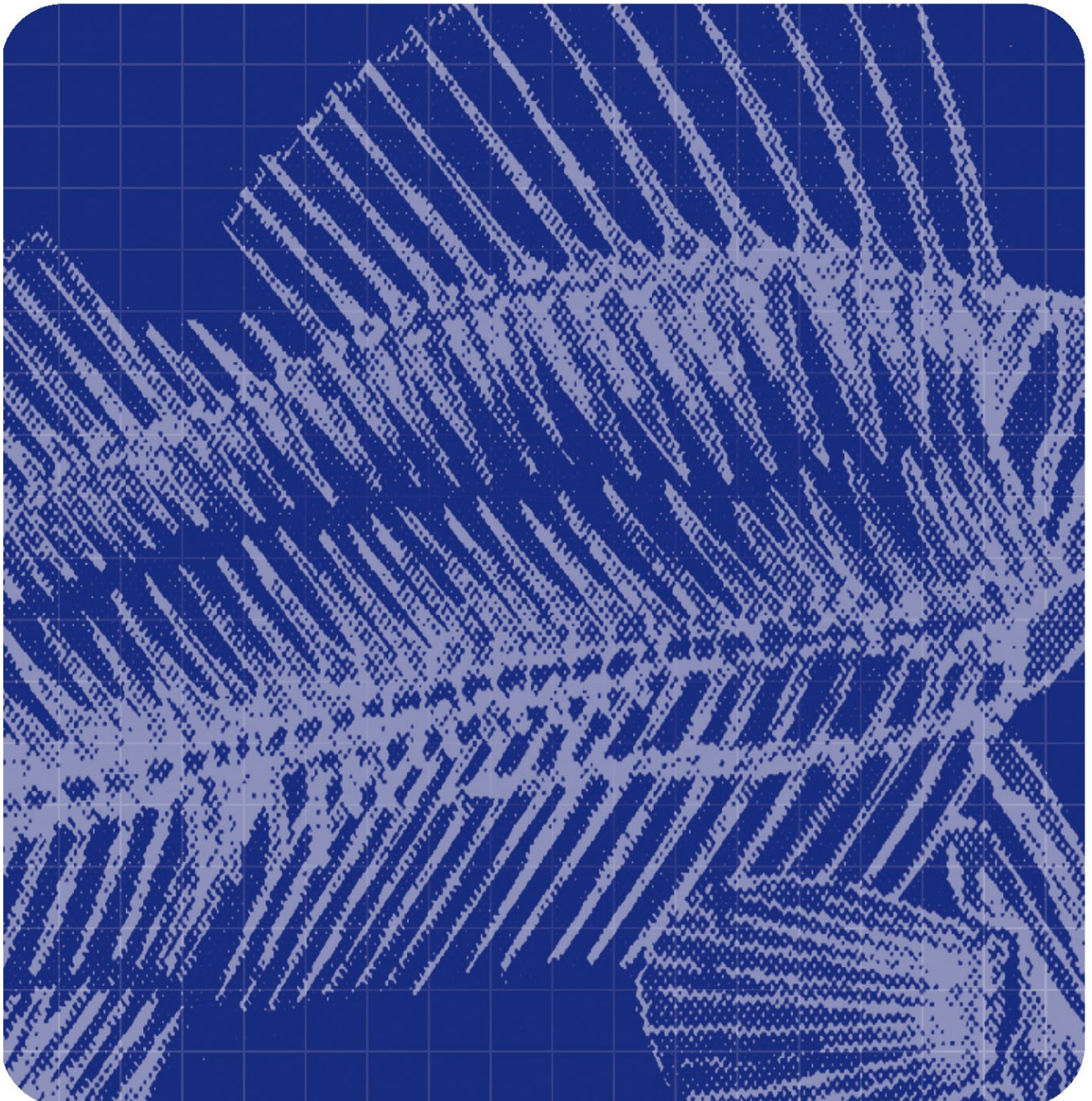




Videreføring av prosjektet "Behavioural responses in wild coastal cod exposed to salmon farms: possible effects of salmon holding water - a field and experimental study"

Pål Arne Bjørn, Ingebrigt Uglem (NINA), Bjørn Steinar Sæther, Trine Dale, Sven Kerwath (NINA), Finn Økland (NINA), Rune Nilsen, Kåre Aas og Torbjørn Tobiassen





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 Fiskeriforskningens arbeid bidra til utvikling av

- etterspurt sjømat
 - aktuelle oppdrettsarter
 - bioteknologiske produkter
 - teknologiske løsninger
- for dermed å gi konkurransedyktige virksomheter.

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

ISBN:

978-82-7251-611-5

Rapportnr:

6/2007

Tilgjengelighet:

Åpen

Tittel:

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

Dato:

21.03.2007

Antall sider og bilag:

38

Forskningssjef:

Arne M. Arnesen

Forfatter(e):

Pål Arne Bjørn, Ingebrigt Uglem (NINA), Bjørn Steinar Sæther, Trine Dale, Sven Kerwath (NINA), Finn Økland (NINA), Rune Nilsen, Kåre Aas og Torbjørn Tobiassen

Prosjektnr.:

20175

Oppdragsgiver:

Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond

Oppdragsgivers ref.:

FHF 242021

Tre stikkord:

villtorsk, adferd, oppdrettsaktivitet

Sammendrag: (maks 200 ord)

Laboratorieundersøkelser har vist at innsigstorsk unngår lukt fra høye tettheter av annen fisk, mens feltresultater har vist at fjordtorsk aggregeres rundt oppdrettsanlegg, noe som kan virke motstridende. Hovedmålet med videreføringen av prosjektet var å validere tidligere resultater gjennom nye forsøk i lab og i naturlige systemer. Videreføringen av labstudiet bekrefter at fjordtorsk responderer mindre på lakselukt enn innsigstorsk. Videreføring av feltstudiet bekrefter at fjordtorsk aggregeres rundt oppdrettsanlegg, men uten at dette påvirker sensoriske kvalitet til torsk og sei betydelig. I tillegg har vi gjennomført et atferdsstudium på innsigstorsk i Øksfjord, der halvparten av fisken fikk luktesansen blokkert. Fisken som ble fanget i ytre deler av fjorden ble merket med akustiske sendere og vandringsmønsteret registrert ved hjelp av automatiske lyttebøyer. Den merkede fisken ble enten satt ut nært fangststedet eller flyttet inn til de oppdrettsintensive indre områdene av Øksfjord. Resultatene viste at gyteklar innsigstorsk som ble gjenutsatt i ytre deler av fjorden forlot Øksfjord innen en uke. Med unntak av en fisk vandret ingen av disse fiskene innover i fjorden. Torsk som ble flyttet til den indre delen av fjorden, oppholdt seg i dette området i omtrent tre uker, før de forholdsvis raskt forlot fjorden. Det var ingen forskjell mellom torsk med og uten luktesans. Resultatene fra telemetristudiet tyder dermed på at innvandrende kysttorsk ikke vandrer inn til de oppdrettseksponerte indre områdene av Øksfjord, noe som støtter tidligere antagelser om at innsigstorsk i liten grad gyter i indre deler av fjorden. Når torsk derimot flyttes inn, ser den ikke ut til aktivt å unngå anlegg og "lakselukt" ser dermed ikke ut til å avskrekke fisken i vesentlig grad under naturlige forhold. Det kan heller ikke utelukkes at fisk som ble flyttet til indre deler av fjorden faktisk deltok i gyting. Resultatene er således fortsatt motstridende, og langsiktige feltstudier før og etter, eller med og uten, etablering av oppdrett er antakelig den beste løsningen for å dokumentere om og i hvilken grad intensivt lakseoppdrett kan påvirke gyting hos innsigstorsk.

INNHold

1	Bakgrunn	1
2	Hovedmål og delmål:	1
3	Resultater og diskusjon	3
3.1	Eksperimentelle studier – hovedmål 1) Effekter av "lakselukt"	3
3.1.1	Forsøksdesign og metodebeskrivelse	3
3.1.2	Adferdsresponser hos stasjonær kysttorsk	5
3.1.3	Oppsummering eksperimentelle studier	6
3.2	Feltstudier – hovedmål 2) Vandringsadferd og habitatvalg	6
3.2.1	Forsøksdesign og metodebeskrivelse	6
3.2.2	Habitatbruk og økologi til torsk i oppdrettsintensive områder	9
3.2.3	Næringsvalg og parasittinfeksjon	11
3.2.4	Sensorisk kvalitet på fisk under oppdrettsanlegg	13
3.2.5	Oppsummering feltstudier	17
3.3	Feltstudier – hovedmål 3) Validering av luktstudien i naturlige systemer	19
3.3.1.	Forsøksdesign og metodebeskrivelse	20
3.3.2.	Generelt atferdsmønster.....	24
3.3.3	Unnvikelse av oppdrettsanlegg	28
3.3.4	Utvandring fra fjorden	30
3.3.5	Oppholdstid på gytefelt.....	31
3.3.6	Oppsummering av resultater fra telemetristudien.....	32
4	Diskusjon	35
4.1	Konklusjon og vurdering av oppnådde resultater.....	35
4.2	Veien videre	36
5	Referanser	37

1 Bakgrunn

Tidligere intervjuundersøkelser har vist 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., i trykk). Resultater fra første og andre del av dette prosjektet (Svåsand et al., 2004; Bjørn et al., 2005) indikerte at slik adferd kan være knyttet til lukt av laks. Våre tidligere laboratorieundersøkelser om at vandrende kysttorsk viser aversjon mot lukt fra høye tettheter av annen fisk, og feltresultatene om at torsk aggregeres rundt oppdrettsanlegg, synes imidlertid motstridende. 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). Det kan imidlertid også tenkes at laboratorieoppsettet er for sensibelt, og at resultatene ikke nødvendigvis kan overføres til naturlige systemer (se FHF's arkiv for en nærmere beskrivelse av tidligere arbeid):

(http://www.fiskerifond.no/index.php?current_page=prosjekter&subpage=archive&detail=1&id=307&gid=3).

2 Hovedmål og delmål:

Hovedmålet i videreføringen av prosjektet "Behavioural responses in wild coastal cod exposed to salmon farms: possible effects of salmon holding water – a field and experimental study", var derfor å validere laboratoriestudien gjennom nye forsøk i lab (**Hovedmål 1**), forlenge datasettet over habitatbruk og økologi til fjordtorsk i den oppdrettsintensive Øksfjorden (**Hovedmål 2**) samt å validere laboratoriestudien i naturlige systemer (**Hovedmål 3**)

3 Resultater og diskusjon

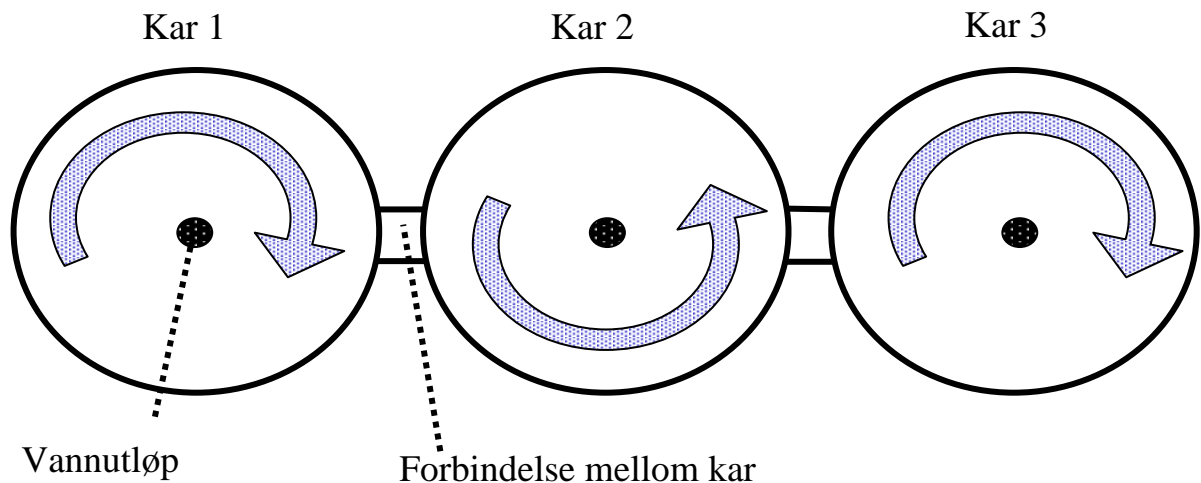
3.1 Eksperimentelle studier – hovedmål 1) Effekter av "lakselukt"

Det eksperimentelle studiet som rapporteres her var en validering av tidligere studium på stasjonær kysttorsk som ble gjennomført høsten 2004 (Bjørn et al., 2005).

Samling av villtorsk rundt oppdrettsanlegg er ikke forenelig med påstandene om at villfisk unngår områder med oppdrettsanlegg. Våre tidligere rapporterte resultater viser da også at kun oppdrettstorsk forholder seg likegyldig til lukt fra kar med laks, mens øvrige testede kategorier torsk synes å unngå lukten fra laks. Stasjonær kysttorsk fra en fjord med laksoppdrett responderer med andre ord negativt til tilsetning av laksevann, men responsen er ikke like markert som hos oppdretts-naiv torsk. Det er imidlertid heftet en usikkerhet til disse resultatene, da vi i første omgang ikke fikk tillatelse til å fiske direkte under anlegg. Fisken som ble benyttet høsten 2004 var derfor 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. På grunn av nevnte misforhold mellom resultater fra de eksperimentelle preferanse tester og praktisk erfaring med villtorsk rundt oppdrettsanlegg, ønsket vi å verifisere disse funnene i videreføringen av prosjektet med fisk fanget direkte under oppdrettsanlegg.

3.1.1 Forsøksdesign og metodebeskrivelse

Eksperimentelle studier ble gjennomført i samme forsøksoppsett som tidligere; tre sirkulære kar koblet sammen i serie (Figur 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. Her var vannforsyningen satt til 20 liter per minutt per kar med vannstrømhastighet 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 (Figur 1). Vannutløpene var perforerte vertikalstilte rør (110 mm 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 fra et kar med laks, eventuelt væske med enhver ønsket egenskap. Denne tilsetningen 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 to elektriske pumper med samlet kapasitet til å levere ca. 400 ml per minutt, eller 2% av vannforsyningen per kar.



Figur 1 Eksperimentelt system for studier av adferd hos fisk - preferansekammer. Tre kar å 1.75 m^3 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 registrerte når fisken passerte gjennom rørene mellom karene, og dermed hvor fisken til enhver tid befant seg.

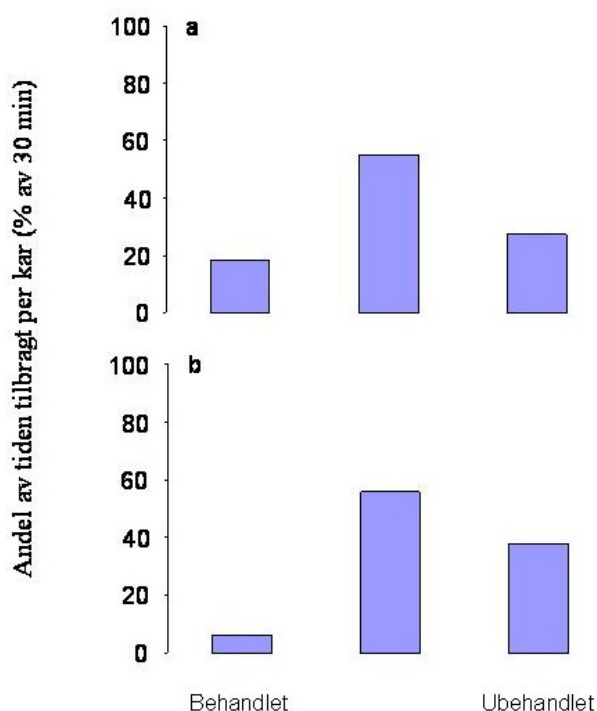
Studiet ble gjennomført med enkeltfisk i preferansekammeret og gjentatt flere ganger, hele tiden etter samme protokoll. Torsken ble merket med PIT merker etter kl 1500 dagen før forsøket startet og satt ut i kammeret for akklimering. Ved merking var torsken bedøvet med metakain (0.5 g per 10 liter vann). 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 fra et kar med laks. Klokken 1100 stanset tilsetningen, 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 gjentatte forsøk hvor ulike torsk har vært testet individuelt med samme behandling.

