



UNIVERSITY OF  
NORDLAND

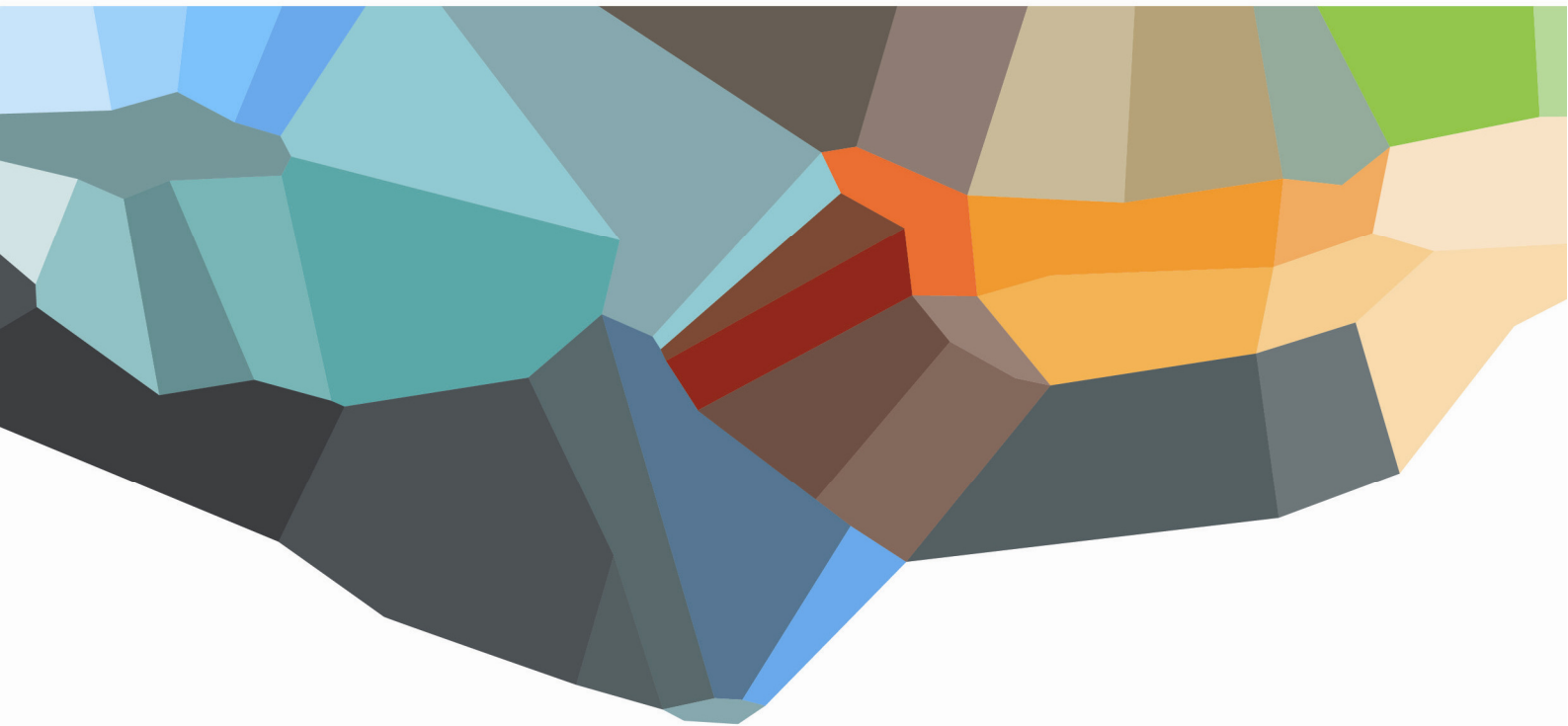
# MASTER THESIS

**Filetkvalitet hos oppdrettstorsk  
(*Gadus Morhua* L.) i Nordland**  
Effekt av sesong, lysstyring, stamme og  
fileteringstidspunkt

**Lasse Willumsen**

AK306F MSc IN AQUACULTURE

Faculty of Biosciences and Aquaculture  
November 2012



## FORORD

Denne oppgaven er avsluttende del av Masterstudiet i Akvakultur gjennomført som deltidsstudie i perioden 2009 til 2012 ved Fakultet for Biovitenskap og Akvakultur ved Universitetet i Nordland. Besvarelsen er et resultat av arbeid gjennomført i samarbeid med Codfarmers i perioden januar til august 2011. Behovet for dokumentasjon av filetkvaliteten hos oppdrettstorsk og historiske problemer med filetkvalitet sommerstid, har vært bakgrunnen for prosjektet. Lanseringen av Codfarmers *pre rigor* fileterte produkt Strøm © og behov for oppfølging av en hel generasjon oppdrettstorsk som råstoff til dette produktet er direkte årsak til utformingen av oppgaven.

Jeg vil benytte anledningen til å takke alle de som har bidratt i dette arbeidet. Dette er først og fremst Professor Christel Solberg ved UIN som gjennom mange år har gjort en fantastisk innsats for kvalitetsarbeid på oppdrettstorsk og som min hovedveileder har vært til uvurderlig hjelp. Takk til medveileder Ørjan Hagen og Stian Amble for bidrag under praktisk arbeid, nyttige innspill og veiledning. Takk også til Chris Andre Johnsen for god hjelp og veiledning i bruk av analyseverktøy. Takk til laboratorieteknikerne Ellen Sirnes, Kevin Klingan og min medstudent Biswas Bajgaj for hjelp i forbindelse med prosessering og gjennomføring av analyser.

Takk til Maricom, Codfarmers og Gildeskål Forskningstasjon for praktisk og økonomisk støtte til prosjektet.

Jeg ønsker også å takke Tore Laugsand og Tormod Taraldsen for hjelp, gode innspill og tilrettelegging hos Codfarmers. Spesiell takk til Endre Nordgård for fantastisk innsats i forbindelse med prøveuttak.

Jeg vil takke familien for all støtte og inspirasjon gjennom hele studiet.

Inndyr 14.11.12



Lasse Willumsen

## SAMMENDRAG

Målet med prosjektet var å undersøke effekten av sesong, ulike mengder kunstig lys, avstamning og tidspunkt for filetering på muskelkvalitet hos atlantisk oppdrettstorsk. Fisk ble undersøkt i januar, mai og august. Fisken ble utsatt for et kontinuerlig kunstig lysregime med 9 eller 16 lamper andre vinteren i merder hos Codfarmers. Fisken var fra Havlandet- og Sagafjord-stammene. Undersøkelsene fokuserte på kvalitetsparametrene muskelspalting, tekstur, væsketap ved lagring i 4 døgn, innhold i filet samt hvordan tidspunkt for filetering påvirker muskelkvaliteten.

*Pre rigor* (før dødstivhet inntreffer) filetering er mulig å gjøre ved oppdrett av fisk, hvor levende fisk kan tas inn på slakteri og prosesseres før dødstivhet inntreffer (*rigor mortis*). *Pre rigor* filetering ser ut til å jevne ut ulikheter i kvalitet mellom enkeltfisk og redusere effekt av sesong, veksthastighet og kjønnsmodning i større grad enn filetering *post rigor*. I tillegg fører *pre rigor* filetering til mindre grad av muskelspalting i form av den tradisjonelt undersøkte tverrgående spaltingen, mens det ses en økning i langsgående filetspalting, som derimot antas å være mindre kritisk. En annen negativ effekt av *pre rigor* filetering er at væsketap, og dermed tap av salgsvekt, ved lagring i 4 døgn er høyere enn ved *post rigor* filetering.

Effektene av sesong blir i stor grad utvisket ved tilsatt kunstig lys i et kontinuerlig lysregime, hvor torskene kjønnsmodner til ulike tider, helt fra mars 1. vinter til august og 3. sommer i sjø. Det ble funnet en ikke signifikant utvikling mot økt kjønnsmodning fra januar 2. vinter i sjø til mai, med redusert modning i august samme år (målt som relativ gonadestørrelse og grad av kjønnsmodning). Væsketap ved lagring 4 døgn etter slakt var økende i løpet av våren og sommeren for begge kjønn, mens tekturen (målt som skjærekraft) økte signifikant for hannfisken fra januar til mai og fra mai til august. For hunnfisken er økningene mindre. Hannfisken viste også en økning av vanninnhold i filet fra januar til mai, med nedgang igjen til august med tilsvarende motsatt variasjon i innhold av protein. Hunnfisken viste ingen slik gjennomsnittlig endring i innhold. Grad av filetspalting var meget lav på alle fileter skjært *pre rigor*.

Fisken fra Havlandet-stammen (Hav) hadde signifikant lavere væsketap enn fisken fra Sagafjord (Saga) i januar, mens i mai var vanntapet høyest for hunnfisk fra Hav, ikke noen forskjell funnet mellom hannfiskene. I januar ble det videre funnet høyest grad av langsgående filetspalting hos hunnfisken fra Saga. Skjærekraften ble funnet å være signifikant høyest for begge kjønn fra Hav i mai, hvor økt skjærekraft korrelerte positivt med relativ gonadestørrelse (sløyd GSI). Bruk av 9 og 16 lamper i merdene forårsaket ingen effekt på grad av eller tidspunkt for kjønnsmodning.

## ABSTRACT

This project set out to investigate how fillet of farmed Atlantic cod is effected by season, amount of artificial light, stock and timing of filleting. Investigations was conducted in January, May and August the second winter and third summer in Codfarmers cages at sea. The fish was exposed to 9 or 16 lamps of continuously light the second winter at sea. The fish originated from Havlandet (Hav) and Sagafjord (Saga). Investigations focused on fillet gaping, texture of flesh, loss of fluid during 4 days of storage, proximate composition of muscle and the how timing of filleting effects quality.

Filleting is possible to conduct *pre rigor* when producing farmed fish, were fish can be pumped alive into the slaughter house and filleted before stiffness of death (*rigor mortis*) occurs. Filleting *pre rigor* seams to flatten out fluctuations in muscle quality that occurs due to maturation, season and patterns of growth. Also *pre rigor* filleting reduces lateral gaping compared to *post rigor* filleting. Although the occurrence of longitudinally gaping increases when *pre rigor* filleting, this is not considered problematic. The downside to *pre rigor* filleting seems to be increased loss of weight due to fluid leakage during storage.

An artificial regime of continuous light seems to obliterate the major effects of season, when maturation is spread out in time individually from January to August the second winter and third summer at sea. Even so there was found a non significant increase in maturation (measured as relative size of gonads and degree of maturation) from January to May, and decreased maturation in August. Loss of fluids during storage increased for both sexes during spring and summer and the hardness of texture increased for the males from January to May and further to August, with only non significant changes for the females. The proximate content of water increased for the males from January to May, declining again in August, with the opposite correlated change in content of protein. The occurrence of gaping was very low on all *pre rigor* filleted products.

The fish of both sexes of the Hav-origin was found to loos less fluid in January, while the females had higher liquid loss in May than fish from Saga-origin. Also, in January the females of the Saga-fish had most longitudinally gaping compared to females of the Hav-origin. The texture of fillets was found to be tougher for the females of Hav-origin in May, compared to females of Saga-origin. Toughness of texture was found to correlate positive for the females to increased relative size of gonads. Amounts of artificial light in an artificial continuous light regime (9 or 16 lamps) had no effect on maturation in this investigation.

**FIGURER**

FIGUR 1: SKJELETTMUSKEL HOS TELEOSTER	4
FIGUR 2: AKTIN OG MYOSINFILAMENTENE	5
FIGUR 3: TEMPERATUREN I FORSØKSPERIODEN	14
FIGUR 4: DAGLIG TILVEKST	15
FIGUR 5: GONADOSOMATISK INDEKS (GSI)	15
FIGUR 6: RESULTAT TEKSTURMÅLING	20
FIGUR 7: PCA PLOT PARAMETER	24
FIGUR 8: PCA PLOT MERD OG KJØNN	25
FIGUR 9: LYSMENGDE UTEN LAMPER AUGUST	59
FIGUR 10: LYSMENGDE 9 LAMPER I AUGUST	60
FIGUR 11: LYSMENGDE 16 LAMPER AUGUST	60
FIGUR 12: GAPING HOS LAKS	63
FIGUR 13: FILETSPALTING HOS TORSK	65
FIGUR 14 VISER KORRELASJONEN MELLOM VANNMÅLINGER	66
FIGUR 15: KORRELASJON MELLOM VANN OG PROTEIN	68
FIGUR 16: SLØYD GONADOSOMATISK INDEKS PER KJØNN I JANUAR	69
FIGUR 17: GRAD AV KJØNNSMODNING PER KJØNN I JANUAR	69
FIGUR 18: SLØYD GONADOSOMATISK INDEKS PER KJØNN I MAI	69
FIGUR 19: GRAD AV KJØNNSMODNING PER KJØNN I MAI	70
FIGUR 20: SLØYD GONADOSOMATISK INDEKS PER KJØNN I AUGUST	70
FIGUR 21: GRAD AV KJØNNSMODNING PER KJØNN I AUGUST	70
FIGUR 22: DEFORMASJON OG FULTONS SLØYDE KONDISJONSFAKTOR	71
FIGUR 23: DEFORMASJON OG SLØYD VEKT	72
FIGUR 24: DEFORMASJON OG SLØYESVINN	72
FIGUR 25: DEFORMASJON OG SLØYD HEPATOSOMATISK INDEKS (HSI)	73
FIGUR 26: DYBDEFORDELING KJØNN JANUAR	75
FIGUR 27: DYBDEFORDELING KJØNN MAI	75
FIGUR 28: DYBDEFORDELING KJØNN AUGUST	76
FIGUR 29: DYBDEFORDELING OG KJØNNSMODNING HANNFISK AUGUST	76

## TABELLER

TABELL 1: OVERSIKT OVER PRØVEUTTAK	16
TABELL 2: PRØVEUTTAK	17
TABELL 3: SOMATISKE DATA	26
TABELL 4: SESONG OG MUSKELKVALITET	29
TABELL 5: MUSKELKVALITET OG LYSSTYRKE	31
TABELL 6: MUSKELKVALITET OG STAMME JANUAR	32
TABELL 7: MUSKELKVALITET OG STAMME I MAI	33
TABELL 8: MUSKELKVALITET OG FILETERINGSTIDSPUNKT JANUAR	34
TABELL 9: MUSKELKVALITET OG FILETERINGSTIDSPUNKT I MAI	35
TABELL 10: MUSKELKVALITET OG FILETERINGSTIDSPUNKT I AUGUST	35
TABELL 11: SKALA FOR VURDERING AV KJØNNSMODNING HOS HUNNTORSK	61
TABELL 12: SKALA FOR VURDERING AV KJØNNSMODNING HOS HANNTORSK	61
TABELL 13: FORKLARINGSPARAMETRE PCA ANALYSEN	67

## BILDER

BILDE 1: OPPBEVARING	18
BILDE 3: TEKSTURPRØVER	20
BILDE 2: SAMMENTREKNING LOIN	28

## ORDFORKLARINGER

Sløyd **GonadoSomatisk Indeks** (sløyd GSI) er et mål på hvor store gonader fisken har i forhold til sløyd kroppsvekt: Sløyd GSI = (gonadevekt (g)/sløyd vekt (g)) x 100

Sløyd **HepatoSomatisk Indeks** (HSI) er et mål på hvor stor lever fisken har i forhold til sløyd kroppsvekt: Sløyd HSI = (levervekt (g)/sløyd vekt (g)) x 100

*Post mortem* betegner perioden etter døden

*Pre rigor* er betegnelse for tid etter døden, men før dødsstivhet (*rigor mortis*) inntreffer

*Post rigor* betegner perioden etter av dødsstivheten har avtatt

**F** etterfulgt av et tall er angivelse av antall generasjoner avlet fra villfangede foreldre. F0 er avkom etter villfangede foreldre, mens F2 er andre generasjon (andre avlsledd) etter første generasjon født i oppdrett (F1).

## **INNHOLDSFORTEGNELSE**

<b>FORORD</b>	<b>I</b>
<b>SAMMENDRAG</b>	<b>II</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>III</b>
<b>FIGURER</b>	<b>IV</b>
<b>TABELLER</b>	<b>V</b>
<b>BILDER</b>	<b>V</b>
<b>ORDFORKLARINGER</b>	<b>VI</b>
<b>1 INTRODUKSJON</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Oppdrett av fisk</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Torskeoppdrett</b>	<b>1</b>
<b>1.3 Torskens biologi</b>	<b>2</b>
<b>1.4 Torskens skjelettmuskel</b>	<b>3</b>
1.4.1 Funksjon, innhold og oppbygning	3
1.4.2 Muskelvekst	5
1.4.3 Faktorer som påvirker muskelvekst	6
1.4.4 Filetkvalitet	7
1.4.5 Endringer i filet post mortem	9
1.4.6 Faktorer som påvirker filetkvalitet	11
<b>1.5 utfordringer i oppdrett av torsk</b>	<b>12</b>
<b>2 MATERIAL OG METODER</b>	<b>13</b>
<b>2.1 Fiskens historie</b>	<b>13</b>
<b>2.2 Uttak av fisk til sulting</b>	<b>16</b>
<b>2.3 Temperaturer i forsøksperioden</b>	<b>17</b>



<b>2.4 Undersøkelser på grovlaboratoriet UIN, dag 0 målinger</b>	<b>17</b>
<b>2.5 Undersøkelser på laboratoriet UIN, dag 4 målinger</b>	<b>19</b>
2.5.1 Fargemålinger	19
2.5.2 Teksturanalyser	19
2.5.3 Måling av vanninnhold	21
2.5.4 Måling av proteininnhold	21
2.5.5 Nær Infrarød Spektroskopi (NIR)	21
2.5.6 Undersøkelse av filetkrymping	22
2.5.7 Formler	22
2.5.8 Statistiske analyser	22
<b>3 RESULTATER</b>	<b>24</b>
<b>3.1 Sesong</b>	<b>27</b>
<b>3.2 Betydning av lysstyrke (antall lamper)</b>	<b>30</b>
<b>3.3 Stamme</b>	<b>32</b>
3.3.1 Effekt av stamme i januar	32
3.3.2 Effekt av stamme i mai	33
<b>3.4 Fileteringstidspunkt</b>	<b>34</b>
<b>4 DISKUSJON</b>	<b>36</b>
<b>4.1 Diskusjon av sesongeffekter</b>	<b>38</b>
<b>4.2 Diskusjon mengde kunstig lys</b>	<b>45</b>
<b>4.3 Diskusjon effekt av stamme</b>	<b>46</b>
<b>4.4 Diskusjon fileteringstidspunkt</b>	<b>48</b>
<b>5 KONKLUSJONER</b>	<b>50</b>
<b>6 REFERANSER</b>	<b>51</b>
<b>7 APPENDIKS</b>	<b>59</b>
<b>7.1 Appendiks lysmålinger</b>	<b>59</b>
<b>7.2 Appendiks grad av kjønnsmodning</b>	<b>61</b>

	ix
<b>7.3 Appendiks filetspalting hos laks</b>	<b>62</b>
<b>7.4 Appendiks Filetspalting hos torsken i prosjektet</b>	<b>64</b>
<b>7.5 Appendiks korrelasjon mellom vann- og proteininnhold</b>	<b>66</b>
<b>7.6 Appendiks viser de viktigste forklaringsparametre i PCA analyse</b>	<b>67</b>
<b>7.7 Appendiks korrelasjon vann og proteininnhold</b>	<b>68</b>
<b>7.8 Appendiks sammenliknet kjønnsmodning mellom kjønnene</b>	<b>69</b>
<b>7.9 Appendiks deformiteter</b>	<b>71</b>
<b>7.10 Appendiks dybde, kjønn og kjønnsmodning</b>	<b>74</b>

# 1 INTRODUKSJON

## 1.1 Oppdrett av fisk

Fisk er og har i mange tusen år vært en viktig matressurs for mennesker. Fisk er spesielt verdifull som kilde til protein og samtidig en meget god kilde til de essensielle flerumettede fettsyrene (DHA og EPA i særdeleshet) som har meget positive helsemessige effekter (Simopoulos, 1999). Dyrking av landjorda (agrikultur) har foregått i ca 10.000 år, hvor hensikten er å øke tilgang og kontroll over matressursene (Lucas and Southgate 2003). Dyrking av mat i vann (akvakultur) har, på samme måte, til hensikt å øke produksjonen og kontrollen over matressursene fra ferskvann og sjøvann. Hovedgrunnen til at akvakultur er en god idè sammenliknet med agrikultur er redusert bruk av energi til opprettholdelse av basalmetabolismen hos de fleste vannlevende dyr, i tillegg til de antatte helsemessige fordelene hos konsumentene ved inntak av vannlevende dyr (Holm, 2003; Kirpal S, 2003). Fisk er vekselvarm og bruker ikke energi til opprettholdelse av kroppstemperatur, noe som gjør at energitapet fra fôret til ferdig produkt er lavt sammenliknet med hos likevarme (landlevende) dyr. Fiskeoppdrett blir derfor betegnet som blant de mest bærekraftige måtene å produsere protein på (Torrissen et al., 2011); bærekraften er imidlertid gjenstand for diskusjoner og ikke alle er like enige med Torrissen (Ayer et al., 2009). Spesielt høyt CO<sub>2</sub> avtrykk og bruk av energi til transport, samt potensialet for bruk av akvakulturdyrenes fôr direkte til menneskemat, er viktige argumenter.

