

# Sluttrapport

## Interaksjon mellom oppdrettstorsk og torsk frå ville bestander



Ålesund, februar 2012

## Sammendrag

I februar, 2010 ble torsk fanget på garn i området Borgundfjorden/Hessafjorden. Samtidig ble torsk fra oppdrettsanlegg og torsk utenfor merdene levert av oppdretter til analysene. Høsten 2010 ble torsk forsøkt fisket i Borgundfjorden/Hessafjorden, uten hell. Fisk ble derfor innehentet ved øyene vest og nord for Borgundfjorden samt indre deler av samme fjord (Mauseidvågen). I Vanylvsfjorden ble torsk fra merd innhentet. Vi fikk ikke fatt i torsk utenfor merdene denne høsten. Torsken ble inndelt i tre hovedgrupper:

1. Torsk fra området rundt Borgundfjorden
2. Torsk fra Vanylvsfjorden
3. Torsk fra merd i Vanylvsfjorden

Vi undersøkte otolitter, størrelse/vekst, form, deformiteter, finner, fettsyreprofil i lever og hjerte, sykdomsfremkallende bakterier og virus, samt parasittfauna for å finne kriterier som kan bidra til å identifisere rømt oppdrettsfisk i miljøet:

- Prosent deformerte otolitter i gruppe 1, 2 og 3 var hhv 3 %, 18 % og 19 %
- Lengde ved samme alder var størst på oppdrettsfisken og fisk fra Vanylvsfjorden
- Leverindeks var størst på oppdrettsfisken, deretter fisk fra Vanylvsfjorden
- Gonadeindeksen var størst hos torsken rundt gytefeltet i Borgundfjorden i februar.
- Deformiteter (hode/rygg/munn) var ikke registrert i gruppe 1, men 20 % i gruppe 2 og 35% hos oppdrettsfisken.
- Brystfinner og hodet var signifikant mindre hos oppdrettsfisk sammenliknet med torsk fra området rundt Borgundfjorden.
- Det ble påvist *Francisella noatunensis* i 3% og Nodavirus i 12% av torsken i gruppe 1. I gruppe 2 og 3 ble det påvist på våruttaket *Francisella noatunensis* i henholdsvis 9% og 80% av torsken.
- På fisken i gruppe 1 ble det registrert i snitt 15 ulike parasitter. I gruppe 2 var det 4 ulike parasitter og i gruppe 3 kun en parasittart.
- Gruppe 2 og 3 hadde en fettsyreprofil som avspeilet inntak av vegetabiliske oljer fra fiskefôr og skilte seg dermed tydelig fra fettsyreprofilen til lever fra gruppe 1. Denne fisken hadde en fettsyreprofil som avspeiler inntak av naturlige byttedyr.
- Kun torskelus ble funnet på torsk utenfor et lakseanlegg. En lakselus ble funnet på sei.

**KONKLUSJON:** En stor andel av torsken som ble fanget rundt oppdrettslokalitetene i Vanylvsfjorden synes å være oppdrettstorsk. Denne konklusjonen er trukket på følgende bakgrunn: Graden av deformerte otolitter, lengde ved alder 2 år, leverindeks, kroppsform og finnestørrelse, deformiteter i hodet og rygg, parasittfauna og fettsyreprofil i lever. Hvis oppdrettstorsken vokser og klarer seg i naturen etter en rømming, kan flere av disse identifikasjonskriteriene bli mindre tydelige etter hvert som tiden går.

I dette prosjektet har vi samarbeidet med Universitetet i Tromsø, University of Aberdeen, Atlantic Cod Farms, kystfiskere, Fiskarlaget og Fiskeridirektoratet.

Ålesund ..... desember 2011

Anne Stene  
Prosjektleder ved Høgskolen i Ålesund

# Innholdsfortegnelse

Sammendrag.....	1
Innholdsfortegnelse .....	2
1 Innledning.....	3
2 Gjennomføring og metode .....	5
2.1 Innhenting av materiale .....	5
2.2 Registreringer og prøveuttak .....	6
2.3 Fettsyreprofiler .....	7
2.4 Patogene organismer.....	7
2.4.1 Bakterier og virus .....	7
2.4.2 Parasittfauna .....	8
2.5 Utseende og deformiteter.....	8
2.6 Alder og vekst.....	9
2.6.1 Leverindeks og gonadeindeks .....	9
2.7 Interaksjonskriterier.....	10
2.8 Interaksjon mellom torskefisk og oppdrettslaks .....	10
3 Resultater.....	11
3.1 Fettsyreprofiler .....	11
3.1.1 Næringsinteraksjon.....	11
3.1.2 Annen interaksjon .....	12
3.2 Patogene organismer.....	13
3.2.1 Bakterier og virus .....	13
3.2.2 Parasittfauna .....	14
3.3 Utseende og deformiteter.....	16
3.3.1 Kroppsform .....	16
3.3.2 Deformiteter .....	17
3.4 Alder og vekst.....	18
3.4.1 Leverindeks og gonadeindeks .....	19
3.5 Gruppering ut fra interaksjonskriteriene.....	20
3.5.1 Fettsyrer som identifikasjonsfaktor .....	20
3.5.2 Smittedynamikk .....	20
3.5.3 Alders og vekst for identifisering av oppdrettsfisk .....	21
3.5.4 Størrelse og utseende som identifikasjonsfaktorer.....	21
3.5.5 Interaksjon ved rømming og gyting .....	22
3.6 Lus fra oppdrettslaks på torskefisk.....	23
4 Konklusjon .....	23
5 Organisering og samarbeid.....	24
6 Bakgrunns litteratur.....	24
7 Vedlegg .....	26

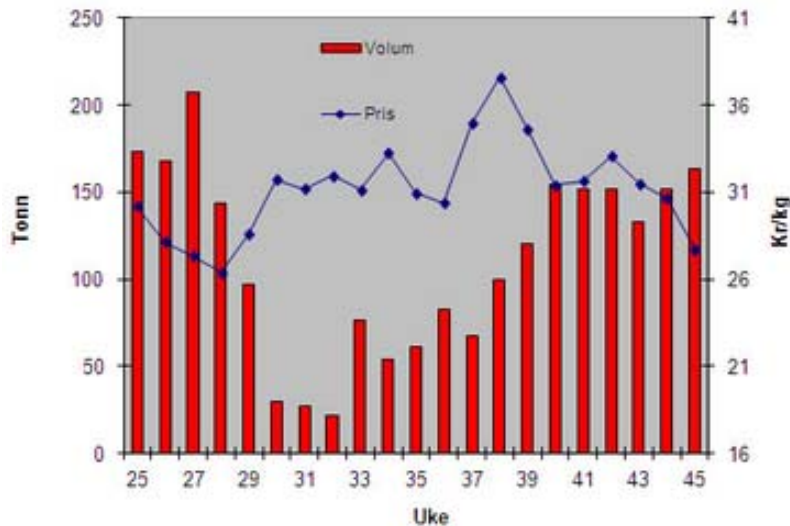
# 1 Innledning

Flere lokale torskebestander er i dårlig forfatning. Dette indikerer behov for større vern av torsken i nære kystområder. Oppdrett av torsk skjer hovedsakelig i disse områdene som også er gyteområder både for innvandrende og stasjonær torsk. De alvorligste effektene torskeoppdrett antas å ha på torskebestandene, er genetisk påvirkning (Sterud and Heuch, 2005). Spørsmålet er derfor om oppdrettstorsk som gyter i merd eller har rømt, kan krysse seg med villfisk og produsere levedyktig avkom. Utsettingsforsøk har vist at oppdrettet torsk ofte gjenfanges i nærheten av lokale gyteplasser (Skjæraasen et al., 2007). Det er senere blitt bevist at rømt oppdrettsfisk kan krysse seg med villtorsk og gi levedyktig avkom (Tanager et al, 2010).

En annen alvorlig påvirkning er overføring av sykdommer fra oppdrettsfisk til villfisk (Hellberg, 2007). Man antar at ulike patogene bakterier, virus og parasitter stammer fra villfisk, men oppkonsentreres i oppdrett og kan bidra til økte sykdomsproblemer også for villfisk som oppholder seg nær anleggene. Oppdrettstorsk har derimot langt færre parasittarter enn villtorsk (Heuch et al ....). Analyser av parasittfauna vil derfor kunne gi informasjon om fisk som er fanget utenfor merdene er en nylig rømt oppdrettsfisk eller torsk fra ulike fra fjorder, kyst og havområder (Willy Hemmingsen (UiT) pers medd).

Fettsyreprofiler fra blant annet hjertevev, hjernevev, muskelvev og fiskeskjell er brukt til å skille mellom forskjellig stammer av torsk, uer, sild, laks (Grahl-Nielsen, 2005; Grahl-Nielsen and Glover, 2010). Fett som lagres i muskulatur og lever er nøytrale triglyserider. Fettsyrene i triglyseridene er avhengig av hvilken næring fisken får i seg (Budge et al., 2002; Dalsgaard et al., 2003; Iverson et al., 2002; Sargent et al., 2002). Tidligere undersøkelser ved høgskolen, basert på leverprøver fra torsk fanget i gyteområdet i Borgundfjorden tydet på at en stor andel av fisken hadde spist oppdrettsfôr. Det er dermed grunn til å anta at dette kan ha vært rømt oppdrettstorsk eller torsk som har beitet på pellets rundt merder med torsk (Myrseth and Standal, 2006).

I løpet av de siste årene har torskeoppdrett akkumulert et stort driftsunderskudd. Dette har medført en merkbar reduksjon i antall aktører. Fra nærmere 30 aktører med fisk i sjøen i 2009 til godt under 10 for inneværende år. Der er kun to klekkerier igjen for torsk i Norge på nåværende tidspunkt (Mugaas Jensen, 2010). I år har det vært en produksjonsnedgang samtidig som prisene på eksportert oppdrettstorsk har vært god i perioder (over 30 kr/kg). Dette gir grunnlag for bedre inntjening (Figur 1).