Torsken som ble benyttet var teinefanget i Øksfjorden. Teinene var satt direkte under merdene i et lakseoppdrettsanlegg, og området kan derfor sies å være eksponert for lakseoppdrett. Torsken valgte likevel å oppsøke denne lokaliteten og oppholdt seg like under anlegget da den ble fanget. Torsken ble transportert til Havbruksstasjonen i Tromsø, Kårvika, hvor den ble lagret i et sirkulært kar forsynt med ubehandlet råvann. Fisken var lagret i dette karet frem til den ble satt over i preferansesystemet. Forsøkene startet to uker etter at fisken var ankommet Havbruksstasjonen.

3.1.2 Adferdsrespons hos stasjonær kysttorsk

De 7 torskene som inngikk i dette forsøket veide i gjennomsnitt $1.3 \text{ Kg} \pm 0.6 \text{ Kg}$ standard avvik, noe som er sammenlignbart med tidligere gjennomført forsøk på stasjonær torsk (gjennomsnittsvikt 1.3 kg , $\pm 1.1 \text{ Kg}$ standard avvik). Seks av disse fiskene responderte ved å redusere oppholdstiden i kar med tilsatt laksevann, mens en fisk hadde lik oppholdstid uavhengig av behandling. Resultatene sett under ett viser en statistisk signifikant endring i oppholdssted ved tilsetning av vann fra kar med laks (Figur 2; $P < 0.001$). Disse resultatene er ikke forskjellige fra 2004 ($P > 0.05$). Som i 2004 var fisken relativt aktiv og benyttet alle tre karene også i periodene med behandling.



Figur 2 Andel av tiden som 7 stasjonære kysttorsk tilbrakte i ulike kar i preferansekommeret. Behandlingen var tilsetning av 2 % 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.

Resultatene fra videreføringen av prosjektet med fisk som med sikkerhet har oppholdt seg ved et lakseoppdrettsanlegg bekrefter dermed funnene fra forsøkene på stasjonær kysttorsk fra 2004. Torsken responderer med andre ord fortsatt negativt mot tilsetning av laksevann, men responsen hos den stasjonære kysttorken fra en fjord med lakseoppdrett er ikke like markert som hos hva vi antar er oppdretts-naiv torsk.

3.1.3 Oppsummering eksperimentelle studier

Valideringen av forsøk på stasjonær torsk bekrefter resultatene fra 2004; torsk fanget i nærheten av oppdrettsanlegg unngår også vann fra kar med laks i de eksperimentelle studiene. Tidligere har vi vist at denne adferden er knyttet til luktbårne faktorer. Fisken som ble testet i denne studien oppholdt seg under et oppdrettsanlegg da den ble fanget, og vi kan nå være sikre på at torsken i forsøket ikke skyr unna oppdrettsanlegg i naturen. Denne fisken responderer likevel på lukt fra laks under forhold der det er likegyldig hvor den ellers oppholder seg. Dette kan bety at torsken har andre fordeler av å oppholde seg i nærheten av oppdrettsanlegg, og at disse ikke kommer til uttrykk i adferden den viser i laboratoriet (Sæther et al., 2007).

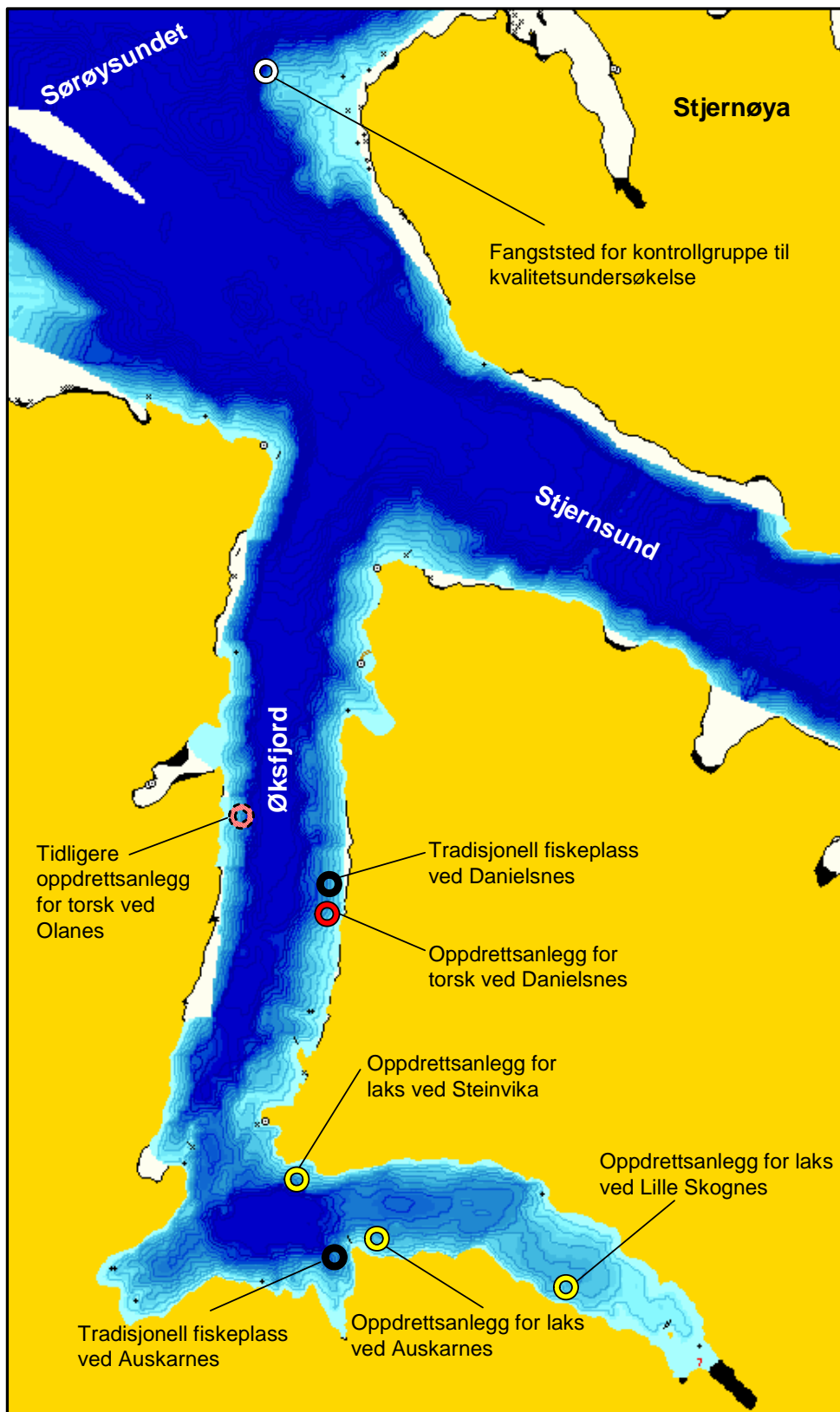
3.2 Feltstudier – hovedmål 2) Vandringsadferd og habitatvalg

I første og andre fase av prosjektet har det blitt gjennomført klassiske fangst-merke-gjenfangststudier for å framskaffe kunnskap over tid om habitatbruk og økologi til torsk i en fjord med intensiv oppdrettsaktivitet (Svåsand et al., 2004; Bjørn et al., 2005). Feltstudien i Øksfjord har gitt oss bedre kunnskap om økologien til fjordtorsk i oppdrettsintensive fjorder, og viser at fjordtorsk utnytter oppdrettsanlegg som kunstige habitat for skjul og mat, i hvert fall i perioder av året (Bjørn et al., 2005). Spesielle forhold i Øksfjord gjennom utbrudd av Pankreas disease, nedslakting av torsk og laks høsten 2004 og gjenutsett våren 2005, har gitt oss mulighet til å studere effekten av reetablering på habitatvalg og vandringsmønster til fjordtorsk (**delmål 1**). I tillegg er det inkludert et pilotprosjekt for å vurdere om sensorisk kvalitet på sei og torsk som fanges rundt oppdrettsanlegg er annerledes enn sei og torsk fanget på tradisjonelle fiskeplasser (**delmål 2**).

3.2.1 Forsøksdesign og metodebeskrivelse

I videreføringen av prosjektet har vi forlenget fangstprogrammet av fjordtorsk i Øksfjord i henhold til metodikker utviklet i tidligere deler av prosjektet (Svåsand et al., 2004; Bjørn et al., 2005). Teinene har blitt satt både rundt oppdrettsanlegg og på to tradisjonelle fiskeområder i fjorden (Figur 3). På hver av lokalitetene satte vi 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. 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 Fiskeriforsknings 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 forenklet utvalg av ektoparasitter (Bjørn et al., 2005). Til sammen med langtidsserien over habitatvalg og vandringsmønster (våren 2004 til våren 2006), vil disse dataene kunne gi grunnleggende informasjon om økologien til vill torsk i en fjord med intensiv oppdrettsaktivitet. Inkludert i dette arbeidet er det også en pilotstudie for å vurdere om sensorisk kvalitet på sei og torsk som fanges rundt oppdrettsanlegg er annerledes enn sei og torsk fanget på klassiske fiskeplasser: I april 2006 ble totalt 30 villtorsk fanget for

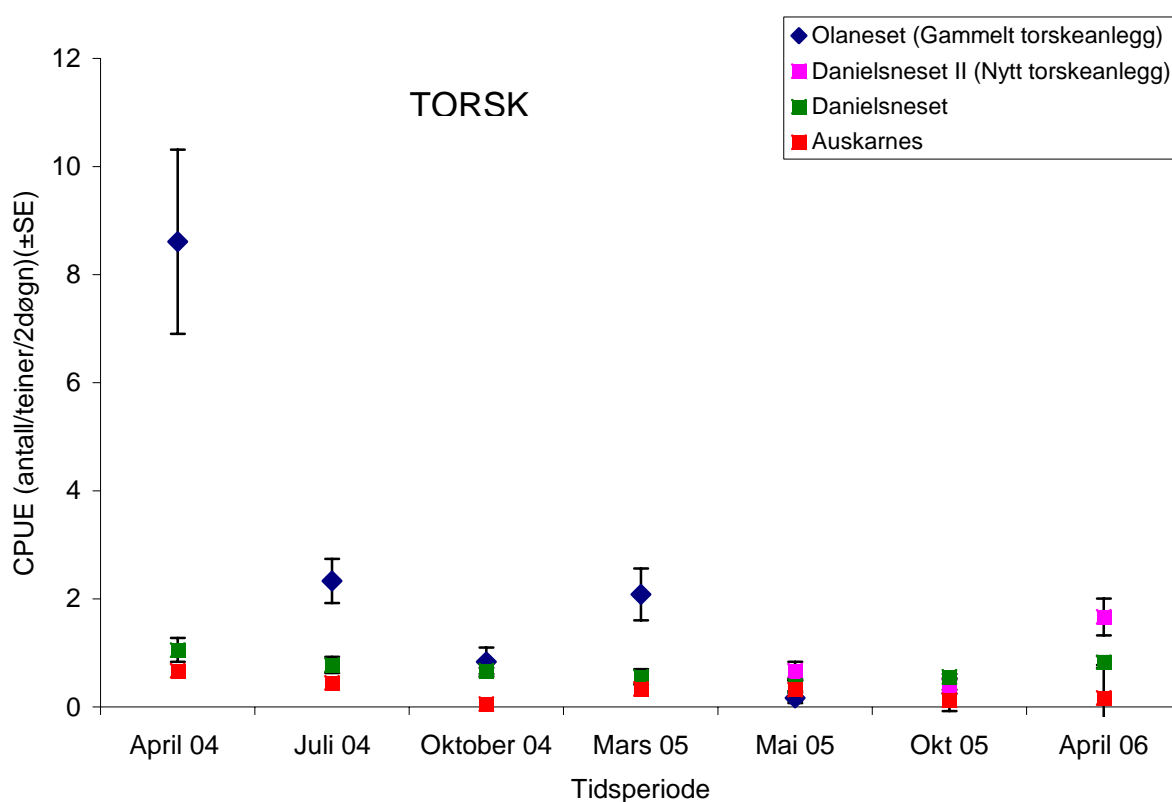
kvalitetsundersøkelser. 15 torsk ble fanget med teiner ved et av lakseoppdrettsanleggene i de indre oppdrettsintensive områdene av Øksfjord ("Lille Skognes", 70°07'40N-22°28'00Ø). 15 referansetorsk ble fanget med garn i områder uten oppdrett ytterst i Stjarnsundet/Stjernøya (Stjernfoten, 70°17'00N-22°25'00Ø) (Figur 3). All fisk ble umiddelbart avlivet og pH i blod og muskel ble registrert (WTW 330/Set-1 pH Meter, Wissen schafliclich-Technische Werkstatt, Weilheim, Germany, med en Hamilton dobbelpore glasselektrode (Hamilton Bonaduz, Switzerland). Etter utblødning (20 min i rennende vann) ble fisken individuelt merket og lagt på is gjennom hele feltperioden. Omtrent 6 timer etter fangst ble fisken sløyd, og lengde, totalvekt, levervekt, kjønn, gonadevekt og ny pH muskel ble registrert. PH muskel målingene ble deretter gjentatt etter 12 og 24 timer og så transportert til Tromsø for ytterligere laboratorieundersøkelser. Fultons K-faktor ble beregnet både for rund og sløyd fisk, og leverindeks ble beregnet for å anslå hvor stor andel av fiskens totale vekt som utgjøres av leveren (Akse og Midling, 1997). Kvaliteten på fileten ble vurdert ut fra en filetindeks som går fra 0-13, der 0 er best kvalitet og 13 dårligst, og der kriterier som lukt, farge, konsistens og spalting inngår (se Akse og Midling 1997 for ytterligere detaljer).



Figur 3 Kart over Øksfjorden. Sirkler indikerer fangstlokaliteter eller oppdrettsanlegg beskrevet i rapporten.