Oppdrett av fisk har vært en kilde til mat for verdens befolkning i noen tusen år (Bardach, 1972), med polykulturer av karpe i Kina som tidligste beskrevne driftsform. I Norge har oppdrett av laks blitt en kommersiell suksess etter en bemerkelsesverdig rask vekst fra starten på 1970 tallet, og produksjonen nådde 939.575 tusen tonn i 2010 (Fiskeridirektoratet, 2011). I 2003 estimerte Food and Agriculture Organisation (FAO) i USA at 16 % av menneskets årlige konsumerte protein kommer fra fisk (FAO, 2003). I kjølvannet av suksessen med oppdrett av laks har andre arter blitt forsøkt oppdrettet i Norge. Ørret i form av regnbueørret (*Oncorhynchus mykiss*), har hatt relativ stor suksess. Røye (*Salvelinus alpinus*) og kveite (*Hippoglossus hippoglossus*) har etablert seg som nisjeprodukter. Torskeoppdrett har enda til gode å etablere seg som lønnsom næring (Adoff, 2010).

## 1.2 Torskeoppdrett

Atlantisk torsk (*Gadus morhua* L.) har hatt meget stor betydning for økonomi, bosetningsmønster og sysselsetting i Norge (Otterå, 2005). Torsk er ansett som et høykvalitets produkt som er kjent for forbrukere i mange land, i form av et utall produkter (Otterå, 2005). Sammen med torskens meget høye vekstpotensial og kontroll over alle stadier i livssyklusen som muliggjør avl, er dette gode grunner for å satse på å utvikle oppdrett av torsk (Otterlei, 1999; Otterå, 2005). Fra 1980 tallet har det vært drevet produksjon av oppdrettstorsk i Norge,

men det var først på begynnelsen av 2000 tallet satsingen virkelig tok fart (Otterå, 2005), med en økning i produksjon fra 2000 tonn i 2002 til 24000 tonn i 2008. Nedgang i torskestammen i Barentshavet og høye laksepriser gjorde at aktørene ble mange. I 2007 og 2008 var det knapphet på yngel slik at mye yngel av dårlig kvalitet ble satt i sjøen, som igjen førte til høy dødelighet og lav vekst. Dette førte igjen til høy andel deformiteter, dårlig vekst, høy dødelighet og dermed dårlige økonomiske resultater. Når finanskrisen inntraff i 2009 gikk det raskt nedover med satsingen, og i 2012 gjenstår kun en stor produsent av oppdrettstorsk, sammen med en håndfull mindre aktører (Laugsand, personlig meddelse).

Codfarmers har etablert produksjon i Nordland og gjennom fusjon med Atlantic Cod Farms, også i Møre. Selskapets satser på å forsyne markedet med fersk oppdrettstorsk hver dag, gjennom satsingen på merkevaren Strøm<sup>®</sup> ([www.stromtorsk.no](http://www.stromtorsk.no)). Dette mener Codfarmers skal gjøre torskeoppdrett lønnsomt (Laugsand, personlig meddelse), til tross de siste års økning i naturlige bestander og fangster av torsk (Polarinstitutt, 2011). For å lykkes med dette kreves full kontroll over produksjonen og evnen til å produsere et ensartet produkt året rundt. Høy og jevn kvalitet kombinert med ferskt råstoff som er mulig å kjøpe hver dag skal være oppdrettstorskens fortrinn i markedet (Andersen, personlig meddelse; Laugsand, personlig meddelse). Undersøker gjort av Nofima (Henriksen, 2011) tyder på at de tradisjonelle fiskeriene går motsatt vei, hvor stadig mer effektive fartøyer og metoder for fangst blir tatt i bruk og dette går ut over kvaliteten på sluttproduktet.

### 1.3 Torskens biologi

Atlantisk torsk er en omnivor marin teleost som tilhører orden Gadioder innen familien Gadiadea og lever i kaldt vann på den nordlige halvkule. Habitatet strekker seg mellom Nord Carolina i USA, Grønland, Island, Biscayabukta og Barentshavet (Rose, 2007). Atlantisk torsk kan bli opp mot 40 kg, mens den ved klekking ikke måler mer enn 2-5 mm (Pepin et al., 1997). Veksten fra yngel til voksen er med andre ord mange hundre prosent, og veksten kan pågå helt til fisken dør. Torsk blir i naturen normalt kjønnsmoden etter 4-6 år (hannfisk) og 6-8 år (hunnfisk), gyting foregår i porsjoner og gytesesongen er fra mars til mai. En hunntorsk kan produsere opp mot 4 millioner egg som har en størrelse på 1-2 millimeter i diameter. Befruktede egg flyter pelagisk rundt til de klekkes, hvor de tærer på en relativt liten plommesekk og starter å spise planteplankton og dyreplankton. Metamorfose til yngel skjer ved en størrelse på > 12-25 millimeter, og torsken får den karakteristiske formen til en fisk. Torsken vokser raskt og overskuddsenergi lagres som protein i hvit muskel, glykogen i muskel og lever, samt som fett i lever (Otterå, 2005).

## 1.4 Torskens skjelettmuskel

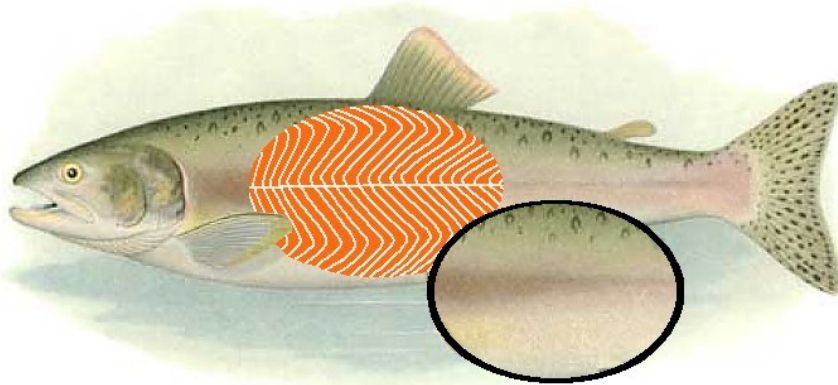
### *1.4.1 Funksjon, innhold og oppbygning*

Skjelettmuskulaturen hos teleoster utgjør vanligvis omtrent 60 % av total kroppsvekt (Sänger and Stoiber, 2001) og består av rød (aerob) muskel som brukes til normal svømmeadferd og er plassert ytterst mot huden, med overvekt ved midtlinje. Hvit (anaerob) muskel brukes til hurtig svømming når dette er nødvendig (flykte/angripe). Den rosa muskelaturen (aerob/anaerob) er plassert mellom den røde og hvite (og innblandet i de ytre lag av hvit muskel) og brukes ved hurtigere svømming, i overgangen fra aerob til anaerob svømming (Johnston, 2006). Den hvite muskelen er i tillegg organet hvor torsken lagrer sine hovedreserver av protein og dette bidrar samtidig til å beskytte de indre organene og gi torsken en strømlinjeformet fasong (Love, 1981; Videler, 1993). Den røde muskelen utgjør større del av muskelmasse hos pelagiske arter som svømmer kontinuerlig, og er nesten ikke til stede i enkelte bunnfisk. Hvit muskelen utgjør hoveddelen av skjelettmuskel hos alle arter av teleoster (Johnston, 2006). De røde muskelfibrene kan ha en størrelse på opp til 45 um i diameter, mens hvit muskel kan vokse opp til over 400 um hos torsk (Amble, 2007). Diameteren på fibrene antas å være tilpasset behovet for aktiv transport gjennom cellemembran, avpasset mot ulempen ved passiv diffusjon gjennom membranen, og varierer mellom arter som følge av størrelse, temperatur i habitatet, grad av metabolisme og aktivitetsnivå (Johnston, 2006; Videler, 2011).

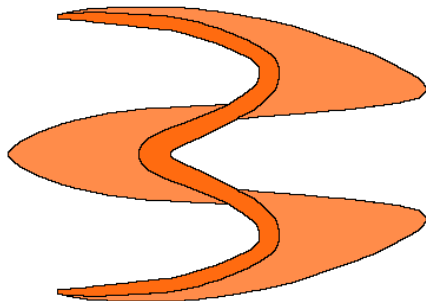
Muskel hos torsk, som er en mager fisk, består hovedsaklig av vann og protein, med rundt en halv % fett (fosfolipid) og noe glykogen. Vanninnholdet kan variere mellom 76 til 83 %, mens proteininnholdet kan variere fra 16 til over 21 % (Hagen and Solberg, 2010; Murray and Burt, 2001; Solberg and Willumsen, 2008) og andelen vann er sterkt korrelert med mengde protein.

Skjelettmuskel hos teleoster har en annen struktur enn de fleste andre vertebrater. Musklene er bedre organisert og relativt liten evolusjon har skjedd de siste 140 millioner år (Luther et al., 1995). Skjelettmuskulaturen er bygd opp av muskelfibre, myotomer, som er ordnet i form av en "w" lik struktur, hvor ark av collagen ligger mellom fibrene (myoseptum) (figur 1). Formen og lengden på myotomene varierer og de blir tynnere mot halepartiet. Myotomene er samlet i blokker av laterale muskelfibre, delt i en dorsal og ventral side, på hver side av fisken (Videler, 1993; Videler, 2011). Aktin og myosin er de aktive delene av muskelen, som virker sammen og gir bevegelse. Myosinet holdes på plass med m-linjen. Mellom myosinfilamentene ligger aktinfilamentene, som holdes på plass med z-linjen (figur 2). Via ryggmarg og neurotransmisjon sendes signaler fra hjernen, via synaptiske terminaler, som frigjør  $Ca^{2+}$  fra sarkoplasmatiske retikulum og får aktin og myosin til å trekke sammen muskelen ved omsetning av ATP. Actin og myosinfilamentene samles i sarcomerer, som igjen er samlet i muskelfibre omkranset av den basale lamina og reticulare fibre

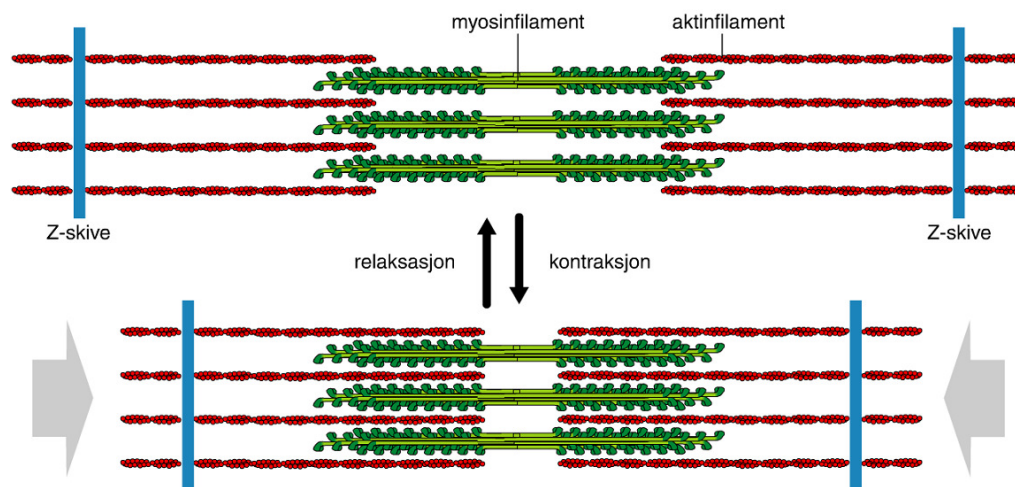
(endomysium). Bunter av fibre holdes på plass av perymysium, som er ark av bindevev, og kalles myotomer. Myotomene er i sin tur separert med myocommata, som er bindev hovedsaklig bestående av collagen og som overfører energi fra muskel til skjelett og finner, og gjør bevegelse mulig (Bjørnevik, 2003; Johnston, 1981). Innholdet av collagen er normalt mellom 2 og 5 % i fisk, mens det i pattedyr på landjorda normalt utgjør 10 % av muskelmasse (Dunajski, 1980).



*Ett fiskemuskel myotom fra laks (salmo salar)  
Figuren viser hvordan myotomet er foldet*



Figur 1: skjelettmuskel hos teleoster. Figuren viser "w" formen til skjelettmuskel (gjengitt fritt etter <http://www.earthlife.net/fish/images/anatomy/myotome.gif>)



Figur 2: aktin og myosinfilamentene. Figuren viser hvordan de trekkes sammen ved en muskelkontraksjon (Chaudhry, 2012) og viser hvordan z-skiven binder aktinfilamentene sammen. Bindningen mellom myosinfilamentene kalles ofte I-bandet (markert med svarte piler).

### 1.4.2 Muskelvekst

Vekst i skjelettmuskel er plastisk og skjer gjennom to ulike prosesser; hypertrofi som gir vekst gjennom økning i diameter hos eksisterende muskelfibre og hyperplasi som gir vekst gjennom rekruttering av nye muskelfibre (Johnston, 2006; Johnston et al., 2011).

Muskelvekst gjennom hyperplasi skjer ved rekruttering av nye muskelfibre fra en populasjon av stamceller. Hyperplasi starter før klekking og fortsetter i yngelfasen som lagdelt dannelse av muskelceller (lagdelt hyperplasi). Dette er den måten hoveddelen av de røde muskelfibrene dannes på og denne prosessen varer trolig hele livet til fisken (Johnston, 2006; Johnston et al., 2004). Hvit muskel dannes også ved lagdelt hyperplasi i yngelstadiet, mens rekruttering av nye muskelfibre senere i livssyklusen skjer gjennom mosaisk hyperplasi. Her dannes nye muskelfibre mellom de eksisterende fibrene. Mosaisk hyperplasi forestår det meste av den hvite muskelmasse og gjør at teleoster kan nå en betydelig størrelse. Prosessen kan fortsette selv etter kjønnsmodning (Amble, 2007; Bjørnevik, 2003; Hagen, 2008; Johnston, 2006; Johnston et al., 2004; Rowleson et al., 1995). Mosaisk rekruttering av muskefibre foregår til fisken har nådd omtrent 40 % av maksimal lengde, som også varierer individuelt, da maksimal lengde for hver fisk har en sterk genetisk komponent (Weatherley et al., 1988)).

Hypertrofi, eller vekst ved økning av diameter hos muskelfibre, foregår ved å tilføye flere cellekjerener (myoblaster). Dette gir grunnlaget for flere muskelfibriller, og dermed økning i fiberdiameter. Den maksimale størrelsen på muskelfibre varierer mellom arter og er avhengig av flere faktorer, blant annet aktivitetsnivå og temperatur (Bjørnevik, 2003; Hagen, 2008).

Muskelvekst gjennom hypertrofi skjer både samtidig og etter at vekst gjennom rekruttering av nye muskelfibre har stoppet (Johnston et al., 2004; Weatherley et al., 1988).

### *1.4.3 Faktorer som påvirker muskelvekst*

En rekke faktorer påvirker muskelvekst betydelig, de viktigste er temperatur, lys, tilgang på mat og oksygenkonsentrasjon. Miljøet og tilgang på mat bestemmer i stor grad hvordan fisk får utnyttet sitt genetiske potensial til muskelvekst i form av antall og størrelse på muskelfibre (Johnston, 2006; Johnston et al., 2011).

Temperatur har blitt funnet å påvirke muskelvekst på innfløkt vis, ofte motvirkende og involverer balansen mellom hypertrofi og hyperplasi, mellom muskelfibertyper som blir rekruttert og hvordan fisken velger å lagre energi. Responsene kan variere mellom arter, ulike utviklingsstadier, sesong og stamme (Calvo and Johnston, 1992; Stoiber et al., 2002). Eksempelvis har det blitt funnet et økt antall mitokondrier i torskemuskel ved økende temperatur (Egginton and Sidell, 1989; Johnston, 1980; Lucassen et al., 2006; Videler, 2011).

Fotoperiode og lys påvirker i stor grad muskelvekst, gjennom å gi redusert vekst i form av hyperplasi ved synkende daglengder og indirekte gjennom styring av kjønnsmodning (Johnston, 2006). Hanntorsk holdt på naturlig lys er funnet å ha høyere antall muskelfibre i juli enn i november, noe som antyder en økende hyperplasi ved økende daglengde, sammenliknet med synkende daglengde. Funn gjort av Amble (2007) tyder også på at det er forskjeller mellom kjønn i mønster for muskelfiberrekruttering, hvor hanntorsk rekrutterer flere nye muskelfibre gjennom eller rett etter kjønnsmodning sammenliknet med hunntorsk. Dette står tilsynelatende i sterk kontrast til påstander om at hunnfisk har sterkest rekruttering av muskelfibre (Davie et al., 2007). De ulike funnene trenger likevel ikke stå i motsetning til hverandre, men kan være basert på at hanntorsken normalt sett er ferdig med modning noe tidligere enn hunntorsken (Solberg and Willumsen, 2008), slik at sammenlikninger på samme tidspunkt gjort av Amble (2007) kan være påvirket av dette.

Gjennom kjønnsmodning skjer det store endringer i mønster for muskelfiberrekruttering, som for hunnfisken også involverer enzymatisk muskelfiberdegradering. Både mengde skjelettmuskel og proteininnhold i gjenværende muskel ble redusert for hunntorsk gjennom kjønnsmodning og gyting, mens dette nesten ikke er merkbart for hanntorsken. Dette skyldes forskjellene i mengde og innhold i kjønnsproduktene mellom kjønnene, hvor hunnfisk investerer svært mye mer i produksjon av egg enn hannfisk gjør ved produksjon av melke (Solberg and Willumsen, 2008).

Oksygenivået vil ved for lave konsentrasjoner redusere eller hindre matopptak og muskelvekst (Chabot and Dutil, 1999; Weber and Kramer, 1983). Nivåene for oksygen og



effekten av dette på muskelvekst er lite studert i merdoppdrett av torsk, men er antatt å ikke være en kritisk faktor i Nordland (Laugsand, 2011).