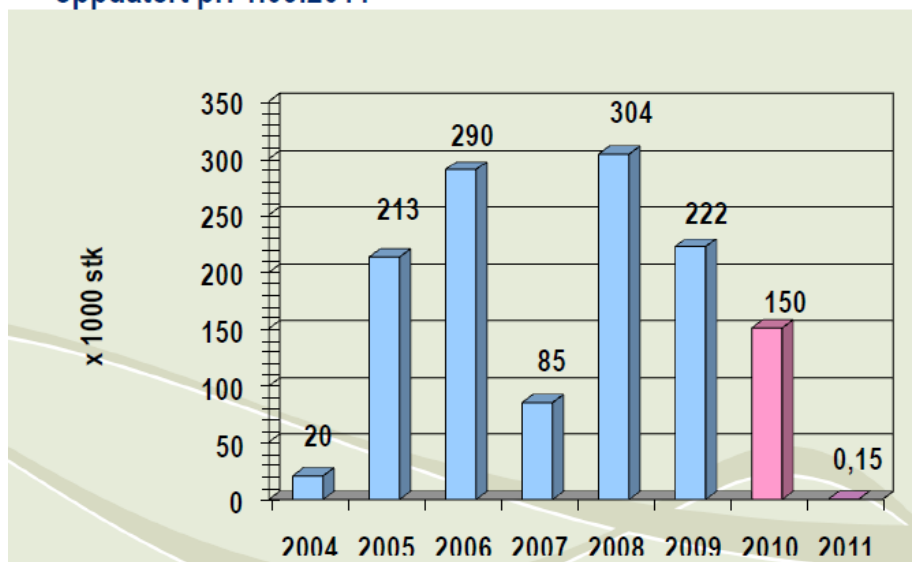


**Figur 1:** Utvikling i pris og volum på oppdrettstorsk i 2010. Datakilde: EFF/SSB

Avl og bedre kunnskap har økt slaktevekten på torsk de siste årene. Sykdomssituasjonen har også bedret seg og det er registrert en reduksjon i antall rømt torsk. Fram til 1. september 2011 er det innrapportert kun 150 rømte torsk (Figur 2). I 2010 var det kun rapportert 3 tilfeller av påvist *Francisella noatunensis* (*Francisella*) (Mortensen 2010). En av årsakene til dette kan være at det var betydelig mindre oppdrettsfisk i sjøen i 2010 enn årene før. Høyere torskepriser, avlsfremgang, mindre sykdom og rømming gir imidlertid lavere produksjonskostnader og dermed økt lønnsomhet.

## Rømming av torsk 2004 – 2011

Oppdretternes innmeldte rømmingstall  
oppdatert pr. 1.09.2011



**Figur 2:** Utvikling i antall rømminger av oppdrettstorsk. Datakilde: Fiskeridirektoratet

Gjennom dette prosjektet har vi forsøkt å bidra til økt kunnskap om interaksjonen mellom oppdrettstorsk og ville torskbestander. Vi har sammenliknet utseende: (proporsjoner og

deformiteter), størrelse (vekst og kondisjon), diett, helsestatus og parasittfauna for å finne indikatorer som kan bidra til å identifisere og dermed skille oppdrettstorsk fra ville torskebestander utenfor merdene. Denne kunnskapen er ønsket av forvaltningen, fiskere, miljøinteressenter, men også av oppdrettsnæringen selv. På bakgrunn av økende krav til bærekraftig oppdrett håper vi dette prosjektet kan gi kunnskap som kan bidra til å utforme en bærekraftig oppdrettsnæring med godt omdømme.

## 2 Gjennomføring og metode

### 2.1 Innhenting av materiale

I 2010 ble torsk samlet inn to ganger fra to områder i Møre og Romsdal fylke. Disse områdene var rundt Borgundfjorden i Ålesund kommune og i indre del av Vanylvsfjorden (Figur 1). Første innsamling var i februar 2010 i forbindelse med innvandring av torsk til gytefeltet i Borgundfjorden. Andre innsamling var i september samme år.



**Figur 3:** Kart over studieområdene. Røde firkanter viser innsamlingsområdene våren 2010 og røde sirkler viser innsamlingsområdene høsten 2010. Gule punkt viser godkjente lokaliteter for oppdrett av torsk i 2011. Et fåtall av disse er aktive i dag. Hvite stjerner viser rømming fra torskeanlegg.

I februar, 2010 ble torsk fanget på garn i Borgundfjorden/Hessafjorden og hentet ved levering. Samtidig ble torsk fra et oppdrettsanlegg i Vanylvsfjorden hentet hos oppdretter. Torsk fisket med snøre og ruse utenfor merdene i området ble samtidig levert.

Høsten 2010 ble torsk forsøkt fisket med garn og ruse i Borgundfjorden/Hessafjorden, men den var vanskelig å finne her på denne tiden. Torsk ble derfor samlet inn rundt øyene vest og nord for Borgundfjorden og i indre deler av fjorden (Mauseidvågen). Her var tilgangen på torsk noe bedre. I Vanylvsfjorden ble torsk fra merd innhentet. Det var ikke mulig å få tak i torsk utenfor merdene denne høsten. Figur 4 viser lokaliteter/utslippstillatelse for oppdrett av torsk i innsamlingsområdene.



**Figur 4.** Lokalteter med utslippstillatelse for foring av torsk (gule punkt). a) Gyteområdet i Borgundfjorden (firkant) og lokaliteter med kryss er landbaserte. b) Vanylvsfjorden med lokaliteter for torskeoppdrett. Oppdrettstorsken er hentet fra lokaliteten med sort ring.

## 2.2 Registreringer og prøveuttak

Torsken ble først inndelt ut fra fangststed. Tabell 1 viser kategoriene, fangststed og antall individer i hver kategori. I tillegg ble torskeegg hentet i mars i Borgundfjorden med planktonhov.

**Tabell 1.** Gruppering av torsk basert på fangststed og antall fisk som ble innsamlet

Område	Merd	Vanylvsfjorden	Borgundfjorden	Mauseidvågen	Godøy-Lepsøy
Våruttak	30	23	30		
Høstuttak	15	0		12	16

All torsk ble lengdemålt og veid. Kjønn og modningsstadium ble bestemt. Lever og gonader ble også veid for eventuell beregning av gonade- og leverindeks. Forhøyet leverindeks er karakteristisk for oppdrettstorsk på grunn av god førtilgang med høyere fettinnhold enn naturlig fôr.

For å identifisere eventuelle forskjeller i utseende mellom oppdrettstorsk og villtorsk, ble det også foretatt en subjektiv vurdering basert på fotodokumentasjon, samt målinger av ulike morfologiske proporsjoner og parametre. Otolitter/øresteiner ble fjernet, undersøkt for deformiteter og bevart til aldersanalyser.

Lever- og hjertevev samt egg fra planktontrekk ble frosset for fettanalyse. Hjerte- og nyrevev ble fiksert til PCR analyser av bakterier og virus. Hele fisken ble gjennomgått for registrering av parasitter.

## 2.3 Fettsyreprofiler

I det tilgjengelige materialet ble fettsyreprofilen i hjerte og lever og noen egg analysert med en et trinns metode der fettsyrene i vevet metyleres direkte (Grahl-Nielsen and Barnung, 1985; Meier et al., 2006). Under den ytre hinna på hver lever ble det tatt ut to vevsprøver på 20 mg til 30 mg. Fra hjertet ble 20-30 mg vevsprøver tatt fra bulbus arteriosus, et kammer som ligger mellom hjertets ventrikkel og fremre del av hovedpulsåren fra hjertet.

Vev ble overført til et glassrør med teflonbelagt skrutopp og tilsatt 1 ml HCl i vannfri metanol. Prøven metyleres i 2 timer ved 100°C. En aliquot av metanolfasen taes ut og dampes inn til tørrhet med nitrogengass. 0,5 ml destillert vann tilsettes og de metylerte fettsyrene ekstraheres med 2x2 ml hexan. Hexanfasen dampes inn til tørret med nitrogengass. Prøven fortynnes til passende konsentrasjon for analyse på GC. Prøvene ble analysert på en Perkin Elmer Clarus 500 Gass Chromatograph med en Carbowax 20M-kolonne (25m, 0,25 mm I.D., 0,2 µ.f.t) koblet til FID-detektor. Rådata ble samlet og bearbeidet med TotalChrome Software. Fettsyrene ble identifisert ved sammenlikning med kjente standarder fra Nu-Chek Prep, MN, USA. Fettsyrene er rapportert som relative % areal av de identifiserte fettsyrene.

## 2.4 Patogene organismer

Den viktigste bakteriesykdom hos torsk er francisellose. Virussykdommer kan også gi problemer i torskeoppdrett som Viral Nervøs Nekrose (VVN) som forårsakes av et Nodavirus. I tillegg til disse sykdommene ble fisken testet for Viral Hemoragisk Septikemi (VHS) og Infeksiøs Pankreas Nekrose (IPN). Virus som forårsaker disse sykdommene er påvist hos torsk og mange marine fiskearter i vill tilstand. I dette prosjektet har vi derfor analysert innsamlet fisk for *Francisella*, Nodavirus, VHS-virus og IPN-virus.

Parasitter er ikke et stort problem i torskeoppdrett. Dette skyldes at oppdrettstorsk fra yngelanlegg bare spiser bearbeidet næring. Mange av parasittene på villtorsk kommer fra organismene som de beiter på. Analyser av parasittfauna kan dermed gi gode indikasjoner på torskens næringsvalg og beiteområder. I dette prosjektet har vi analysert torskens parasittfauna i et forsøk på å identifisere rømt oppdrettstorsk.

### 2.4.1 Bakterier og virus

Hjerne- og nyrevev ble fiksert fra alle fiskene. Hjernevevet ble undersøkt for tilstedeværelse av virus-RNA fra VHS-virus og Nodavirus. Nyrevevet ble testet for virus-RNA fra VHS-virus og IPN-virus. I tillegg ble nyrevevet undersøkt for bakterien *Francisella*. Alle analysene ble utført av PatoGen Analyse AS ved hjelp av real-time PCR i henhold til deres akkrediterte metode.



Hjerne- og nyrevevet fra torsken ble tatt ut med sterile skalpellblader og pinsetter. Vevsprøven var på størrelse med hodet på en fyrstikk. Prøvene ble overført til prøverør med fikseringsvæske for RNA (RNAlater AM7021, AB Applied Biosystems). Vevsprøvene ble analysert med real-time PCR teknologi av PatoGen Analyse AS. PCR analyser er en sensitiv påvisningsmetode. Svært få virus og bakterieantall er nødvendig for å gi positivt signal.

