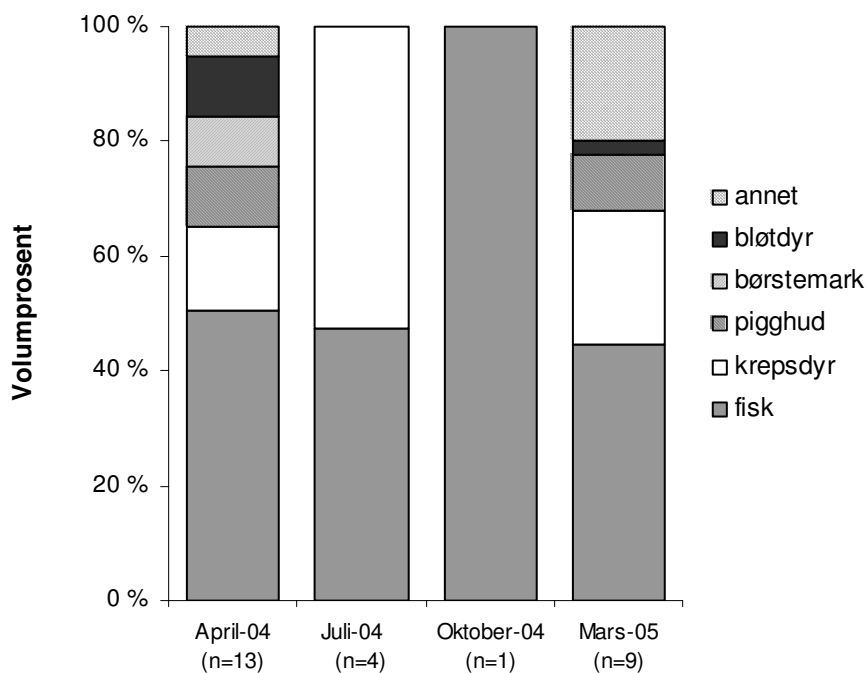
Studien av marine utvendige parasitter indikerer at torsken har et littoralt habitatvalg over tid i fjorden og generelt en kystnær adferd (relativt høy forekomst av sortprikk og gjellemakk). Dataene er i tillegg verdifulle med tanke på eventuelt framtidige parasittproblemer hos oppdrettstorsk og hos villtorsk i fjorder med torskeoppdrett. Opparbeiding av marine parasitter er imidlertid svært arbeidskrevende slik at vi har valgt å ferdiganalysere kun et utvalg av ektoparasitter. Resultatene viser at fisken er infisert med både torskelus, skottelus, torskens gjellemakk, sortprikk, *H. confusus* og *Clavella adunca*, og at dynamikken for de fleste preges av relativt høy prevalens men lav abundans (Tabell 2). Vi ser også tendenser til en sesongdynamikk i materialet. Vi finner imidlertid ingen entydige forskjeller før og etter utslakting av fisk på Olaneset, og heller ingen entydige forskjeller mellom fisk fanget i tilknytning til torskeoppdrettsanlegget på Olaneset og på tradisjonelle fiskeplasser i fjorden.

Tabell 2. Parasittinfeksjon hos torsk fanget i Øksfjorden. Undersøkelsen omhandler kun ektoparasitter. Lokalitet 1 er Olaneset, lokalitet 2 er samlede resultater fra Danielsnes og Auskarsnes. Abundans angir gjennomsnittlig antall parasitter for totalfangst, mens prevalens angir prosentvis infeksjon av totalfangst.