3.2.2 Habitatbruk og økologi til torsk i oppdrettsintensive områder

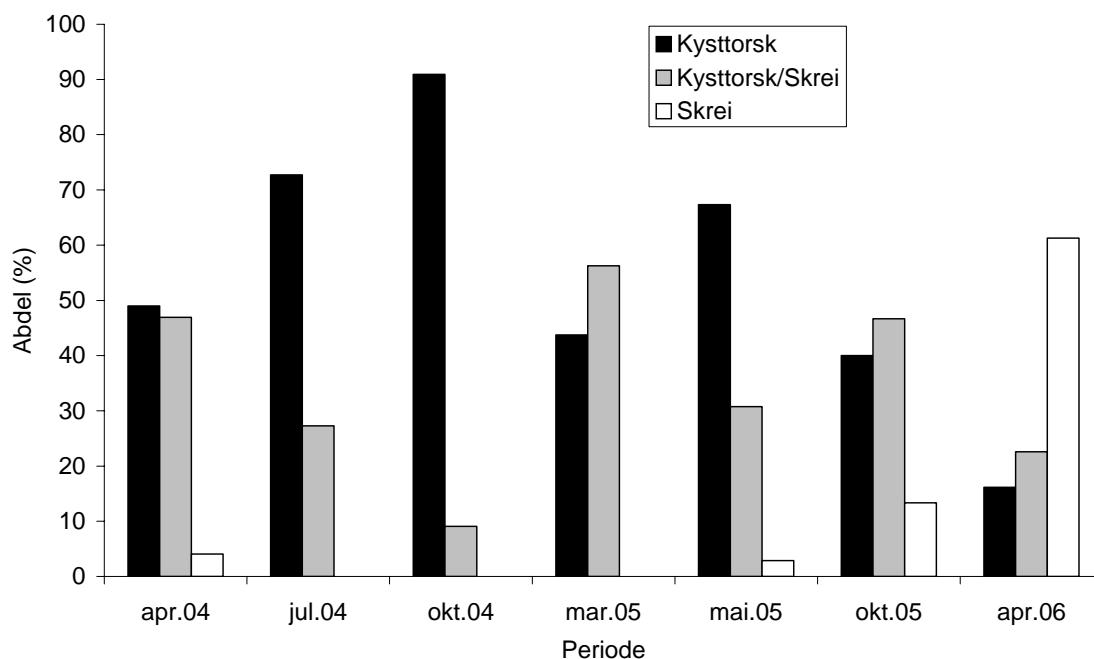
Våre resultater indikerer at det var kraftig forhøyet tetthet av torsk rundt oppdrettsanlegget på Olaneset i april 2004 sammenlignet med tradisjonelle fiskeplasser i fjorden. Fangst per innsats var på nesten 9 torsk per teine (Figur 4). På begge referanselokalitetene var fangsten betydelig lavere, rundt 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 på Olaneset. Det var istedenfor blitt etablert en ny oppforingslokalitet for torsk på Danielsnes der vi fra før har en lang tidsserie uten oppdrett. Dermed kunne effekter av etablering studeres (Danielsneset II). Resultatene viste igjen en økning i fiskemengde etter reetableringen, og CPUE var høyere vinteren 2006 på Danielsnes II i forhold til før etablering og tradisjonelle fiskeplasser (Figur 4).



Figur 4 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. Det ble benyttet 6-9 teiner på hver lokalitet. Olaneset (gammelt torskeanlegg) ble slakta ut i mai 2005 men fysiske installasjoner ble ikke fjernet før i mai 2005. Danielsneset II (nytt torskeanlegg) ble etablert i mai 2005.

Våre genetiske undersøkelser (Stenvik et al., 2006) viser at det hovedsakelig er kysttorsk eller heterozygot som oppholder seg i Øksfjorden, men at sammensetningen også varierte over tid (Figur 5). Det sammenslåtte materialet fra Øksfjorden viste at bestanden i fjorden bestod av omkring 50 % kysttorsk, litt under 50 % heterozygot (kysttorsk/skrei) samt et lite innslag skrei på våren 2004. Andelen skrei forsvant helt i påfølgende prøvefiskrunder, men andelen kysttorsk økte gradvis utover sommeren og høsten 2004. Vinteren 2005 (mars og mai 2005)

økte igjen andelen heterozygote og skrei, mens det ble observert relativt mer skrei i fjorden vinteren 2006.



Figur 5 Prosentvis (%) fordeling av kysttorsk, heterozygote (kysttorsk/skrei) og skrei av totalfangsten av torsk i Øksfjord i perioden 2004 - 2006. Se Figur 3 for nærmere beskrivelse av fangstlokalitetene.

Våre merke-gjenfangst studier understreker i tillegg at enkelte av torskene er svært stasjonære, både rundt oppdrettsanlegget og på de andre lokalitetene. Gjenfangsten er generelt svært høy og enkelte av individene har blitt gjenfanget flere 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 Øksfjord.

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 merkested" 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).

Merkested	Gjenfangst (%)	Gjentatt gjenfangst (2-6 ganger) (%)	Gjenfangst på merkested (%)	Lengde (cm) (\pm SE)
Ved oppdrettsanlegg for torsk (<i>Olanes</i> og <i>Danielsnes II</i>)	24	24	98	51 (1.3)
Ved tradisjonelle fiskeplasser (<i>Danielsnes</i> , <i>Auskarnes</i> og <i>Hella</i>)	32	17	92	43 (2.1)
Totalt	25	21	94	48 (1.2)

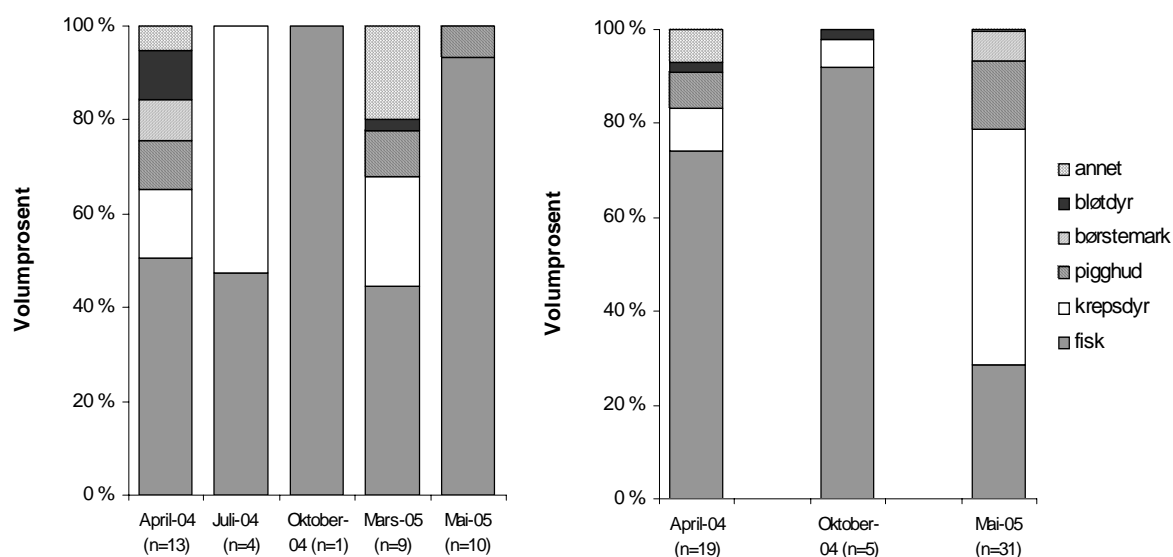
3.2.3 Næringsvalg og parasittinfeksjon

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 moderat til 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, senere også Danielsnes II (mai 2005) og på tradisjonelle fiskeplasser i fjorden.

Tabell 2 Parasittinfeksjon hos torsk fanget i Øksfjorden. Undersøkelsen omhandler kun et utvalg ektoparasitter. Lokalitet 1 er ved torskeoppdrettsanlegg (Olanes i perioden april 2004 – mars 2004, og Danielsnes II i mai 2005). Lokalitet 2 er sammenslåtte resultater fra tradisjonelle fiskeplasser (Danielsnes og Auskarsnes). Abundans angir gjennomsnittlig antall parasitter for totalfangst, mens prevalens angir prosentvis infeksjon av totalfangst.

Torskkelus	April 2004		Juli 2004		Oktober 2004		Mars 2005		Mai 2005	
	Lok 1	Lok 2	Lok 1	Lok 2	Lok 1	Lok 2	Lok 1	Lok 2	Lok 1	Lok 2
abundans ± (SD)	0,12 (0,33)	1,13 (1,90)	0,70 (0,95)	...	1,0 (0)	5,1 (11,7)	0,15 (0,38)	...	0,25 (0,45)	0,18 (0,39)
prevalens	11,5	50,0	40,0	...	100	75,0	15,4	...	25,0	17,6
n	26	24	10	...	3	8	13	...	12	34
min	0	0	0	...	1	0	0	...	0	0
maks	1	9	2	...	1	34	1	...	1	1
Skottelus										
abundans ± (SD)	0	0,29 (0,55)	0,20 (0,42)	...	1,3 (1,5)	14,8 (38,1)	0,08 (0,28)	...	0,08 (0,29)	0,06 (0,24)
prevalens	0	25,0	20,0	...	66,7	50,0	7,7	...	8,1	5,9
n	26	24	10	...	3	8	13	...	12	34
min	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0
maks	0	2	1	...	3	109	1	...	1	1
Sortprikk										
abundans ± (SD)	20,9 (50,3)	35,1 (85,3)	80,1 (123,0)	...	9,7 (11,7)	27,1 (33,8)	20,1 (33,0)	...	40,8 (52,9)	44,2 (76,3)
prevalens	88,5	79,2	90,0	...	100	75,0	92,3	...	75,0	85,3
n	26	24	10	...	3	8	13	...	12	34
min	0	0	0	...	1	0	0	...	0	0
maks	237	312	350	...	23	80	122	...	167	390
Torskens gjellemark										
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)	...	0,83 (1,27)	0,35 (0,65)
prevalens	23,1	25,0	20,0	...	33,3	12,5	23,1	...	41,7	26,5
n	26	24	10	...	3	8	13	...	12	34
min	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0
maks	4	3	1	...	2	5	3	...	4	2
(C. adunca)										
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)	...	0,17 (0,39)	0,41 (0,56)
prevalens	30,8	33,3	30,0	...	66,7	37,5	46,2	...	16,7	38,2
n	26	24	10	...	3	8	13	...	12	34
min	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0
maks	3	3	6	...	1	9	2	...	1	2
(H. confusus)										
abundans ± (SD)	4,0 (8,57)	1,1 (2,1)	2,0 (1,4)	...	1,67 (1,53)	0,75 (1,39)	2,5 (2,4)	...	5,6 (5,6)	3,5 (2,9)
prevalens	57,7	41,7	80,0	...	66,7	25,0	69,2	...	83,3	85,3
n	26	24	10	...	3	8	13	...	12	34
min	0	0	0	...	0	0	0	...	0	0
maks	43	9	4	...	3	3	7	...	20	10

Det er vanskelig å trekke slutninger på basis av næringsvalget til torsk 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 6). 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 på Olaneset og på tradisjonelle fiskeplasser i fjorden. Etter etableringen av oppdrettsanlegg på Danielsnes II (våren 2005), ble det imidlertid funnet en nesten utelukkende fiskediett hos torsk under oppdrettsanlegget mens dietten var mer variert på tradisjonelle fiskeplasser. Dette kan tyde på at vill torsk under oppdrettsanlegget beitet på overskuddslodde fra føring.



Figur 6 Sammensetning av mageinnhold hos teinefanget torsk i Øksfjorden ved ulike tider på året, angitt som volumprosent av hovedgrupper byttedyr. Figuren til venstre viser torsk fanget ved oppdrettsanlegg for torsk (Olanes i perioden april 2004 – mars 2004, og Danielsnes II i mai 2005). Figuren til høyre viser torsk fanget ved tradisjonelle fiskeplasser (Danielsnes og Auskarsnes).

3.2.4 Sensorisk kvalitet på fisk under oppdrettsanlegg

Råstoffet i de to uttakene var torsk og sei som ble fisket under oppdrettsanlegget "Lille Skognes" og "Steinvika" og i kontrollområdet ved Stjernøya/Stjernesundet (Figur 3). Under forklares de to uttakene gjennom fangststed, fiskeredskaper og fiskesorter som ble benyttet.

Tabell 3 Biologiske parametere for torsk som ble fisket i kontrollområdet i Stjernøya/Stjernesundet (fisket med garn) og rundt laksemerdene (fisket med teine) innerst i Øksfjord i **april 2006**. Resultatene presenteres som gjennomsnittsverdier og +- konfidensintervall.

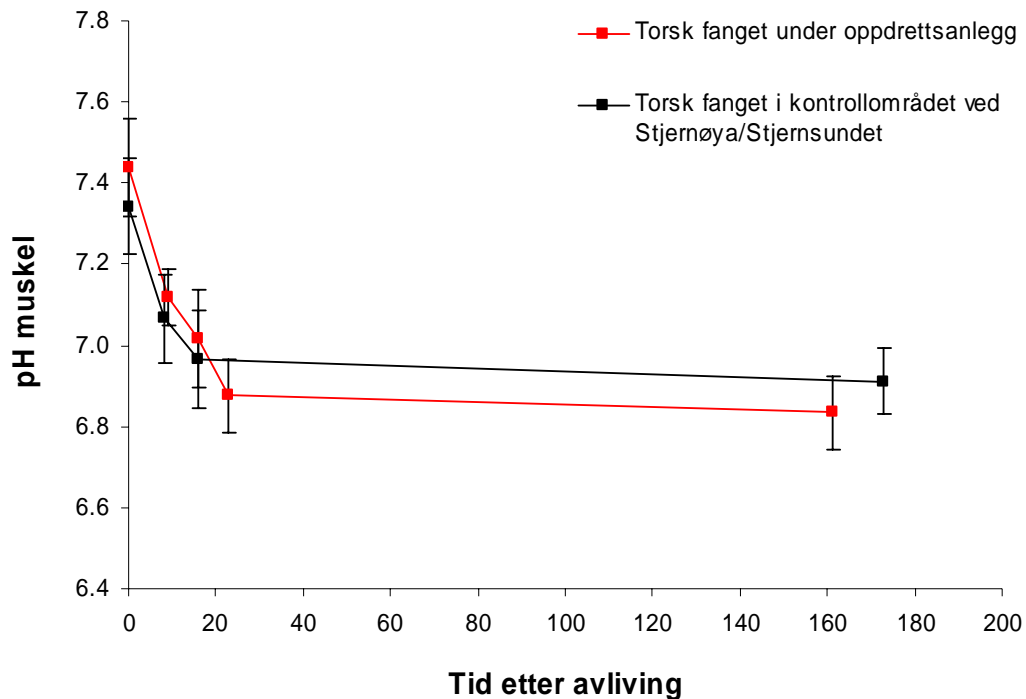
<i>Parametere</i>	<i>Snittverdier for torsk fisket med garn i kontrollområdet uten oppdrett i Stjernesundet. N=15.</i>	<i>Snittverdier for torsk fisket med teine rundt laksemerder inne i Øksfjord. N=15.</i>
Lengde (cm)	75,1 ± 3,10	58,7 ± 9,40
Vekt (g)	4066 ± 487	2499 ± 1958
K-faktor rund	0,95 ± 0,02	0,91 ± 0,06
K-faktor sløyd	0,73 ± 0,02	0,75 ± 0,05
Leverindeks	11,04 ± 2,43	4,37 ± 1,42
pH blod	7,64 ± 0,06	7,71 ± 0,06
pH muskel	7,34 ± 0,12	7,44 ± 0,12
Filetindeks	4,40 ± 0,66	2,80 ± 0,44

Resultatene viser at torsken fanget i kontrollområdet uten oppdrettsaktivitet i april 2006 var lengre og tyngre enn torsken fanget under laksemerdene (Tabell 3). Av den runde og sløyde kondisjonsfaktoren kan vi se at det var liten forskjell mellom de to gruppene av torsk. Leverindeksen var høyere for gruppen av torsk som ble fanget i kontrollområdet, noe som tyder på at denne fisken har hatt best mat tilgang. Når det gjelder pH blod og muskel rett etter død er det liten forskjell mellom gruppene. Det er spesielt siden vi vet at fangstmetoden kan påvirke pH umiddelbart etter død. Torsken fanget med teine under oppdrettsanlegget ble sannsynligvis fanget og avlivet skånsomt og har derfor høy pH i muskel og blod. Fisken som ble fanget i Stjernesundet ble fisket med garn noe som ofte gir fisk med lav pH på grunn av kjemping i garnet. Som resultatene viser har fisken fanget med garn allikevel høy pH i blod og muskel. Dette kommer sannsynligvis av at kun levende fisk i god form ble selektert ut til undersøkelsene for å få best mulig sammenligningsgrunnlag med teinefangsten rundt oppdrettsanlegg. Filet indeksen for de to gruppene av fisk viser at torsken fanget i kontrollområdet hadde noe forhøyet verdi i forhold til torsken fanget under oppdrettsanlegget. Det vil si at filetene til torsken fanget under anlegget ble vurdert som best. Samtidig som filetindeksen ble målt ble tilstedeværelse av mørke blodårer i fileten registrert. Fisken fanget i kontrollområdet hadde ikke mørke blodårer, mens hos fisk fanget under laksemerdene hadde 12 av 15 individ mørke blodårer, noe som indikere forspising (Cooper and Midling, 2007).