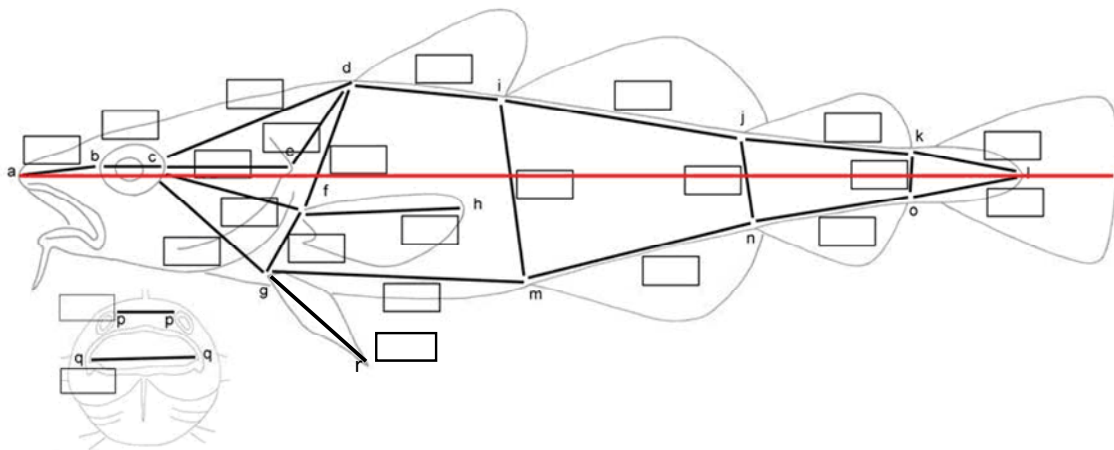
#### 2.4.2 Parasittfauna

Fiskens hud, gjeller, gjellelokk og munnhule ble undersøkt for ytre parasitter. Hudavstryk og gjellelev ble mikroskopierte. Lever, gonader hjerte, milt og nyrer ble undersøkt i lupe og mikroskop. Mage- og tarminnhold ble vasket ut i petriskåler og gjennomgått. Utstryk av tarminnhold ble undersøkt i mikroskop (x 500) for protozoer og sopp.

### 2.5 Utseende og deformiteter

For å identifisere eventuelle forskjeller mellom oppdrettstorsk og vill torsk, ble det først foretatt en subjektiv vurdering av utseende, videre ble det registrert ulike mål av ulike anatomiske proporsjoner og parametre.

All fisken som var fanget høsten 2010 i området rundt Borgundfjorden og fra merd ble fotografert. Vi målte 24 ulike proporsjonsindikatorer med skyvelær (Figur 5). Målingene ble registrert til nærmeste mm. Ytre deformiteter ble registrert på subjektivt grunnlag. I tillegg ble otolittene fra torskens hode undersøkt for forkalkninger. Et fenomen som primært er registrert hos oppdrettstorsk.

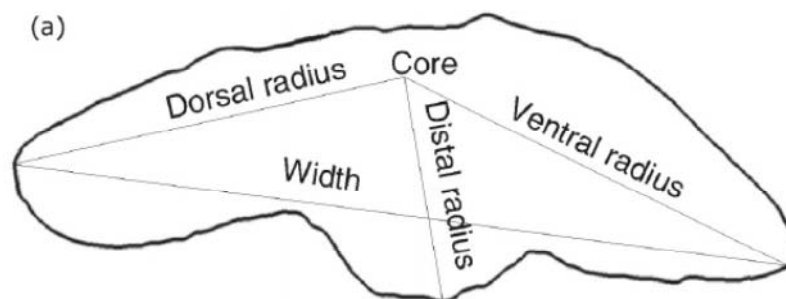


**Figur 5:** Målelinjer for identifisering av proporsjonsfaktorer.

## 2.6 Alder og vekst

Otolittene ble dissekert fra torskens hode. Forkalkede otolitter ble ikke benyttet. Analyse av otolitter/øresteinene er sentralt i aldersavlesning og vekstberegninger hos fisk. Oppdrettstorsken var 2 år ved innsamling. Dette ble satt som referansealder for å sammenlikne størrelse/vekst i de ulike fiskegruppene. Størrelse ved samme alder ble brukt for identifisering av oppdrettstorsk utenfor merdene.

Den ene av torskens to otolitter ble innstøpt i Epofix og snittet i vertikalplanet. To skiver på 0,45 mm tykkelse ble snittet fra hver otolitt med en diamantsag. Digitale bilder av polerte skiver ble tatt med hvitt transmisjonslys. Bildene ble analysert med "ImageJ" (<http://rsbweb.nih.gov/ij/>). Antall opake vintersoner ble talt på hver otolitt som en indikasjon på fiskens alder ved en antatt fødselsdato 1. januar. Dorsal-, distal- og ventral radius, samt bredden (width) ble malt på otolittene til all innsamlet torsk (Fig. 6).



**Figur 6.** Skjematisk presentasjon av en otolitt i horisontalplanet. (Li et al. 2008).

Sammenhengen mellom fiskens lengde (L) og otolittens størrelse er beskrevet ved følgende regresjonsmodell:

- (1)  $O = a + bL$
- (2)  $L = c + dO$
- (3)  $\ln(L) = \ln(w) + k\ln(O)$

Parameter a, b, c, d og k er konstanter estimert med en linjær modell som er tilpasset fiskens og otolittens størrelse ved innsamlingstidspunktet. For å finne størrelse ved 2 år på torsk som var samlet inn i området rundt Borgundfjorden ble flere modeller for tilbakeberegning av alder brukt (se vedlegg 1). Alder og lengde på torsk fra utenfor merdene i Vanylvsfjorden var lest direkte fra otolitten. Fisk fra de to lokalitetene i Vanylvsfjorden ble statistisk sammenliknet med den tilbakeberegnete lengden ved alder 2 år på torsk fra Borgundfjorden ved hjelp av ANOVA.

### 2.6.1 Leverindeks og gonadeindeks

I forbindelse med våruttaket fikk vi torsk fra alle innsamlingslokalitetene. Dette var også sammenfallende med den naturlige gyttiden til torsken. Vi ville derfor vurdere om leverindeks og gonadeindeks kunne benyttes som kriterium for å skille de ulike

fiskegruppene. Disse indeksene er basert på vektprosent av organet i forhold til fiskens totalvekt.

## **2.7 Interaksjonskriterier**

For å identifisere eventuell oppdrettstorsk utenfor merdene og annen interaksjon mellom oppdrettstorsk og villtorsk brukte vi følgende biologiske kriterier som referanse:

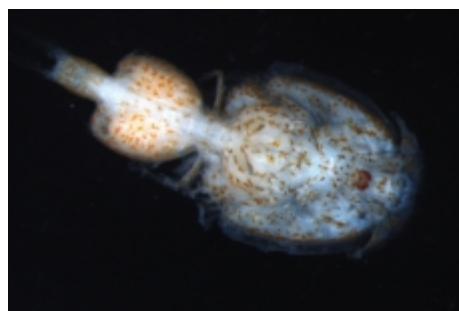
1. Oppdrettstorskens utseende kan avvike noe fra vill torsk mhp hodestørrelse og finne størrelse. Deformiteter i hoderegionen kan også forekomme i større grad.
2. Skjelett/beindeformiteter forekommer hos oppdrettsfisk. Dette fører til unormalt hode og nakke. Otolittene er beinstrukturer der deformiteter/forkalkninger er mer vanlig hos oppdrettstorsk
3. Alderen hos oppdrettstorsk fra yngelanlegg er kjent og homogen. Alder/størrelse ved gitt alder ble derfor brukt som et indikasjonskriterium av oppdrettstorsk utenfor merdene sammen med andre parametre.
4. Leverindeks gir oss opplysninger om fiskens kondisjon. Leverindeksen er ofte høyere hos oppdrettstorsk grunnet forhøyet fettinnhold i foret.
5. Gonadeindeks og kjønnsmodning er ofte lavere hos oppdrettstorsken på grunn av lysstyring for å utsette gyting. Her vil fiskens alder og størrelse være av betydning.
6. Foret til oppdrettstorsken inneholder fettsyrer som 18:1n-9, 18:2n-6, 18:3n-3 fra planteoljer. Disse finnes i liten grad hos villtorsk som vil ha høyere andel av fettsyrene C20:1n-9 og C22:1n-11 som er dominerende i bl.a. fisk som beiter på zooplankton.
7. Patogene virus og bakterier som er et problem hos oppdrettstorsk har sitt opphav i ville bestander. Disse mikroorganismene og sykdommene de forårsaker, blir sjelden registret i naturen.
8. Det er registrert mer enn 140 forskjellige typer parasitter på atlantisk torsk. Mange blir infisert via foret. Oppdrettstorsk fra yngelanlegg som spiser bearbeidet for/pellets har generelt lite parasitter.

## **2.8 Interaksjon mellom torskefisk og oppdrettslaks**

Fiskelus forekommer naturlig i sjø og i våre farvann er det beskrevet to arter i norsk oppdrettsnæring: Lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*) som setter seg på laksefisk, og skottelus eller fiskelus (*Caligus elongatus*) som kan feste seg på mer enn 80 ulike arter, deriblant laks og torsk (Figur 7). Torskefisk oppholder seg ofte rundt oppdrettsanlegg for laksefisk. I disse anleggene kan det være høye konsentrasjoner av lakselus. For å undersøke om lakselusa kan være et problem utenfor slike anlegg ble 33 torsk og 5 sei fisken med stang og ruse. Fiskelus ble fjernet og fiksert for artsbestemmelse.



a) *Lepeophtheirus salmonis* (foto: Trygve Poppe)



b) *Caligus elongatus*, (foto:Øivind Øiness)

**Figur 7:** Foto av a) lakselus og b) skottelus

## 3 Resultater

### 3.1 Fettsyreprofiler

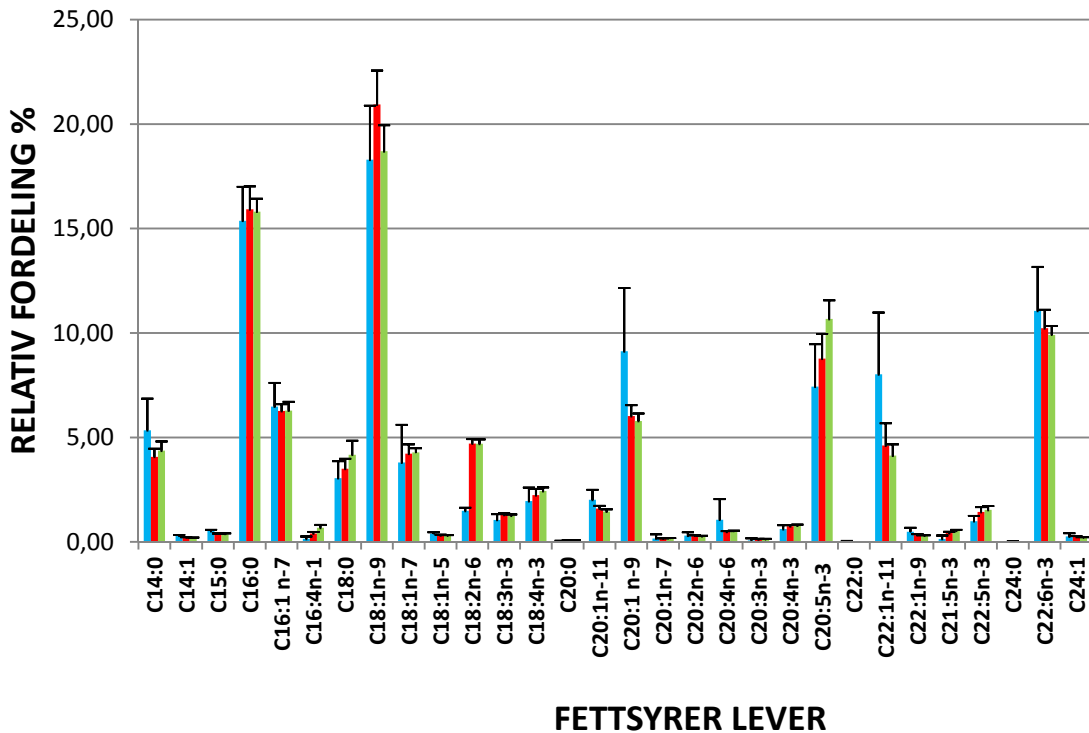
#### 3.1.1 Næringsinteraksjon

Analysene viser at det er signifikante forskjeller mellom fettsyrer i lever fra torsk fanget i Borgundfjorden, torsk fra merd og torsk fanget utenfor merd i Vanylvsfjorden. For leverprøvene er det markante forskjeller mellom fettsyrene C18:2n-6, C20:1n-9 og C22:1n-11. Disse fettsyrene gjenspeiler hvilke næringskilder som torsken har hatt.