	April 2004		Juli 2004		Oktober 2004		Mars 2005	
	Lokalitet 1	Lokalitet 2	Lokalitet 1	Lokalitet 2	Lokalitet 1	Lokalitet 2	Lokalitet 1	Lokalitet 2
Torskelus (<i>Caligus curtus</i>)								
abundans ± (SD)	0,12 (0,33)	1,13 (1,90)	0,70 (0,95)	...	1,0 (0,0)	5,13 (11,69)	0,15 (0,38)	...
prevalens	11,5	50,0	40,0	...	100	75,0	15,4	...
n	26	24	10	...	3	8	13	...
min	0	0	0	...	1	0	0	...
maks	1	9	2	...	1	34	1	...
Skottelus (<i>Caligus elongatus</i>)								
abundans ± (SD)	0	0,29 (0,55)	0,20 (0,42)	...	1,33 (1,53)	14,75 (38,12)	0,08 (0,28)	...
prevalens	0	25,0	20,0	...	66,7	50,0	7,7	...
n	26	24	10	...	3	8	13	...
min	0	0	0	...	0	0	0	...
maks	0	2	1	...	3	109	1	...
Sortprikk (<i>Cryptocotyle lingua</i>)								
abundans ± (SD)	20,92 (50,27)	35,08 (85,34)	80,10 (123,02)	...	9,67 (11,72)	27,13 (33,76)	20,08 (33,01)	...
prevalens	88,5	79,2	90,0	...	100	75,0	92,3	...
n	26	24	10	...	3	8	13	...
min	0	0	0	...	1	0	0	...
maks	237	312	350	...	23	80	122	...
Torskens gjellemark (<i>L. branchialis</i>)								
abundans ± (SD)	0,38 (0,90)	0,33 (0,70)	0,20 (0,42)	...	0,67 (1,15)	0,63 (1,77)	0,38 (0,87)	...
prevalens	23,1	25,0	20,0	...	33,3	12,5	23,1	...
n	26	24	10	...	3	8	13	...
min	0	0	0	...	0	0	0	...
maks	4	3	1	...	2	5	3	...
(<i>Clavella adunca</i>)								
abundans ± (SD)	0,50 (0,91)	0,42 (0,72)	1,10 (2,02)	...	0,67 (0,58)	1,88 (3,36)	0,54 (0,66)	...
prevalens	30,8	33,3	30,0	...	66,7	37,5	46,2	...
n	26	24	10	...	3	8	13	...
min	0	0	0	...	0	0	0	...
maks	3	3	6	...	1	9	2	...
(<i>H. confusus</i>)								
abundans ± (SD)	4,0 (8,57)	1,13 (2,05)	2,0 (1,41)	...	1,67 (1,53)	0,75 (1,39)	2,46 (2,40)	...
prevalens	57,7	41,7	80,0	...	66,7	25,0	69,2	...
n	26	24	10	...	3	8	13	...
min	0	0	0	...	0	0	0	...
maks	43	9	4	...	3	3	7	...

Det er vanskelig å trekke slutninger på basis av næringsvalget til torskene i Øksfjord. Fangsten er relativt lav på enkelte lokaliteter/perioder, mange av torskene tømmer magesekk under haling av teinene og enkelte kan også være næringsmessig påvirket av tiden i teinene (2 døgn). Sammensetningen domineres imidlertid av fisk, selv om vi også finner innslag av bløtdyr, pigghuder, krepsdyr og børstemark, på alle lokalitetene og periodene (Figur 3.11). Det er imidlertid ingen entydig forskjell før og etter utslakting av fisk på Olaneset. Det er

heller ingen entydig forskjell mellom fisk fanget i tilknytning til oppdrettsanlegget og på tradisjonelle fiskeplasser i fjorden.



Figur 3.11. Sammensetning av mageinnhold hos teinefanget torsk i Øksfjorden ved ulike tider på året, angitt som volumprosent av hovedgrupper byttedyr. Øverste figur viser torsk fanget ved Olaneset (lokalitet 1) og nederste figur viser torsk fanget Danielsnes og Auskarsnes (lokalitet 2).