Tabell 4 Biologiske data for torsk og sei som ble fisket ved kontrollområdet ved Stjernesundet/Stjernøya. I tillegg ble torsk og sei fisket under laksemerdene innerst i Øksfjord i **oktober 2006**. Resultatene presenteres som gjennomsnittsverdier og +- konfidensintervall.

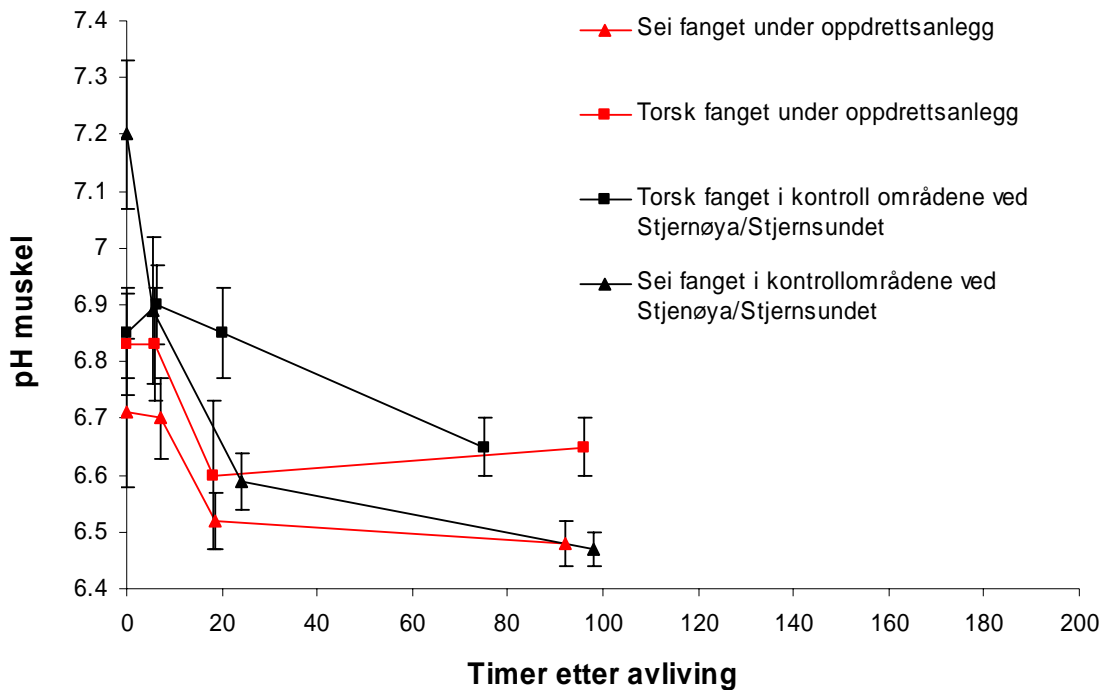
Parametere	Snittverdier for torsk og sei fisket med snøre i Stjernesundet/Stjernøya.		Snittverdier for torsk og sei fisket med snøre under laksemerder innerst i Øksfjord.	
	Sei, N= 15	Torsk, = 12	Sei, N= 15	Torsk, = 15
Lengde (cm)	74,1 ± 7,3	60,6 ± 3,9	42,4 ± 1,3	73,7 ± 8,7
Vekt (g)	4743 ± 1312	2249 ± 436	824 ± 74	4627 ± 1547
K-faktor rund	1,08 ± 0,05	0,97 ± 0,07	1,07 ± 0,03	0,99 ± 0,07
K-faktor sløyd	0,78 ± 0,03	0,65 ± 0,04	0,77 ± 0,02	0,63 ± 0,04
Leverindeks	6,84 ± 0,98	3,26 ± 0,67	6,52 ± 1,03	7,40 ± 1,95
pH blod	7,19 ± 0,07	7,66 ± 0,04	7,49 ± 0,08	7,59 ± 0,06
pH muskel	7,20 ± 0,13	6,85 ± 0,08	6,71 ± 0,13	6,83 ± 0,09
Filetindeks	2,8 ± 1,06	0,70 ± 1,14	1,1 ± 0,72	1,7 ± 1,14

I uttaket i oktober ble både sei og torsk fanget (tabell 4). Fisken ble fisket under oppdrettsanlegget "Steinvika" innerst i Øksfjorden og i kontrollområdet uten oppdrettsaktivitet i Stjernesundet/Stjernøya. De to gruppene av torsk er litt forskjellige når vi ser på fiskens lengde og størrelse. Torsken fanget i kontrollområdet var kortere og veide mindre enn torsken fanget under anlegget. Det var ikke forskjell i rundt og sløyd kondisjonsfaktor for gruppene. Når det gjelder seien var den som ble fanget i kontrollområdet lengre og tyngre enn den fanget under anlegget, men også her var det ingen forskjell i rundt og sløyd kondisjonsfaktor. Leverindeksen for de to gruppene av sei var lik, mens for torsken hadde den som ble fanget under oppdrettsanlegget høyere indeks. Det vil si at den har hatt bedre tilgang av mat og dermed kunne bygge opp en større lever. pH i blod for seien fisket med snøre i kontrollområdet ved Stjernøys/Stjernesundet var lavere enn den fanget under oppdrettsanlegget, mens pH i muskel var høyere enn for tilsvarende gruppe. For de to gruppene av torsk var der liten forskjell med hensyn på pH i blod og i muskel. pH i blod og i muskel umiddelbart etter død påvirkes i hovedsak av fiskens aktivitet før den dør. Det vil si at fiskeredskap og tiden fisken oppholder seg på denne påvirker resultatet mye. Filetindeksen for de to gruppene av sei viser at den som ble fisket lengst unna oppdrettsanlegget hadde høyest verdi noe som indikerer at kvaliteten ble vurdert som mindre god enn den som ble fanget under anlegg. Generelt viser resultatene likevel at verdiene for alle gruppene av fisk er lav noe som viser at kvaliteten er god. Mørke blodårer ble også registrert i oktober uttaket og det viste seg igjen at torsk og sei fanget rundt oppdrettsanlegget hadde høyere forekomst av mørke blodårer i filetene enn sei og torsk fra kontrollområdet. pH målinger fra uttaket i april viser at pH i muskelen hos torsk rett etter død var veldig like (Figur 7). Torsken som ble fisket ved kontrollområde ved Stjernøya/Stjernesundet lå høyt i pH i muskel, noe som indikerer at den ikke har kjempet mye før den ble avlivet. Slutt pH og forløpet for disse to gruppene av torsk var heller ikke forskjellige, noe som er fornuftig ut fra de biologiske målingene som viste at der var liten forskjell mellom de to gruppene av torsk.



Figur 7 Viser utviklingen av muskel pH under kjølelagring hos torsk fanget under oppdrettsanlegg og kontrollområdet ved Stjernøya/Stjersundet. Uttaket ble gjennomført i april 2006.

Når det gjelder resultatene fra oktober uttaket skiller seien fra kontroll området ved Stjernøya/Stjersundet seg fra seien som ble fanget under oppdrettsanlegget (Figur 8). Den hadde 7,2 i pH muskel rett etter død, mens seien fra kontrollområdet ved Stjernøya/Stjersundet hadde en pH på 6,71. Videre i lagringen utvikler pH muskel for disse to gruppene ganske likt og slutt pH er helt lik. pH muskel rett etter død for torskegruppene er helt lik, de utvikler seg litt forskjellig men slutt pH er lik. Det at resultatene for sei og torsk som er fanget ved kontroll området og under oppdrettsmerkene er så pass like er som forventet ut fra at de biologiske målingene også er så like.



Figur 8 Viser utviklingen av muskel pH under kjølelagring hos torsk og sei fanget under oppdrettsanlegg og kontrollområdet ved Stjernøya/Stjernesundet. Uttaket ble gjennomført i oktober 2006.

3.2.5 Oppsummering feltstudier

Til sammen vil alle disse dataene kunne gi informasjon om økologien til torsk i en fjord med oppdrettsaktivitet, samt *indikere* om kysttorsk har forandret sitt adferdsmønster generelt i en fjord med oppdrettsaktivitet. Det er imidlertid vanskelig å bruke dataene 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. Dette gjaldt både før driften opphørte på oppdrettsanlegget på Olaneset (våren 2004), og samme tendens ble også gradvis observert etter at oppdrettsanlegget på Danielsnes II ble reetablert. Det kan derfor se ut som om en betydelig del av torsken i Øksfjorden samles rundt oppdrettsanlegg og bruker dette som et "kunstig rev", i hvert fall i deler av året. Våre genetiske undersøkelser understreker at det er mest kysttorsk eller heterozygote (kysttorsk/skrei) som oppholder seg i fjorden, selv om dette mønsteret også endrer seg over tid (mer fjordtorsk sommer og høst i forhold til vinter), samt at en økende mengde skrei ble observert i siste del av prosjektperioden. Merke-gjenfangst data (samt parasittundersøkelsen) indikerer at enkelte av disse kan være svært stasjonære i fjorden, men at dietten ikke merkbart er preget av opphold rundt oppdrettsanlegg. Undersøkelsen viser derfor at den stedegne 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 oljeinstallasjoner (Løkkeborg et al., 2002). 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 påvist 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 dette. Bjordal 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. Nyere telemetristudier av vandringsadferd til sei i oppdrettsintensive områder, viser også at seien aggregeres rundt oppdrettsanlegg men også at de regelmessig vandrer mellom anlegg (Uglem et al., in prep). Nyere videostudier av aggregering av marin fisk rundt oppdrettsanlegg (Hitra og Øksfjord), viser også en betydelig høyere tetthet av torsk og sei rundt oppdrettsanlegg (nærmere enn 25 m) enn lengre unna (200 m) (Demster et al., in prep). Disse resultatene, sett i sammenheng med resultatene i denne studien, indikerer derfor at oppdrettsanlegg virker tiltrekkende på lokale bestander av fjordtorsk, og sannsynligvis også sei. En del av fiskene som aggregeres rundt oppdrettsanlegg, beiter på forspill og feces fra anleggene. Fjordfiskere i Ryfylket har hevdet at dette påvirker kvaliteten på sei svært negativt. Foreløpige resultater fra Havforskningsinstituttet (Salthaug, 2006) viser også at sei i oppdrettsintensive områder av Ryfylket har høyere individvekst, høyere kondisjon og lavere alder ved kjønnsmodning enn sei fra Utsira. Fiskere har også hevdet at også torsk har dårlig kvalitet i oppdrettsintensive områder (Maurstad et al., i trykk), men foruten Skog et al. (2003) finnes det lite dokumentasjon på kvalitet til sei og torsk i oppdrettsintensive områder. Som en del av dette prosjektet har vi derfor undersøkt kvalitet på sei og torsk på våren og høsten 2006 i de indre oppdrettsintensive områdene av Øksfjord samt i et kontrollområde uten oppdrett. Våre resultater indikerer ingen betydelige kvalitetsforskjeller verken hos torsk eller sei i nordlige fjorder med oppdrett. Dette er noe overraskende i forhold til fiskerobservasjoner og tidligere studier (Skog et al., 2003; Salthaug, 2006), men bekreftes for så vidt også av at det i Øksfjord foregår et kommersielt fiske rundt oppdrettsanleggene i indre fjord (Figur 9). Studien vil derfor bli fulgt opp med nye studier langs hele Norskekysten sommeren 2007 (Bjørn in prep).



Figur 9 Viser fjordfiske med garn, hovedsakelig etter sei men også noe torsk blir fanget, rundt en av oppdrettslokalitetene (Steinvika) i indre del av Øksfjord i oktober 2006.

3.3 Feltstudier – hovedmål 3) Validering av luktstudien i naturlige systemer

Våre tidligere laboratorieundersøkelser viser at vandrende kysttorsk unngår lukt fra høye tettheter av annen fisk, mens feltresultatene viser at torsk aggregeres rundt oppdrettsanlegg, noe som synes motstridende (se Bjørn et al., 2005 for ytterligere detaljer). Et hovedmål med videreføringen av dette prosjektet var derfor å validere laboratoriestudiet gjennom nye forsøk i naturlige systemer. Mye av innsatsen er lagt ned i dette delprosjektet.

For å validere laboratoriestudiet har vi gjennomført et atferdsstudium på innvandrende gytetorsk i Øksfjord systemet, dvs. i et full skala fjordsystem. Halvparten av fisken fikk luktesansen blokkert i henhold til metodikk benyttet i laboratoriestudien (Bjørn et al., 2005). Fisken ble deretter gjenutsatt på to steder i fjorden, indre og ytre, for å teste følgende prediksjoner:

Indre gruppe – satt ut i indre oppdrettsintensive områder av Øksfjorden

- Fisk med intakt luktesans vil forlate utsettingsstedet ved et oppdrettsanlegg raskere enn fisk uten luktesans.

- Fisk med inntakt luktesans vil unngå nærområdene til oppdrettsanlegg. I praksis betyr dette at fisk med luktesans sjeldnere blir registrert ved oppdrettsanlegg enn fisk uten luktesans.
- Fisk med luktesans vil forlate de oppdrettsintensive indre fjordområdene tidligere enn fisk uten luktesans.

Ytre gruppe – satt ut i ytre områder av Øksfjorden (dvs. nært fangststed)

- Fisk med luktesans forlater utsettingsstedet ved oppdrettsanlegget tidligere enn fisk uten luktesans.
- Fisk med luktesans vil unngå å vandre inn i de oppdrettsintensive indre områdene av fjorden.