Fettsyren C18:2n-6 er dominerende i planteoljer og i konvensjonelt torskefôr. Resultatene viser at torsk fra merd i Vanylvsfjorden og torsk fra Vanylvsfjorden relativt har tre ganger mer av denne fettsyren enn torsk fra Borgundfjorden. Torsken fanget utenfor merdene i Vanylvsfjorden har trolig spist fiskefôr fra oppdrettsanlegget. Fettsyrene C20:1n-9 og C22:1n-11 er dominerende i fisk som beiter på zooplankton (Sargent et al., 2002). Zooplankton og sild er en viktig næringskilde torskbestandene langs norskekysten.

I fiskefôr brukes planteoljer og marine oljer fra det sørlige Stillehavet (i.e anchovy), disse oljene mangler eller har lave verdier i naturlige byttedyr til torsk. Dette er med på å forklare at torsken fra Borgundfjordområdet har nær 50 % mer innhold av disse fettsyrene i leveren enn torsk fra Vanylvsfjorden.

Selv om bare 40% av torskene utenfor merdene i Vanylvsfjorden hadde pellets i magen, 40% hadde muslinger og snegl og 30% hadde tom mage. Likevel er det ikke signifikante forskjeller i fettsyreprofilen i leveren i forhold til torskene som er inne merdene.



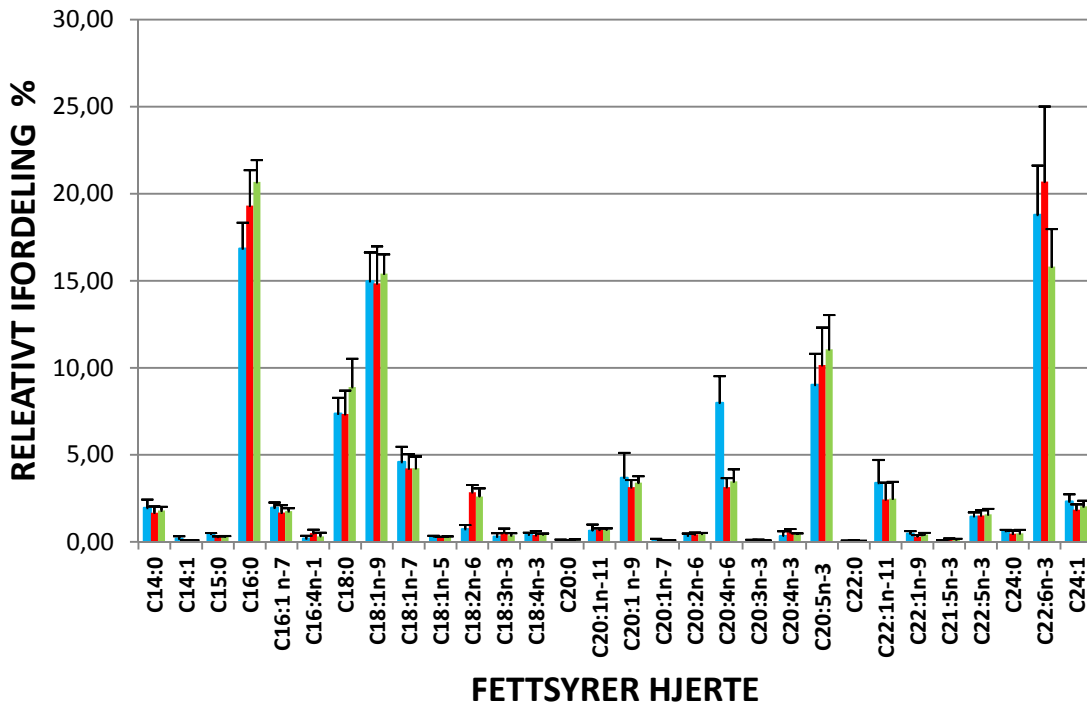
**Figur 8.** Fettsyreprofil av leverprøver fra ■ Borgundfjordtorsk (n=11), ■ Torsk fra Vanylvsfjorden (n=19), ■ Oppdrettstorsk fra Vanylvsfjorden (n=10)

### 3.1.2 Annen interaksjon

For fettsyrene i hjertet er det også signifikante forskjeller, 16:0 og 18:0 fettsyrene er høyest for torsk i og utenfor merd. Dette er observert tidligere for oppdrettet fisk og fisk nær merdanlegg (Fernandez-Jover et al., 2011). Hjerte fra torsk i og utenfor merd i Vanylvsfjorden har mye høyere innhold av 18:2n-6 enn torsk fra Borgundfjordområdet. Det høye innholdet av 18:2n-6 i hjertet viser som for leverprøvene at torsk fra merd og torsk i Vanylvsfjorden spiser fiskefôr med innhold av planteoljer.

Hjerte fra Borgundfjordtorsk, som kun spiser naturlige byttedyr, har et høyere nivå av fettsyren 22:1n-9 enn hjerte fra de andre torskene. Et uventet resultat var at nivået av fettsyren 20:4n-6 i hjertet til Borgundfjordtorsk er over dobbel så stort som i hjertet til de andre torskene. Et så høyt nivå av 20:4n-6 (aracidonsyre) er ikke rapportert tidligere.

Denne fettsyren, 20:4n-6, er også registrert i større mengder i torskeegg fra villfisk sammenliknet med oppdrett. Denne fettsyren synes å være svært bestemt av næringsvalg og er relevant for reproduksjon, fekunditet, misdannelser og feil pigmentering hos torsk (Salze et al., 2005). Påvisning av mengde aracidonsyre kan dermed være et identifikasjonskriterium for ulike torsketyper, men også si noe om sannsynlighet for reproduksjonssuksess og overlevelse av egg og larver fra oppdrettsfisk. Dette er noe vi vil gå videre med i nye prosjekter.



**Figur 9.** Fettsyreprofil av hjerteprøver fra ■ Borgundfjordtorsk (n=5), ■ Torsk fra Vanylvsfjorden (n=5), ■ Oppdrettstorsk fra Vanylvsfjorden (n=5)

## 3.2 Patogene organismer

### 3.2.1 Bakterier og virus

Tabell 2 viser en oversikt over funnene fra real-time PCR analysene (denne tabellen er basert på dataene i vedlegg 2). For torsk ved Borgundfjorden ble det ved vårutttaket påvist Nodavirus i 4/30 fisk og francisella (FC) i 2/30 fisk. På høsten ble det påvist Nodavirus i 1/28 og francisella i 2/28 villtorsker. Det var ikke den samme fisken som hadde både Nodavirus og francisella. Villtorsken hadde en gjennomsnittlig prevalens på 9% for Nodavirus og 7% for francisella.

Oppdrettstorsken hadde francisella diagnose på vårutttaket og 8/10 fisk testet positivt for francisella. På høsten ble 6/15 oppdrettstorsk funnet positive for francisella. Prevalensen på francisella i oppdrettstorsk i snitt ved disse to uttakene var på 56%.

På vårutttaket var det rapportert en rømning fra torskeoppdrettsanlegget med francisella diagnose og 2/23 torsker utenfor mær ble funnet positive for francisella. På høstuttaket fikk vi ingen torsk utenfor mær. Torsk utenfor mær hadde en prevalens på francisella på 9%. Ingen torsker på vår- eller høstuttaket, testet positivt verken for IPNV eller VHSV.

**Tabell 2:** Prevalens av påvist smittestoff relatert til område og til tid på året.

Område	Merd		Vanylvsfjorden		Borgundfjorden	
Antall fisk	45		23		58	
Sykdom	FC	noda	FC	noda	FC	noda
Vårtuttak	80%	0	9%	0	7%	13%
Høstuttak	40%	0	X	X	7%	3,5%

### 3.2.2 Parasittfauna

Tjuefire parasittarter ble registrert (Table 3). Hos torsk fra Borgundfjordområdet var larver av kveis (nematoden *Hysterothycium aduncum* og *Anisakis simplex*) vanlig. Voksne stadier av nematoden *Cucullanus cirratus*, den digene ikten *Hemiurus communis* og *Derogenes varicus*, og den parasittiske kopepoden *Holobomolochus confusus* var også framtreddende. Nematodelarvene ble funnet i tarmen og kroppshule. *C. cirratus* ble registrert i fra tarmen, iktene i magen og *H. confusus* fra neshulen. Det var tydelig forskjell i forekomsten av enkelte parasitter mellom individene ved sammenlikning av villfisk fra Borgundfjorden, Mauseidvågen (innerst i Borgundfjorden) og Vanylvsfjorden:

1. *Myxidium bergense*, en myxosporid parasitt i galleblæra, var mye mer vanlig i villfisk fra Borgundfjordområdet sammenliknet med andre lokaliteter. Dette var spesielt tydelig på høstuttaket på fiske tatt utenfor selve fjorden. *M. oviforme* var mest vanlig i februar på fisk i Borgundfjorden
2. Larven til *H. aduncum* var mest vanlig i torsk fra Borgundfjorden og området rundt, spesielt på høstuttaket.
3. Ikten *Stephanostomum pristis* ble funnet ved blindsekkene på 40 % av torsken i Mauseidvågen.
4. Den eneste parasitten som ble funnet i 4 oppdrettstorsk var myxosporiden *Zschokkella hildae*, en vanlig parasitt i nyrene og urinlederne hos torskefisk. Mellomverten er en børstemark som er vanlig under oppdrettsanlegg. Selv om patologi av denne parasitten ikke er kjent hos oppdrettstorsk, kan den bli et potensielt problem i farmtiden (Heuch et al., 2011).
5. Det var flest ulike parasitter på torsk fra Borgundfjordområdet, med tydelige individuelle og sesongmessige forskjeller i parasittart og infeksjonsgrad. Parasitter har derfor et potensial som biologiske markører for å skille mellom torskebestander i blandete fiskerier.