Biotiske faktorer som tilgang og kvalitet på mat vil også kunne påvirke muskelveksten betydelig. Hvis ikke nok mat av rett kvalitet er tilgjengelig vil dette påvirke muskelveksten negativt og ved sulting vil muskelen brytes ned og brukes i fiskens basale metabolisme (Johnston et al., 2011). I en oppdrettsituasjon vil tilgangen på mat ikke være begrensende, slik situasjonen ofte er i det fri, men hvert enkelt individs opptak av næring vil kunne påvirkes av sosiale interaksjoner i fiskegruppen, tilgang på fôr som effekt av tildeling i tid og rom, deformasjoner og skader hos enkeltindivid, samt eventuell kjønnsmodning.

#### ***1.4.4 Filetkvalitet***

Kvalitet er subjektivt og oppfattelsen av kvaliteten på fiskemuskel vurderes til dels ulikt fra kultur til kultur (Rasmussen, 2001). I følge ISO 8402 er kvalitet definert som de totale egenskapene og karakteristika til et produkt sin evne til å tilfredsstille uttalte eller impliserte krav (FAO, 2005). En mye brukt definisjon er ”et produkts evne til å tilfredsstille konsumentens forventninger og krav” (Hagen, 2008). Flere attributter avgjør hvordan kvaliteten til et produkt vurderes; disse inkluderer sikkerhet, ferskhet, næringsinnhold, tekstur, farge, avvik fra forventning og egnethet til prosessering og preservering (Haard, 1992). Kvaliteten til fisken vil variere gjennom året for både villfisk og oppdrettsfisk, men det er i større grad er mulig å styre kvaliteten til oppdrettsfisk. Variasjon i forholdet mellom bindevev og muskelprotein, andel vann og protein i muskel og størrelsen på muskelfibrene vil gi seg utslag i store ulikheter i muskelkvalitet. Fall i pH som følge av nedbryting av glykogen til melkesyre har stor betydning og mekanisk behandling (inkludert stress) før og etter døden vil gi redusert filetkvalitet. Kvalitet på fisk er komplekst og sammensatt (Balevik, 2005) og det er viktig å huske at vurdering av kvalitet er tett knyttet opp mot personlig preferanse, tradisjon og nasjon (Hagen, 2008).

Skjelettmuskel hos teleoster skiller seg fra skjelettmuskel hos pattedyr i mengde bindevev. Mens mengden kollagen ligger rundt ti prosent hos pattedyr er innholdet på bare to til fire prosent i fiskemuskel (Hagen, 2008), dette gjør at fisk oppfattes som mørere enn kjøtt fra pattedyr. Det antas at ønsket kvalitet på filet er vanskelig å oppnå hos oppdrettsfisk, fordi denne lever under andre forhold enn vill fisk (Videler, 2011). Videler (2011) slår videre fast at hvit muskel har bedre smak enn rød muskel, og forklarer det med økt innhold av blodårer og rester av hemoglobin med  $FE^{2+}$ , som kan gi jernsmak, i rød muskel. Selv om skjelettmuskel hos oppdrettstorsk inneholder mer protein og mindre vann enn villtorsk (Solberg and Willumsen, 2008), blir myk tekstur og gaping oftere observert hos oppdrettstorsk enn hos villtorsk (Ofstad et al., 1996).

Fiskemuskel er myk og elastisk rett etter slakting. Teksturen endres gjennom muskelsammentrekningene og fastlåsingene mellom aktin og myosin under *rigor mortis*. Muskelen blir igjen mykere ved autolytisk nedbryting. Fiskemuskelen blir relativt raskt brutt ned under lagring av aktiviteten til proteolytiske enzymer, som bryter ned både muskelcellene og bindevev (Balevik, 2005; Schubring, 2002; Wang, 2009).

Tap av vann (drypptap) fra muskel under lagring *post mortem* er betraktet som et viktig kvalitetskriterium hos torsk, hvor dette nok anses som viktigst blant produsenter og manufakturleddet, siden tap av vann betyr tapt salgbar vekt, i tillegg til at spensten i muskelen reduseres. Evnen til å holde på vannet *post mortem* blir hos torsk påvirket av kraften på *rigor mortis*, temperatur under lagring, håndtering, genetiske forskjeller i vannbindingsevne samt pH i muskelen (Ofstad et al., 1996). Lavere pH gir økt tap av vann i følge flere (Love et al., 1972; Ofstad et al., 1996; Olsson et al., 2003), da evnen muskelen har til å holde på vannet reduseres når pH nærmer seg muskelens isoelektriske punkt, som er ca 5,2 for aktomyosin (Ofstad, 1995). Reduksjon av pH i muskel *post mortem* kommer av at anaerob nedbryting av ATP til ADP skjer i muskel og opphopning av avfallsproduktet melkesyre (laktat) reduserer pH betydelig, hos oppdrettstorsk fra rundt 7,6-7,8 (ustresset torsk) til ned mot 6,2 (Luten, 2006; Ofstad, 1995; Olsson et al., 2006). Denne reduksjonen i pH er hos villfisk bare ned mot 6,8-6,7, noe som er funnet å samsvare med bedre vannbindingsevne hos villtorsk enn hos oppdrettstorsk (Herland et al., 2007; Tryggvadóttir, 2004). Andre funn viser derimot ingen slik økt vannbindingsevne hos villfanget torsk sammenliknet med oppdrettstorsk Olsson et al., 2007). Både Herland et al. (2007) og Olsson et al. (2007) fant at bakterievekst var redusert i oppdrettstorsk sammenliknet med villtorsk, noe som kan ha en sammenheng med vannbindingsevne ved lagring over tid. Derimot er *pre rigor* skjært filet av oppdrettstorsk funnet å ha høyere vanntap enn *post rigor* filet med samme pH (Kristoffersen et al., 2006b). I følge forfatteren antyder dette at det er andre mekanismer enn pH som spiller størst rolle for vanntapet hos filet av torsk.

Filetspalting (gaping) er et fenomen som oppstår når bindevev ikke lengre klarer å holde myotomene i fiskemuskel sammen. Resultatet av filetspalting er fileter med uakseptabelt utseende, hvor muskelfibrene faller fra hverandre. Hos torsk er filetspalting et vanlig problem, og har sammenheng med diameteren og tettheten av kollagenfibrene i bindevevet (myocommata) (Kristoffersen et al., 2006b; Ofstad et al., 2006).

Fasthet i muskel har blitt korrelert til mengde kollagen i den ekstracellulære matrix og til modenheten til bindingene mellom kollagenfibrene (Li et al., 2005). Økt mengde kryssbindinger mellom kollagenmolekylene har vist seg å øke både den mekaniske styrken og strekkstyrken i fiskemuskel, og har redusert problemet med filetspalting (Bailey et al., 1984).

Økt mengde hydroksylslyl pyridinolin (PYD) bindinger mellom kollagenfibrene har vist seg å korrelere positivt med fasthet i filet av laks (*Salmo Salar*) (Li et al., 2005). PYD er modne og ikke nedbrytbare bindinger mellom kollagenfibre. I atlantisk kveite (*Hippoglossus Hippoglossus*) er det funnet at mengden PYD økte i perioder med sakte vekst og resulterte i en dobling i målt fasthet i filet (Hagen, 2008). Funn gjort ved Universitet i Nordland antyder en sammenheng mellom økt muskelfasthet og mengde PYD hos oppdrettstorsk (Hagen et al., 2009). Økt fasthet og tekstur i muskel har blitt vist ved sulting av oppdrettstorsk, og dette antas av forfatterne å henge sammen med økt mengde PYD-bindinger i muskelen (Hagen and Solberg, 2010).

Tettheten av muskelfibre har blitt foreslått å ha en påvirkning på tekstur og fasthet i muskel hos laks (Kestin and Warris, 2001) og kveite (Hagen et al., 2007), mens andre studier ikke har klart å påvise en slik effekt (Bjørnevik et al., 2003; Sigurgisladottir et al., 2001). Det virker som om størrelse på muskelfibre bare i mindre grad forklarer variasjoner i fasthet i muskel på fisk (Kiessling et al., 2006).

#### ***1.4.5 Endringer i filet post mortem***

Etter slakting skjer det flere endringer i musklene hos fisk. Endringene skyldes i første omgang at lagrene av energi i form av glykogen brukes opp, slik at muskelen blir holdt i sammentrukket posisjon, kalt dødsstivhet (*rigor mortis*). Aktin og myosin går i inngrep og danner det stive og lite elastiske proteinkomplekset aktomyosin. Etter en tid avtar dødsstivheten igjen. Dette skjer trolig som følge av prosesser som inkluderer enzymene endogene proteaser (Godiksen et al., 2009; Jessen, 2003) og bryter ned området rundt I-bandet og z-linjen (Taylor et al., 1995) (figur 2). Disse prosessene etterfølges av mikrobiell vekst som til slutt gjør fisken uspiselig (Schubring, 2002).

Tradisjonelt har torsk blitt filetert *post rigor*, dette først og fremst fordi fisken har ligget en tid (dager) ombord på fiskefartøylene før filetering har blitt foretatt på land. Ved *pre rigor* filetering (før dødsstivhet inntreffer) vil fiskekjøttet bli eksponert for bakterier og luft tidligere og vil dermed kunne føre til kortere hylletid, målt fra tidspunkt for slakting, sammenliknet med *post rigor* fileterte produkter (Herland et al., 2009a).

Når *rigor mortis* foregår mens skjelettmuskelen henger fast i ryggbeinet, vil kraften fra disse festene redusere muskelsammentrekningene. Disse festene vil eventuelt også dra fileten tilbake når den enzymatiske nedbryting av z-linjene har svekket disse tilstrekkelig. Ved *pre rigor* filetering vil muskelen kunne trekke seg kraftigere sammen og kreftene fra muskelens feste til ryggbeinet vil derfor ikke gi filetspalting som følge av muskelfestene drar segmentene av muskel fra hverandre, som observert hos *post rigor* filetert torsk (Mørkøre, 2005).

Trimethylamine oxide (TMAO) finnes i høye konsentrasjoner hos vill atlantisk torsk. TMAO reduseres til trimethylamine (TMA) ved lagring av marin mager fisk etter slakting, noe som gir den karakteristiske fiskelukten. Nivå av TMA har derfor blitt foreslått som et mål på ferskhet hos torsk. Nivåene av TMAO og dermed TMA ved kjølelagring av fersk oppdrettstorsk er derimot mye lavere i muskel av oppdrettstorsk enn villtorsk (Herland et al., 2009a; Herland, 2009b), målt til <5 mg/100 g TMA-N etter 15 dager på lagring på is, noe som er under maksimum tillatt nivå på fersk fisk (Fiskeridirektoratet, Bergen 2001). Dette vil kunne bidra til lengre hylletid for oppdrettstorsk; nivå av TMA vil neppe være den faktor som gjør oppdrettstorsk uegnet som mat.

På fileter av villtorsk ble bakterievekst funnet å nå grenseverdier for humant konsum (Mattilsynet) etter 8-9 dagers kjølelagring, mens oppdrettstorsken ble funnet å ha kimtall fremdeles under grenseverdier etter 11 dagers lagring (Herland, 2009b). Ved lagring av sløyd oppdrettstorsk (ikke filetert) ble det ved Høgskolen I Bodø funnet at totalt kimtall for bakterier lå under grenseverdier selv etter 18-20 dager på is ((Perera, 2011; Reinholdtsen, 2010). Perera (2011) fant i tillegg en økt bakterievekst etter 18 dager på oppdrettstorsk om sommeren, sammenliknet med vinterstid. Lagring av kjølt *pre rigor* filetert oppdrettstorsk og pakking i atmosfærer med Emitter (gassblanding bestående av 60 % CO<sub>2</sub> og 40 % O<sub>2</sub>), MAP (tradisjonell modifisert atmosfære med tilsatt CO<sub>2</sub>) og vakuumblanding ble undersøkt for bakterievekst i 21 dager ved Matforsk på Ås (nå Nofima) (Hansen et al., 2007). Bakterievekt nådde grenseverdi for kimtall for vakuumblanding lagret *pre rigor* filetert loin etter 10 + dagers lagring, som samsvarer med funn av Herland (2009). Fileter lagret i modifisert atmosfære tilsatt Emitter førte til halvert bakterievekst og spiselig produkt selv etter 20 dagers lagring, i samsvar med funn fra Perera (2011).

Nedbryting av glykogen *post mortem* i muskel fører til opphopning av melkesyre (2-hydroksypropansyre) som gir et surt miljø og pH faller fra over 7 hos levende ustresst fisk til rundt 6,3-6,1 hos oppdrettstorsk (Ang and Haard, 1985; Ofstad et al., 1996; Solberg et al., 2006). Lav pH har blitt vist å gi økt filetspalting, lavere vannbindingsevne og raskere nedbryting av muskelvev (Ang and Haard, 1985; Love, 1981; Ofstad et al., 1996; Wang, 2010). Høyere mengde glykogen i muskel hos velfødd oppdrettstorsk gir redusert pH i muskel *post mortem* sammenliknet med villtorsk, som har en normal pH rundt 6,8 etter *rigor mortis*. Dette er trolig en av årsakene til at det har blitt rapportert økt grad av filetspalting hos oppdrettstorsken (Ofstad et al., 1996) og dette er funnet å ha sin årsak i redusert styrke i bindevevet i muskelen ved lav pH (Love et al., 1972b).

#### 1.4.6 Faktorer som påvirker filetkvalitet

Skånsom behandling, lavt smittepress av bakterier, pakkemetodikk og ikke minst temperatur er faktorer som etter slakting påvirker filetkvaliteten til fisk i stor grad (Solberg, personlig meddelse).

Forholdene torsk vokser opp under og spesielt tiden rett før slakting spiller inn på kvaliteten til sluttproduktet. Sesong, og først og fremst kjønnsmodning har vist seg å påvirke kvalitet til muskel hos oppdrettet torsk i stor grad (Ingolfssdóttir et al., 1998; Solberg and Willumsen, 2008; Solberg et al., 2006).

Sulting har blitt funnet å forbedre tekturen til oppdrettstorsk (Hagen and Solberg, 2010). Veksthastighet har blitt funnet å korrelere med gaping score hos laks (Einen et al., 1999) og torsk (Tryggvadóttir, 2004), hvor høyere veksthastighet har gitt økt grad av filetspalting.

Stress før slakting har vist en negativ effekt på muskelkvalitet hos torsk, hvor økt drypptap og redusert fasthet/tekstur rett etter slakt, inkludert framskynding av *rigor mortis*, er av de mest alvorlige konsekvensene, i følge Bjørnevik og Solbakken (2010). I tillegg har effekter av stress før slakt av oppdrettstorsk blitt funnet å ha sammenheng med økt grad av filetspalting (Kristoffersen et al., 2006b). Andre funn tyder imidlertid på at konsekvensene av stress i forbindelse med slakting, selv ved dårlige rutiner og ekstra påføring av stress, har mindre betydning for filetkvalitet (Erikson, 2011; Iversen, 2008).

Både innhold av fett og protein i fôr til torsk (Hemre et al., 2004; Otterå et al., 2007) og lysregime (Hemre et al., 2004) har blitt undersøkt uten at det har blitt funnet klare sammenhenger med filetkvalitet, målt som tekstur og innhold av vann og protein. Mosjon, i form av økt svømmehastighet, har ikke blitt funnet å ha noen effekt på muskelfibertetthet eller tekstur (Bjørnevik et al., 2003).

Problemer med filetspalting og bløthet i filet av oppdrettstorsk har gjort at *pre rigor* filetering har blitt forsøkt for å redusere problemene og dette har til dels vært vellykket (Kristoffersen et al., 2006b; Þórarinsdóttir, 2009) men det har samtidig vist seg å gi økt avrenning ved lagring, sammenliknet med *post rigor* kuttet filet.

### 1.5 utfordringer i oppdrett av torsk

I dag er de største utfordringene for oppdrett av torsk yngelkvalitet, svinn, tidlig kjønnsmodning, til tider ujevn filetkvalitet og divergerende kvalitet sett opp mot villfisk. Til tross for at et par milliarder kroner så langt er brukt av private selskap og myndigheter for å løse disse problemene, kan ingen av dem foreløpig anses som løste (Adoff, 2010; Taranger et al., 2010).

I sommerhalvåret har det vært problematisk å slakte torsk med god og jevn kvalitet, hovedsaklig grunnet problemer med muskelfylde og filetspalting. Sesongsvingningene i filetkvalitet og filetutbytte har blitt sett i sammenheng med naturlig kjønnsmodning. Filetering av oppdrettstorsk *pre rigor* kan se ut til å redusere problemene med filetspalting og sesongsvingninger i kvalitet, mens bruk av kontinuerlige lysregimer kan redusere problemene med kjønnsmodning (Laugsand, personlig meddelse; Taranger et al., 2010).

Dette prosjektet belyser problemstillingene rundt svingninger i filetkvalitet og effekt av tidspunkt for filetering hos fisk holdt på lysregime for utsatt kjønnsmodning. Effekt av sesong, mengde kunstig lys, avstamning og tidspunkt for filetering undersøkes.

## 2 MATERIAL OG METODER

Tidspunkt for prøveuttak ble valgt ut fra ønske om å undersøke eventuelle sesongmessige variasjoner mellom tidspunkt hvor torsk tradisjonelt har god muskelkvalitet (vinter), rett etter at gyting normalt sett har funnet sted (vår) og tidspunkt for når Codfarmers historisk sett har hatt problemer med kvaliteten på oppdrettstorsken (sommer) (Taraldsen, personlig meddelse). Valg av merder som fisken ble hentet fra ble gjort ut fra ønske om å undersøke fisk utsatt for ulike mengde lys og ulike stammer. Fisken ble valgt ut tilfeldig, men fisk som ville blitt behandlet som utkast på slakteri ble ikke inkludert i utvalget.

### 2.1 Fiskens historie

Fisken som ble undersøkt i prosjektet tilhørte Codfarmers ASA og ble hentet ut fra merder på lokaliteten Kirkvika (N 67° 6.47 og E 14° 16.14) i Nordfjorden i Gildeskål kommune.