3.2.4 Oppsummering feltstudier

Til sammen vil alle disse dataene kunne gi grunnleggende informasjon om økologien til torsk i en fjord med oppdrettsaktivitet, samt *indikere* om kysttorsk har forandret sitt adferdsmønster generelt i en fjord med oppdrettsaktivitet. Dataen kan imidlertid vanskelig benyttes til å vurdere effekten av lakseoppdrett på gyteadferden til vandrende kysttorsk. Resultatene viste at lokal kysttorsk ikke viser aversjon mot torskeoppdrettsanlegg per se siden fangst per innsats generelt var betydelig høyere ved oppdrettslokalitetene enn ellers i fjorden. Selv om dette kun er gjort på et torskeoppdrettsanlegg, stemmer dette både overens med resultatene fra våre tidligere fiskerintervjuer (Maurstad et al., 2005), resultatene fra første del av merkestudien samt resultater fra telemetristudien (Svåsand et al., 2004). Gjennom gytessesongen 2003 fanget vi vandrende kysttorsk på gytevandring i ytre del av fjorden og merket disse med akustiske posisjoneringsmerker (Svåsand et al., 2004). To av ti merka fisk syntes å vandre ut av fjorden mens de resterende syntes å vandre innover fjorden og mot områdene med lakseoppdrett. Fjordtorsk som vi merka med akustiske lyttemerker i indre deler av fjorden, syntes å være mer stasjonær. Det var ingen indikasjon på at de unngikk lakseoppdrettsanleggene som sådan, og enkelte gytemodne individer oppholdt seg over lengre tid i nærheten av et lakseoppdrettsanlegg (Svåsand et al., 2004). Vi fanget, merket og satte i tillegg ut et større antall torsk i Øksfjorden seinhøsten 2002. Selv om fangstinnsetningen noenlunde var likt fordelt i fjorden, ble mesteparten av torsken (278 av 374) fanget i umiddelbar nærhet av oppdrettsanlegget på Olaneset (Svåsand et al., 2004). Dette samlet, indikerer at det eksisterer en relativt stasjonær stamme kysttorsk i Øksfjorden. En betydelig del av disse samles rundt oppdrettsanlegg og bruker dette som et ”kunstig rev”, i hvert fall i deler av året. Våre genetiske undersøkelser understreker at det i all hovedsak er kysttorsk eller heterozygote (kysttorsk/skrei) som oppholder seg i fjorden, og både merke-gjenfangst data samt parasittundersøkelsen indikerer at enkelte av disse kan være svært stasjonære i fjorden. Undersøkelsen viser derfor at den stedege fjordbestanden av kysttorsk ikke unngår oppdrettsanlegg, i hvert fall ikke torskoppdrettsanlegg, men at de tvert imot benytter dette som et kunstig rev, noe som er et velkjent fenomen blant annet fra olje installasjoner (Løkkeborg et al., 2002). Utbrudd av *Pancreas Disease* hos oppdrettslaks i Øksfjord, resulterte dessverre i at vi ikke har fått testet dette på lakseanlegg. Resultatene fra telemetriundersøkelsen i 2003, samt observasjoner (Rune Nilsen, Fiskeriforskning, personlige observasjoner) fra perioden før utslakting av oppdrettslaksen i Øksfjorden, indikerer imidlertid at det samme kan være gjeldende for lakseoppdrettsanlegg. Dette er også i overensstemmelse med en økende internasjonal litteratur på oppdrettsanlegg som ”Fish

Aggregating Device” eller ”Artificially created ecosystems (ACEs)” i kystfarvann. Dempster et al. (2002, 2005) satte søkelyset på at oppdrettsanlegg i Middelhavet tiltrakk opptil 30 forskjellige arter i høye antall, og estimerte den aggregerte biomassen til å være mellom 10-40 tonn på 5 av de 9 undersøkte oppdrettsanleggene (Dempster et al., 2004). Tilsvarende fiskeaggregeringer har senere også blitt vist både i Hellas (Smith et al., 2003; Thetmeyer et al., 2003) og på Kanariøyene (Boyra et al., 2004; Tuya et al., 2005). I Norge har vi imidlertid svært begrenset kunnskap om det samme. Bjørndal og Skar (1992, 1993) fanget og merket sei rundt et oppdrettsanlegg og viste at seien var stasjonær i opptil syv måneder, men vandret også langt fra oppdrettsanlegget, mens Skog et al. (2003) viste at sei rundt oppdrettsanlegg var i bedre kondisjon enn på områder uten oppdrett. Disse resultatene, sett i sammenheng med våre resultater, indikert derfor at oppdrettsanlegg kan virke tiltrekkende på lokale bestander av fjordtorsk. Torsk som oppholder seg hele tiden i fjorder med oppdrett, ser ikke ut til å vise aversjon mot anlegg, men kan tvert imot utnytte dem som en ressurs. Bestandene av torsk i åpne nordlige fjorder, preges imidlertid av en stor dynamikk, og kan også i perioder både ha innsig av skrei samt en vandrende komponent av kysttorsk som kommer inn i fjordene for å gyte og beite, mens de ellers oppholder seg på bankene og i ytre kyststrøk (Fevolden, 2005). Fiskerne (Maurstad et al. in press) hevder at det er denne ”innsigsfisken” som viser aversjon for fjorder med lakseoppdrett, og det står således ikke i motsetning til våre resultater på stasjonær kysttorsk.