**Tabell 3.** Oversikt over parasittfauna på torsk fra ulike områder.

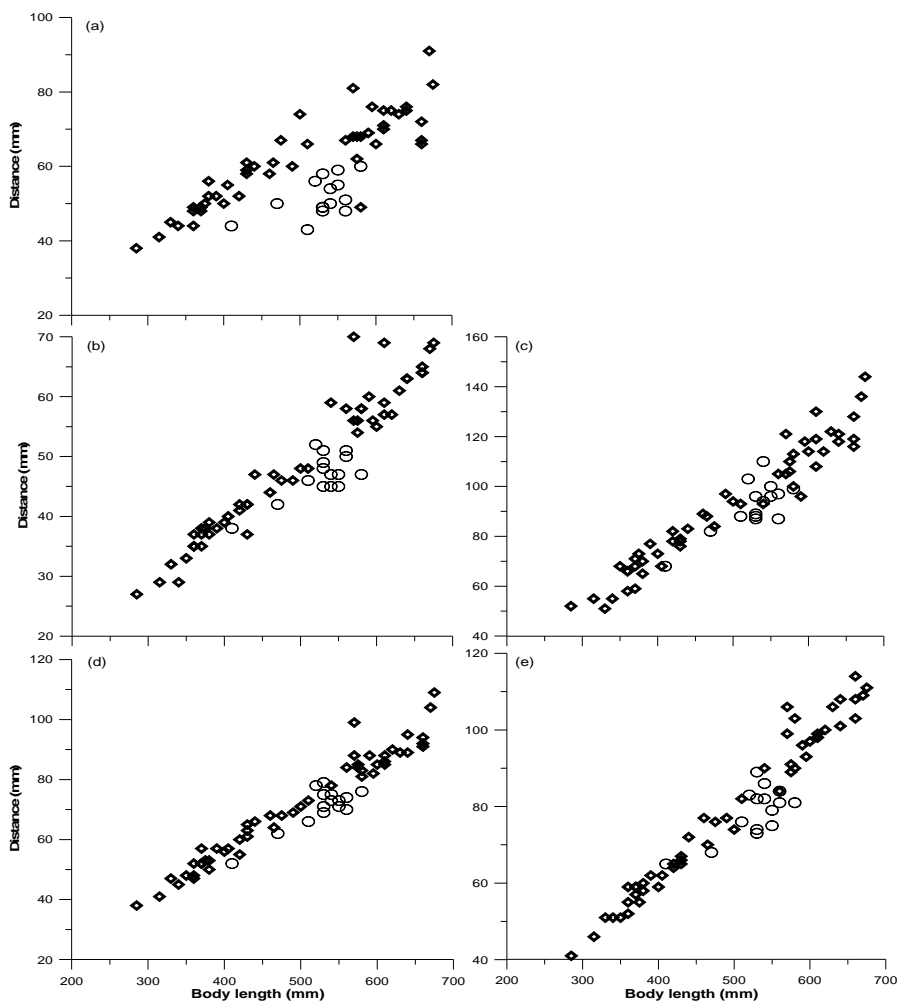
Parasitter	Februar 2010			September 2010		
	Merd (n = 5)	Vanylvs fjorden (n = 10)	Borgund fjorden (n = 15)	Merd (n = 15)	Mauseid- vågen (n = 10)	Borgund- fjorden (n = 13)
Antall torsk analysert for parasittfauna						
<b>Myxosporea</b>						
<i>Myxidium oviforme</i>	0	0	20	0	10	8
<i>Myxidium bergense</i>	0	0	7	0	0	38
<i>Zschokkella hildae</i>	20	0	7	20	0	0
<b>Nematoda</b>						
<i>Pseudoter. decipiens</i>	0	0	7	0	10	8
<i>Hysteroth. aduncum</i>	0	10	53	0	30	100
<i>Anisakis simplex</i>	0	0	40	0	60	77
<i>Cucullanus cirratus</i>	0	0	73	0	90	46
<i>Capillaria gracilis</i>	0	0	13	0	20	0
<i>Ascarophis</i> sp.	0	0	0	0	10	0
<b>Digenea</b>						
<i>Hemiurus communis</i>	0	10	67	0	70	77
<i>Derogenes varicus</i>	0	0	20	0	70	38
<i>Lepidapedon racion</i>	0	0	7	0	20	0
<i>Lecithaster gibbosus</i>	0	0	0	0	0	8
<i>Stephanostomum pristis</i>	0	0	0	0	40	0
<i>Stephan. baccatum</i>	0	10	0	0	0	0
<i>Cryptocotyle lingua</i>	0	0	20	0	0	15
<i>Prosorhyn. graciliscens</i>	0	0	7	0	0	0
<b>Acanthocephala</b>						
<i>Echinorhynchus gadi</i>	0	0	47	0	0	38
<b>Cestoda</b>						
<i>Abothrium gadi</i>	0	0	0	0	10	0
<i>Grillotia</i> sp.	0	0	0	0	10	8
<b>Copepoda</b>						
<i>Holobomolochus confusus</i>	0	20	53	0	10	46
<i>Clavella adunca</i>	0	0	0	0	0	8
<i>Lernaeocera branchialis</i>	0	0	0	0	0	15
Chalimus larvae	0	0	0	0	0	8
<b>SUM Parasitter</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>15</b>	<b>1</b>	<b>14</b>	<b>16</b>



### 3.3 Utseende og deformiteter

#### 3.3.1 Kroppsform

Av de 24 ulike morfologiske målene som ble tatt av torskene på høsttaket, var det fire størrelser som ga signifikante forskjeller mellom oppdrettstorsk og villtorsk (Figur 8). Dette var fra snutespiss til øye (mål: a-b), fra øyet til første ryggfinne (mål: b-d), øye til spissen på hjellelokket/operculum (mål: c-e), øye til brystfinne (mål: c-f) og lengde på brystfinne (mål: g-r) (se figur 5). Målene var mindre hos oppdrettstorsken enn hos villtorsk (ANOVA;  $p < 0.0001$ ). Dette var spesielt på brystfinnerne. Dette indikerer mindre hode og brystfinner hos oppdrettstorsk.



**Figur 10.** Scatterplot av morfometriske målinger mot kroppslengde for fisk fanget i felt ( $\diamond$ ) og i merd (o). (a) Lengden på brystfinnen (b) Lengden fra snute til øye, (c) Lengden fra øyet til første brystfinne, (d) lengden fra øyet til første ryggfinne og (e) lengden fra øyet til brystfinnen.

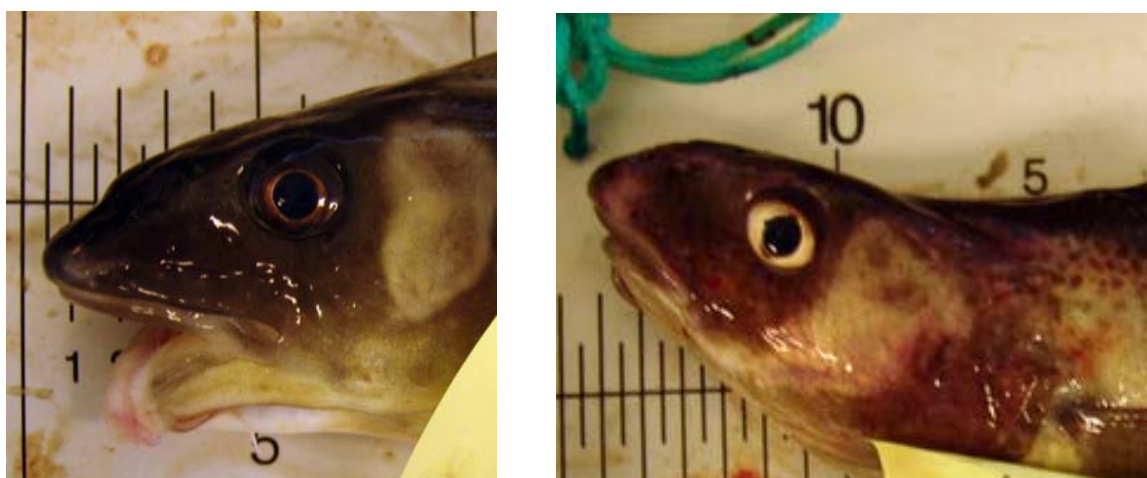
### 3.3.2 Deformiteter

Prevalensen av forkalkninger i otolittene i innsamlet torsk ble undersøkt (Figur 11). Den var 3 % hos torsk i området ved Borgundfjorden, 18 % hos torsk utenfor merdene i Vanylvsfjorden og 19 % hos oppdrettstorsken.



**Figur 11.** Normal otolitt (over) og otolitt med forkalket område (under).

Deformiteter hos torsk er ofte forbundet med unormalt hode, munnparti og "knekk" i overgangen mellom hode og rygg (figur 12). Slike deformiteter var ikke registrert hos torsk fra området rundt Borgundfjorden. Av torsk rundt oppdrettsanlegget hadde 20 % deformiteter. For oppdrettsfisk hadde 35 % deformiteter. Disse resultatene er basert på subjektiv vurdering.