3.3.1. Forsøksdesign og metodebeskrivelse

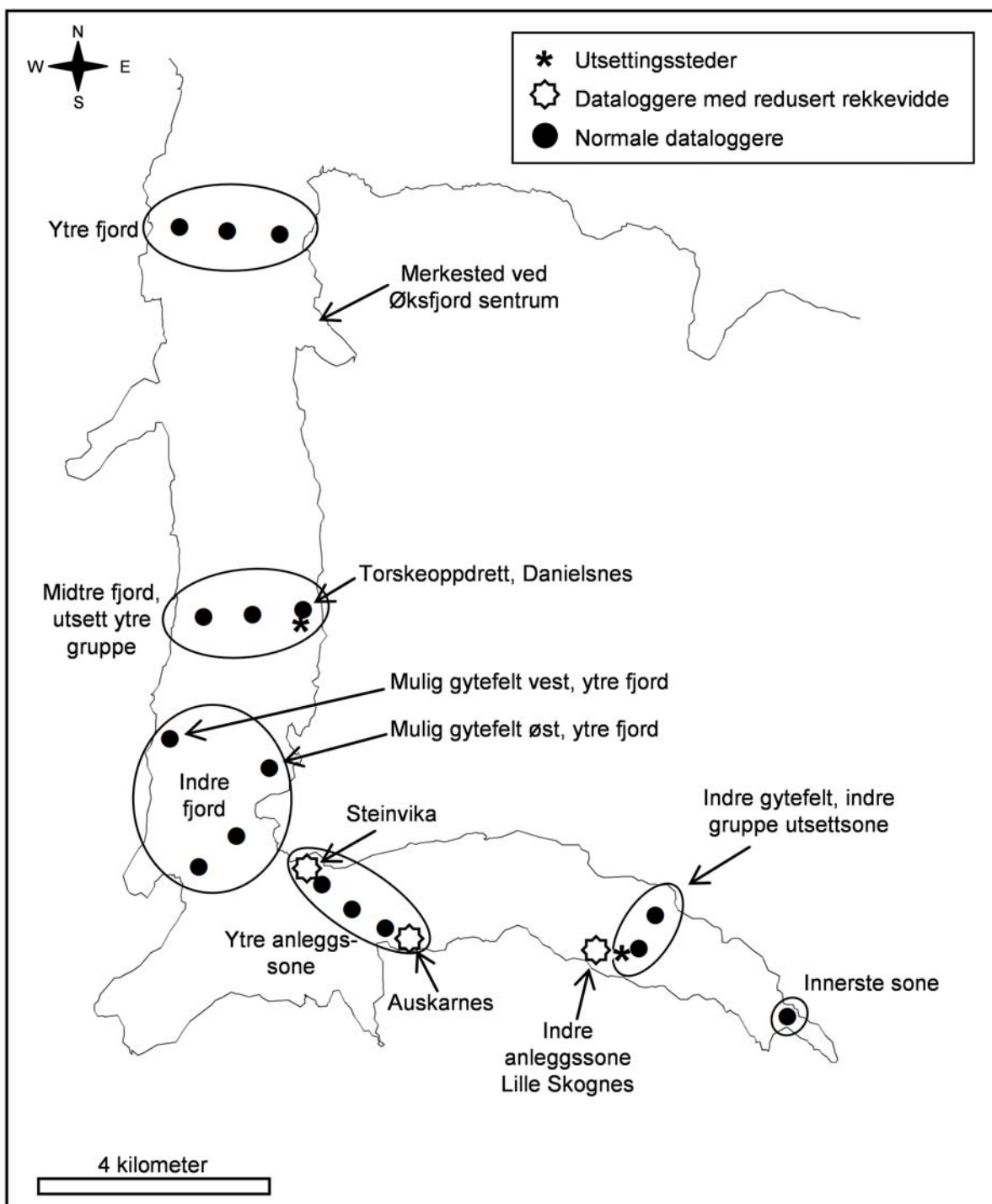
Studien ble gjennomført i Øksfjorden (70°09'N 22°17'E) i Finnmark (Figur 3). Øksfjorden er 23 km lang og dekker et areal på ca 58 km². Halvveis inne i fjorden ligger en liten terskel med et dyp på 140 m. Maksimalt dyp utenfor og innenfor terskelen er på henholdsvis 390 og 240 m. På vinteren har fjorden en homogen lav temperatur, mens termokliner og halokliner bygges opp i det øverste laget i løpet av sommeren. Fjorden har kjente gytefelt for torsk (Maurstad and Sundet, 1998), og har tidligere hatt et betydelig fiskeri på fjordtorsk og på innvandrende kysttorsk på gytevandring (Maurstad et al., i trykk). I de senere år er det bygd opp en betydelig oppdrettsaktivitet i den indre delen av Øksfjorden. Forventet produksjon av laks og ørret for siste år forventes å komme opp i hele 7-8000 tonn (Håkon Volden, Grieg Seafood AS, pers. komm.), og vinteren 2006 var tre lokaliteter i bruk. I tillegg er det en mindre aktivitet basert på fangstbasert akvakultur av torsk i den ytre delen av fjorden hvor det tas imot villfanget torsk for lagring og oppforing (Figur 3).

Til sammen ble 60 torsk merket med akustiske sendere vinteren 2006 (indre gruppe ble merket 24. februar og ytre gruppe ble merket 26. februar). Halvparten av fisken fikk luktesansen blokkert (Tabell 5). All fisk ble fanget omtrent midtvegs inn i den ytre delen av Øksfjord (Figur 10). Vi antar derfor at fisken var på vandring inn i fjordsystemet. Innvandrende fisk ble fanget ved hjelp av standard torskegarn. Garna ble satt på innvandringsrutene som torsken vanligvis følger (Maurstad et al., i trykk). Garna stod kort tid i sjøen (7-9 timer) og ble trukket forsiktig for å skade fisken så lite som mulig. Vill fisk ble fanget i overskudd slik at kun individer uten synlige skader, og som kom seg godt i løpet av akklimatiseringsperioden ble merket. Akklimatiseringen foregikk ved at fisken ble holdt i flatbunna merder i Øksfjord i to til syv dager før de ble merket. Genetisk prøver ble tatt av fisken for å skaffe kunnskap om fiskens bakgrunn.

Tabell 5 Størrelse, vekt og genotype for fisk i de ulike gruppene merket med akustiske sendere i Øksfjord 2006

Gruppe	N	Lengde (cm)				Vekt (g)		Genotype		
		Snitt	Min	Maks	SD	Snitt	SD	Fjord	Skrei	Heterozygot
Indre gruppe, Ublokkert	15	69,2	61,0	80,5	5,73	3285	623	3	4	8
Indre gruppe, Blokkert	15	69,8	62,5	78,0	4,76	3349	579	1	9	5
Ytre gruppe, Ublokkert	15	66,8	59,0	73,0	5,01	2889	464	2	7	6
Ytre gruppe, Blokkert	15	71,0	62,0	84,0	6,27	3391	788	2	8	5

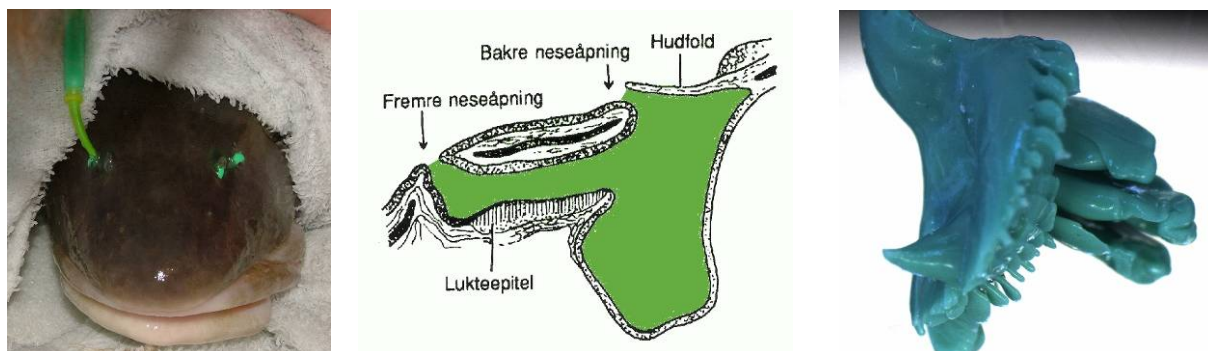
Merkingen foregikk ved siden av lagringsmerden i Øksfjord sentrum, dvs. i ytre deler av fjorden og derfor langt unna området med oppdrett. Like før merking ble fisken forsiktig håvet ut av merden, og bedøvet i en metacain-løsning (Norsk medisinaldepot, Norge, 0.05 g l⁻¹, bedøvelsestid 3:30 min ± 1:00 min, temperatur i løsning: 2-3,5 °C). Fisken ble deretter plassert med buken opp på et V-formet kirurgibord. Et skalpellsnitt (ca 1,5 cm) ble gjort i henhold til standard kirurgisk metodikk for merking av fisk med akustiske sendere. Senderen (VEMCO Ltd, Halifax, Nova Scotia, Canada, modell V13-1H-R256, 13 x 36 mm, vekt i vann: 6 g, frekvens 69 kHz, forhold sender masse mot fiske masse: 0.1 – 0.3 %) ble deretter forsiktig ført inn i bukhulen til fisken. Operasjonssåret ble lukket med to eller tre silkesuturer, før fisken satt tilbake til lagringsmerden (gjennomsnittlig operasjonstid: 2:30 ± 0:45 min). Fisken ble i tillegg merket med eksterne T-bar merker (Floy Tag Manufacturing Inc., Seattle, Washington) for identifikasjon i tilfelle gjenfangst. Etter operasjonen gjennomgikk fisken 5 dager rekonvalesens i flatbunna lagringsmerder før de ble transportert til utslippsstedet. Like før transport ble fisken håvet over i et transportkar (800 l) med sirkulerende vann. Transporttiden til utsettingsstedet var under en time og all fisk ble satt ut på flo sjø. Ved utsettingsstedet ble fisken forsiktig håvet ut av karet og satt ut i sjøen. All fisk viste normal svømmeadferd ved utsett. Indre gruppe ble satt ut ca 300-400 m. øst for oppdrettsanlegget "Lille Skognes" i indre Øksfjord 28. mars klokka 10:10, like utenfor rekkevidden til mottakeren med redusert rekkevidde på anlegget. Ytre gruppe ble satt ut like sørvest for torskeoppdrettsanlegget "Danielsneset II" i ytre Øksfjord 30. Mars klokka 16:50 (Figur 10). Undersøkellesperioden ble valgt for i best mulig grad dekke gyteperioden til lokal torsk, som i henhold til tidligere intervju med fiskere normalt foregår fra sist i mars og til begynnelsen av mai (Maurstad et al., i trykk).



Figur 10 Oversikt over plassering av lyttestasjoner og inndeling av soner i Øksfjord. Lokalisering av oppdrettsanlegg, gytefelt, merking og utsetting av merket fisk er også vist på kartet.

Luktens betydning for fiskens adferd i oppdrettsintensive fjorder ble studert ved at torskens luktelapper ble blokkert hos halvparten av fisken som ble satt ut i både indre og ytre gruppe. Fiskens lukteorgan ligger i to fordypninger på hver sin side av snuten, med en innstrømsåpning og en utstrømsåpning, og vannet ledes over luktelappen (Figur 11). 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 (Figur 11) og når fyllingen var fullstendig dannet dette en nøyaktig avstøpning av torskens lukterose sett slik at luktesansen blokkeres fullstendig (Sæther et al., 2007).



Figur 11 Blokkering av luktorgan 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 torskensese.

Bevegelsen til de merkede torskene ble registrert ved hjelp av 19 automatiske dataloggere (Vemco modell VR2) som ble satt ut både som gjerder på tvers av fjorden og enkeltvis (Figur 10). Mottakerne ble festet midt i vannsøyla til frittstående utlegg som ble satt ut på dyp som varierte fra 23 til over 300 m, med unntak av mottakerne på oppdrettsanleggene som ble plassert på 20 m dyp. Gjennomsnittlig avstand mellom mottakerne i gjerdene var 500 m. Rekkevidden til mottakerne ved oppdrettsanleggene var redusert ved at en vanntett konisk plastkopp ble limt over hydrofonen. Mottakerne registrerte og lagret kontinuerlig identitet, dato og tid for fisk som passerte innenfor dens rekkevidde. Disse dataene ble nedlastet regelmessig til en datamaskin. Tester av rekkevidde viste at standard mottakere var i stand til å fange opp signaler innenfor en radius av 600 – 700 m, mens rekkevidden til mottakerne med redusert rekkevidde var 150 – 200 m. For å verifisere dataene fra mottakerne samt øke detaljeringsgraden ytterligere, ble torsk også oppsporet manuelt ved hjelp av en mobil mottaker (VR 28, Vemco Ltd), som ble slept etter FF "Kobben" etter forhåndsbestemte transekter (fart: 12 km/t). Totalt ble det gjennomført 6 transekter inntil 14 dager etter utsett (29, 30 og 31 mars og 1, 5 og 10 april) som dekket mesteparten av fjorden.

For å analysere adferd og fordeling av torsk ble fjorden delt inn i 7 separate soner (Figur10):

1. *Innerste sone* som dekker gytefeltet innerst i Øksfjorden.
2. *Utsettssone for indre gruppe* som dekker gytefeltet på ryggen på tvers av indre Øksfjord;
3. *Indre anleggssone* ved oppdrettsanlegget "Lille Skognes".

4. *Ytre anleggssone* dekker de to oppdrettsanleggene på hver side av fjorden og transektet mellom dem.
5. *Indre fjord* som dekker overgangen mellom indre og ytre Øksfjord samt to lokale gytefelt.
6. *Midtre fjord* som dekker utslippstedet for ytre gruppe ved torskeoppdrettsanlegget ”Danielsnes” samt fjorden på tvers
7. *Ytre fjord* som dekker utløpet fra Øksfjorden.

Lyttebøyen som stod midtfjords i ytre sone, gikk tapt i løpet av prosjektperioden. Dette påvirket imidlertid ikke studiet vesentlig siden de andre lyttebøyene i ytre sone registrerte en høy andel av fisken (47 av 60). Syv av fiskene som ikke ble registrert i den ytre sonen så ut til å være stasjonære på utsettingsstedet eller ved andre lytteposter og ble dermed antatt å være døde. Denne antakelsen ble bekreftet ved at de samme fiskene ble gjenfunnet på samme posisjoner i juli 2006 (Uglem et al., in prep). Datamaterialet fra en fisk i indre gruppe og fem fisk i ytre gruppe er også svakt på grunn av få deteksjoner, og disse individene ble derfor også utelatt fra analysene. Resultatene som presenteres er derfor basert på de fiskene som vi med sikkerhet har gode data på, og ikke det opprinnelig antall merka fisk (Tabell 6).

Tabell 6 Antall fisk i de ulike gruppene som med sikkerhet forlot fjorden, som høyst sannsynlig døde og med ukjent skjebne på grunn av få registreringer. Antall fisk som forlot fjorden representerer det antall fisk som er inkludert i analysene

Gruppe	Luktensans	Merket	Forlot fjorden	Fisk som ble utelatt fra studiet	
				Antatt døde	Ukjent skjebne
Indre	Ublokkert	15	12	3	0
	Blokkert	15	11	3	1
Ytre	Ublokkert	15	13	0	2
	Blokkert	15	11	1	3

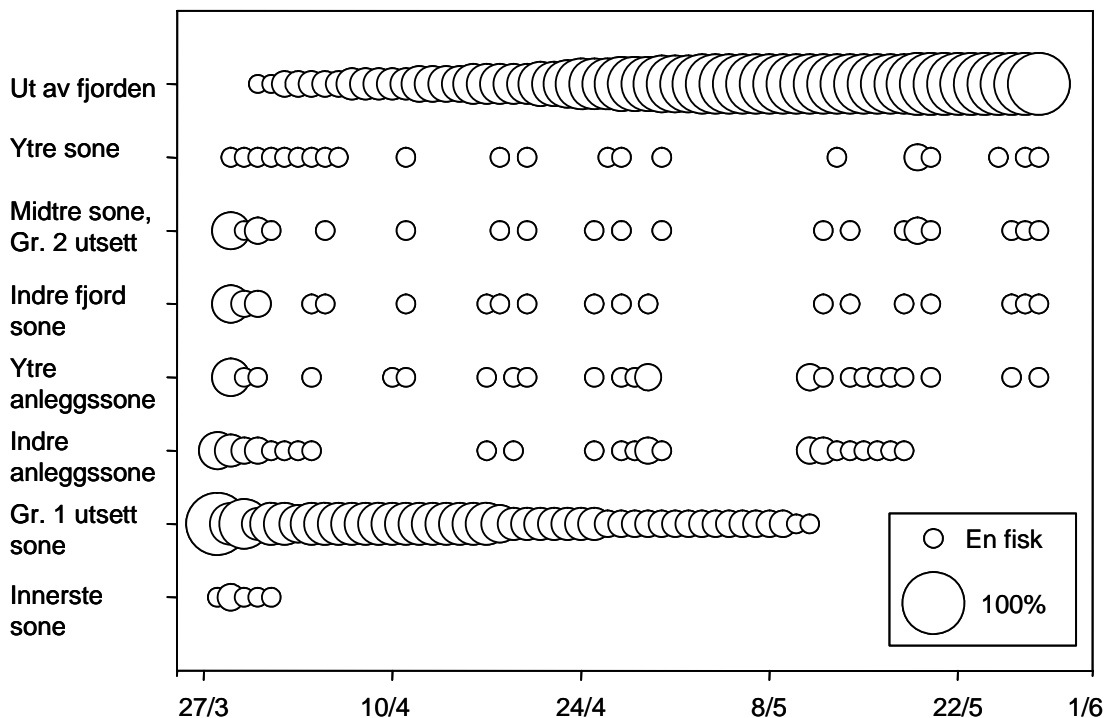
Definisjonen av når ett individ forlot en av de syv sonene (Figur 10), ble satt som fravær av deteksjon i mer enn 30 minutter. Definisjonen av når et individ hadde forlatt Øksfjorden, ble bestemt ved siste registrering i ytre sone og deretter fravær av registreringer i noen andre soner eller gjennom manuell peiling. Unnvikelse av oppdrettsanlegg ble kun analysert hos fisk som ble satt ut i de indre områdene av Øksfjord (indre gruppe) siden kun noen få av de merka fiskene i ytre gruppe vandret innover fjorden. Data fra første uke etter utsett (29.03.06 – 06.04.06) ble benyttet til å studere unnvikelse av oppdrettsanlegg siden antallet fisk i de indre oppdrettsområdene av fjorden var høyt i denne perioden, og siden vi antar at sannsynligheten for eventuell habituering/tilvenning til oppdrettsanleggene fortsatt var lav.