4 OPPSUMMERENDE DISKUSJON

4.1 Vurdering av oppnådde resultater

Maurstad et al (in press) viste at det var en oppfatning blant fiskere om at torsk har forandret sin gyteadferd i fjorder med oppdrett. Laboratorieresultater fra første del av prosjektet indikerte at slik adferd kan være knyttet til lukt av laks, mens feltstudien også viste at merket torsk også oppsøkte oppdrettsanlegg (Svåsand et al., 2004). Hovedmålet i forlengelsen av prosjektet var derfor å fortsette studiene av adferdsmessige responser hos vill torsk eksponert for forskjellige komponenter og konsentrasjoner av ”lakselukt”, samt å forlenge studiet av vandringsadferd og habitatvalg hos torsk i en fjord med oppdrettsaktivitet. Våre labstudier våren 2004 og våren 2005 bekreftet at antatt ”oppdrettsnaiv” torsk unngår ”laksevann” (*delmål 1*) og at dette også skjer ved svært lave konsentrasjoner (3 promille av tilsatt

vannmengde) (*delmål 2*). Responsen er også spesifikk for vill torsk, siden oppdrettstorsk ikke responderer på lukt av laks, og svakere (men likevel signifikant) hos fjordtorsk fra områder med oppdrettsaktivitet. Luktblokkering av torsk våren 2005 (figur 1) viser at responsen er knyttet til lukt (*delmål 3*). Nye resultater viser imidlertid at responsen ikke er artsspesifikk (*delmål 4*)(torsk viser også en aversjon fra kar med tilsatt "torskevann"), eller at laboratoriedesignet er for sensitivt (jfr. 3.1.7).

I forlengelsen av feltstudiet har vi undersøkt vandringsadferd og habitatvalg hos torsk i en fjord med oppdrettsaktivitet ytterligere. Vi har spesielt hatt fokus på habitatvalg, genetikk, næringsvalg og parasittbelastning hos torsk rundt oppdrettsanlegg og på tradisjonelle fiskeplasser i fjorden. Våre foreløpige resultater indikerer at det er kraftig forhøyet tetthet av torsk rundt oppdrettsanlegg (*delmål 1*), men at dette normaliserte seg etter at fisken ble slakta ut (figur 2). Våre genetiske undersøkelser viser at det hovedsakelig er kysttorsk (*delmål 2*) som oppholder seg rundt oppdrettsanlegg, men også at dette endrer seg over tid. Våre merke-gjenfangst studier understreker i tillegg at enkelte individer er svært stasjonær (*delmål 3*). Studien av enkelte marine parasitter hos torsken (*delmål 4*) kan indikere det samme, og er i tillegg verdifulle med tanke på framtidige parasittproblemer hos oppdrettstorsk og hos villtorsk i fjorder med torskeoppdrett. Dette samlet, indikerer at det eksisterer en relativt stasjonær stamme kysttorsk i Øksfjorden. En betydelig del av disse samles rundt oppdrettsanlegg og bruker dette som et "kunstig rev", i hvert fall i deler av året. Torsk som oppholder seg hele tiden i fjorder med oppdrett, ser dermed ikke ut til å vise aversjon mot anlegg, men kan tvert imot utnytte dem som en ressurs.

4.2 Oppsummerende konklusjon

Laboratorieresultatene om at torsk viser aversjon mot lukt fra høye tettheter av annen fisk, slik som for eksempel fra oppdrettsanlegg, og feltresultatene om at torsk aggregeres rundt oppdrettsanlegg, synes motstridende. Ny forskning (Fevolden, 2005; Maurstad et al., in press) tyder imidlertid på at kysttorsk består av to hovedkomponenter (men sannsynligvis likevel mange ulike bestander); stasjonær fjordtorsk og vandrende kysttorsk. Dersom vi antar at laboratorieresultatene er valide (se oppsummering eksperimentelle studier), viser disse at antatt "oppdrettsnaiv vandrende kysttorsk" responderer klart negativt på lukt fra høye tettheter av fisk. Denne responsen er svakere (men fortsatt signifikant) hos "antatt stasjonær kysttorsk" fra områder med oppdrett, og helt fraværende hos oppdrettstorsk. Samtidig viser

feltresultatene at det i all hovedsak er stasjonær fjordtorsk som aggregeres rundt oppdrettsanlegg. Det kan derfor tenkes at det kan være to helt forskjellige responser hos torsk på samme stimuli; noen kan tilvennes og tiltrekkes (stasjonær fjordtorsk) mens andre kan frastøtes (vandrende kysttorsk på gytevandring). Dette er også i overensstemmelse med fiskernes observasjoner om at det er ”innsigsfisken” som unngår fjorder med oppdrett (Maurstad et al., 2005). Sett samlet, kan det derfor fortsatt ikke utelukkes at tilstedeværelse av annen fisk *kan* bidra til å forklare de påståtte endringene i kysttorskens vandringer. Luktstoffer akkumulert fra høye fisketettheter i oppdrettsanlegg er fortsatt en sterk kandidat til å forklare en slik adferd.