**Figur 12.** Eksempel på registrerte deformiteter i hode, munn og rygg hos innsamlet torsk.

### 3.4 Alder og vekst

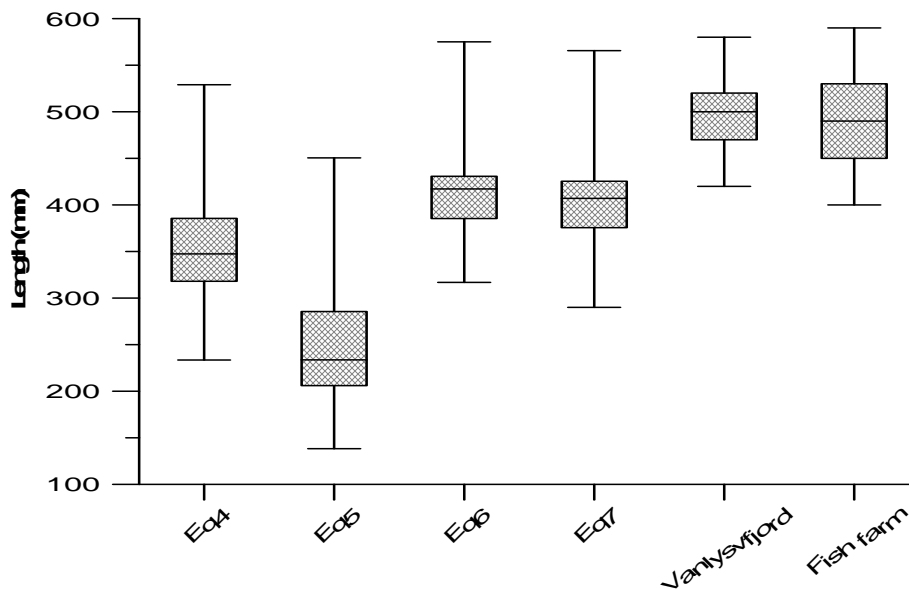
Alderen ble beregnet utfra registrering av antall vintersoner i otolittene. Torsken som ble fanget ved gytefeltet i Borgundfjorden var fra 2 til 6 år med en gjennomsnittlig alder på 4.2 år. Torsken som ble fanget rundt merdene i Vanylvsfjorden var 2 år gammel med unntak av en torsk på 5 kg. Torsken i oppdrettsanlegget var 2 år gammel (Tabell 4).

**Tabell 4:** *Variasjoner i alder og størrelse (snitt) i torsk fra ulike innsamlingsområder.*

Område	Merd	Vanylvsfjorden*	Borgundfjorden
Alder (snitt)	2 år	2 år	4,2 år
Størrelse ved 2 år	49,4 cm	49,9 cm	66cm

\* en fisk på 5 kg ikke med i beregningene

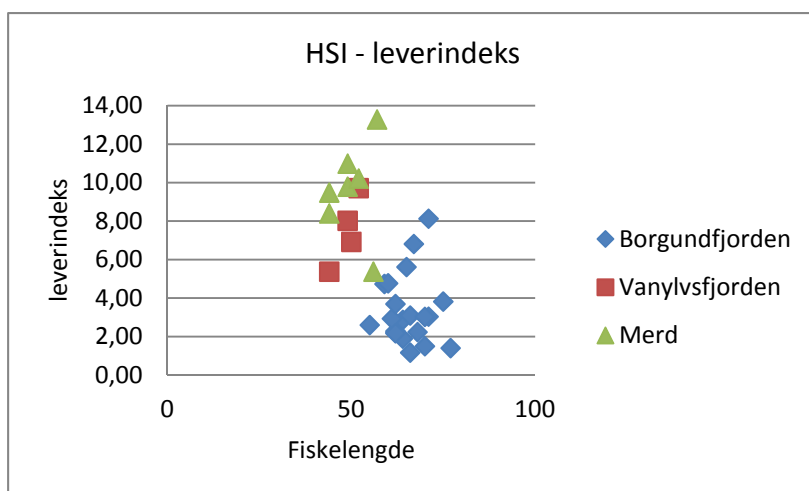
Torsken fanget i området rundt Borgundfjorden hadde varierende alder og størrelse. Tilbakeberegnet lengde på denne fisken ga en estimert gjennomsnittlig størrelse ved 2 år på mellom 25,5 and 40,7 cm. Disse estimatene var signifikant forskjellige fra gjennomsnittlig lengde på torsk fanget utenfor merdene i Vanylvsfjorden som var 49,9 cm ( $p < 0.001$ ). Det var ingen signifikant forskjell mellom lengden på fisken fanget utenfor merd og fisken i oppdrettsanlegget som var 49,4 cm (Figur 13).



**Figur 13.** *Box plot av tilbakeberegnet lengde ved alder 2 år på torsk fra ulike innsamlingsområder. Lengden på torsk fra områdene rundt Borgundfjord ble estimert med ulike likninger (Eq) og lengden på torsk fra oppdrettsanlegget og utenfor merdene ble målt direkte da alle var 2 år.*

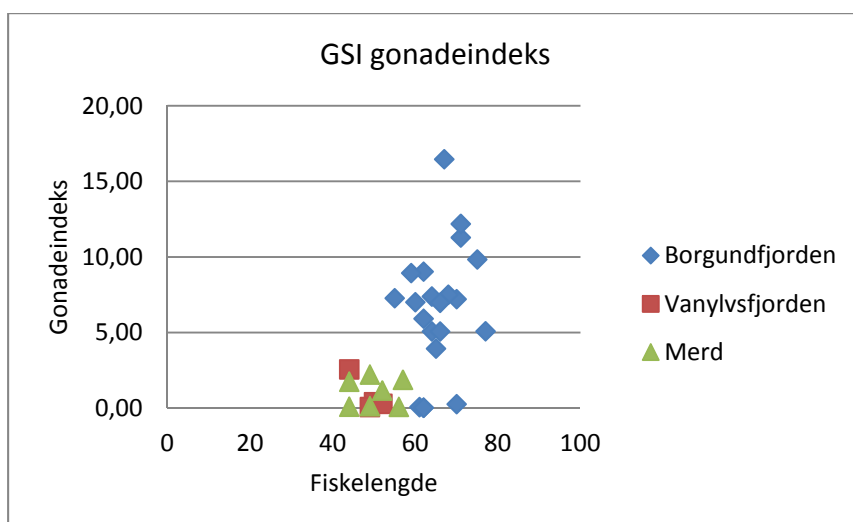
### 3.4.1 Leverindeks og gonadeindeks

Leverindeks kan si oss noe om fiskens kondisjon og tilgangen og sammensetningen på mat. Leveren fungerer som et lagringsorgan for fett og annen opplagsnæring. Fettinnholdet i maten påvirker leverens vekt men påvirkes av eventuell kjønnsmodning og gyting. Høy levervekt er vanlig hos oppdrettsfisk. Figur 14 viser at leverindeksen hos oppdrettstorsken var vesentlig høyere enn hos torsk fra området rundt Borgundfjorden på samme størrelse.



**Figur 14.** Leverindeks i forhold til fiskelengde fra de tre lokalitetene.

Kortere daglengde virker som et "start-signal" på kjønnsmodningen. Hos oppdrettstorsk er gyting ikke ønskelig grunnet dårligere vekst og kvalitet, og økt dødelighet. Merd-forsøk har vist at torsken ikke lar seg lysstyre lengre enn 3-4 mnd etter forventet kjønnsmodning, noe som resulterer i "sommergyting". Høy gonadeindeks (GSI) – gir informasjon om at fisken nærmer seg kjønnsmodning. Figur 15 viser at GSI kan være forskjellig hos rømt oppdrettstorsk og ville bestander.



**Figur 15.** Gonadeindeks i forhold til fiskelengde fra de tre lokalitetene.

### **3.5 Gruppering ut fra interaksjonskriteriene**

Siden mesteparten av oppdrettstorsken ikke er genetisk merket, har vi til nå vært avhengig av ytre kjennetegn som finneslitasje, nakkeknekk og kjevemisdannelse for å skille oppdrettstorsk fra villtorsk. Denne metoden fungerer ikke for torsk som er produsert i ekstensive system (poller), siden slik torsk ikke kan skilles fra villtorsk med ytre kjennetegn (Tanager et al 2010).

#### **3.5.1 Fettsyrer som identifikasjonsfaktor**

Fôret til oppdrettstorsken inneholder fettsyrer fra vegetabiliske oljer. I naturlige fóroorganismer som zooplankten, krepsdyr og sild, er nivåene av disse fettsyrene lave. Villtorsk og oppdrettstorsk og torsk som spiser av fórspill fra oppdrettsanlegg vil derfor ha forskjellig fettsyreprofiler i organ som hjerte og lever. Fettsyreprofilen til torsk som spiser fiskefór vil være mer uniform enn fettsyreprofilen til villtorsk som vil beiter på flere forskjellige byttedyr.

Hvilke byttedyr som spises vil avhenge av årstid, beiteområde og størrelsen på torsken (Budge et al 2002). Undersøkelsen viser at det er mulig å skille oppdrettstorsk og torsk som har beitet på det samme fiskefôret fra Borgundfjordtorsk på grunnlag av fettsyreprofil fra lever og spesielt hjertevev. Det er fettsyrene C18:2 $n$ -6 fra vegetabilisk olje og C20:1 $n$ -9 og C22:1 $n$ -11 fra naturlige byttedyr som utgjør den største forskjellen i denne undersøkelsen.

#### **3.5.2 Smittedynamikk**

I oppdrettsanlegg er biomassen og vertstettheten høyere sammenlignet med situasjonen for ville populasjoner. Utvikling av sykdom hos enkeltindivider kan derfor føre til rask smittespredning. Sykdomsutbrudd i anlegg kan gi et sterkt smittepress på villfisk og kan endre smitte- og sykdomsstatus i slike populasjoner (Ottem 2007).

Når det gjelder virus og bakteriesykdommer hos oppdrettstorsk, synes francisella å være det største problemet. Vi kunne ikke se noen vesentlig forskjell i antall smittede individer fra området rundt Borgundfjorden og i torsk utenfor merdene, tiltross for høy prevalens for sykdommen blant oppdrettstorsken. Grunnen til dette kan være at svekket fisk fort vil bli fjernet ved predasjon utenfor merdene. Smittepresset her vil sannsynligvis også være mindre enn inni merden. Dette viser også Ct verdiene fra PCR analysene. Dette tyder på at bakterien som forårsaker francisella ikke er en god identifikasjonsfaktor på rømt oppdrettstorsk.

Når det gjelder parasittfauna på villtorsk er den svært rik grunnet vandring og beiting på svært variert kosthold. Antall parasitter kan variere med sesong, fasteperioder og gyting. Oppdrettstorsken derimot er nærmest fri for parasitter på grunn av at fôret er fritt for disse.

Vi fant at torsken utenfor merdene også hadde svært få parasitter. De vi fant var kun hos enkelte av individene. Parasittfauna kan derfor være et identifikasjonskriterium på nylig rømt torsk ved oppdrettsanlegg.

### **3.5.3 Alders og vekst for identifisering av oppdrettsfisk**

Alderen hos oppdrettstorsk fra yngelanlegg er kjent og homogen. Oppdrettstorsken som vi benyttet var 2 år. Alder hos torsken utenfor merdene ble beregnet til det samme med unntak av en torsk på 5 kg. Ved tilbakeberegning av størrelse ved alder to år for fisken rundt Borgundfjorden, kunne de tre gruppene sammenliknes.