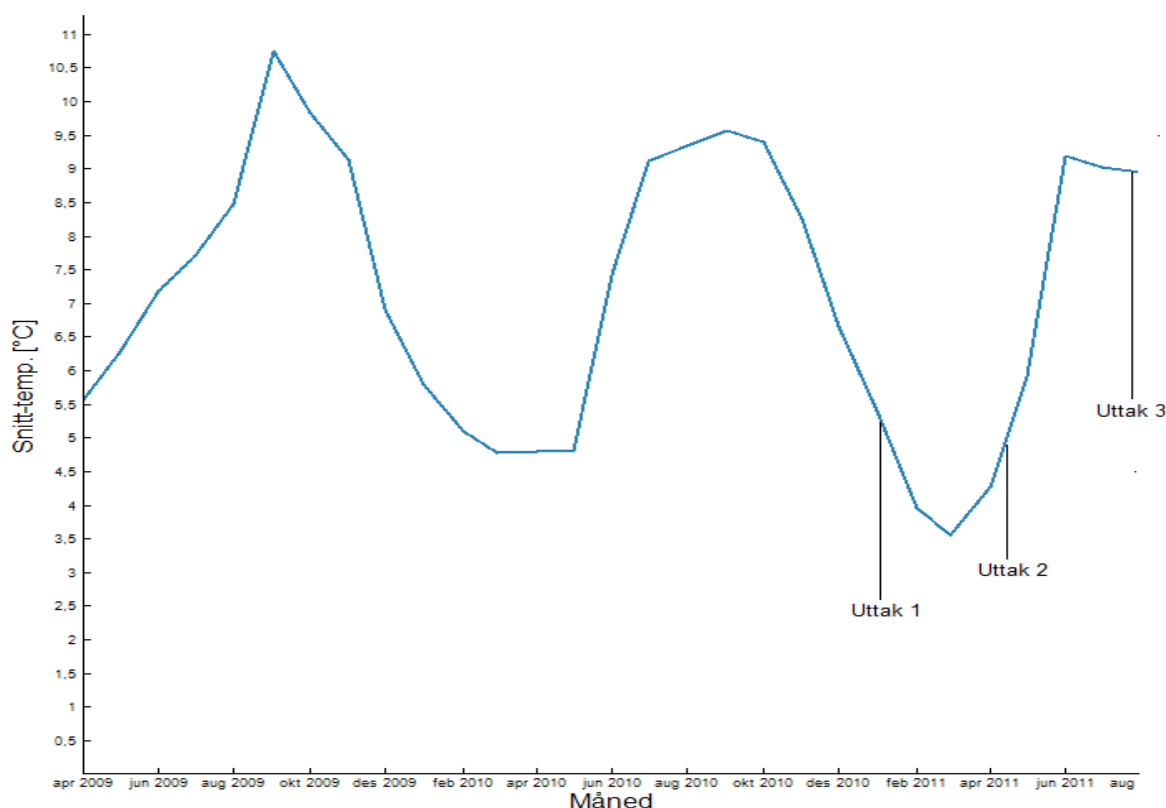
Fisken som ble undersøkt kommer fra to ulike eggprodusenter. Fisken i merdene 5, 6, 8 og 14 var av stamme Sagafjord (Sagafjord Seafarm), klekket mars 2008 og produsert som yngel til 5 gram ved Sagafjord Seafarm AS. September 2008 ble fisken fraktet til Termar sine påvekstanlegg og holdt i merder i sjø på Herøy i Nordland til fisken nådde en gjennomsnittsvekt på 100 gram. Sagafjordfisken var produsert fra første generasjons oppdrettstorsk (F1). Fisken sto i merdanlegg uten kunstig lys til den ble skipet til Codfarmers anlegg Skitneset (N 67° 11.13 og 14° 23.11) i Nordfjorden og holdt der fra april 2009 til sortering og flytting til Kirkvika i mai 2010 (Laugsand, personlig meddelse).

Fisken fra merd 1 er av Havlandet AS sin Hordalandstamme (Havlandet Marinfisk) og ble klekket i oktober 2008. Dette er fisk produsert fra 2. generasjons oppdrettstorsk (F2). Fisken ble klekket høsten 2008 og fraktet til Eurofisk sitt anlegg i Masfjorden i Sogn og Fjordane i desember 2008. Fisken sto her i merdanlegg uten kunstig lys til mai 2010 hvor den ble fraktet til NAP Marine sitt anlegg Skaugvold-odden i Sørfjorden i Gildeskål Kommune. Fisken ble holdt der til september 2009 og deretter flyttet til Skitneset i Nordfjorden (Skjellvik, personlig meddelse) og har fra dette tidspunkt samme historikk som Sagafjord-fisken.

Fisken fra Sagafjord-stammen ble utsatt for kunstig lys i form av 9 lamper (En metall halogen lampe forbruker en kilowatt strøm, lampene var av type Integra fra Idema Aqua) i 7.738 m<sup>3</sup> merdvolum fra august 2009 og fram til sortering i mai 2010. Havlandet-fisken ble utsatt for lys fra 10 lamper i i samme merdvolum fra september 2009 til mai 2010. Ved sortering mai 2010 ble det ikke oppdaget forskjeller i kjønnsmodning som følge av ulik lysstyring vinteren 2009/2010 (Taraldsen, personlig meddelse).

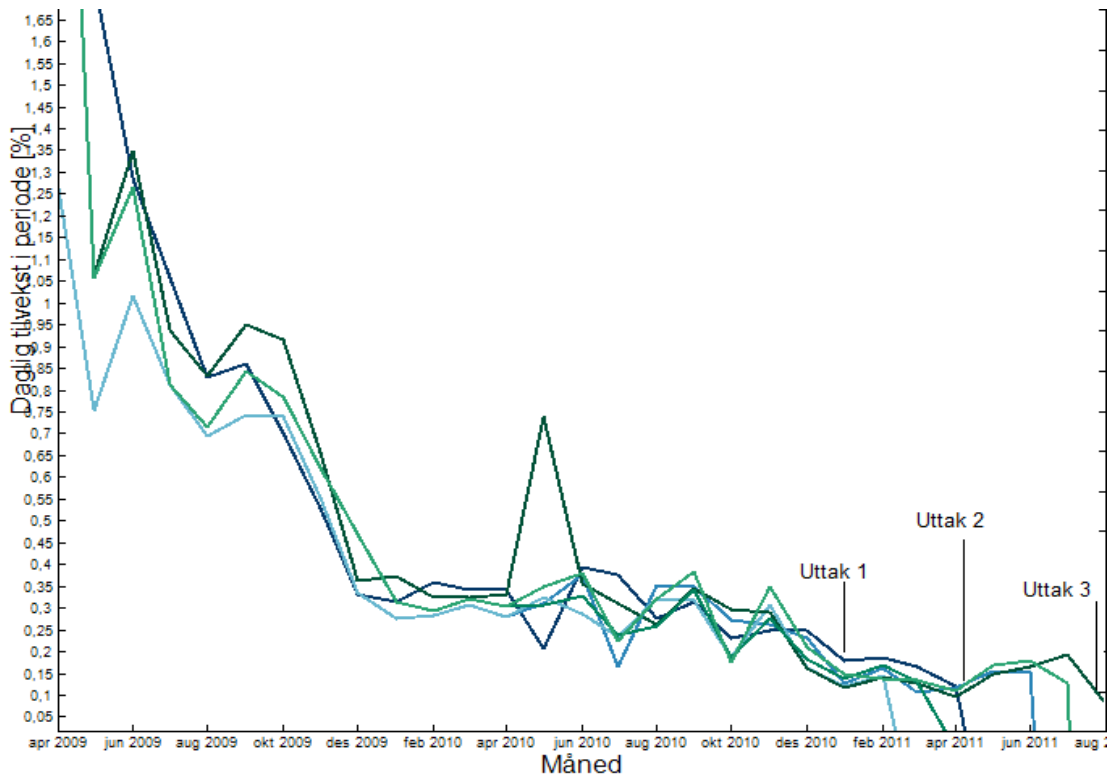
Etter sortering mai 2010 ble fisken flyttet til Kirkvika og ble holdt i dette anlegget i 12.898 m<sup>3</sup> merder gjennom forsøksperioden, med en vanntemperatur som varierte mellom 3,5 og 9,5 °C (figur 3).

Fisken ble ved sortering delt i grupper etter størrelse og fisken i merdene 1, 5 og 8 var småsortering av fisk, mens merdene 6 og 14 var storsortert fisk. I begynnelsen av august 2010 ble det skrudd på kunstig lys i samtlige forsøksmerder i form av Integra 1000 W produsert av Idema Aqua as. Merdene 1, 5 og 14 ble utsatt for 16 lamper, mens merdene 6 og 8 ble utsatt for lys fra 9 lamper fram til mai 2010 (tabell 1). Lysene var hengt ut med 1 lys på 10 meters dyp, 3 lys på 5 meters dyp og resterende lys på 1,5 og 3 meters dyp, spredt horisontalt med minste avstand til merdkant 5 meter. Målinger av lysmengde i ulike dyp i merder med naturlig og kunstig belysning høsten 2010 er vist i figurene 9, 10 og 11 i appendiks. Målinger av temperatur i perioden før og under forsøket er vist i figur 3. Vekst uttrykt som prosentvis daglig tilvekst (**Specific Growth Rate**) for tiden før og i forsøksperioden er vist i figur 4. Kjønnsmodning (uttrykt som **GonadoSomatisk Indeks**) målt før og gjennom forsøket for alle merder i anlegget og er vist i figur 5.

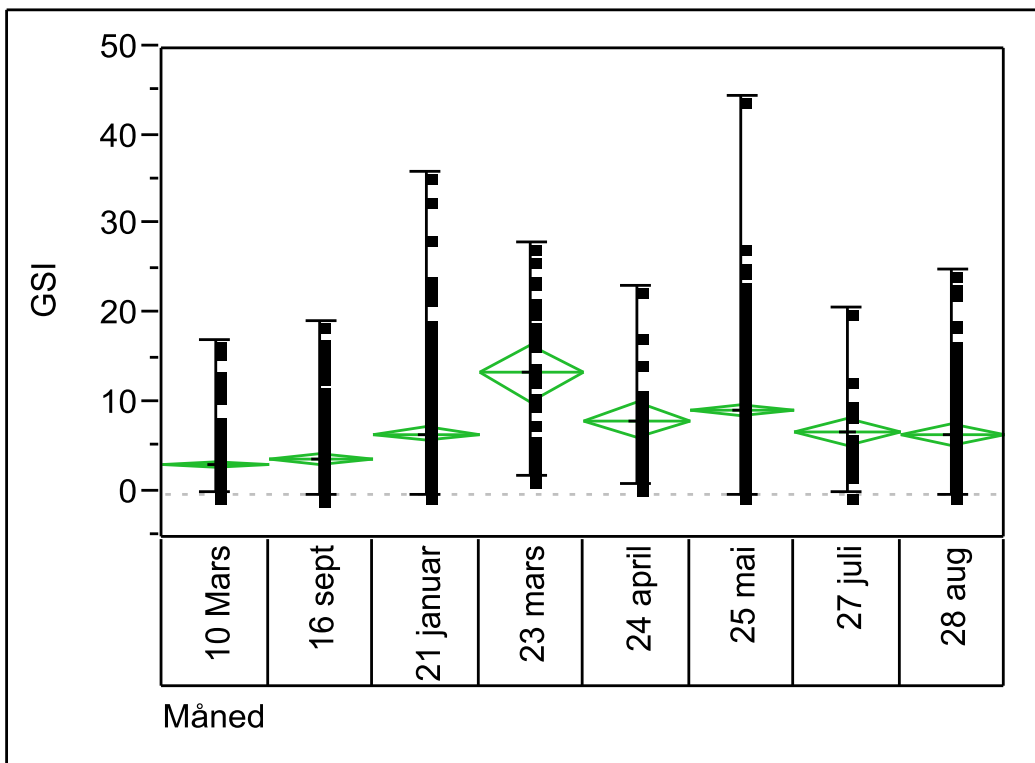


Figur 3: Temperaturen i forsøksperioden. Figuren viser temperaturen fisken ble utsatt for i perioden fra utsett i sjø mai 2009 til siste prøveuttak august 2011.





Figur 4: Daglig tilvekst. Figuren viser utviklingen av spesifikk daglig tilvekst (SGR) som fisken i forsøksmerdene hadde fra utsett i sjø og gjennom forsøksperioden.



Figur 5: Gonadosomatisk indeks (GSI). Figuren viser utviklingen av GSI (utregnet fra rund vekt) som fisken i forsøksmerdene hadde fra mai 2010 og gjennom forsøksperioden. Tallet før månedsbenevnelsen som forklarer x-aksen angir måneder etter utsett i sjø. Prøveuttak i dette forsøket ble gjort 21, 25 og 28 måneder etter utsett i sjø, fisken er i denne figuren ikke sortert etter kjønn.

## 2.2 Uttak av fisk til sulting

Fisken ble tatt ut 21, 25 og 28 måneder etter utsett i sjø (fig 3, 4 og 5) på tre ulike dyp i merdene ved at det ble plassert ut ruser i kanten av nøtene på 5, 10 og 15 meters dyp. Disse hengte ute i ett døgn før de ble dratt opp etappevis og 15 fisk fra hvert dyp ble bedøvet med Finquel (Metacain) (MTnr. 02-1257; Western Chemical Inc.1269 Lattimore Road Ferndale Washington 98248 USA) etter produsentens anbefalte dose og merket med individmerker (FLOY TAG Inc. Washington USA) ved finnebase midtre ryggfinne. Fisken fikk våkne opp i kar (2x1,5x0,5 m) med rennende sjøvann og ble sluppet ut i en 5x5x5 meters not for sulting. Sulting pågikk i ti dager før slakting av fisken. Dødelighet i sulteperioden var totalt tjuetre fisker (4,9 %) fordelt på alle tre sulteperiodene; hhv. elleve fisker i januar, ti i mai og to i august. Totalt ble det tatt ut 469 fisk, fordelt på 180 fisk i januar fra fire merder (45 fisk fra hver merd); 180 fisk fra fire merder i mai (45 fisk fra hver merd) og 109 fisk i august fra den eneste merden hvor det var fisk igjen. Tabell 1 viser oversikt over prøveuttakene og hvordan de 469 prøveuttatte fiskene fordelte seg mellom kjønnene. Uttakene i januar og mai ble gjort over to dager, med to påfølgende dager for uttak til sulting, to påfølgende dager for slakt og dag 0 målinger og dag 4 målinger. Temperaturen i sjøen var ved uttakene av fisk hhv. 5,2 °C i januar, 5,8 ° i mai og 8,5 °C i august (tabell 1).

Tabell 1: oversikt over prøveuttak. Tabellen viser hvor mange fisk som ble tatt ut ved hvert prøveuttak og hvilken merd disse kom fra, med tilhørende egenskaper. SGR i sjø er framkommet ut fra antakelse om lik vekt for alle fisk (gjennomsnittsvekt) i samme merd ved utsett i sjø.

Dato	Temp (°C)	SGR fra klekking	SGR i sjø	merd	Lys (KW)	Stamme	Døde sulting	Antall per merd	Antall Hannfisk	Antall Hunnfisk
13.01.2011	5,2	0,86	0,54	1	16	Havlandet	0	45	25	20
13.01.2011	5,2	0,72	0,46	6	9	Sagafjord	4	41	20	21
14.01.2011	5,2	0,71	0,5	14	16	Sagafjord	4	41	17	24
14.01.2011	5,2	0,68	0,43	5	16	Sagafjord	3	42	27	15
05.05.2011	5,8	0,79	0,47	1	16	Havlandet	2	43	20	23
05.05.2011	5,8	0,64	0,4	5	16	Sagafjord	2	43	17	26
06.05.2011	5,8	0,65	0,46	15	9	Sagafjord	4	41	22	19
06.05.2011	5,8	0,65	0,5	8	9	Sagafjord	2	43	22	21
18.08.2011	8,5	0,6	0,46	8	9	Sagafjord	2	108	48	60
Sum alle							<b>23</b>	<b>447</b>	<b>218</b>	<b>229</b>

### 2.3 Temperaturer i forsøksperioden

Noten ble lint opp 10 dager etter start sulting og fisken ble fanget med håv og bedøvet med slag mot hodet. Fisken ble tatt livet av ved å kutte hovedpulsåren og fisken fikk blø ut i isvann som holdt 0-2 °C. Fisken ble etter ca 1 time i isvann pakket i isoporkasser, 3-5 fisk i hver kasse (pluss is), og fraktet til Universitetet i Nordland (UIN) i Bodø. Temperaturen ble registrert flere ganger dag 0 (slaktedagen) og dag 4 (tabell 2). Etter analysering dag 4 ble loins fryst ned ved minus førti °C inntil målinger av vanninnhold og proteininnhold, som ble gjennomført en måned etter.

Tabell 2: Prøveuttak. Tabellen viser behandlingen av fisken og loins gjennom et prøveuttak, inkludert temperaturen fisken ble utsatt for og variasjoner i denne ved hvert prøveuttak og mellom sesong.

Dato	Klokkeslett	Handling	Temperatur (°C)		
			Jan	Mai	August
Dag -10		Uttak til sulting, merking av fisk	5,2	5,8	8,5
Dag 0	08.00-09.00	Slaktning av fisk og utblødning i isvann	5,2	5,8	8,5
Dag 0	09.00-10.00	Pakking i kasser med is	0,1	0,2	0,4
Dag 0	11.00-17.00	Sløyting og filetering grovlab UIN	0,1 til -0,1	0,1 til -0,1	0,1 til -0,1
Dag 0	12.00-18.00	Etter slakt og filetering	3 til 4	3,5 til 4,5	3,5 til 5
Dag 0	16.00-22.00	Etter ising 4 timer av loin/post fisk	0 til 0,1	0 til 0,1	0 til 0,1
Dag 4	08.00-12.00	Etter lagring 4 døgn på is loin/post fisk	0 til 0,1	0 til 0,1	0 til 0,1
Dag 4	12.00-18.00	Etter målinger og post rigor filetering	2,5 til 3,4	2,5 til 3,4	2,5 til 3,4
Dag 4	13.00-19.00	Innfrysing minus 40 °C	0	0	0
Dag 34-35	14.00-08.00	Tining av loins	0	0	0
Dag 35	08.00-14.00	Vann/protein måling	3 til 5	3 til 5	3 til 5

### 2.4 Undersøkelser på grovlaboratoriet UIN, dag 0 målinger

Mellom to (første fisk) og seks timer (siste fisk) etter bløgging ble fisken sløyd og filetert før de plastforseglede *pre rigor* fileterte loinene ble lagt på is på kjølerom. Fisken lå i isoporkasser tildekt med is utenom ved prosessering (bilde 1).

Registreringene av data ble gjort individuelt for alle fiskene og inkluderte rund bløgget vekt, lengde, vurdering av deformiteter i henhold til kriterier for dette i bruk ved Codfarmers ASA (Taraldsen, personlig meddelelse), sløyd vekt med hode, sløyd vekt uten hode, levervekt, gonadevekt og grad av kjønnsmodning og kjønn. Modningsgrad ble vurdert ut fra skala (for hannfisk) utviklet ved Havforskningsinstituttet (Fotland, 2000) og (for hunnfisk) ved University of Lincolnshire and Humberside (Katsidaki et al., 1999) (tabell 11 og 12). Høyre loin ble skåret ut fra samtlige fisker, skinn ble fjernet og loin ble veid. Samme person fileterte alle *pre rigor* og *post rigor* fileter ved hvert prøveuttak. Deretter ble grad av spalting vurdert, bilde tatt (Canon Digital Ixus 9015) med loin liggende på millimeter ark, slik at beregning av areal og lengde var mulig (bilde 2). Vekter ble registrert på en Precisa 505M- 2020C-DR SCVS (Nerliens Kemisk Teknisk AS, Oslo) som har en nøyaktighet på 0,01 gram.



Bilde 1: Oppbevaring. Bildet viser oppbevaring av fisk i kasser etter pakking og transport fra Nygårdsjøen til sløyting og filetering ved grovlaboratorium UIN.

Alle fisker ble i januar og mai filetert av Laboratorietekniker Kevin Klingan (både *pre rigor* og *post rigor*), mens filetering i august ble gjort av Dr. Ørjan Hagen.

Kondisjonsfaktor ble beregnet ut fra sløyd vekt og lengde til hver enkelt fisk (formel 1). Sløyesvinn med hode eller uten hode ble beregnet ut fra sløyd vekt med eller uten hode og rund vekt (hhv formel 2 og 3). Sløyd Gonado Somatisk Indeks (sløyd GSI) ble beregnet ut fra vekt gonader og sløyd vekt (formel 4). Sløyd HepatoSomatisk Indeks (sløyd HSI) ble beregnet ut fra levervekt og sløyd vekt (formel 5). Drypptap filet ble beregnet ved å veie *pre rigor* fileterte loins dag 0 og dag 4 etter slakt (formel 6). Gjennomsnittlig daglig tilvekst (Specific Growth Rate (SGR)) ble beregnet individuelt per fisk ut fra klekkespunkt (2 gram) og slaktevekt (formel 7). SGR fra utsett til slakt ble beregnet ut fra antatt lik vekt (gjennomsnittsvikt per merd) ved utsett i sjø og individuell slaktevekt.