3.3.2. Generelt atferdsmønster

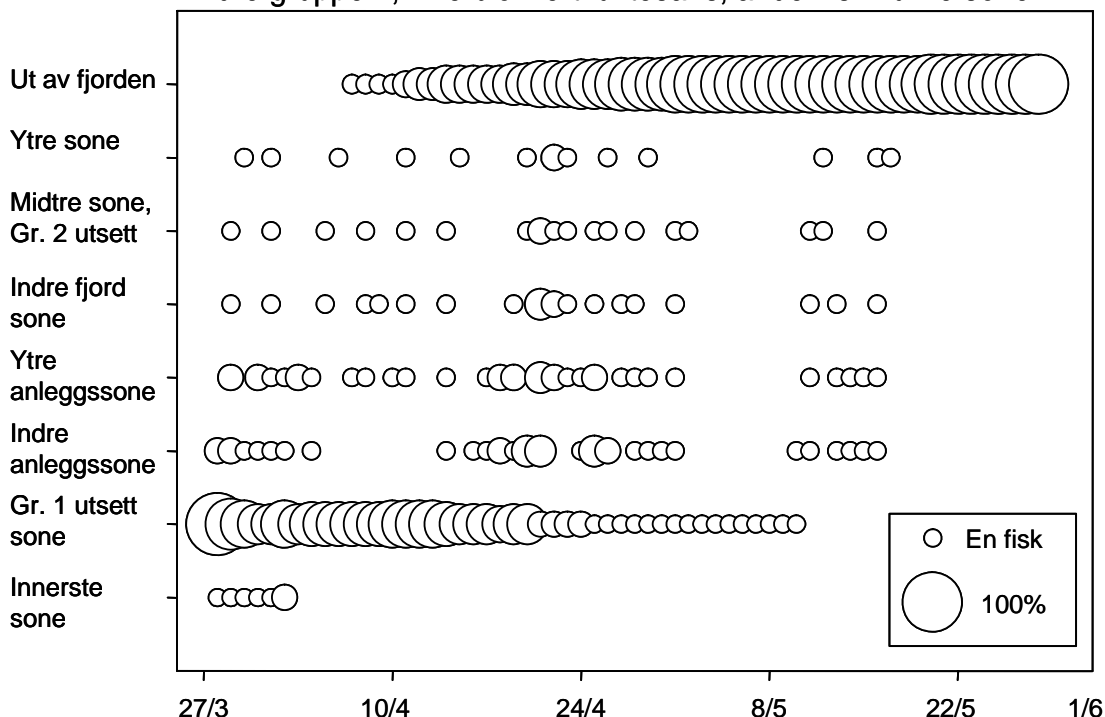
Av de 23 fiskene fra indre gruppe som vi har gode data fra ble samtlige registrert i ytre sone mellom 29. mars og 29. mai (Figur 12 og 15). Av de 24 fiskene som ble analysert fra ytre gruppe ble alle registrert i ytre sone mellom 30. mars og 5. mai (Figur 13 og 16). Ingen av disse fiskene, verken i indre eller ytre gruppe, ble deretter registrert i noen av de andre sonene. Selv om det er mulig at noen individer kan ha oppholdt seg stasjonært mellom ytre og midtre sone, så er det overveiende sannsynlig at fiskene forlot fjorden. Det generelle adferdsmønsteret kan derfor karakteriseres som en utgående bevegelse fra begge utslippsstedene og ut Øksfjorden.

Fisken i ytre gruppe brukte betydelig kortere tid på å forlate fjorden sammenlignet med indre gruppe (Figur 12 og 13), Univariate GLM med gruppe og luktblokkering som fikserte faktorer, $N = 47$, gruppe: $F = 11,39$, $P = 0,002$, luktblokkering: $F = 0,045$, $P = 0,83$, Interaksjon: $F < 0,001$, $P = 0,997$). Mesteparten av fisken fra indre gruppe forlot selve utslippsstedet ved indre oppdrettsanlegg i løpet av kun et par timer (median tid ublokkert: 44 min., median tid blokkert: 72 min.). En høy andel av indre gruppe oppholdt seg imidlertid i utsettssonen relativt lenge (Figur 12). Mesteparten av fisken i ytre gruppe forlot også selve utslippsstedet kun noen timer etter utsett (median tid både blokkert og ublokkert fisk: 86 min) (Figur 16). Generelt oppholdt de seg også mye kortere i nærheten av utslippssonen enn fisken i indre gruppe (Figur 13). Det var imidlertid ingen signifikant forskjell mellom blokkert og ublokkert fisk i tid det tok før de forlot utslippssonen (Univariate GLM med gruppe og luktblokkering som fikserte faktorer, $N = 47$, gruppe: $F = 0,01$, $P = 0,91$, luktblokkering: $F = 0,061$, $P = 0,81$, Interaksjon: $F = 1,25$, $P = 0,27$). Det var heller ingen åpenbar forskjell mellom blokkert og ublokkert fisk innen gruppene med hensyn på hvordan de fordelte seg i fjorden (Figur 12 og 13), og kun en av fiskene fra ytre gruppe besøkte de indre områdene av fjorden. Denne fisken var ikke luktblokkert, og oppholdt seg på gytefeltene i indre deler av fjorden i 6 dager. Ytterligere to ikke-blokkerte individer fra ytre gruppe ble i en kort periode registrert i den indre delen av Øksfjorden. Det var ingen sammenheng mellom fiskens genetiske opprinnelse og når de forlot verken utslippsstedet (One-way ANOVA, $F = 1,13$, $P = 0,33$) eller fjorden som sådan (One-way ANOVA, $F = 0,43$, $P = 0,66$). Det var heller ingen sammenheng mellom kjønn og vandring bort fra verken utslippsstedet (T-test, $T = -0,57$, $P = 0,57$) eller fjorden (T-test, $T = 0,50$, $P = 0,62$).

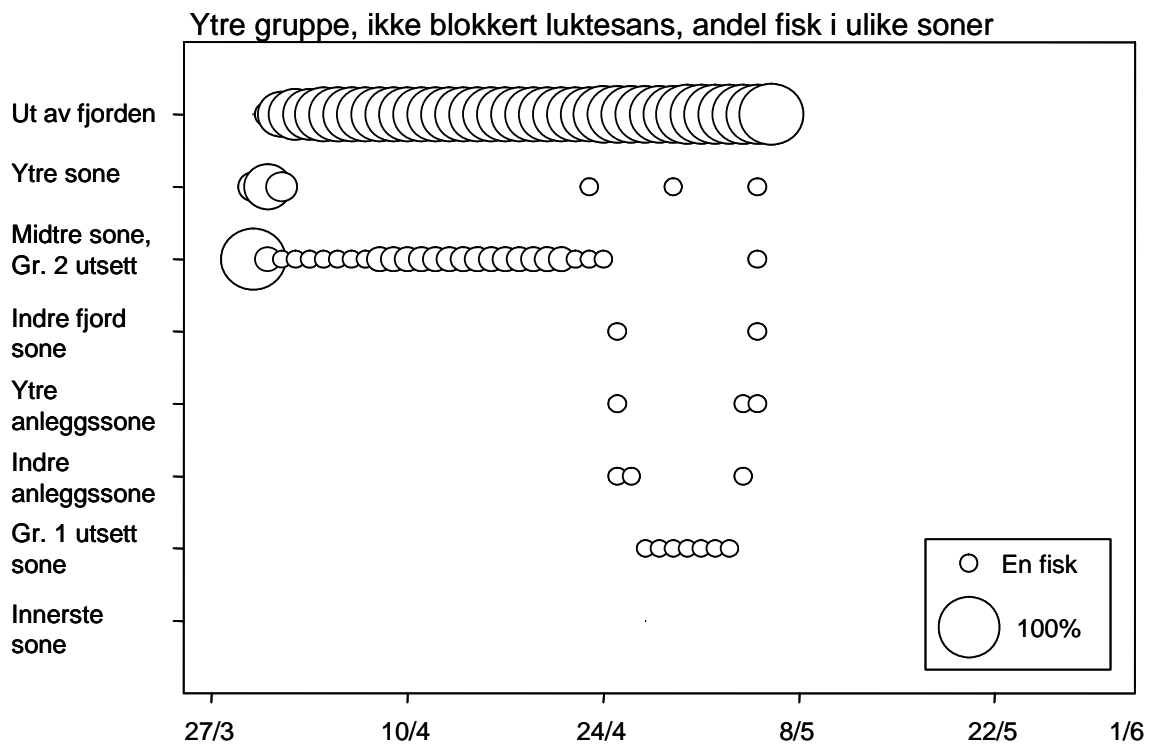
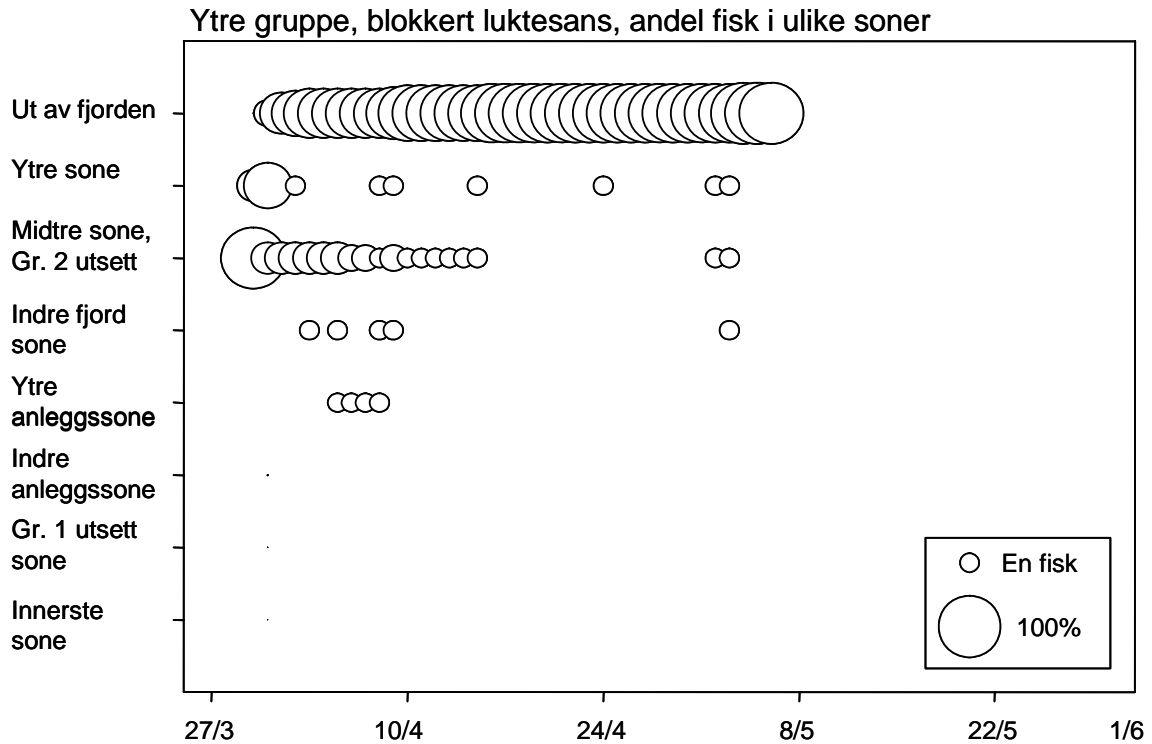
Indre gruppe 1, blokkert luktesans, andel fisk i ulike soner



Indre gruppe 1, ikke blokkert luktesans, andel fisk i ulike soner



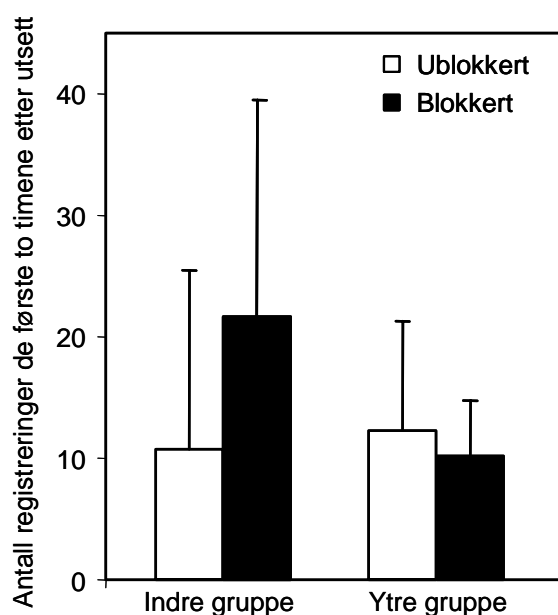
Figur 12 Spredning av torsk merket med akustiske merker i Øksfjord for fisk utsatt i indre deler av fjorden (Indre gruppe). Andel fisk registrert per døgn i de ulike sonene er gjengitt som sirkler av ulik størrelse. Den største sirkelen symboliserer antall fisk med gode data (100 %) i de to gruppene, dvs. 12 og 11 fisk for gruppene med henholdsvis blokkert og ublokkert luktesans. De minste sirlkene i hver figur representerer én fisk. En fisk kan befinne seg i flere soner innen ett og samme døgn.