Fisken fra Borgundfjordområdet skilte seg tydelig ut som mindre enn de andre to gruppene, sikkert grunnet mer aktivitet og vanskeligere mattilgang. Det er vekstforskjeller og ulik alder ved kjønnsmodning mellom skrei og kysttorsk og mellom flere av kysttorskbestandene. Spredningen i størrelse ved alder ved 2 år hos denne fisken kan skyldes at den består av ulike bestander. Størrelse ved gitt alder kan derfor være et kriterium sammen med andre parametre på identifikasjon av rømt oppdrettstorsk utenfor merdene.

Leverindeks gir oss opplysninger om fiskens kondisjon. Leverindeksen er ofte høyere hos oppdrettstorsk grunnet forhøyet fettinnhold i fôret. Dette fant vi også i denne undersøkelsen. Leverindeksen til torsk utenfor merdene var likevel lavere og hadde større spredning enn hos fisk i anlegget. Den er imidlertid høyere enn fisk på lik størrelse fra Borgundfjordområdet.

### **3.5.4 Størrelse og utseende som identifikasjonsfaktorer**

Oppdrettstorskens utseende kan avvike noe fra villtorsk. Skjelett/beindeformiteter er dessuten mer vanlig hos oppdrettsfisk, muligens relatert til ernæring og temperatur under tidlig utvikling. Deformiteter i hoderegionen og otolittene er derfor mer vanlig hos oppdrettstorsk.

De mest fremtredende forskjeller mellom oppdrettet og villtorsk er at oppdrettstorsken har høyere kondisjonsfaktor, større lever og mindre hode (Gildberg 1994). I tillegg har presseoppslag om såkalt monstertorsk vært fremtredende de siste åra og bidratt til negativ omdømme for næringa. Denne karakteristikken kommer fra deformiteter i munnparti og nakke funnet hos torsk i fangsten til kystfiskerne.

I våre undersøkelser fant vi ikke slike deformiteter i fisken fra Borgundfjordområdet, mens fisken i og utenfor merdene hadde innslag av dette. Siden mesteparten av oppdrettstorsken ikke er genetisk merket, kan ytre kjennetegn som finneslitasje, nakkeknakk og kjevemisdannelse bidra til å skille oppdrettstorsk fra villtorsk. Denne metoden fungerer ikke for torsk som er produsert i ekstensive pollsystemer (Tanager et al 2010).

I vår undersøkelse fant vi at forkalkede otolitter, hodestørrelse og størrelse på brystfinnene kan være indikatorer til å identifisere rømt oppdrettsfisk når genetiske markører er fraværende.

### 3.5.5 Interaksjon ved rømming og gyting

Torskens adferd gjør at den rømmer oftere enn laks. Etter en rømming kan et stort antall antatt oppdrettstorsk registreres i fangstene fra nærområdet. Andelen av disse fiskene synker raskt noe som kan tyde på høy dødelighet eller stor spredning til andre områder (Tanager et al 2010).

Det var rapportert rømming fra oppdrettsanlegg for torsk i Vanylvsfjorden i 2009 og 2010. Fisken som ble registrert utenfor merdene i Vanylvsfjorden hadde mange fellestrekk med fisken inni merdene når det gjaldt størrelse, alder, utseende, kjønnsmodning, leverindex og parasittfauna. Fettsyrene indikerer også at denne fisken har primært spist konvensjonelt fôr til oppdrettstorsk. Vi kan imidlertid ikke si noe om næringsopptaket er skjedd utenfor nøtene.

Når det gjelder gyting hos oppdrettstorsk i merd er det vist at kjønnsmoden oppdrettstorsk kan gyte i merdene før markedsstørrelse. Dette er også vist ved genetiske markører at torsk i merd produserer befruktede egg og levende larver som er funnet mange kilometer unna oppdrettslokaliteten (Tanager et al 2010). Så langt er det få tegn til denne torsken er blitt kjønnsmoden (Meeren 2010).

Gonadeindeksen hos oppdrettstorsken i Vanylvsfjorden indikerer at denne fisken ikke var gytemoden. Enten fordi den var for liten eller fordi lysstyring har ført til utsettelse av kjønnsmodning. Merdforsøk har vist at torsken ikke lar seg lysstyre lengre enn 3-4 mnd etter forventet kjønnsmodning. Den får da ofte sommergyting (Kristoffersen 2009). Dette anses for uheldig for eventuell produksjon av levedyktig avkom.

Torskeegg har generelt svært lav overlevelse i naturen selv under optimale forhold. Egg og larver er helt avhengig av våroppblomstringen i havet og kyststrømmen for at larvene skal ha tilgang på mye og riktig fôr når de er klare for å spise (Knutsen and Tilseth 1985). Oppdrettstorsken i merd vil sannsynligvis gyte på ugunstige lokaliteter og til ugunstige tidspunkt grunnet lysstyring. Man vet derfor ikke om gyteprodukter fra oppdrettstorsk gytt utenfor ordinær gytessesong for torsk kan overleve lenge i naturen etter at plommesekken er oppbrukt.

Vertikalfordeling har også en viktig rolle i gytesystemet til torsk. Forskjeller i vertikalfordeling mellom oppdretts- og villtorsk på gytefeltet er observert, men oppdrettshunner oppsøkte allikevel ofte villhannene. Dette viser at torskeoppdrett kan gi grunnlag for innkryssing med vill fisk (Fernø 2007). Forsøk med genetiske markører har vist at dette er mulig (Tanager et al. 2010).

Utsettingsforsøk har vist at oppdrettet torsk ofte gjenfanges i nærheten av lokale gyteplasser (Skjæraasen, et al. 2007). Det er derfor sannsynlig at hvis oppdrettstorsk klarer seg i naturen etter rømming, vil den oppsøke lokale gyteområder slik som Borgundfjorden. På bakgrunn av fettsyreanalyser i 2006 ble det identifisert en høy andel av torsk som hadde beitet på konvensjonelt torskfôr (Myrseth og Standal 2006). Dette så vi ikke i denne undersøkelsen. Det har imidlertid rømt vesentlig mindre oppdrettstorsk fra oppdrettsanlegg ved Borgundfjorden i 2010 sammenliknet med 2006.

### 3.6 Lus fra oppdrettslaks på torskefisk

På torsk og sei innfanget ved et lakseanlegg i Romsdalsfjorden, ble det samlet inn i alt 53 lus (Tabell 5). Tre ulike lusearter ble registrert på denne fisken. Kun en lakselus ble observert på sei. Resten av lusene var av ulike caligusarter som er vanlig på mange marine fisk.

Tabell 5. Fordeling av ulike fisklus på sei og tosrk

Fiskearter	Antall fisk	Antall lus pr fisk	Antall lakselus	Antall skottelus	Antall andre Caligusarter
Torsk	33	0-4	0	28	14
Sei	5	0-3	1	9	0

Ut fra dette begrensede materialet kan en ikke konkludere sikkert om store konsentrasjoner av lakselus kan være problematisk for andre fiskearter. Mye tyder på at lakselus er veldig artsspesifikk og at det ene individet som ble observert på sei ikke nødvendigvis kan ses på som et problem da ingen sårdannelse eller skader som forbindes med denne parasitten var observert.

## 4 Konklusjon

Oppdrett av torsk har vært gjennom en tøff periode, rent økonomisk. Antall aktører er blitt betydelig færre og produksjonen har gått ned. Positivt er bedre priser og mindre rømming. Tap på grunn av sykdom er også betydelig redusert. Forklaring kan være at tyngdepunkt for produksjonen har flyttet nordover, at kvaliteten på yngelen er blitt bedre, dels som følge av avl, og dels som følge av kunnskap (Mortensen 2010).

Rømming er redusert fra over 200.000 torsk i 2009, over 100000 fisk i 2010 til 150 fisk i 2011 (Fiskeridirektoratet). Rømming er likevel forstøtt et problem som får stort fokus grunnet frykt for negativ interaksjon med villtorsk generelt og med kysttorsk spesielt, der flere bestander er i dårlig forfatning.

Foreløpig er det vanskelig å skille oppdrettsfisk fra villfisk på en enkel og objektiv måte. Våre undersøkelser har vist at graden av deformerte otolitter, lengde ved lik alder, leverindeks, kroppsform og finnestørrelse, deformiteter i hodet og rygg, parasittfauna og fetttsyreprofil i lever kan identifisere torsk rundt torskeanlegg som rømt fisk.

Oppdrettstorsken har sannsynligvis høyere dødelighet utenfor merdene og mindre sjanse for å klare seg i naturen etter en rømming. Dette gjelder spesielt syke individer eller torsk som har ulike former for deformiteter. Hvis rømt torsk likevel klarer overgangen til et naturlig næringsopptak av marine organismer vil den etter hvert miste mange av de identifiseringskriteriene som vi har påvist i denne undersøkelsen. Sannsynligheten for at disse fisken kan krysse seg med villtorsk er dermed også tilstede.

For å begrense eventuelle skadevirkninger må fokus være på å hindre rømming ved gode driftsrutiner og anlegg som tilfredsstiller tekniske krav. Det er dessuten viktig å begrense gyting i merd, ha rutiner for overvåking for å oppdage rømming tidlig, redusere fôrspill for å hindre at rømt fisk klarer seg bedre og at villfisk trekkes til anlegget. Til slutt må dødfisk fjernes for å hindre spredning av sykdom i miljøet.



## 5 Organisering og samarbeid

Prosjektet er et samarbeidsprosjekt mellom Høgskolen i Ålesund (HiÅ), Møreforskning Marin (MFM) og PatoGen Analyse AS. Prosjektleder har vært Anne Stene (HiÅ), Koordinator for MFMs deltakelse har vært Audny Hellebø og koordinator for PatoGen Analyse A/S har vært Vidar Aspehaug.

Viktige medarbeidere i dette prosjektet har vært:

- Willy Hemmingsen fra Universitetet i Tromsø og Ken MacKenzie fra University of Aberdeen som har bidratt med engasjement, høy kunnskap og stor egeninnsats i forbindelse med parasittanalysene.
- Atlantic Cod Farms som har vært en positiv bidragsyter i form av anselig antall kilo med oppdrettstorsk, innfangning av torsk utenfor merdene i eget anlegg, gode innspill og et oppriktig ønske om å øke kunnskapsgrunnlaget for denne næringa.
- Anders Måseide, kystfisker i Ålesund som har brukt mange timer, eget fartøy og redskap og sin erfaringsbaserte kunnskap på å skaffe den torsken vi trengte høsten 2010.