Mengden deformiteter var lav blant fiskene (figurene 21 til 24 i appendiks). Fisk med deformiteter grad 3 nakkedeforrasjon (definert som grad av deforrasjon som trolig påvirker fiskens prestasjon (Laugsand, personlig meddelelse)) ble ekskludert fra de statistiske analysene, totalt 7 fisk. Fisk med alvorlige deformiteter ble valgt bort ved uttak av prøvefisk fra ruser.

## 2.5 Undersøkelser på laboratoriet UIN, dag 4 målinger

Etter at målinger var gjennomført dag 0 ble fisk *til post rigor* filetering og de *pre rigor* fileterte loinene forseglet i tykke plastposer og lagt på is i kasser i kjølerom i 4 døgn (tid målt fra slaktetidspunkt). Isen i kassene var ikke smeltet etter 4 døgn og temperaturen målt i fisk og loinene varierte mellom 0 og 0,1 °C (tabell 2).

*Post rigor* loinene ble skjært av venstre side fra 45 fisk og vekt og grad av spalting ble registrert. *Pre rigor* filetene ble veid og bilde ble tatt for registrering av lengde og areal, og filetspalting ble registrert. Sammenlikning av fileteringstidspunkt ble gjort på fileter fra de samme fiskene *pre* og *post rigor*.

Vanntapet ble beregnet ut fra reduksjon av vekt fra dag 0 til dag 4. Både *post* og *pre rigor* loinene ble oppbevart i lukkede plastposer i kasser med is mellom de resterende undersøkelsene gjennomført dag 4.

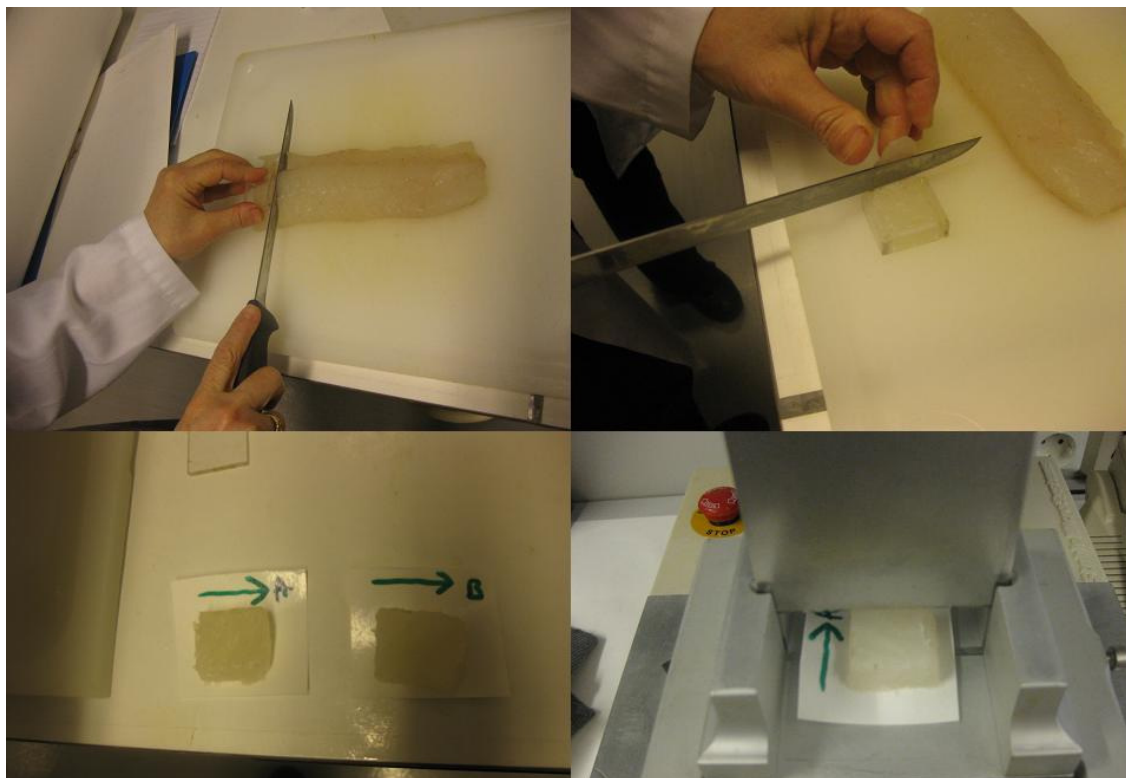
Vurderinger av spalting ble gjort etter modell for gaping utviklet ved UIN (Johnsen et al., 2011) med score fra 0 til 4 (figur 12 i appendiks).

### 2.5.1 Fargemålinger

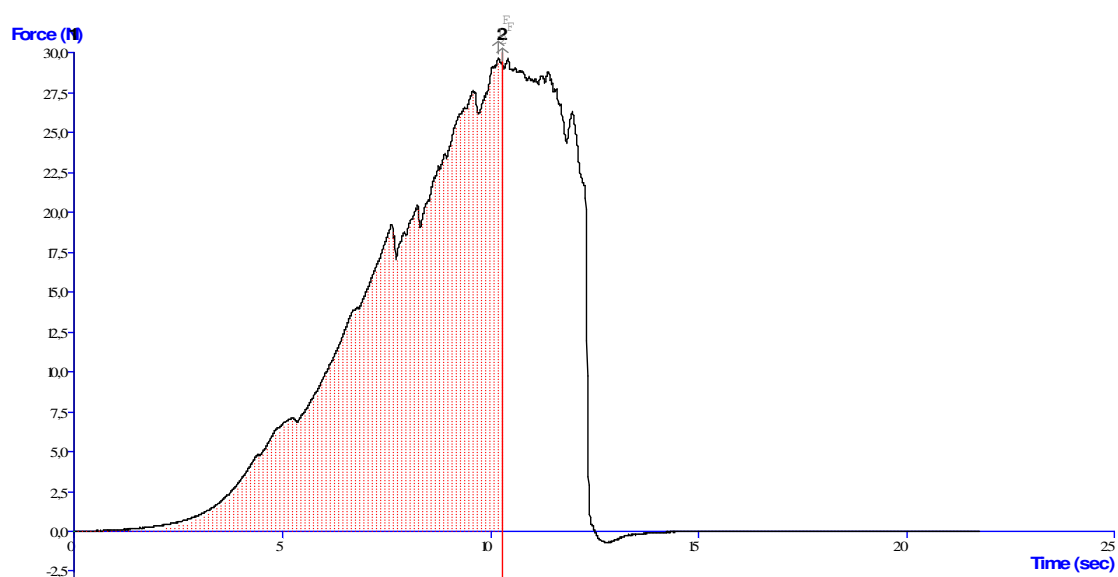
Loins ble plassert på hvitt ark og fargemålinger ble tatt på tre steder på loin (framre del, midre del og bakre del), på siden av loin vendt mot bukhule (ikke skinnside) med Minolta Chroma meter CR00 (Konica Minolta, Osaka, Japan). Registreringer inkluderte lyshet (L\*), rød/grønnhet (farge a\*) og gul/blåhet (farge b\*) (Herland et al., 2009b). Gjennomsnittelig score per fargeparameter ble beregnet fra alle tre målinger for hver filet.

### 2.5.2 Teksturanalyser

Fiskekjøtt til teksturanalyser ble skåret ut fra fremre del av filet, to biter på 2,5x2,5 cm i areal og 1 cm tykkelse per loin ved hjelp av plastramme (bilde 3). Motstand i muskelfibre ble målt ved å presse et stålblad (3 millimeter tykt og 70 millimeter bredt) 120 % gjennom fiskekjøttet i en fart av en millimeter per sekund, med muskelfiberretningen orientert på tvers av skjærebladet. Instrumentet TA-XT2 analyser (Stable Micro Systems, Haslemere, England) ble benyttet og programmet Texture Expert (Stable Micro Systems, Haslemere England) ble brukt for analysering og visualisering av resultatene (figur 6). Det totale arbeidet som trengtes for å skjære gjennom prøven ble beregnet ut fra formelen kraft x tid (milliJoule).



Bilde 3: Teksturprøver. Bildet viser uttak av prøver til tekstur fra loin, prøve A og B ble tatt fra frontal del av loin, sentrert vertikalt og horisontalt, slik at alle deler av fisk som har vært i kontakt med luft ble fjernet, muskelstykkene ble testet ved å kjøre blad på tvers av muskelfibrene.



porstrigo998

Figur 6: resultat teksturmåling. Figuren viser eksempel på resultat teksturmåling, hvor høyeste kraft er markert med tallet 2 og totalt arbeid regnes ut fra skravert areal under grafen. Tid (sec) er vist på x-aksen og kraft y-aksen (Newton (N)).

Fiskestykkene ble pakket i plast, forseglet og fryst inn ved minus 40 °C. Femtito loins ble tatt ut fra fryser og lagt til tining på kjølerom i underkant av ett døgn, for analyser av vann og protein (tabell 2) i september 2011. Loins ble valgt ut ved bruk av Unscrambler (ikke vist) blant *pre rigor* filetert fisk fra alle grupper for å få et mest mulig representativt utvalg. Loins ble homogenisert individuelt og alt avrunnet vann i oppbevaringsposene ble inkludert ved homogenisering, prøvene ble fryst ned til minus 40 °C igjen etter uttak av prøve til analyser vann og protein.

### ***2.5.3 Måling av vanninnhold***

Massen ble oppbevart i plastposer på is og det ble veid inn to prøver av 5 gram fisk i skåler av aluminium og tørket ved 104 °C i ett døgn, hvor prøven igjen ble veid og vanntap ble beregnet (formel 8). Prøvene for vann og proteinmålinger ble veid på en Sartorius CP324S (Sartorius AG, Goettingen, Germany) med 0,1 mg nøyaktighet.

### ***2.5.4 Måling av proteininnhold***

Proteininnholdet ble målt ved bruk av Kjeltec auto analyser (Foss Tecator AB, Höganäs, Sverige). Doble prøver av 1 gram ble veid inn på nitrogenfritt veiepapir og blandet med 15 ml konsentrert svovelsyre og 2 Kjeltabs i Kjeltec rør og varmet i 45 minutter på 420 °C. Etter avkjøling ble 75 ml destillert vann tilsatt hver prøve og mengde NH<sub>3</sub> ble titrert ut ved bruk av 2M HCL. Proteininnhold ble så beregnet ut fra at mmol nitrogen x 6,25 gir innholdet av protein i prøven (formel 9).

### ***2.5.5 Nær Infrarød Spektroskopi (NIR)***

I mai 2011 ble alle de *pre rigor* fileterte fryselaagrede prøvene tint og (de prøvene som ikke var homogenisert fra før) homogenisert for videre analyse med NIR spektroskopi. Den hakkede prøven ble overført til en roterende kopp (diameter 85 mm). Koppen ble belyst med hvitt lys og det reflekterte lyset ble målt med diod array (DA) detektorer fra 900 -1700 nm (DA 7200, Perten Instrument, Stockholm). Kjemisk målte verdier for vann og protein ble brukt for å etablere kalibreringsmodeller ved bruk av Unscrambler (full x-validation ble brukt Partial Least Square Regression (PLS) modellering). Kalibreringsmodellene for vann og protein ble deretter brukt til å prediktere vann og protein i alle prøvene. Analyser av resultatene viste god korrelasjon (figur 14).

### 2.5.6 Undersøkelse av filetkrymping

Undersøkelser av filetkrymping ble gjort ved å analysere bildene fra dag 0 og dag 4 i databehandlingsprogrammet Sigma ScanPro Image Analysis version 5.0.0 (SPSS Inc. Chicago USA). Kalibrering av avstander og gjennomføring ble gjort i henhold til prosedyrer og veiledning (Hagen, personlig meddelelse). Lengde av loin dag 0 og 4 ble funnet, og krymping ble beregnet (formel 10).

### 2.5.7 Formler

- (1) Fulton`s sløyde kondisjonsfaktor (k-faktor) =  $(\text{sløyd vekt}/\text{lengde}^3)*100$
- (2) Sløydesvinn med hode (%) =  $((\text{rund vekt} - \text{sløyd vekt med hode})/\text{rund vekt})*100$
- (3) Sløydesvinn uten hode (%) =  $((\text{rund vekt} - \text{sløyd vekt uten hode})/\text{rund vekt})*100$
- (4) Gonado Somatisk Index sløyd (sløyd GSI) =  $(\text{gonadevekt}/\text{sløyd vekt})*100$
- (5) Hepato Somatisk Index sløyd (sløyd HSI) =  $(\text{levervekt}/\text{sløyd vekt})*100$
- (6) Drypptap (%) =  $((\text{vekt loin dag 0} - \text{vekt loin dag 4})/\text{vekt loin dag 0})*100$
- (7) Gjennomsnittlig daglig tilvekst (specific growth rate SGR) =  $((\ln V_f - \ln V_i)*100)/t$   
(Hvor  $\ln V_f$  = naturlige logaritme til slaktevekt;  $\ln V_i$  = naturlige logaritme til startvekt (satt til to gram for all fisk ved klekking eller oppgitt vekt ved utsett i sjø); t = antall dager fra start (klekking eller utsett) til slakt)
- (8) Vanninnhold (%) =  $((\text{våtvekt} - \text{tørrvekt})/\text{våtvekt})*100$
- (9) Proteininnhold (%) =  $((P - B_1)*M*14,01*6,25*100)/(1000*g) = (p - 1)*M*8,75/g$   
Hvor  $B_1$  = ml forbrukt syre blankprøve; P = ml forbrukt syre til prøve; M = molaritet saltsyre; g = gram innveid prøve; 14,01 = molvekt nitrogen; 6,25 = omregningsfaktor fra nitrogen til protein
- (10) Krymping i lengde (%) =  $((\text{lengde dag 0} - \text{lengde dag 4})/\text{lengde dag 0}) * 100$

### 2.5.8 Statistiske analyser

De statistiske analysene ble gjort ved bruk av JMP IN 5.1.2 (Statistical Discovery™, SAS Institute Inc, 2006). Vurdering av normalitet ble gjort ved hjelp av Normal quantile plot sammen med Shapiro-Wilk W test, vurdering av varians ble gjort med Bartlett`s test.

Ved normalfordelte data og homogen variasjon ble Tukey-Kramer HSD` test benyttet for å undersøke om behandlinger var ulike. Når data ikke var normalfordelt eller ikke hadde homogen varians ble Kruskal Wallays test benyttet for analyser av forskjeller mellom behandlinger (Sall, 2005; Zar, 1999). Signifikansnivå på 0,05 ble brukt. For kontroll av hvilke faktorer som påvirker hverandre ble Ancova multivariat dataanalyse brukt.

Principal komponent analyser (PCA) ble gjort ved hjelp av Unscrambler (Version 9.2, Camo AS, Oslo) og ga god oversikt over spredning av materialet og betydningen til de enkelte parametre, inkludert tidspunkt for prøveuttak, merd, lysregime og kjønn. Ved stegvis å fjerne



de variablene som gav liten eller ingen forklaring av modellen, ble de variablene som var viktige valgt ut for videre statistiske analyser og presentasjon i resultatkapittelet (figur 7).

De 15 første fiskene analysert per kjønn som ble godkjent (ikke var åpenbare feilmålinger, hadde manglende data eller alvorlig deformasjon) ble brukt til statistiske analyser. Unntaket var hunnfisk i merd 5 i mai, hvor kun 11 hunner ble funnet, pga meget skjev kjønnsfordeling i prøveuttaket, se figurtekst tabell 4 hvor sesongsammenlikninger januar og mai 5 ble gjort med 11 fisk, og dermed vektlegges noe mindre enn sammenlikning av hunnfisk merd 1 mellom januar og mai. Ved analyser av tidspunkt for filetering ble det undersøkt 14 fisk per kjønn i januar, 14 fisk per kjønn i mai og 12 fisk per kjønn i august (figur 8, 9 og 10).

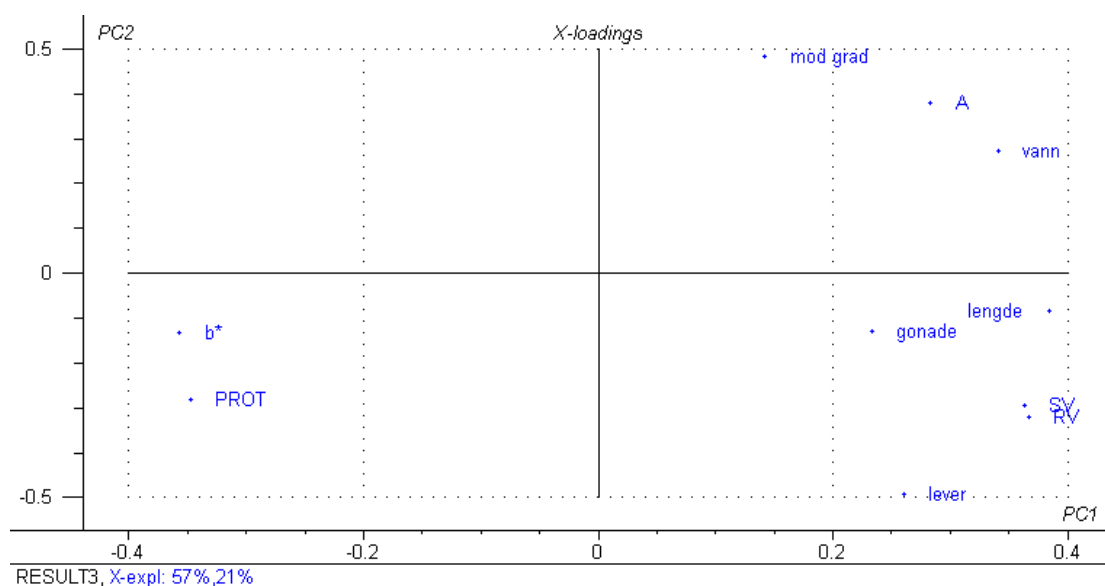
For hver av parametrene som var ulike ble det kjørt Ancova multivariat analyse for å undersøke sammenheng med variablene rund vekt, lengde, sløyd kondisjonsfaktor, levervekt, sløyd HSI, gonadevekt, sløyd GSI, sløyd vekt med hode, sløyvesvinn med hode og modningsgrad; data er ikke vist men eventuelle sammenhenger er tatt med i resultatkapittelet.

Data som ikke er normalfordelt er markert ved at data er presentert i kursiv i alle tabeller.