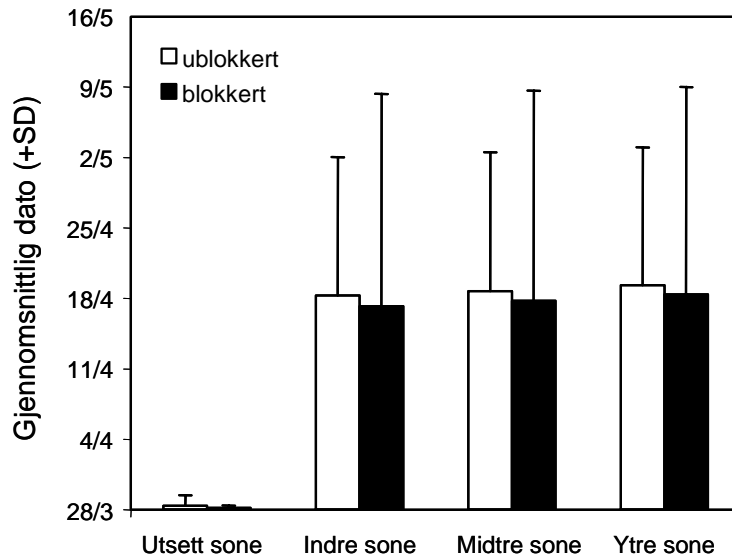
Figur 13 Spredning av torsk merket med akustiske merker i Øksfjord for fisk satt ut i den ytre delen av fjorden (Ytre gruppe). Andel fisk registrert per døgn i de ulike sonene er gjengitt som sirkler av ulik størrelse. Den største sirkelen symboliserer antall fisk med gode data (100 %) i de to gruppene, dvs. 12 og 11 fisk for gruppene med henholdsvis blokkert og ublokkert luktesans. De minste sirkelene i hver figur representerer én fisk. En fisk kan befinne seg i flere soner innen ett og samme døgn.

3.3.3 Unnvikelse av oppdrettsanlegg

Det var ingen forskjell i antallet registreringer ved utslippsstedet ved indre oppdrettsanlegg mellom blokkerte og ublokkerte fisk fra indre gruppe i løpet av de to første timene etter utslipp (Figur 14 Mann-Whitney U test, $N = 23$, $Z = -1,51$, $P = 0,13$). Tidspunkt for når fisken forlot utslippsstedet ved indre oppdrettsanlegg for første gang varierte heller ikke mellom blokkerte og ublokkerte fisk (Figur 15, Mann-Whitney U test, $N = 23$, $Z = -0,49$, $P = 0,62$). En av de ublokkerte fiskene i indre gruppe, oppholdt seg imidlertid markert lengre ved oppdrettsanlegget enn resten. Dersom man ekskluderer denne fisken fra analysene var det en trend mot at antall registreringer ved utslippsstedet nært anlegget for ublokkert fisk var lavere enn for blokkert fisk (Mann-Whitney U test, $N = 22$, $Z = -1,91$, $P = 0,056$). Tidspunktet for første gang fisken forlot oppdrettsanlegget forble imidlertid likt mellom de blokkert og ublokkert fisk (Mann-Whitney U test, $N = 22$, $Z = -0,88$, $P = 0,37$).

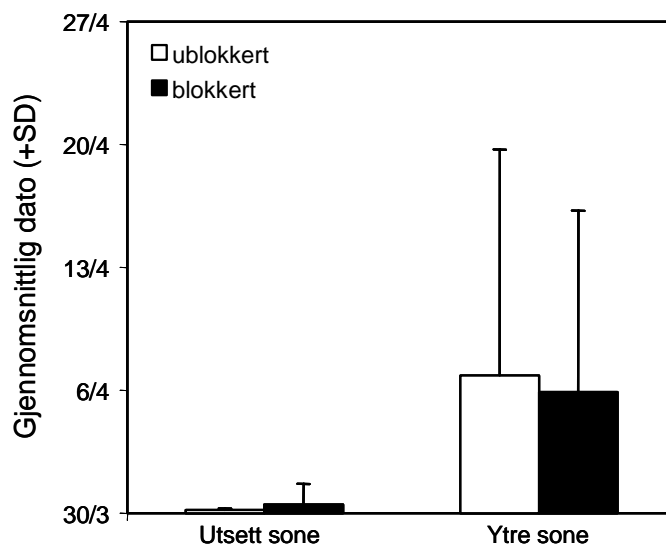


Figur 14 Gjennomsnittlig antall registreringer (+ standardavvik) i løpet av de to første timene etter utsett for fisk satt ut i den indre delen (indre gruppe) og i den ytre delen av fjorden (ytre gruppe, satt ut nært opprinnelig fangstområde).



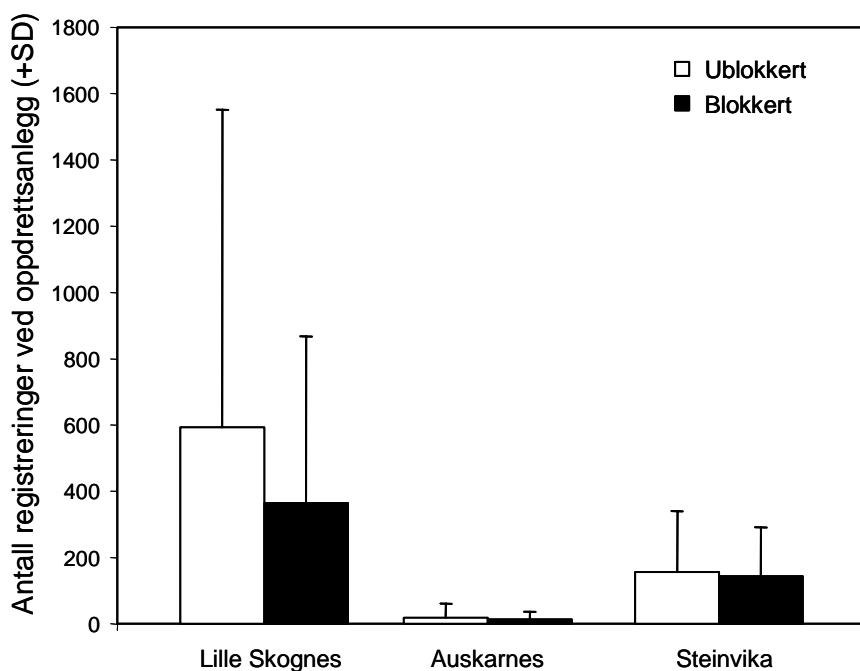
Figur 15 Gjennomsnittlig tidspunkt (dato) for når torsk utsatt i indre deler av Øksfjord (indre gruppe) forlot ulike soner. Tidspunkt for når fisken forlot utsettssonen er definert som første gang en fisk er borte fra denne sonen mer enn 30 minutter.

I ytre gruppe fant vi heller ingen forskjeller i antall registreringer i løpet av de to første timene etter utslipp mellom blokkert og ublokkert fisk (Figur 14, Mann-Whitney U test, $N = 24$, $Z = -0,78$, $P = 0,43$). Vi fant heller ingen forskjell i tidspunkt for når de for første gang forlot utslippsstedet (Figur 16), Mann-Whitney U test, $N = 22$, $Z = -0,38$, $P = 0,71$). Resultatene tyder derfor ikke på at det er vesentlige atferdsforskjeller mellom fisk med og uten luktesans i timene etter utslipp.



Figur 16 Gjennomsnittlig tidspunkt (dato) for når torsk utsatt i ytre deler av Øksfjord (ytre gruppe, satt ut nært opprinnelig fangststed) forlot ulike soner. Tidspunkt for når fisken forlot utsettssonen er definert som første gang en fiske er borte fra denne sonen mer enn 30 minutter.

Ved å analysere antall registreringer av fisk på de rekkeviddereduserte lyttebøyene som var festet på oppdrettsanleggene kan vi vurdere om fisk unngår selve anleggene. Det var imidlertid ingen signifikante forskjeller i antall registreringer mellom blokkerte og ublokkerte fisk fra indre gruppe ved noen av oppdrettsanleggene (Figur 17, Mann-Whitney U tests, N=23, Lille Skognes: $Z = -0,34$, $P = 0,74$, Auskarnes: $Z = -0,63$, $P = 0,57$, Steinvika: $Z = -0,03$, $P = 0,98$). Det ser derfor ikke ut som om fisk med luktesansen inntakt unngår oppdrettsanleggene i større grad enn fisk uten luktesans.



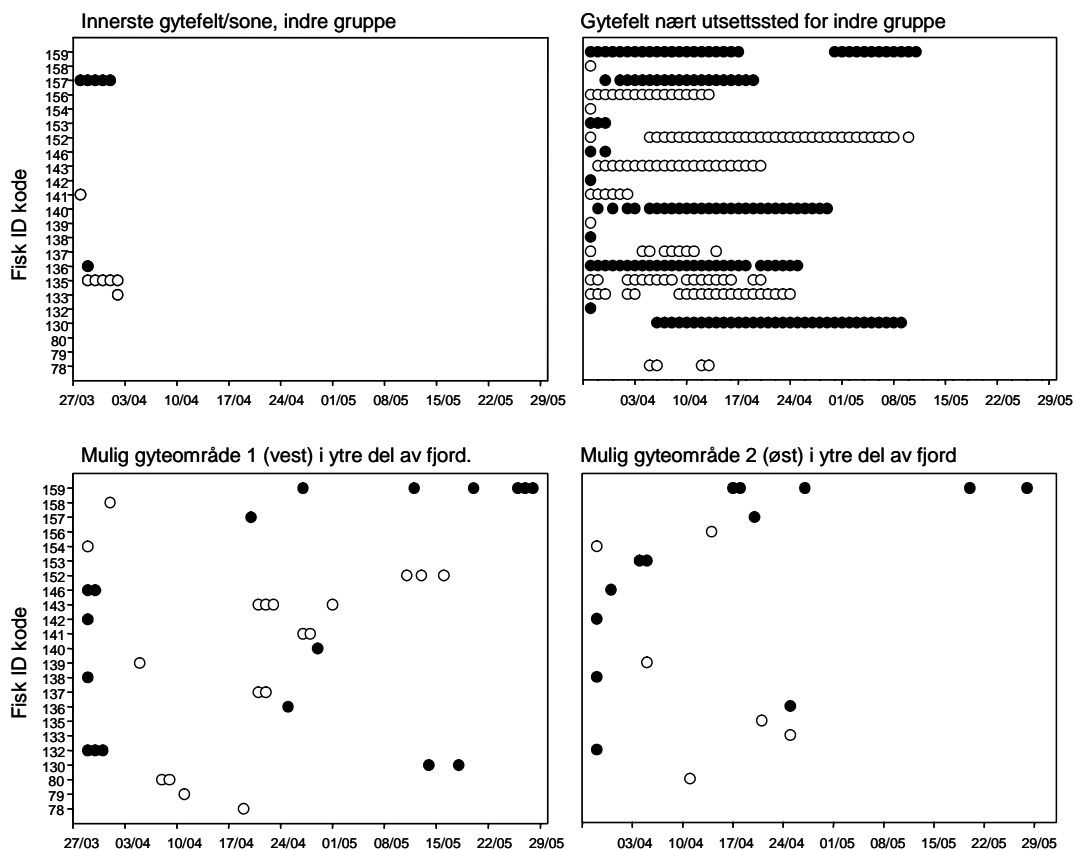
Figur 17 Gjennomsnittlig antall registreringer (+ standardavvik) for torsk satt ut i indre deler av Øksfjord på mottakere med redusert rekkevidde ved oppdrettsanlegg. Lokalisering av oppdrettsanlegg er angitt i Figur 3.

3.3.4 Utvandring fra fjorden

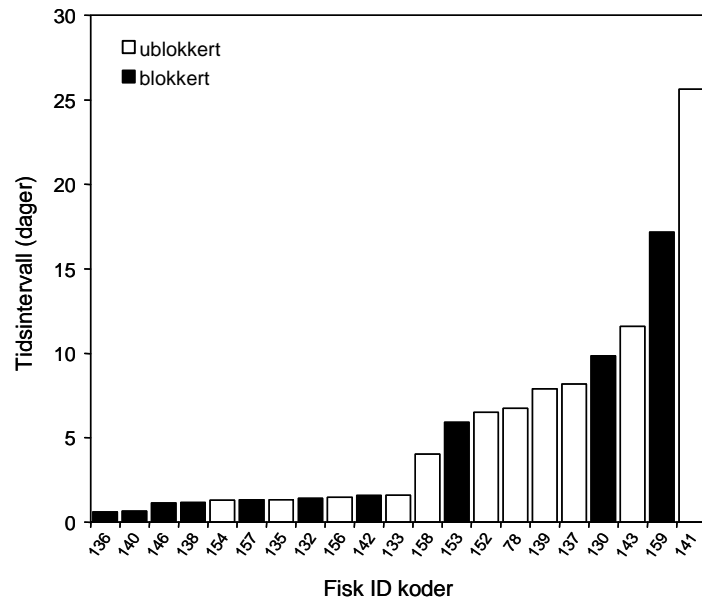
Median tid fra den siste registreringen ved utslippsstedet og den siste registreringen i den indre fjordsonen (Figur 10), var 21,1 dager for blokkert fisk og 22,3 dager for ublokkert fisk i indre gruppe (Figur 15). Det var ingen signifikant forskjell mellom blokkert og ublokkert fisk i indre gruppe med hensyn til siste registrering i den indre fjord sonen (Mann-Whitney U tests, N=23, $Z = -0,49$, $P = 0,62$), den midtre fjord sonen (Mann-Whitney U tests, N=23, $Z = -0,55$, $P = 0,58$) eller den ytre fjord sonen (Mann-Whitney U tests, N = 23, $Z = -0,55$, $P = 0,58$). Perioden fra den siste registreringen i den indre fjord sonen og til den siste registreringen i den ytre fjord sonen var generelt svært kort (1,1 dag, \pm SD: 1,1 dag). Dette viser at vandringshastigheten ut av den ytterste halvdel av Øksfjorden var svært rask i forhold til oppholdstiden i den innerste halvdel av Øksfjorden (Figur 15). For ytre gruppe var median tid fra siste registrering i utslippstedet (i midtre sone) og den siste registrering i ytre sone, 7,7 dager for ublokka fisk og 6,8 dager for blokka fisk (Figur 16). Majoriteten av fisken i ytre gruppe vandret ut av fjorden i løpet av den første uken etter utslipp og det var ingen forskjell mellom ublokka og blokka fisk mht. når de forlot utslippstedet eller den ytre sonen forøvrig.

3.3.5 Oppholdstid på gytefelt

To områder i indre fjord har historisk blitt brukt som gyteområder for torsk (Maurstad and Sundet, 1998). Disse ligger helt innerst i fjorden (innerste sone) samt på ryggen som går tvers av fjorden nordøst for utslippsstedet til indre gruppe ved det indre oppdrettsanlegget (Figur 10). Kun fem av 23 fisk fra indre gruppe ble registrert på det innerste gytefeltet, mens 21 fisk ble registrert på gyteryggen i nærheten av utslippsstedet (Figur 18). Gjennomsnittlig total tid som fisken benyttet på dette gytefeltet var 13,8 dager (SD = 12,9 dager). Dette er betydelig lengre enn hva man kan forvente dersom fisken kun benytter dette området for rekonvalesens etter merking og transport. Dette understrekes ytterligere ved at fisken i ytre gruppe oppholdt seg i nærheten av utslippstedet i betydelig kortere tid enn fisken i indre gruppe (Figur 12 og 13). Når fisken derimot forlot gyteområdet, så brukte de imidlertid relativt kort tid på å forlate den indre delen av fjorden (Figur 19). Av de 21 individene som ble registrert på gyteryggen like ved utslippsstedet, så brukte 11 individer mindre enn to dager og 18 mindre enn 10 dager på å forlate den indre delen av fjorden etter siste registrering på gytefeltet. Deretter vandret de meget raskt gjennom hele den ytre delen av Øksfjord, og de fleste forlot fjorden i løpet av en dag (Figur 15). I ytre deler av fjorden er ytterligere to gyteområder identifisert av lokale fiskere (overgangen mellom indre og ytre fjord). Fisken fra indre gruppe ble sporadisk observert på disse områdene (Figur 18), men kun et fåtall fisk ble observert på disse stedene i mer enn to dager. Det ser ut som fisken i indre gruppe bare vandret gjennom disse sonene. Det var ingen åpenbare forskjeller mellom blokkert og ublokkert fisk med hensyn til periodene fiskene ble observert på gytefeltene (Figur 18).