4.3 Veien videre

Laboriestudien har gitt oss et forsterket datagrunnlag til å vurdere betydningen av ”fiskelukt” som årsak til mulige endringer i kysttorskens gytevandringmønster i fjorder med oppdrettsaktivitet. Det kan imidlertid tenkes at laboratorieoppsettet er for sensitivt og at resultatene ikke nødvendigvis kan overføres til naturlige systemer. I forlengelsen av prosjektet er det derfor viktig å validere laboratorieoppsettet. I tillegg er det viktig å validere laboratorieresultatene i naturlige systemer. Det første foreslås gjort gjennom nye laboriestudier på torsk som vi *vet* responderer positivt på ”lakselukt” i naturen. Det andre ved at nye telemetristudier på vandrende kysttorsk (”innsigsfisk”) på gytevandring i fjorder med oppdrettsaktivitet initieres. Feltstudien i Øksfjord har gitt oss grunnleggende ny kunnskap om økologien til torsk i en fjord med oppdrettsaktivitet, og viser at fjordtorsk også kan utnytte oppdrettsanlegg som kunstig habitat. Spesielle forhold i Øksfjord (utbrudd av Pancreas disease, nedslaktning av laks og torsk høsten 2005, re-utsett våren 2005) gir oss nå ytterligere muligheter til å studere effekten av reetablering av både torske- og lakseoppdrett på habitatvalg og vandringsmønster til fjordtorsk. Det siste vil være spesielt interessant fordi en av de nye lakselokalitetene er lagt på Auskarnes der vi allerede har en lang tidsserie uten oppdrettsaktivitet (se figur 2).

På kort sikt kan det pågående prosjektet indikere om kysttorsk har forandret sitt adferdsmønster i fjorder med oppdrettsaktivitet. Prosjektet vil også kunne indikere mekanismer bak dette. Det må imidlertid poengteres at problemstillingen er meget kompleks, må sees i sammenheng med andre mulige forklaringer til nedgangen i kysttorskbestanden (for

eksempel nedbeiting av tareskogen, økning i temperatur, tilførsel av ferskvann m.m.), og relateres til "kysttorskutvalget" sitt arbeid. *På lang sikt* er det vår oppfatning at kun langtids overvåkning og forskning i fjorder med- og uten oppdrettsanlegg som kan føre til konklusive resultater. Nytteverdien av prosjektet kan være betydelig. Oppdrettsnæringens utviklingsmuligheter og konkurransekraft, er både avhengig av at ville bestander av kysttorsk ikke blir skadelidende og at oppdrettsnæringen og tradisjonelle fiskerier kan sameksistere. Fiskeridirektoratet (bl.a. region Troms) har derfor avslått nye oppdrettslokaliteter med begrunnelse i overnevnte problemstilling og konflikter mellom fiskeri og oppdrett. Prosjektet tar sikte på å øke den generelle kunnskapen om dette på en slik måte at ville bestander av kysttorsk, tradisjonelle fiskerier og oppdrettsnæringen kan sameksistere. Prosjektet er således viktig for utviklingen langs kysten. Det anbefales derfor at sektormyndigheten (Fiskeri og Kystdepartementet) snarest tar et langsiktig initiativ på området.