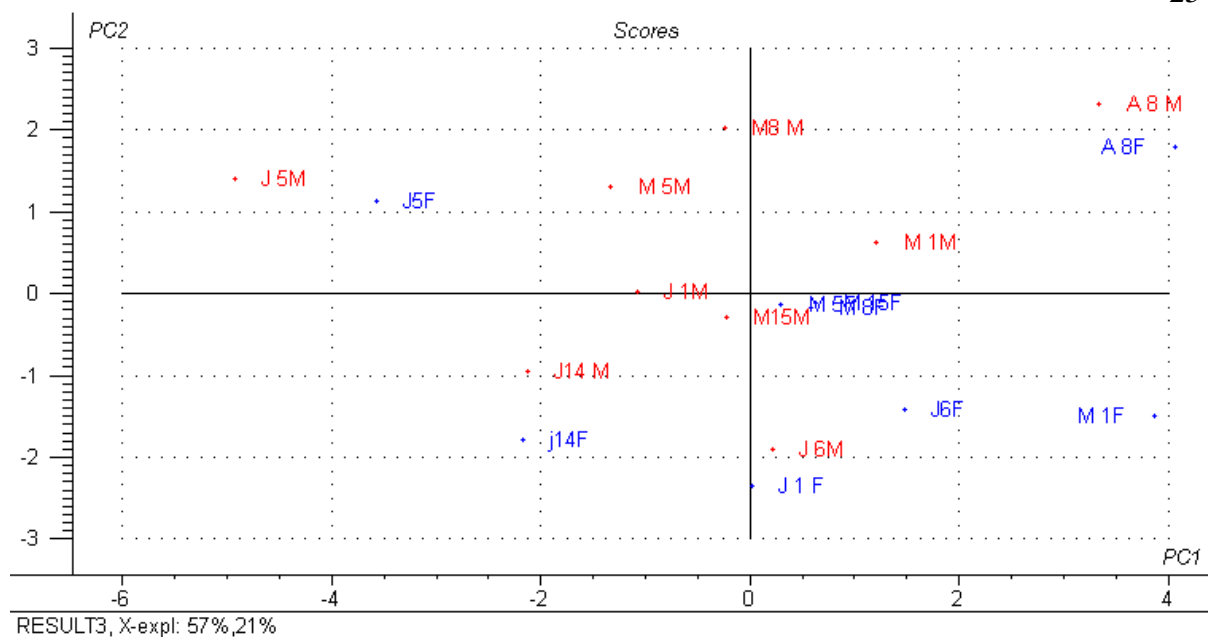
### 3 RESULTATER

Data i dette forsøket er analysert per kjønn da det tidligere har blitt demonstrert store forskjeller mellom kjønn, spesielt relatert til kjønnsmodning (Solberg and Willumsen, 2008). Det ble ikke funnet signifikante forskjeller i størrelse rund eller sløyd mellom dypene noen av tidspunktene for prøveuttakene, derfor ble all fisk per merd slått sammen til en gruppe.

Principal component analyse (PCA) ble gjort av alle data og en stegvis reduksjon i variabler, hvor de som ikke hadde innvirkning på variasjonen ble fjernet. Resultatene viser at de målte faktorene som gir største effekt og forskjeller mellom gruppene forklarer 78 % av forskjellene (figur 7 og 8). Tabell 10 i appendiks viser gjennomsnittlige data og standardavvik for forklaringsfaktorer fra PCA analyse per merd, tidspunkt og kjønn. I figur 8 ses en tydelig forskjell mellom sesonger og også til dels kjønn og merder. PCA plottene viser at størrelse til fisken (rund vekt, sløyd vekt og lengde) er en av de viktigste forklaringsvariablene til variasjonen i resultatene. I tillegg er kjønnsmodning viktig (sløyd GSI og kjønnsmodningsgrad), leverstørrelse, tekstur, blåfarge (b\*) og innhold av vann og protein i filet (figur 7). Figur 8 viser at det er relativt stor forskjell mellom kjønnene og mellom de ulike merdene ved valgt tidspunkt for prøveuttak.



Figur 7: PCA variabel plot. Figuren viser hvordan faktorene proteininnhold (PROT), vanninnhold (vann), blåfarge (b\*), tekstur som skjærearbeid (A), grad av kjønnsmodning (mod grad), lengde fisk (lengde), gonadevekt (gonade), sløyd vekt (SV), rund vekt (RV) og levervekt (lever) forklarer 78 (57+21) % av forskjellene mellom gruppene (9 grupper) av fisk (n=432).



Figur 8: PCA plot årstid, merd og kjønn. Figuren viser hvordan fisken i de ulike merdene skiller seg fra hverandre seg per årstid, merd og kjønn (figur 7), hvor første bokstav angir måned (J er januar, M er mai og A er august) og andre bokstav angir kjønn (F er hunnfisk og M er hannfisk), mens tallet angir merdnummer.

De viktigste somatiske data er vist i Tabell 3, fordelt på merd, tidspunkt for uttak og kjønn, signifikante forskjeller mellom parametre innenfor hvert uttak og kjønn er vist med ulike bokstaver (a, b og c). Det ble funnet forskjeller i rund vekt mellom merdene, hvor hunnfiskene i merdene 1 og 6 var signifikant større enn fisken i merd 5, merd 6 var større enn merd 14 og merd 1 og 14 hadde signifikant lik rund vekt. For hannfisken ble kun merd 6 funnet å være signifikant større enn merd 5 (tabell 3). I mai er det kun hunnfisk fra merd 1 som skiller seg ut ved å være signifikant større enn hunnfisk fra de andre merdene.

Hunnfiskene i merd 5 ble funnet å være signifikant kortere enn de andre merdene i januar, mens det ikke ble funnet noen forskjeller i mai. For hannfisken var merd 1 og 6 signifikant lengre enn merd 5 i januar, mens ingen forskjeller ble funnet i mai. For sløyd vekt var hunnfisken i merd 5 signifikant mindre enn de andre gruppene i januar, mens i mai kun var hunnfisken i merd 1 som var større enn merd 5. Hos hannfisken var den eneste signifikante forskjellen funnet at merd 5 var mindre enn de andre merdene i januar. For sløyesvinn og GSI ble det ikke funnet noen forskjeller mellom merdene for noen kjønn, og for sløyd HSI ble det kun funnet at hunnfisk i merd 1 hadde høyere verdier enn merd 8 og 15 i mai. Sløyd k-faktor var lavere i januar for hunnfisk i merd 5 enn de andre merdene, mens i mai var den signifikant høyere i merd 1 enn i merd 8 og 15.

Hos hannfisken hadde merd 6 og 14 signifikant høyere k-faktor enn merd 5 i januar, mens i mai hadde hannfisken i merd 1 og 15 høyere k-faktor enn merd 5 (tabell 3).

Tabell 3: somatiske data. Figuren viser gjennomsnittlige verdier  $\pm$  standardavvik for Fultons sløyde kondisjonsfaktor (sløyde k-faktor), sløyde hepatosomatisk indeks (sløyde HSI) og sløyde gonadosomatisk indeks (sløyde GSI) delt etter kjønn; (sløyde vekt i beregninger er sløyde med hode). Alle datagrupper var parametriske og normalfordelt, med unntak av kjønnsmodningsgrad (indikert med skjev font). Ulike bokstaver indikerer signifikante forskjeller mellom parameter for hvert tidspunkt og kjønn (a, b og c) (n=15).

**Hunnfisk**

Dato	Merd	Lys (kw)	Stamme	Rund vekt (g)	Lengde (cm)	Sløyde vekt (g)	Sløydesvinn (%)	Sløyde K-faktor	Sløyde HSI (%)	Sløyde GSI (%)	Grad av kjønnsmodning
Januar	1	16	Havlandet	2955 $\pm$ 555 ab	61,3 $\pm$ 4 ab	2308 $\pm$ 481 a	20,2 $\pm$ 3,4 a	1,02 $\pm$ 0,09 a	14,4 $\pm$ 3,1 a	6,4 $\pm$ 3,6 a	1,7 $\pm$ 0,8 a
Januar	5	16	Sagafjord	2155 $\pm$ 396 c	56,5 $\pm$ 3,9 c	1688 $\pm$ 296 b	21,5 $\pm$ 5,0 a	0,93 $\pm$ 0,10 b	12,8 $\pm$ 2,9 a	9,8 $\pm$ 5,9 a	2,5 $\pm$ 1,0 a
Januar	6	9	Sagafjord	3249 $\pm$ 557 a	62,7 $\pm$ 3 a	2524 $\pm$ 473 a	21,6 $\pm$ 3,7 a	1,04 $\pm$ 0,16 a	13,4 $\pm$ 2,5 a	9,6 $\pm$ 5,7 a	2,5 $\pm$ 1,2 a
Januar	14	16	Sagafjord	2596 $\pm$ 559 bc	57,4 $\pm$ 5 bc	2164 $\pm$ 453 a	20,7 $\pm$ 3,7 a	1,09 $\pm$ 0,19 a	15,2 $\pm$ 2,4 a	7,9 $\pm$ 6,2 a	2,0 $\pm$ 1,2 a
Mai	1	16	Havlandet	3443 $\pm$ 661 a	63,4 $\pm$ 4,0 a	2552 $\pm$ 414 a	25,9 $\pm$ 6,6 a	0,99 $\pm$ 0,11 a	14,8 $\pm$ 2,7 a	15,8 $\pm$ 11,4 a	2,9 $\pm$ 1,4 a
Mai	5	16	Sagafjord	2864 $\pm$ 417 b	62,1 $\pm$ 4,8 a	2176 $\pm$ 465 b	26,9 $\pm$ 8,4 a	0,87 $\pm$ 0,11 b	12,8 $\pm$ 3,5 ab	19,8 $\pm$ 12,8 a	3,3 $\pm$ 1,4 a
Mai	8	9	Sagafjord	2926 $\pm$ 600 b	62,4 $\pm$ 3,5 a	2243 $\pm$ 394 ab	21,9 $\pm$ 4,5 a	0,93 $\pm$ 0,07 ab	11,5 $\pm$ 1,9 b	11,6 $\pm$ 6,7 a	2,7 $\pm$ 1,2 a
Mai	15	9	Sagafjord	2955 $\pm$ 418 b	62,1 $\pm$ 4,5 a	2247 $\pm$ 461 ab	25,9 $\pm$ 8,1 a	0,92 $\pm$ 0,13 ab	11,5 $\pm$ 2,5 b	18,2 $\pm$ 14,8 a	3,1 $\pm$ 1,6 a
August	8	9	Sagafjord	3071 $\pm$ 598	62,7 $\pm$ 2,9	2346 $\pm$ 462	21,9 $\pm$ 4,2	0,96 $\pm$ 0,11	13,2 $\pm$ 2,0	10,2 $\pm$ 7,9	2,4 $\pm$ 1,3

**Hannfisk**

Dato	Merd	Lys (kw)	Stamme	Rund vekt (g)	Lengde (cm)	Sløyde vekt (g)	Sløydesvinn (%)	Sløyde K-faktor	Sløyde HSI (%)	Sløyde GSI (%)	Grad av kjønnsmodning
Januar	1	16	Havlandet	2607 $\pm$ 507 ab	58,4 $\pm$ 4,3 ab	2097 $\pm$ 417 a	21,8 $\pm$ 4,9 a	1,02 $\pm$ 0,1 ab	12,7 $\pm$ 1,5 a	11,9 $\pm$ 8,2 a	2,9 $\pm$ 0,9 a
Januar	5	16	Sagafjord	2147 $\pm$ 599 b	56,4 $\pm$ 4,6 b	1614 $\pm$ 469 b	20,2 $\pm$ 5,7 a	0,94 $\pm$ 0,16 b	11,7 $\pm$ 2,2 a	10,3 $\pm$ 9,5 a	3,0 $\pm$ 1,2 a
Januar	6	9	Sagafjord	2951 $\pm$ 501 a	60,8 $\pm$ 3,7 a	2411 $\pm$ 390 a	19,2 $\pm$ 4,1 a	1,06 $\pm$ 0,11 a	12,9 $\pm$ 3,2 a	7,0 $\pm$ 6,5 a	2,5 $\pm$ 1,2 a
Januar	14	16	Sagafjord	2588 $\pm$ 489 ab	57,5 $\pm$ 4,5 ab	2105 $\pm$ 449 a	19,0 $\pm$ 3,2 a	1,09 $\pm$ 0,09 a	13,9 $\pm$ 2,2 a	5,8 $\pm$ 5,7 a	2,3 $\pm$ 0,8 a
Mai	1	16	Havlandet	3019 $\pm$ 632 a	60,8 $\pm$ 3,3 a	2285 $\pm$ 419 a	21,8 $\pm$ 4,1 a	1,03 $\pm$ 0,11 a	12,7 $\pm$ 2,7 a	10,8 $\pm$ 6,7 a	3,4 $\pm$ 1,1 a
Mai	5	16	Sagafjord	2538 $\pm$ 512 a	60,7 $\pm$ 4,8 a	2004 $\pm$ 351 a	20,7 $\pm$ 6,9 a	0,89 $\pm$ 0,10 b	10,6 $\pm$ 2,1 a	9,9 $\pm$ 9,5 a	3,6 $\pm$ 1,5 a
Mai	8	9	Sagafjord	2649 $\pm$ 381 a	60,7 $\pm$ 3,4 a	2102 $\pm$ 304 a	20,9 $\pm$ 5,0 a	0,94 $\pm$ 0,12 ab	11,1 $\pm$ 3,4 a	11,6 $\pm$ 6,7 a	3,9 $\pm$ 0,9 a
Mai	15	9	Sagafjord	2806 $\pm$ 527 a	59,9 $\pm$ 3,2 a	2278 $\pm$ 419 a	21,8 $\pm$ 5,5 a	1,01 $\pm$ 0,09 a	13,1 $\pm$ 2,4 a	10,9 $\pm$ 8,3 a	3,9 $\pm$ 0,9 a
August	8	9	Sagafjord	3068 $\pm$ 774	63,1 $\pm$ 5,5	2374 $\pm$ 478	16,7 $\pm$ 3,3	1,00 $\pm$ 0,09	12,2 $\pm$ 2,2	3,7 $\pm$ 4,5	2,0 $\pm$ 1,0

### 3.1 Sesong

Vanntapet målt som prosent av totalvekt ved lagring av loin gjennom 4 døgn etter slakt er signifikant høyere for både hunn og hannfisk i merd 1 i mai sammenliknet med januar. Det samme gjaldt for hannfisk i merd 5 (tabell 4). For hunnfisk i merd 5 var det også økning i vanntap fra januar til mai, men denne forskjellen var ikke signifikant. Fra mai til august var det en signifikant økning i vanntap for begge kjønn fra merd 8 (tabell 4).

Fiskemuskelene hos hannfisken krevde signifikant mindre kraft å kutte gjennom (tekstur- målt som arbeid i milliJoule) i januar for merdene 1 og 5 sammenliknet med mai (tabell 4). Økning av skjærekraft ble også funnet fra mai til august for hannfisken i merd 8. For hunnfisk i merd 1 ble det funnet økning i arbeid i mai sammenliknet med januar, mens for merd 5 var det ingen forskjell. Fra mai til august var det noe økning i tekstur, men ingen signifikant forskjell funnet for hunnfisken.

Farge  $b^*$  (gul/blå fargetone) viste liten forskjell mellom januar og mai for både hannfisk og hunnfisk, og ulik utvikling mellom hunnfisken i merd 1 og 5 mellom uttakstidspunktene. Hunnfisken i merd 5 hadde signifikant lavere  $b^*$  verdi i mai sammenliknet med januar (tabell 4). Hannfisken viste ingen signifikant utvikling fra januar til mai i gul/blå fargetone. For perioden mai til august viste både hannfisk og hunnfisk en signifikant reduksjon i  $b^*$  verdi (tabell 4).

Hannfisken i merd 5 viste en signifikant økning av vanninnhold i filet fra januar til mai. Innholdet av protein sank signifikant i samme periode (tabell 4). For hannfisken i merd 8 ble det funnet en signifikant reduksjon i vanninnholdet fra mai til august, med tilsvarende signifikant økning i proteininnholdet (tabell 4). For hunnfisk i merd 1 og 5 var vanninnholdet og proteininnholdet i filet stabilt fra januar til mai. I perioden mai til august ble det for hunnfisken i merd 8 heller ikke funnet signifikante endringer i vanninnhold eller proteininnhold. Vanninnholdet og proteininnholdet er funnet å ha en korrelasjon på 0,994 (figur 15 appendiks).

Filetkrympingen (bilde 2) ble funnet å variere mellom 9,5 og 17,1 prosent gjennomsnittlig per merd, periode og kjønn (tabell 4). Det ble funnet en signifikant reduksjon fra januar til mai for hunnfisken i merd 1. Samme utvikling, men ingen signifikante forskjeller, ble funnet for hunnfisken i merd 5 (tabell 4). Andre signifikante forskjeller ble ikke funnet for filetkrymping, men en tendens til mindre sammentrekning i august sammenliknet med mai for fisken i merd 8 ble funnet (tabell 4). I tillegg viste hannfisken i merd 1 samme ikke-signifikante tendens fra januar til mai.

Ingen signifikante forskjeller funnet i langsgående spaltegrad (tabell 4) eller grad av tverrgående filetspalting (ikke vist, meget lave verdier funnet).



Bilde 2: sammentrekning loin. Bildet viser loin fra fisk 401, fra merd 6 i januar dag 0 (under) og dag 4 (over) etter slakting og illustrerer hvordan loin endrer fasong; lengde og bredde gjennom *rigor mortis* (skalering er lik mellom loinene på bildet).

Tabell 4: Sesong og muskelkvalitet. Tabellen viser gjennomsnitt og standardavvik for kvalitetsparametrene vanntap gjennom lagring i 4 døgn, langsgående filetspalting, tekstur, farge filet (b\*), vanninnhold og proteininnhold dag 0 og filetkrymping gjennom 4 døgns lagring *post mortem*, delt i grupper for kjønn, merd og tidspunkt (n=15 for alle analyser unntatt merd 5 hunnfisk jan og mai for innhold av vann og protein hvor n=11)). Ulik bokstaver (a og b) angir signifikante forskjellige verdier, sammenlikninger kun gjort mellom tidspunkt for samme kjønn i samme merd. Skjev font angir ikke-normalfordelte data eller manglende homogenitet i varians.

<b>Hunn fisk</b>			Langsg.	Textur		Vann-	Protein-	Filet
Dato	Merd	Vanntap (%)	Spalte-grad (0-4)	Arbeid (mJ)	Farge (b*)	Innhold (%)	Innhold (%)	Krymping (%)
Jan	1	1,7 ± 0,4 a	1,3 ± 0,5 a	65,4 ± 15,6 a	-3,6 ± 0,9 a	77,9 ± 1,0 a	20,8 ± 1,1 a	17,1 ± 8,4 a
Mai	1	2,5 ± 0,7 b	1,3 ± 0,7 a	80,3 ± 17,7 b	-3,4 ± 0,6 a	77,8 ± 0,9 a	20,8 ± 0,7 a	9,5 ± 4,9 b
Jan	5	2,2 ± 1,2 a	1,5 ± 0,7 a	65,2 ± 14,1 a	-2,3 ± 0,7 a	78,3 ± 0,7 a	20,4 ± 0,6 a	15,4 ± 5,1 a
Mai	5	2,8 ± 1,3 a	1,3 ± 0,5 a	64,1 ± 13,9 a	-3,4 ± 0,9 b	78,3 ± 0,9 a	20,2 ± 0,8 a	12,7 ± 3,7 a
Mai	8	1,8 ± 0,4 a	1,1 ± 0,6 a	91,3 ± 22,4 a	-3,3 ± 0,8 a	78,4 ± 0,7 a	20,4 ± 0,5 a	17,8 ± 3,8 a
Aug	8	3,0 ± 0,9 b	1,2 ± 0,9 a	110,5 ± 29,1 a	-4,4 ± 0,9 b	78,4 ± 1,0 a	20,5 ± 0,8 a	15,8 ± 4,9 a

<b>Hann fisk</b>			Langsg.	Textur		Vann-	Protein-	Filet
Dato	Merd	Vanntap (%)	Spalte-grad (0-4)	Arbeid (mJ)	Farge (b)	Innhold (%)	Innhold (%)	Krymping (%)
Jan	1	1,8 ± 0,4 a	1,4 ± 0,6 a	62,4 ± 13,4 a	-3,2 ± 1,6 a	77,6 ± 0,9 a	20,8 ± 0,8 a	15,4 ± 8,9 a
Mai	1	2,4 ± 0,3 b	1,0 ± 0,7 a	83,7 ± 18,4 b	-3,5 ± 0,8 a	77,6 ± 0,9 a	20,9 ± 0,8 a	10,4 ± 3,5 a
Jan	5	1,6 ± 0,5 a	1,4 ± 0,6 a	59,4 ± 15,6 a	-2,5 ± 1,0 a	77,6 ± 0,6 a	20,9 ± 0,7 a	15,3 ± 3,6 a
Mai	5	2,6 ± 0,8 b	1,3 ± 0,8 a	73,7 ± 19,7 b	-3,2 ± 0,9 a	78,5 ± 1,1 b	20,1 ± 0,9 b	15,7 ± 4,9 a
Mai	8	1,9 ± 0,7 a	1,3 ± 0,8 a	78,9 ± 17,7 a	-3,4 ± 0,8 a	78,1 ± 0,9 a	20,7 ± 0,7 a	15,3 ± 3,9 a
Aug	8	2,6 ± 0,5 b	1,1 ± 0,6 a	108,5 ± 23,5 b	-4,6 ± 0,5 b	77,5 ± 0,5 b	21,3 ± 0,4 b	13,5 ± 5,4 a

For tekstur ble det funnet forskjell hos hunnfisken i merd 1 mellom januar og mai som samvarierte med rundvekt og levervekt, hvor skjærekraft økte med økt rundvekt og ble redusert med økt levervekt.