Figur 18 Registrerte fisk på gytefelt på ulike dager for fisk satt ut i indre del av Øksfjord. Identifikasjonskoder for individuelle akustiske merker/fisk er angitt på y-aksen. Et punkt symboliserer at et individ er registrert på et gytefelt i løpet av et gitt døgn. Hvide sirkler = ublokkert luktesans og svarte sirkler = blokkert luktesans



Figur 19 Tid (dager) mellom siste registrering på gytefeltet nært utsettssted og siste registrering i indre sone for torsk satt ut i indre deler av Øksfjord (indre gruppe). Identifikasjonskoder for merker/fisk er angitt på X-aksen

3.3.6 Oppsummering av resultater fra telemetristudien

Vinteren 2006 etablerte vi et nettverk av kyst- og fjordfiskere i Øksfjord, som fulgte tidsforløpet i innsigstorskens vandring inn mot Altafjordsystemet i Vest-Finnmark (Maurstad et al., i trykk). Når fiskerne meldte fra om økende fangster både i ytterst i Altafjordsystemet (Stjernesundet) og ytterst i Øksfjorden, igangsatte vi et fangstprogram i Øksfjorden. Fangsten ble konsentrert midtvegs inn i ytterste halvdel av Øksfjord, ved Danielsnes ca 10 km inn i Øksfjorden, slik at vi med sikkerhet kunne si at fisken hadde valgt å vandre inn i fjorden. Etter merking og luktblokkering, ble halvparten satt tilbake til fangststedet. Dersom "lakseluk" er mekanismen bak innsigstorskens påstått manglende innvandring til gytefjorder med intensiv oppdrettsaktivitet, kunne man anta at fisk med luktesansen inntakt ville unngå å vandre inn til de oppdrettsintensive indre områdene av Øksfjord. Fisk med luktesansen blokkert ville i motsatt fall, ikke vise aversjon mot å vandre inn fjorden, eller oppvise et mer tilfeldig vandringmønster. Luktesansen kan imidlertid spille en rolle for innsigsfiskens navigasjon mot lokale gytefelt, selv om slike sammenhenger ikke er påvist for torsk (Robichaud and Rose, 2002, 2004). Det opprinnelige forsøksdesignet ble derfor utvidet ved at den andre halvparten av de fanga innsigstorskene, ble flyttet midt inn i det oppdrettsintensive området i indre Øksfjord. Halvparten av disse var igjen luktblokkert. Predikasjonen var likeledes at dersom "lakseluk" var mekanismen bak en mulig unnvikelse av oppdrettsfjorder, så ville fisk med luktesansen inntak forlate utsetningsstedet ved oppdrettsanlegg raskt, vandre vekk fra indre fjord og unngå andre oppdrettsanlegg på veg ut fjorden. Fisk med luktesansen blokkert ville på tilsvarende måte ikke vise aversjon mot anlegg og vandre mer planløst i fjorden, kanskje endog gyte på gytefeltene innerst i fjorden. Resultatene viste at torsk på gytevandring som fanges i ytre del av Øksfjorden, merkes og gjenutsettes, forlater fjorden innen en uke etter utsett og ser dermed ikke ut til å gjennomføre gyting i fjorden. Torsk som fanges i ytre del av Øksfjorden og gjenutsettes i de indre oppdrettseksponeerte områdene, oppholder seg i fjorden i omtrent tre uker før de relativt raskt forlater fjorden. Vi fant ingen forskjell i vandringmønster mellom torsk med og uten luktesans. Torsk ser heller ikke ut til aktivt å unngå anlegg. Oppsummert tyder resultatene derfor på at innvandrende kysttorsk ikke vandrer

inn til de oppdrettseksponeerte i indre områdene av Øksfjord når de kan velge selv. Når de derimot fysisk flyttes inn, ser de ikke ut til å unngå anlegg per se og "lakselukt" ser ikke ut til å avskrekke fisken. Det kan heller ikke utelukkes at de faktisk velger å delta i gytingen i fjorden siden de oppholder seg på et av gytefeltene i en uforholdsmessig lang periode. Alternativt kan fisken som ble satt ut i den indre delen av Øksfjord ha blitt tilvent (habituert) luktstimuli fra oppdrettsanlegg så raskt at forskjeller i atferd ikke var mulig å påvise. Resultatene fra feltforsøket er dermed ikke i tråd med laboratoriestudiene i og med at de ikke påviser noen åpenbar sammenheng mellom luktesans og atferd i en fjord med intensivt oppdrett. Resultatene motstrider imidlertid heller ikke fiskernes observasjoner i Øksfjord angående at vandrende kysttorsk ikke gyter i indre deler av fjorden, siden torsk fanget, merket og gjenutsatt i ytre deler av Øksfjord ikke vandrer inn i fjorden under gytesesongen. Det kan være flere årsaker til at det ikke ble funnet atferdsforskjeller mellom fisk med intakt luktesans og fisk med blokkert luktesans. Metodiske problemer er trolig ikke en sannsynlig årsak til mangel på resultater siden metodikken for blokkering av luktesans er vist å fungere under kontrollerte laboratorieforhold (Sæther et al., 2007). En annen forklaring kan være at variasjonen og kompleksiteten i luktstimuli under naturlige forhold er så stor at fisken ikke er i stand til å respondere på lukt fra oppdrettsfisk i samme grad som under eksperimentelle forhold. Det faktum at blokkering av luktesansen ikke så ut til å påvirke bevegelsesmønsteret til den merkede torsken kan også tyde på at torsk generelt bruker andre eksterne stimuli eller andre deler av sansesystemet for å navigere under gytevandringen (Robichaud and Rose, 2002).

4 Diskusjon

4.1 Konklusjon og vurdering av oppnådde resultater

Maurstad et al (i trykk) viste at det var en oppfatning blant fiskere om at torsk har forandret sin gyteadferd i fjorder med oppdrett. Laboratorieresultater fra første og andre del av prosjektet indikerte at slik adferd kan være knyttet til lukt av laks, mens feltstudien også viste at merket torsk kunne oppsøke oppdrettsanlegg (Svåsand et al., 2004; Bjørn et al., 2005). Det kan derfor tenkes at det kan være to helt forskjellige og situasjonsbetingede responser hos torsk på samme stimuli; i enkelte tilfeller kan torsk tilvennes og tiltrekkes (stasjonær fjordtorsk), mens torsk i andre tilfeller kan frastøtes (vandrende kysttorsk på gytevandring). Det kan imidlertid også tenkes at laboratorieoppsettet er for sensibelt, og at resultatene ikke nødvendigvis kan overføres til naturlige systemer. Hovedmålet i videreføringen av prosjektet "Behavioural responses in wild coastal cod exposed to salmon farms: possible effects of salmon holding water – a field and experimental study", var derfor å validere laboratoriestudien gjennom nye forsøk i lab (*Hovedmål 1*), forlenge datasettet over habitatbruk og økologi til fjordtorsk i den oppdrettsintensive Øksfjorden (*Hovedmål 2*) samt å validere laboratoriestudien i naturlige systemer (*Hovedmål 3*). Valideringen av laboratoriestudien gjennom nye forsøk på fjordtorsk som vi med sikkerhet vet ikke viser aversjon mot oppdrettsanlegg i naturen (fanget direkte under anlegg), bekrefter tidligere laboratorieresultater om at vill torsk unngår laksevann under eksperimentelle betingelser (Sæther et al., 2007). De nye studiene bekrefter også at responsen hos fjordtorsk fra oppdrettsintensive områder er mindre markant enn hos antatt "naiv" innsigstorsk (Sæther et al., 2007). Dette kan bety at torsken har andre fordeler av å oppholde seg i nærheten av oppdrettsanlegg, og at disse ikke kommer til uttrykk i adferden den viser i laboratoriet (Sæther et al., 2007). Dette indikerer at laboratorieresultatene, selv om de både er korrekte og reproducerbare, ikke nødvendigvis kan overføres direkte til naturlige systemer.

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. Resultatene bekrefter at det er en forhøyet tetthet av torsk rundt oppdrettsanlegg. Merke-gjenfangst studiene understreker i tillegg at enkelte individer er svært stasjonære, også rundt oppdrettsanlegg, men uten at verken et utvalg indikatorparasitter, diett eller sensorisk fiskekvalitet er merkbart påvirket av "livet rundt merda". Torsk som oppholder seg store deler av tiden i fjorder med oppdrett, ser dermed ikke ut til å vise aversjon mot anlegg, men kan tvert imot utnytte dem som en ressurs. Dette kan imidlertid også ha en effekt på tradisjonelt yrkes- og fritidsfiske fordi fordelingen av fisk i en oppdrettsfjord kan endres og bli mer konsentrert til nærområdene rundt oppdrettsanlegg.

Vi har også undersøkt vandringsmønster hos vill kysttorsk på gytevandring under naturlige forhold i en storskala telemetristudie. Resultatene viste at torsk på gytevandring som fanges i ytre del av Øksfjorden, merkes og gjenutsettes på fangststedet, snur og forlater fjorden innen en uke etter utsett. Resultatene støtter således fiskernes utsagn om at "innsigsfisk" ikke lenger vandrer inn til gyteområdene innerst i Øksfjord. Når de derimot fysisk flyttes inn til de oppdrettsintensive indre områdene av fjorden, ser de ikke ut til å avskrekkes av anlegg per se og det kan heller ikke utelukkes at de faktisk gyter i fjorden. Det var derimot ingen sammenheng mellom luktesans og vandringsatferd. Dette kan skyldes at kompleksiteten av eksterne stimuli under naturlige forhold er så stor at torsken ikke responderer på lukt fra

oppdrettsanlegg på samme måte som under laboratorieforhold og/eller at torsk bruker andre stimuli/sanser til å navigere under gytevandring enn luktesansen (Robichaud and Rose, 2002).

Våre resultater viser dermed at feltstudier og eksperimentelle preferansetester av den typen som hittil er gjennomført trolig ikke vil være tilstrekkelig for å kunne vise om eventuelle stimuli fra fiskeoppdrett faktisk fører til at vill torsk på gytevandring skyr tradisjonelle gyteplasser under naturlige forhold. Selv om resultatene fra feltstudiene ikke viser at kysttorsk skyr ”lukstoffer” fra lakseoppdrett under naturlige forhold (Sæther et al., 2007), så er det samtidig lite tvil om kysttorsk som vandrer inn i ytre deler av Øksfjord ikke vandrer videre inn til de tradisjonelle gyteområdene (Maurstad og Sundet, 1998; Maurstad et al., i trykk). Grunnen til dette kan like gjerne være naturlige variasjoner i bruk av gytefelt (Brander, 1994; Robichaud and Rose, 2002; 2003; 2004) eller historisk overfiske på gytefelt (Maurstad and Sundet, 1998), selv om etablering av lakseoppdrett også kan være en årsak. Slike sammenhenger er imidlertid svært vanskelig å greie ut. Derfor vil langsiktige feltstudier (før og etter etablering av oppdrett og i fjorder med og uten oppdrett) antakeligvis være påkrevd for å kunne dokumentere om intensivt fiskeoppdrett kan påvirke gyting hos vill torsk.

4.2 Veien videre

Et langtidsstudium der dynamikken i gyteatferden til vill kysttorsk studeres før og etter, eller med og uten, etablering av fiskeoppdrett kombinert med overvåking av lokalt fiske vil trolig være den beste løsningen for å få full klarhet i hvorvidt fiskeoppdrett kan påvirke gytevandring til vill torsk. Et studium av denne typen vil imidlertid kreve en stor innsats, og må også gjennomføres i samsvar med planlagte endringer i oppdrettsnæringas bruk av fjordsystemer. Det er imidlertid mulig å finne nærliggende fjordsystemer både med og uten oppdrettsaktivitet. Det burde også være mulig å gjennomføre studier av dynamikken i gyteadferden til vill torsk i fjorder der det er planlagt nyetablering av lakseoppdrett, eller der oppdrettsaktivitet er planlagt å opphøre. Slike forsøk vil i tillegg til å kunne gi et konklusivt resultat om ”effekten av lakseoppdrett på gytevandringen til vill kysttorsk”, også øke vår generelle kunnskap om økologien til kysttorsk. Slik kunnskap er viktig for at ville bestander av kysttorsk, tradisjonelle fiskerier og oppdrettsnæringen skal kunne sameksistere. Prosjektet er således viktig for utviklingen langs kysten, samt for den trua kysttorsk. Det anbefales derfor at også sektormyndigheten (Fiskeri og Kystdepartementet), i tillegg til Fiskeri og Havbruksnæringens Forskningsfond, snarest tar et langsiktig initiativ på området.

5 Referanser

- Akse L., Midling K. Ø. (1997). Live capture and starvation of caplin cod (*Gadus Morhua* L.) in order to improve the quality, in Seafood from Producer to Consumer, Integrated Approach to Quality (eds Lutten J.B., Børresen T., Oehlenschläger J.) pp 47-58. Elsevier Science B.V.
- 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.*
- Bjørn P.A., Sæther B-S., Dale T., Michalsen K., Svåsand, T. (2005). Behavioural responses in wild coastal cod exposed to salmon farms: possible effects of salmon holding water – a field and experimental study. Vedlegg til sluttrapport NFR 242052. Fiskeriforskning, Tromsø.
- Brander K. (1994). Spawning and life history information for North Atlantic cod stocks. ICES Coop. Res. Rep. 205. Copenhagen, 150 pp
- Cooper M., Midling K. Ø. (2007). Blood vessel melanosis: a physiological detoxification mechanism in Atlantic cod (*Gadhus morhua*). *Aquaculture International* 15, 43-54.
- Dempster T., Sanches-Jerez P., Bayle-Sempere J.T., Giminez-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 (*Gadhus 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.
- 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., Sundet J.H. (1998). The invisible cod. Fishermen's knowledge and scientists' knowledge. In: Jentoft, S (Ed.), *Commons in a Cold Climate: Coastal Fisheries and Reindeer Pastoralism in North Norway: The Co-Management Approach*. The Parthenon Publishing Group, New York, pp. 167-185.
- Maurstad A., Dale T., Bjørn P.A. (in press). You wouldn't spawn in a septic tank, would you?. *Human Ecology*.
- Robichaud D., Rose G.A. (2002). The return of cod transplanted from a spawning ground in southern Newfoundland. *ICES Journal of Marine Science* 59, 1285-1293.
- Robichaud D., Rose G.A. (2003). Sex differences in cod residence on a spawning ground. *Fisheries Research* 60, 33-43.

- Robichaud D., Rose G.A. (2004). Migratory behaviour and range in Atlantic cod: inference from a century of tagging. *Fish and Fisheries* 5, 185-214.
- Salthaug A. (2006). Foreløpige resultater fra seiundersøkelsen i Ryfylket med "Fangst". Foreløpig rapport fra Havforskningsinstituttet, Bergen.
- 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
- Sæther B-S., Bjørn P. A., Dale, T. (2007). Behavioural responses in wild cod (*Gadhus morhua* L.) exposed to fish holding water. *Aquaculture* 262, 260-267.
- 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.
- Stenvik J., Wesmajervi M.S., Damsgård B., Delghandi M. (2006). Genotyping of pantophysin I (*Pan I*) of Atlantic cod (*Gadhus morhua* L.) by allele-specific PCR. *Molecular Ecology Notes* 6, 272-275.
- 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

ISBN 978 82-7251-611-5

ISSN 0806-6221