5 REFERANSER

- Boyra A., Sanches-Jerez P., Tuya F., Espino F., Haroun R. (2004). Attraction of wild coastal fishes to Atlantic subtropical cage fish farms. Gran Canaria Islands. *Env. Biol Fish* /0 (4), 39-401.
- Bjordal Å., Skar A.B. (1992). Tagging of saithe (*Pollachius virens* L.) at a Norwegian fish farm: preliminary results on migration. ICES Counc Meet Pap 1992/G:35.
- Bjordal Å., Skar A.B. (1993). Local movement of saithe *Pollachius virens* L. in the vicinity of fish farms. *ICES Marine Sci.*
- Dempster T., Sanches-Jerez P., Bayle-Sempere J.T., Gimenez-Casualdero F., Valle C. (2002). Attraction of wild fish to sea-cage fish farms in the south-western Mediterranean Sea: spatial and short-term variability. *Marine Ecology Progress Series* 242, 237-252.
- Dempster T., Sanchez-Jerez P., Bayle-Sempere J., Kingsford M.J. (2004). Extensive aggregation of wild fish at coastal sea-cage fish farms. *Hydrobiologia* 525 (1-3), 245-248.
- Dempster T., Fernandez-Jover D., Sanchez-Jerez P., Tuya F., Bayle-Sempere J., Boyra A., Haroun R.J. (2005). Vertical variability of wild fish assemblages around sea-cage fish farms: implications for management. *Marine Ecology Progress Series* (in press).
- Dos Santos J., Falk-Petersen S. (1989). Feeding ecology of cod (*Gadus morhua* L) in Balsfjorden and Ullsfjorden, northern Norway 1982-1983. *J. Const. Int. Explor. Mer.* 45, 190-199.
- Fevolden S.E. (2005). Genetikk: Hvis kysttorsk skulle grupperes i noen grupper (3-6 stk) fjord-bank, nord-sør, hva ville være naturlige grenser ut fra samlet genetikk-kunnskap? Foredrag "Kysttorskutvalgets" mini-konferanse om kysttorsk. 1-2 sept. 2005. Forskningsparken i Tromsø, Tromsø.
- Hara T.J. (1994). The diversity of chemical stimulation in fish olfaction and gustation. *Rev. Fish. Biol. Fish.* 4, 1-35.
- Løkkeborg S., Humborstad O.-B., Jørgensen T., Soldal A. V. 2002. Spatial-temporal variations in gillnet catch rates in the vicinity of North Sea oil platforms. *ICES Journal of Marine Science*, 59, S294–S299.
- Maurstad A., Dale T., Bjørn P.A. (in press). You wouldn't spawn in a septic tank, would you?. *Human Ecology*.

- Skog T. E., Hylland. K, Thorstensen. B. E., Berntssen M.H.G. (2003). Salmon farms affects the fatty acid composition and taste of wild saithe *Pollachius virens* L. *Aquaculture Research* , 2003, 34, 999-1007
- Smith C, Machias A., Giannoulaki M., Somarakis S., Papadopoulou K.N., Karakassis I. (2003). Diversity study of wild fish fauna aggregating around fish farms cages by mean of remotely operated vehicle (ROV). Abstract, 7th Hel Symp Oceanogr & Fish p 277.
- Sorensen, P.W., Caprio, J. (1998). Chemoreception. In: D.H. Evans (Ed), *The Physiology of Fishes*. 2nd ed. Marine Science Series. CRC Press, Boca Raton, Florida. 519 pp.
- Sundin, L., Holmgren, S., Nilsson, S. (1998). The oxygen receptor of the teleost gill? *Acta Zoologica (Stockholm)* 79, 207-217.
- Stenvik J., Wesmajervi M.S., Damsgård B., Delghandi M. (in press). Genotyping of pantophysin I (*Pan I*) of Atlantic cod (*Gadhus morhua* L.) by allele-specific PCR. *Molecular Ecology Notes*.
- Svåsand T., Bjørn P.A, Dale T., Ervik A., Hansen P.K., Juell J.E., Karlsen Ø., Michalsen K., Skilbrei O., Sunnanå K., Sæther B.S., Taranger G.L. (2004). "Effekter av lakseoppdrett på gyteadferd til vill torsk". Sluttrapport til Norges Forskningsråd, 20p.
- Thetmeyer H., Pavlidis A., Cromey C. (2003). Development of monitoring guidelines and modeling tools for environmental effects from Mediterranean aquaculture. *Newsletter 3: Interactions between wild and farmed fish*. P 7.
>www.meramed.com>.
- Tuya F., Sanches-Jerez. P., Dempster T., Boyra A., Haroun R., (2005). Changes in demersal wild fish aggregations beneath a sea-cage fish farm after the cessation of farming. *Journal of Fish Biology* (in review).



Fiskeriforskning

Hovedkontor Tromsø:

Muninbakken 9-13

Postboks 6122

N-9291 Tromsø

Telefon: 77 62 90 00

Telefaks: 77 62 91 00

E-post: post@fiskeriforskning.no

Avdelingskontor Bergen:

Kjerreidviken 16

N-5141 Fyllingsdalen

Telefon: 55 50 12 00

Telefaks: 55 50 12 99

E-post: office@fiskeriforskning.no

Internett: www.fiskeriforskning.no