### 3.2 Betydning av lysstyrke (antall lamper)

Sammenlikning ble gjort av fisk holdt på regimer av kunstig lys (9 og 16 kw hvor 1kw=1 lampe) fra august 2010 i januar og mai 2011. Merdene 6 (9 lamper) og 14 (16 lamper) ble sammenliknet i januar og merdene 15 (9 lamper) og 5 (16 lamper) ble sammenliknet i mai. I januar hadde mengden lys ingen effekt på sløyd vekt, lever eller gonadestørrelse for verken hann eller hunnfisken. Det ble ikke funnet noen forskjeller i grad av kjønnsmodning eller sløyd GSI mellom gruppene utsatt for ulik mengde kunstig lys (tabell 3). Figur 5 viser den store spredningen i gonadeutvikling og tidspunkt for kjønnsmodning ved bruk av kunstig lys. GSI er høy over en lang periode, med fisk i kjønnsmodning allerede fra mars 2010 til august 2011.

Vanntapet gjennom lagring i fire døgn for hunnfisk var høyere for fisk utsatt for 16 lamper i januar og i mai sammenliknet med fisk utsatt for 9 lamper i januar og mai (tabell 5). For hannfisken ble det ikke funnet signifikante forskjeller i vanntap.

Teksturen ble funnet å være ulik for hunnfisken i mai, hvor gruppen utsatt for 9 lamper var signifikant lettere å skjære gjennom enn gruppen utsatt for 16 lamper (tabell 5). Ingen signifikant forskjell ble funnet for hannfisken.

Hannfisken utsatt for 16 lamper hadde i januar signifikant høyere innhold av protein sammenliknet med fisken holdt på 9 lamper (tabell 5). I mai ble det funnet et signifikant høyere innhold av protein i gruppen holdt på 9 lamper (tabell 5).

Gruppen med hannfisk utsatt for 9 lamper hadde i januar signifikant høyere grad av filetkrymping enn gruppen med hannfisk holdt på 16 lamper (tabell 5). Krymping av filet i lengde de fire første døgn etter slakt ble funnet å være lik for januar og mai hos hunnfisken, samt for hannfisken i mai. For filetspalting ble det ikke funnet forskjeller mellom fisk som ble utsatt for 9 eller 16 lamper



Tabell 5: Muskelkvalitet og lysstyrke. Tabellen viser gjennomsnitt og standardavvik for kvalitetsparametrene vanntap gjennom lagring i fire døgn, langsgående spaltegrad, tekstur, farge filet (b\*), vanninnhold, proteininnhold og krymping av filet (n=15). Signifikante forskjeller markert med ulike bokstaver (a-b). Skjev font angir ikke-normalfordelte data eller manglende homogenitet i varians.

<b>Hunnfisk</b>			Langsg.	Textur		Vann-	Protein-	
Dato	KW	Vanntap (%)	Spalte-grad (0-4)	Arbeid (mJ)	Farge (b)	Innhold (%)	Innhold (%)	Krymping (%)
Januar	9	<i>1,5 ± 0,4 a</i>	<i>1,7 ± 0,5 a</i>	66,8 ± 25,3 a	-3,8 ± 0,9 a	77,9 ± 0,9 a	20,7 ± 0,7 a	17,1 ± 6,1 a
Januar	16	<i>2,3 ± 0,9 b</i>	<i>1,9 ± 0,6 a</i>	67,9 ± 18,6 a	-2,4 ± 1,1 b	77,4 ± 0,7 a	21,1 ± 0,7 a	12,1 ± 7,7 a
Mai	9	<i>1,7 ± 0,6 a</i>	<i>1,1 ± 0,3 a</i>	46,9 ± 23,0 a	-3,5 ± 1,1 a	<i>78,1 ± 1,1 a</i>	<i>20,5 ± 0,9 a</i>	<i>18,3 ± 7,8 a</i>
Mai	16	<i>2,4 ± 0,7 b</i>	<i>0,5 ± 0,1 a</i>	61,3 ± 14,1 b	-3,4 ± 0,8 a	<i>78,3 ± 0,9 a</i>	<i>20,2 ± 0,7 a</i>	<i>16,5 ± 7,4 a</i>

<b>Hannfisk</b>			Langsg.	Textur		Vann-	Protein-	
Dato	KW	Vanntap (%)	Spalte-grad (0-4)	Arbeid (mJ)	Farge (b)	Innhold (%)	Innhold (%)	Krymping (%)
Januar	9	<i>1,9 ± 0,6 a</i>	<i>1,8 ± 0,8 a</i>	63,3 ± 18,6 a	-3,0 ± 1,6 a	<i>77,5 ± 0,6 a</i>	20,9 ± 0,6 a	15,8 ± 3,9 a
Januar	16	<i>2,8 ± 1,3 a</i>	<i>1,4 ± 0,6 a</i>	64,1 ± 13,9 a	-3,4 ± 0,9 a	<i>77,1 ± 0,7 a</i>	21,4 ± 0,6 b	12,7 ± 3,7 b
Mai	9	<i>2,3 ± 0,5 a</i>	<i>0,9 ± 0,2 a</i>	67,2 ± 22,4 a	-3,3 ± 0,7 a	<i>77,8 ± 0,8 a</i>	<i>20,7 ± 0,7 a</i>	<i>13,3 ± 3,1 a</i>
Mai	16	<i>2,6 ± 0,8 a</i>	<i>1,3 ± 0,8 a</i>	73,7 ± 19,7 a	-3,2 ± 0,9 a	<i>78,5 ± 1,1 b</i>	<i>20,1 ± 0,9 b</i>	<i>15,7 ± 4,9 a</i>

I mai ble det funnet signifikant sammenheng mellom tekstur målt som arbeid og grad av kjønnsmodning, lengde og sløyd kondisjonsfaktor hos hunnfisken. Det signifikant høyere innholdet av vann hos hannfisk holdt på 16 lamper i mai viste korrelasjon med parametrene sløyd vekt med hode og sløyd GSI. Sløyd vekt med hode påvirket også innholdet av protein.

### 3.3 Stamme

Fisk produsert fra to ulike stammer og avlsprogram ble undersøkt i prosjektet; fisk fra Havlandet F2 (Hav) og Sagafjord F1 (Saga). Analyser ble gjennomført for avdekking av eventuelle effekter av stamme, i januar og mai, per kjønn. Fisk fra merdene 1 (Hav) og 14 (Saga) ble sammenliknet i januar, og fisk fra merd 1 (Hav) og merd 15 (Saga) i mai.

#### 3.3.1 Effekt av stamme i januar

Hunnfisk og Hannfisk fra Havlandet hadde lavere vanntap enn fisk fra Sagafjord i januar (tabell 6). Det ble funnet signifikant mer spalting hos hunnfisken fra Sagafjord sammenliknet med Havlandet i januar (tabell 6). For farge b\* ble det funnet en signifikant økt grad av blåfarge (lavere verdi) hos hunnfisken fra Havlandet sammenliknet med fra Sagafjord. Innholdet av protein hos hannfisk av Sagafjord var signifikant høyere sammenliknet med innholdet i filet hos fisk fra Havlandet i januar (tabell 6).

Tabell 6: muskelkvalitet og stamme januar. Tabellen viser gjennomsnitt og standardavvik for kvalitetsparametrene vanntap gjennom lagring i fire døgn, langsgående filetspalting, langsgående spaltegrad, tekstur, farge filet (b\*), vanninnhold og proteininnhold, samt krymping av filet gjennom de fire første døgn etter slakt i januar fordelt etter stamme og kjønn (n=15). Signifikante forskjeller markert med ulike bokstaver mellom samme kjønn (a-b). Skjev font angir ikke normalfordelte data eller manglende homogenitet i varians.

Januar				
	Hunnfisk Havlandet	Hunnfisk Sagafjord	Hannfisk Havlandet	Hannfisk Sagafjord
Vanntap (%)	1,7 ± 0,4 a	2,3 ± 0,9 b	1,8 ± 0,4 a	2,4 ± 0,7 b
Langsgående Spaltegrad (0-4)	1,3 ± 0,5 a	1,9 ± 0,6 b	1,4 ± 0,6 a	1,4 ± 0,6 a
Tekstur (mJ)	65,4 ± 15,6 a	67,9 ± 18,6 a	62,4 ± 13,4 a	61,3 ± 14,1 a
Farge (b*)	-3,6 ± 0,9 a	-2,4 ± 1,1 b	-3,2 ± 1,6 a	-3,4 ± 0,8 a
Vanninnhold (%)	77,9 ± 1,0 a	77,4 ± 0,7 a	77,6 ± 0,9 a	77,9 ± 0,7 a
Proteininnhold (%)	20,8 ± 1,1 a	21,1 ± 0,7 a	20,8 ± 0,8 a	21,4 ± 0,6 b
Krymping filet (%)	17,1 ± 8,4 a	12,1 ± 7,7 a	15,5 ± 8,9 a	17,0 ± 8,7 a

### 3.3.2 Effekt av stamme i mai

Vanntapet dag fire etter slakt ble funnet å være signifikant høyere hos hunnfisk fra Havlandet sammenliknet med hunnfisk fra Sagafjord i mai (tabell 7). Teksturen (målt som skjærekraft) ble funnet å være høyere for både hannfisk og hunnfisk av Havlandet sammenliknet med fisk fra Sagafjord i mai (tabell 7).

Økt grad av filetkrymping ble funnet hos hunnfisk fra Sagafjord sammenliknet med hunnfisk fra Havlandet (tabell 7). Vanninnholdet og innholdet av protein ble funnet å være likt mellom stammene for både hunnfisk og hannfisk fra Havlandet og Sagafjord (tabell 7).

Tabell 7: Muskelkvalitet og stamme i mai. Tabellen viser gjennomsnitt og standardavvik for kvalitetsparametrene vanntap gjennom lagring i fire døgn, langsgående filetspalting, langsgående spaltegrad, tekstur, farge filet (b\*), vanninnhold og proteininnhold, samt krymping av filet gjennom de fire første døgn etter slakt i mai fordelt etter stamme og kjønn (n = 15). Signifikante forskjeller markert med ulike bokstaver mellom samme kjønn (a-b). Skjev font angir ikke normalfordelte data eller manglende homogenitet i varians

Mai				
	Hunnfisk Havlandet	Hunnfisk Sagafjord	Hannfisk Havlandet	Hannfisk Sagafjord
Vanntap (%)	2,4 ± 0,7 a	1,9 ± 0,6 b	2,4 ± 0,3 a	2,3 ± 0,5 a
Langsgående Spaltegrad (0-4)	1,3 ± 0,7 a	1,6 ± 1,1 a	1,0 ± 0,7 a	1,1 ± 0,9 a
Tekstur (mJ)	80,3 ± 17,7 a	63,3 ± 18,6 b	83,7 ± 18,4 a	67,2 ± 22,4 b
Farge (b*)	-3,4 ± 0,6 a	-3,0 ± 1,6 a	-3,5 ± 0,8 a	-3,3 ± 0,7 a
Vanninnhold (%)	77,8 ± 0,9 a	78,1 ± 1,1 a	77,6 ± 0,9 a	77,8 ± 0,8 a
Proteininnhold (%)	20,8 ± 0,7 a	20,5 ± 1,0 a	20,9 ± 0,8 a	20,7 ± 0,7 a
Krymping filet (%)	9,5 ± 4,9 a	15,8 ± 3,9 b	11,5 ± 2,2 a	13,3 ± 3,1 a

I mai ble det funnet en positiv signifikant sammenheng mellom sløyd GSI og tekstur hos hannfisk.

### 3.4 Fileteringstidspunkt

Signifikant økning av langsgående filetspalting ble funnet i januar hos *pre rigor* filetert hunnfisk sammenliknet med *post rigor* filetert hunnfisk (tabell 8). Grad av tverrgående filetspalting var signifikant høyere for både *post rigor* filetert hunnfisk og hannfisk sammenliknet med *pre rigor* filetert fisk (tabell 8).

Tabell 8: Muskelkvalitet og fileteringstidspunkt januar. Tabellen viser gjennomsnittsverdier og standardavvik for registrerte kvalitetsparametre for pre- og post rigor filetert loin kjønnsvis for januaruttaket fra merd 5 (n=14).. Signifikante forskjeller markert med ulike bokstaver (a-b). Skjev font angir ikke-normalfordelte data eller manglende homogenitet i varians.

	Hunnfisk Pre	Hunnfisk Post	Hannfisk Pre	Hannfisk Post
<i>Vekt loin (g)</i>	154,3 ± 36,8 a	150,7 ± 36,2 a	163,5 ± 60,8 a	158,5 ± 49,5 a
<i>Langsgående Spaltegrad (0-4)</i>	1,5 ± 0,8 a	1,6 ± 0,6 a	1,4 ± 0,6 a	1,6 ± 0,8 a
<i>Tverrgående Spaltegrad (0-4)</i>	0,3 ± 0,4 a	2,1 ± 1,2 b	0,4 ± 0,8 a	2,2 ± 0,9 b
<i>Tekstur (mJ)</i>	65,2 ± 26,2 a	65,2 ± 14,1 a	70,5 ± 19,2 a	59,4 ± 15,6 a
<i>Farge (b*)</i>	-2,2 ± 0,9 a	-2,3 ± 0,7 a	-2,2 ± 1,3 a	-2,5 ± 1,0 a

I mai ble det funnet økt grad av langsgående filetspalting hos *pre rigor* fileterte loins fra både hunnfisk og hannfisk sammenliknet med *post rigor* loins. Økt grad av tverrgående filetspalting ble funnet hos både *post rigor* filetert hunnfisk og hannfisk sammenliknet med *pre rigor* fileter. Skjæremotstnad ble funnet å økt for både *pre rigor* filetert hunnfisk og hannfisk sammenliknet med *post rigor* fileter (tabell 9).

Vekten til *pre rigor* filetert loin og *post rigor* filetert loin var lik for alle tidspunkt (tabellene 8, 9 og 10).

Tabell 9: Muskelkvalitet og fileteringstidspunkt i mai. Tabellen viser gjennomsnittsverdier og standardavvik for registrerte kvalitetsparametre for pre- og post rigor filetert loin per kjønn i mai fra merd 1 (n=14). Signifikante forskjeller er markert med ulike bokstaver (a-b). Skjev font angir ikke-normalfordelte data eller manglende homogenitet i varians.

	Hunnfisk Pre	Hunnfisk Post	Hannfisk Pre	Hannfisk Post
Vekt loin (g)	195,6 ± 43,9 a	205,7 ± 52,9 a	179,4 ± 37,8 a	193,3 ± 45,4 a
Langsgående Spaltegrad (0-4)	1,4 ± 0,8 a	0,8 ± 0,9 b	1,0 ± 0,7 a	0,4 ± 0,5 b
Tverrgående Spaltegrad (0-4)	0,5 ± 0,5 a	1,9 ± 0,5 b	0,3 ± 0,5 a	1,6 ± 0,5 b
Tekstur (mJ)	113,9 ± 19,6 a	80,3 ± 17,7 b	117,6 ± 13,7 a	83,7 ± 18,4 b
Farge (b*)	-3,8 ± 0,6 a	-3,4 ± 0,6 a	-3,8 ± 1,0 a	-3,5 ± 0,8 a

I august ble det funnet økt grad av tverrgående filetspalting hos både *post rigor* filetert hunnfisk og hannfisk sammenliknet med *pre rigor* fileter (tabell 10).

Tabell 10: Muskelkvalitet og fileteringstidspunkt i august. Tabellen viser gjennomsnittsverdier ± standardavvik for registrerte kvalitetsparametre for pre- og post rigor filetert loin kjønnsvise for augustuttaket (n=12) fra merd 8. Signifikante forskjeller markert med ulike bokstaver (a-b). Skjev font angir ikke-normalfordelte data eller manglende homogenitet i varians.

	Hunnfisk Pre	Hunnfisk Post	Hannfisk Pre	Hannfisk Post
Vekt loin (g)	156,8 ± 54,8 a	177,8 ± 57,0 a	165,3 ± 26,5 a	187,6 ± 28,5 a
Langsgående Spaltegrad (0-4)	0,8 ± 0,4 a	0,8 ± 0,6 a	0,9 ± 0,5 a	0,7 ± 0,5 a
Tverrgående Spaltegrad (0-4)	0,0 ± 0,0 a	1,0 ± 0,6 b	0,0 ± 0,0 a	1,2 ± 0,6 b
Tekstur (mJ)	100,6 ± 18,3 a	109,5 ± 34,9 a	103,1 ± 28,9 a	109,3 ± 34,9 a
Farge (b*)	-3,9 ± 1,6 a	-4,7 ± 0,8 a	-4,9 ± 0,6 a	-4,5 ± 0,7 a

For *pre rigor* filetert hannfisk i mai ble det funnet at rundvekt, sløyvesvinn med hode, leverstørrelse, sløyd HSI og sløyd GSI hadde signifikant påvirkning på tekturen.

Tendenser til forskjeller mellom fisk fanget på ulike dyp på ulike tidspunkt for prøveuttak er presentert i figurene 26 til 29 i appendiks og kontroll av deformasjoner og effekt av disse er vist i figurene 22 til 25 i appendiks.

## 4 DISKUSJON

Antall fisk per kjønn var høyt i dette forsøket sammenliknet med det antall fisk tidligere publiseringer har basert seg på, hvor det har vært vanlig med under 20 fisk totalt; Kristoffersen et al. (2006) brukte 12-20 fisk per uttak, Kristoffersen et.al. (2007) 12 fisk per uttak, Herland et al. (2009) analyserte 7 fisk per uttak og Solberg et al. (2006) analyserte 18-24 fisk per uttak, hvor ingen har tatt hensyn til kjønnsforskjellene vist av Solberg og Willumsen (2008). Antall fisk i prøveuttakene og behandlingen av resultatene delt på kjønn i dette prosjektet kan være med på å forklare eventuelle forskjeller fra resultater i litteraturen.