I tillegg vil vi nevne Leif Ronny Rætta, som positiv og løsningsorientert driftsleder på anlegget i Vanylvsfjorden. Hogne Bleie og Rune Vartdal fra Atlantic Cod Farms representant for oppdrettere av torsk, Terje Blomvik representant fra Fiskarlaget og Jan Eric Rønneberg representant fra Fiskeridirektoratet. Disse har bidratt med gode innspill og faglige diskusjoner i forbindelse med oppstartsmøter, underveisevaluering og møte ved avslutning av prosjektet.

## 6 Bakgrunns litteratur

- Budge, S.M., Iverson, S.J., Bowen, W.D., Ackman, R.G., 2002. Among-and within-species variability in fatty acid signatures of marine fish and invertebrates on the Scotian Shelf, Georges Bank, and southern Gulf of St. Lawrence. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 59, 886-898.
- Dalsgaard, J., St John, M., Kattner, G., Müller-Navarra, D., Hagen, W., 2003. Fatty acid trophic markers in the pelagic marine environment. *Advances in marine biology* 46, 225-340.
- Fernandez-Jover, D., Arechavala-Lopez, P., Martinez-Rubio, L., Tocher, D.R., Bayle-Sempere, J.T., Lopez-Jimenez, J.A., Martinez-Lopez, F.J., Sanchez-Jerez, P., 2011. Monitoring the influence of marine aquaculture on wild fish communities: benefits and limitations of fatty acid profiles.
- Fænø, A., 2007. [www.forskningsradet.no](http://www.forskningsradet.no)
- Grahl-Nielsen, O. 2005. Fatty acids as natural marks for stock identification In: Cadrin, S.X., Friedland, K.D., Waldman, J.R. (Eds.) *Stock identification methods: applications in fishery science* Academic Press, 239-261.

- Grahl-Nielsen, O., Barnung, T., 1985. Variations in the fatty acid profile of marine animals caused by environmental and developmental changes. *Marine environmental research* 17, 218-221.
- Grahl-Nielsen, O., Glover, K.A., 2010. Fatty acids in fish scales. *Marine Biology* 157, 1567-1576.
- Heuch et al., 2011. Parasite faunas of farmed cod and adjacent wild cod populations in Norway: a comparison. *Aquacult Environ Interact* Vol. 2: 1-13
- Hellberg, H., 2007. Helsesituasjon hos marin fisk. *Kyst og havbruk, særnummer av Fisken og havet*.
- Iverson, S.J., Frost, K.J., Lang, S., 2002. Fat content and fatty acid composition of forage fish and invertebrates in Prince William Sound, Alaska: factors contributing to among and within species variability. *Marine Ecology Progress Series* 241, 161-181.
- Kristoffersen, 2009. <http://www.nceaquaculture.com/sites/n/neaquaculture.com>).
- Meier, S., Mjos, S.A., Joensen, H., Grahl-Nielsen, O., 2006. Validation of a one-step extraction/methylation method for determination of fatty acids and cholesterol in marine tissues. *Journal of Chromatography A* 1104, 291-298.
- Mortensen, A., 2010. *Norsk fiskeoppdrett nr 10*
- Mugaas Jensen, P., 2010. *Norsk fiskeoppdrett nr 10*
- Myrseth, M.P., Standal, H., 2006. Analyse av lever fra torsk: Sammenlikning av oppdrettstorsk og villfanget torsk. Bacheloroppgave ved HiÅ.
- Ottem, K.F., Nylund, A. og Karlsbakk, E. 2007. Utbredelse og status av *Francisella* på torsk i Norge. *Kyst og havbruk, 2007. Kapittel 3 Havbruk. Havforskningsinstituttet*.
- Sargent, J.R., Tocher, D.R., Bell, J.G., 2002. The lipids. In: Halver, J.E., Hardy, R.W. (Eds.), *Fish Nutrition*. Elsevier Academic Press, U.S.A., 181-257.
- Skjæraasen, J.E., Meager, J.J., Færnø, A., 2007. Hvordan vil rømt oppdrettstorsk påvirke lokale kysttorskpopulasjoner. . *Kyst og havbruk Kap. 3.10.7*.
- Sterud, E., Heuch, P.A., 2005. Miljøeffekter av oppdrettstorsk. *Veterinærinstituttet*.
- Salze, G., Tocher, D.R., Roy, W.J., Robertson, D.A., 2005, Egg quality determinants in cod (*Gadus morhua* L.): egg performance and lipids in eggs from farmed and wild broodstock. *Aquaculture Research* 36, 1488-1499.
- Tanager, G.L., 2010. Risikovurderinger - miljøvirkninger av norsk fiskeoppdrett. *Fisken og Havet, Havforskninginstituttst. Særnummer, 97 sider*.

## 7 Vedlegg

**Vedlegg 1.** *Metoder og modeller for tilbakebergning av størrelse ved alder hos tosrk fra Borgundfjordområdet.*

The models assumes that if a fish at capture has a 10% larger otolith than the average otolith size of the same fish size, then the fish keeps the same proportionality of otolith size throughout its life. Both linear scale proportional hypothesis (SPH) (eq. 4) and nonlinear SPH (eq. 5) were estimated by linear regression, but nonlinear SPH used log-transformed fish length and otolith size:

$$(4) \text{ BCL} = -a/b + (Lc + a/b) \text{ Oi/Oc}$$

$$(5) \text{ BCL} = (\text{Oi/Oc})^{1/v} Lc$$

BPH is similar to SPH except that it is fish body size that retains the same proportionality throughout life (Francis 1990). The formulae for linear BPH (eq. 6) and nonlinear BPH (eq. 7) are as follows:

$$(6) \text{ BCL} = Lc(c + d\text{Oi})/c+d\text{Oc}$$

$$(7) \text{ BCL} = (\text{Oi/Oc})^k Lc$$

BCL = Back calculated length at two years old, Lc = Fish length at time of sampling, Oi is otolith size at two years old, Oc is otolith size at time of sampling. The otolith size at two years old was estimated from the distance from the otolith core and the outer edge of the second translucent zone.

**Vedlegg 2: Analysedata for PCR påvisning av bakterier og virus hos torskegruppene**

VÅR						HØST					
INDIVIDNR.	Nyre			Hjerne		INDIVIDNR.	Nyre			Hjerne	
	Ct-IPNV	Ct-VHSV	Ct-FC	Ct-VHSV	Ct-Noda		Ct-IPNV	Ct-VHSV	Ct-FC	Ct-VHSV	Ct-Noda
1	ND	ND	ND	ND	34,4	H1	ND	ND	ND	ND	ND
2	ND	ND	ND	ND		H2	ND	ND	ND	ND	ND
3	ND	ND	ND	ND		H3	ND	ND	ND	ND	ND
4	ND	ND	ND	ND	36,69	H4	ND	ND	ND	ND	ND
5	ND	ND	ND	ND		H5	ND	ND	ND	ND	ND
6	ND	ND	ND	ND		H6	ND	ND	ND	ND	ND
7	ND	ND	ND	ND		H7	ND	ND	ND	ND	ND
8	ND	ND	ND	ND		H8	ND	ND	ND	ND	ND
9	ND	ND	ND	ND		H9	ND	ND	ND	ND	ND
10	ND	ND	ND	ND		H10	ND	ND	ND	ND	ND
11	ND	ND	ND	ND	20,33	H11	ND	ND	ND	ND	ND
12	ND	ND	23,23	ND		H12	ND	ND	ND	ND	ND
13	ND	ND	ND	ND		H13	ND	ND	ND	ND	ND
14	ND	ND	ND	ND		H14	ND	ND	21,8	ND	ND
15	ND	ND	ND	ND		H15	ND	ND	ND	ND	ND
16	ND	ND	40,38	ND		H16	ND	ND	ND	ND	ND
17	ND	ND	ND	ND		H17	ND	ND	ND	ND	ND
18	ND	ND	ND	ND	22,09	H18	ND	ND	ND	ND	23,2
19	ND	ND	ND	ND		H19	ND	ND	ND	ND	ND
20	ND	ND	ND	ND		H20	ND	ND	ND	ND	ND
21	ND	ND	ND	ND		H21	ND	ND	ND	ND	ND
22	ND	ND	ND	ND		H22	ND	ND	ND	ND	ND
23	ND	ND	ND	ND		H23	ND	ND	ND	ND	ND
24	ND	ND	ND	ND		H24	ND	ND	ND	ND	ND
25	ND	ND	ND	ND		H25	ND	ND	19,8	ND	ND
26	ND	ND	ND	ND		H26	ND	ND	ND	ND	ND
27	ND	ND	ND	ND		H27	ND	ND	ND	ND	ND
28	ND	ND	ND	ND		H28	ND	ND	ND	ND	ND
29	ND	ND	ND	ND		H29	ND	ND	ND	ND	ND
30	ND	ND	ND	ND		H30	ND	ND	ND	ND	ND
31	ND	ND	ND	ND		H31	ND	ND	ND	ND	ND
32	ND	ND	31,33	ND		H32	ND	ND	ND	ND	ND
33	ND	ND	ND	ND		H33	ND	ND	ND	ND	ND
34	ND	ND	ND	ND		H34	ND	ND	28,1	ND	ND
35	ND	ND	ND	ND		H35	ND	ND	ND	ND	ND
36	ND	ND	ND	ND		H36	ND	ND	ND	ND	ND
37	ND	ND	ND	ND		H37	ND	ND	27,8	ND	ND
38	ND	ND	ND	ND		H38	ND	ND	28	ND	ND
39	ND	ND	ND	ND		H39	ND	ND	23,6	ND	ND
40	ND	ND	ND	ND		H40	ND	ND	ND	ND	ND
41	ND	ND	ND	ND		H41	ND	ND	34,1	ND	ND
42	ND	ND	ND	ND		H42	ND	ND	ND	ND	ND
43	ND	ND	ND	ND		H43	ND	ND	10,3	ND	ND
44	ND	ND	ND	ND							
45	ND	ND	ND	ND							
46	ND	ND	ND	ND							
47	ND	ND	ND	ND							
48	ND	ND	ND	ND							
49	ND	ND	ND	ND							
50	ND	ND	ND	ND							
51	ND	ND	ND	ND							
52	ND	ND	ND	ND							
53	ND	ND	25,54	ND							
54	ND	ND	19,75	ND							
55	ND	ND	29,61	ND							
56	ND	ND	20,28	ND							
57	ND	ND	ND	ND							
58	ND	ND	33,4	ND							
59	ND	ND	16,28	ND							
60	ND	ND	33,04	ND							
61	ND	ND	ND	ND							
62	ND	ND	23,9	ND							
63	ND	ND	26,21	ND							

= torsk utenfor mær  
 = oppdrettstorsk

ND: not detected