Data er behandlet med hver enkelt fisk som ett gjentak og ikke merdvis. Forsøket burde vært gjennomført med tre repetisjoner per gruppe. Dette var ikke mulig å gjennomføre verken av praktiske eller økonomiske grunner og en gjennomføring hvor uttak av fisk fra regulære fullskala oppdrettsmerder med ulike behandlinger per merd ble valgt. Antall fisk per merd ble, som kompensasjon, økt. Denne svakheten deler forsøket med litteraturhenvisningene fra forrige avsnitt, med unntak av forsøket til Solberg og Willumsen (2008).

Størrelsen på fisken mellom de ulike uttakene ble ikke funnet å være signifikant ulike mellom de gruppene som ble brukt for å sammenlikne effekter av sesong, lysmengde, stamme eller fileteringstidspunkt (tabellene 4 til 10). Unntakene er merdene 6 (9 lamper) og 14 (16 lamper) i januar hvor effekt av antall lamper ble sammenliknet, her var fisken i merd 6 signifikant større enn fisken i merd 14. For sammenlikning av stamme var fisken i merd 1 (Havlandet-stammen) signifikant større enn fisken i merd 15 (Sagafjord-stammen). Ingolfssdottir et al. (1998) fant imidlertid at størrelsen på villtorsken ikke hadde noen effekt på de sesongmessige endringene i muskelen, og dette kan antas å ha gyldighet for oppdrettstorsken også, da mer stabil tilgang på mat i merdoppdrett kan være med på å utjevne eventuelle forskjeller ytterligere. Det kan selvsagt også tenkes at den fisken som er nederst i hierarkiet i en merd får så lite tilgang på mat at forskjellen til de på toppen av hierarkiet er større enn hos villfisk, men i dette forsøket ble de minste fiskene med lavest kondisjon ekskludert fra prøvematerialet. Analyser av effekter av størrelse på de viktigste kvalitetsparametrene viste at for hannfisken i merd 15 i mai minket vanntapet som effekt av størrelsen, de andre parametrene ble ikke signifikant påvirket av størrelsen til fisken. Det ble ikke funnet noen sammenheng mellom rundvekt og grad av kjønnsmodning eller sløyd GSI hos prøvefisken (data analysert per uttakstidspunkt, ikke vist), i motsetning til antakelser om en positiv korrelasjon mellom rundvekt og GSI hos oppdrettstorsk i følge Codfarmers (Laugsand, personlig meddelse).

Det ble ikke funnet noen signifikante forskjeller i kjønnsmodning mellom tidspunkt eller grupper med fisk (tabell 3). Dette skyldes trolig den store individuelle spredningen i

kjønnsmodning i tid, trolig som følge av bruken av kunstig lys, selv om gjennomsnittsverdiene for sløyd GSI og grad av kjønnsmodning økte fra januar til mai og avtok til august (tabell 3). Gonadene hos enkelte fisk i mai og august ble vurdert til å være i kjønnsmodningsstadiet 5 og 6 (tabell 11 og 12) og var til dels rennende og derfor vanskelig å finne nøyaktig vekt. Dette skyldes at slik fisk avga noe egg og melke under utbløgging og transport. Vurdering av kjønnsmodningsstadiet ble gjort av kandidaten ved alle uttakene. Det kan være vanskelig å sammenlikne hvor langt fisken har kommet i kjønnsmodningen kun ved å vurdere størrelsen på gonadene (og GSI), men ved samtidig å vurdere grad av kjønnsmodning kan eventuelle forskjeller i kjønnsmodning fastslås sikrere.

Fisken ble behandlet skånsomt og minimalt med slag og trykk antas å være påført fiskene. Unntaket kan være når fiskene ble bedøvd med slag mot hode før bedøving, men denne prosedyren var tilnærmet identisk for hver fisk. Det ses derfor bort fra at slag eller press mot muskel har påvirket resultatene i noen grad.

En mulig feilkilde i prosjektet var temperaturen i muskel hos fisken etter bløgging som effekt av ulik vanntemperatur ved prøveuttak. Forskjellen i temperatur i havet var kun 3,3 °C, og målinger av temperatur i bukhulen hos fisk viste lik temperatur to til tre timer etter bløgging. Temperaturen hos fisken og filetene videre i prosessen ble funnet å være tilnærmet like (tabell 2). Temperaturforskjellene etter bløgging antas derfor ikke å ha stor innvirkning på resultatene, selv om det er funnet at temperatur etter slakting spiller stor rolle for ulike kvalitetsparametre. Forsøk som har kommet til slike konklusjoner har undersøkt temperaturer opp til 20 °C etter slakt (Stien et al., 2005), og i vårt eksperiment er forskjellene målt til å være maksimalt 4 °C. Eventuelle temperaturforskjeller mellom de ulike filetene under bearbeiding antas derfor ikke å spille noen stor rolle for resultatene i dette forsøket.

Ved uttak av lever var det for noen fisk delvis sammenvoksninger mellom lever og resten av innvollene. Dette gjorde uttaket av lever vanskelig på enkelte fisk. Problemet er ikke kvantifisert og det antas at variasjonen som dette har skapt ikke har vært stor, da lever er relativt lett å plukke løs fra resten av innvollene og den som slaktet fisken var bevisst på problemstillingen. Store problemer med sammenvoksninger som følge av vaksinerings eller annet er ikke vanlig hos oppdrettstorsk hos Codfarmers, som i Nordland blir vaksinert med vannbasert vaksine mot vibriose (Taraldsen, personlig meddelse). Problemet er derfor ignorert i videre diskusjon.

Måling av lengde på filet dag 0 og 4 ble gjort ved fotografering og avmerking av lengde filet på pc. Fotoapparatet ble holdt fritt og avstand til filet og vinkel for fotografering var ikke lik for alle bilder. Programmet brukt på pc for måling av lengde tar hensyn til avstand fra motiv ved beregninger, men ikke i like stor grad til vinkel. I tillegg ble lengden av filet manuelt

avmerket i programmet. Unøyaktighet ved merking og kalibrering ble undersøkt ved å kjøre 40 fisk gjennom prosedyre for beregning av lengde to ganger, med identisk resultat og standardavvik, data ikke vist. (tabellene 4, 5, 6 og 7).

#### 4.1 Diskusjon av sesongeffekter

Effekt av sesong synes vanskelig å skille fra effekt av kjønnsmodning og tilgang på mat hos villtorsken. I dette forsøket ble fisken utsatt for kunstig kontinuerlig lys etter utsett i sjø. Tidligere praksis med å la fisken være utsatt for naturlig lys første vinter i sjø og kontinuerlig kunstig lys andre vinter i sjø ved Codfarmers og fra referanser i litteraturen, har gitt en pubertet og kjønnsmodning som har artet seg som en relativt synkron topp andre sommer i sjø (Hansen et al., 2001; Laugsand, 2011; Laugsand, personlig meddelse; Taranger et al., 2010). Torsk utsatt for kontinuerlig lys med liten eller ingen påvirkning fra naturlig lys, er funnet å holde tilbake kjønnsmodning i mer enn 3 år (Davie et al., 2003). Sommeren 2008 hadde Codfarmers store problemer med kvaliteten på oppdrettstorsken, som hovedsakelig artet seg som høy grad av filetspalting. Problemene oppsto på sensommeren, i perioden med høyeste temperatur og størst andel kjønnsmodning, og førte i tillegg med seg forøket dødelighet (Laugsand, personlig meddelse).

Relativt små forskjeller i temperaturene ved uttak av prøvefisk; 5,2 °C i januar, 5,8 °C i mai og 8,5 °C i august ble målt i dette forsøket (figur 3), og kan være med på å forklare hvorfor problemene med filetspalting ikke var så uttalte i dette forsøket. Lave faktiske veksthastigheter for fiskegruppene som helhet, med små forskjeller mellom tidspunkt for prøveuttak er registrert; SGR fra 0,25 % i januar til 0,2 % i mai og ned mot 0,15 % i august (figur 4) tyder likevel på en sterk effekt av kjønnsmodning i perioden på fiskens prestasjon, i tillegg til lave sommertemperaturer (tabell 1).

Ved beregning av drypptap ble filetene veid dag 0 og deretter pakket i plastpose som ble forseglet og lagt på is til kjøling. Ved veiing av fileten dag 4 ble den tatt ut av pose og lagt på vekten. Det ble fulgt en prosedyre hvor filetene fikk dryppe av seg i tre sekunder før de ble lagt på vekten. Det er vanskelig å være sikker på at samme mengde væske hang igjen på filetene ved veiing, men siden filetene er behandlet likt antas problemet å være relativt lite og er ansett ikke å påvirke resultatene i noen stor grad.

Resultatene i dette forsøket viste at både hunnfisken og hannfisken hadde signifikant økt vanntap fra filet ved lagring på is i 4 døgn, fra januar til mai (merd 1) og fra mai til august (merd 8). Fisken i merd 5 hadde også økt vanntap ved lagring fra januar til mai; signifikant for hannfisken og ikke signifikant for hunnfisken (tabell 4). Det kan se ut til å være en sammenheng mellom økt vanntap og økning i gonadestørrelser, som ses fra januar til mai, spesielt for hunnfisk, og en reduksjon fra mai til august, spesielt for hannfisk (figur 5, tabell



4). Stor individuell spredning kan være med på å gjøre sammenhengen mellom modning og vanntap mindre klar. I følge funn av Kristoffersen et al. (2007) hadde *pre rigor* skjært filet av torsk et vanntap 10 dager etter slakt på 10 %, mens en *post rigor* kuttet filet hadde vanntap på 5 %. Sammenliknende forsøk med *pre rigor* fileter gjort av Herland (2009b) har vist at fileter fra villtorsk har noe høyere vanntap enn fileter fra oppdrettstorsk. Dette forsøket viser gjennomsnittsverdier for vanntap på 1,6 til 2,8 % etter 4 døgns lagring (tabell 3). Forsøk ved Nofima fant et vekttap fra dag 0 til 4 *post mortem* hos *pre rigor* filetert oppdrettstorsk på omtrent 2 % (Esaiassen et al., 2008) og mellom 2 og 5 % etter 5 døgns lagring på is (Herland, 2009a), mens ved Universitetet i Bergen ble det funnet vekttap på mellom 2 og 3 % hos oppdrettstorsk (Jørpeland, 2011).

Litteraturen henviser i stor grad til water holding capacity (WHC) som er muskelens evne til å holde på vann og er brukt som referanser til målinger av vanntap. Det har blitt funnet sesongvariasjoner i WHC hos villtorsk (Ofstad et al., 1996), mens undersøkelser av ikke lysstyrt oppdrettstorsk (Herland et al., 2009b) viste ingen endring i WHC mellom sesongene. Herland et al. (2009b) analyserte fjorten fisker ved hvert prøveuttak, i tillegg ble det ikke tatt hensyn til kjønn, som kan ha maskert eventuelle forskjeller kjønnsvis. Jørpeland (2011) fant økt verdier for WHC i august 2010 sammenliknet med februar 2010 og oktober 2009, mens for drypptap ble det funnet signifikant høyest verdier i oktober. Det er ikke oppgitt status for bruk av kunstig lys, vekter eller grad av kjønnsmodning hos fisken i forsøket, slik at hva som påvirker forskjellene i filetenes vannbindingsevne er ikke mulig å vurdere i materialet til Jørpeland (2011), men det blir konkludert med at drypptap ikke øker med vanntemperatur.

Andre forsøk har derimot funnet forskjeller i drypptap eller vannbindingsevne mellom sesong for vill torsk som har blitt relatert til mattilgang (Ang and Haard, 1985) og periode med kjønnsmodning (Ingolfsdottir et al., 1998). Dette har blitt relatert til ulik pH i muskel *post mortem* som direkte effekt av innhold av glykogen i muskelvev, som følge av nedbryting etter slakting til melkesyre (laktat). Lav *post mortem* pH gir økt vanntap (Ofstad et al., 1996). Forsøk med oppdrettstorsk har imidlertid ikke avslørt ulikheter i *post mortem* pH i løpet av sesongene eller som effekt av sulting (Hagen and Solberg, 2010; Solberg and Willumsen, 2008; Solberg et al., 2006), slik at en variasjon i pH som følge av ulik pH *post mortem* antas ikke å være en forklaringsparameter for ulik vannbindingsevne eller ulikt vanntap hos velfødd oppdrettstorsk. Mikrofloraen hos vill og oppdrettet torsk påvirker vannbindingsevnen i liten grad. Floraen av mikroorganismer hos oppdrettstorsk er ulik vill torsk, hvor oppdrettstorsken har en bakterieflora som gjør den potensiell mer holdbar enn villtorsk (Olsson et al., 2007).

Ved uttak av prøver til teksturmålinger ble disse tatt dorsalt, se Bilde 3, og det er mulig større variasjoner i tekstur ville blitt funnet ved å flytte prøvetaksområdet lengre mot ventral del av

filet, siden sterkere sammentrekning gjennom *rigor mortis* er antatt her (Cappeln and Jessen, 2002). Tre personer utførte teksturmålinger etter felles opplæring. Overlapping mellom personell under gjennomføring gjør at denne feilkilden synes så liten at den ikke tillegges vekt i videre diskusjon. Sidene på platen som ble presset gjennom fiskestykket ble rengjort mellom hver kasse med fisk (30-40 prøver fra samme merd). Dette førte til at en del fiskemasse tørket fast i bladet i løpet av gjennomføringen. Det har ikke blitt funnet at dette har påvirket resultatene i noen grad, da uregelmessigheter i data har blitt eliminert manuelt i ettertid (figur 6). Imidlertid er kontroll og tolkning av graf vanskelig, og dette er en feilkilde som er vanskelig å se helt bort fra se tabellene 4 til 10, som viser at standardavvik var relativt høyt. Dette kan tyde på problemer med metoden.

De fiskene som lå lengst på is før filetering måtte vente ca 6 timer etter bedøving og bløgging. Undersøkelser viser at *rigor mortis* ikke inntreffer før etter mer enn 10 timer for ustresset oppdrettstorsk og etter 4-6 timer for stresset, med sterkst sammentrekning etter henholdsvis 50 og 40 timer (Misimi et al., 2008). Bjørnevik og Solbakken (2010) fant at stresset torsk nådde maksimalt nivå av *rigor mortis* etter 12 timer på islagring, mens ustresset torsk etter ca 36 timer, hvor sammentrekningene holdt seg relativt stabile inntil 72 timer. I følge disse data er det sannsynlig at vi har filetert torsken før *rigor mortis* har startet, slik at startet dødsstivhet ved handtering ikke har vært en feilkilde i dette forsøket. Prosessering må unngås under *rigor mortis* da handtering lett ødelegger filetene (Love and Haq, 1970). Det kan også legges til at analyser dag 4 ble gjort ved antatt sterkeste sammentrekning, selv om det er funnet at ulike deler av torskemuskelen gjennomgår *rigor mortis* til ulike tider, med start i området rundt brystfinnen (dorsalt) og slutt i haleområdet (ventralt) ut fra målinger av ATP i muskel gjennom prosessen (Cappeln and Jessen, 2002). Disse resultatene referer til oppbevaring av torsken på is, men forteller ikke noe om tid før *rigor* startet, men siden ingen prøver i dette forsøket er hentet ventralt er det antatt at alle deler av fisken har nådd *rigor mortis* før prøvene ble tatt etter 4 dager *post mortem*.

Det ble funnet (til dels) signifikant økt behov for skjærekraft for å kutte gjennom biter av filet i mai sammenliknet med januar og i august sammenliknet med mai (tabell 4). Det ble også funnet en sammenheng mellom økt rundvekt og leverstørrelse (for hunnfisken i merd 1) fra januar til mai og økt skjæremotstand, samt en effekt av kjønnsmodning og sløyd GSI i mine undersøkelser. Målinger av hardhet på malt fiskemasse fra vill torsk har vist at fiskemuskelen fremstår mykere i perioden mars til juni (Ingolfssdottir et al., 1998), som samsvarer med gytesesongen, enn resten av året. Sammenlikning av tekstur i juni, hos fisk utsatt for kontinuerlig lys og naturlig lys foregående år, viste at fisken utsatt for naturlig lys hadde en fastere konsistens i muskel enn fisken holdt på kontinuerlig lys (Hemre et al., 2004). Fisken utsatt for naturlig lys gjennomførte gyting som normalt, mens fisken på kontinuerlig lys ikke ble kjønnsmoden og Hemre et al. (2004) mener økt fasthet hos fisken som hadde gytt kan

skyldes at denne fisken var mindre og filetp prøvene ble ikke justert i størrelse før test av fasthet. Testen besto av å presse filetene til 40 % opprinnelig tykkelse. Bjørnevik (2003) har vist en klar positiv sammenheng mellom størrelse på oppdrettstorsk og diameter på muskelfibre. Økt diameter har vist seg å gi redusert fasthet av muskel (Dunajski, 1980). Teksturmålinger på oppdrettstorsk utsatt for naturlig lys 1. vinter i sjø og kontinuerlig kunstig lys 2. vinter i sjø hos Codfarmers i 2010, viste at torsk hadde lik tekstur den 2. vinteren og påfølgende sommeren etter 4 døgns lagring på is, hvor gonadosomatisk indeks om vinteren var  $2,3 \pm 1,9$  og om sommeren  $5,9 \pm 3,1$ . Torsk viste om sommeren signifikant mer filetspalting etter 4 døgn sammenliknet med torsk om vinteren (Perera, 2011).

Sulting gir en klart fastere filet, målt som økning av skjæremotstand, hvor sulting i 4 uker gir signifikant fastere filet både sommerstid (Hagen and Solberg, 2010) og om høsten (Hagen and Solberg, 2010; Solberg and Willumsen, Unpublished). Økning av tekstur kan skyldes en tykker myocommata og/eller være en effekt av modning av kryssbindingene mellom kollagenfilamentene til såkalte hydroxylsyl pyridinoline kryssbindinger (PYD). Hagen et al. (2007) og Hagen og Solberg (2010) har vist en positiv sammenheng mellom tekstur og mengde PYD bindinger i bindevevet. Veksthastigheten, for eksempel påvirket av restriktiv fôring, er antatt å ha direkte effekt på filettekstur, hvor sterkere kollagenbindinger fører til redusert problem med filetspalting (Einen et al., 1999b). Selv om filettekstur også påvirkes av andre faktorer, som diameter på muskelfiber, mengde protein og vann i fileten, synes det som om den faktoren som påvirker tekturen i størst grad er mengde modne bindinger i bindevevet. Det ble imidlertid ikke funnet noen sammenheng mellom veksthastighet og tekstur for oppdrettstorsk i 2006 ved IMR (Otterå et al., 2007).

Det har blitt vist at kjønnsmoden kveite har en fastere tekstur enn ikke kjønnsmoden kveite (Roth, 2007). I tillegg reduseres fiskens veksthastighet ved kjønnsmodning og kryssbindinger, såkalte PYD bindinger mellom kollagenfibrene øker. Dette er antatt i hovedsak å skyldes at bindingene trenger tid på å modne og bli sterkere; gjennom den relativt sakte dannelsen av PYD bindinger (Li et al., 2005). Mengden PYD bindinger viste en sterk sammenheng med filettekstur hos oppdrettstorsk, og en sammenheng mellom PYD og filetspalting ble også funnet hos fisk fra Codfarmers i 2008 (Hagen et al., 2009). Funnene viser også at det kan være en sammenheng mellom diameter på muskelfibre og mengde kollagen på filetspalting; hvor mindre diameter på muskelfibrene sammen med økt mengde kollagen (og PYD bindinger) gir redusert muskelfiberspalting. Perera (2011) fant også at mengden PYD ikke ble redusert i løpet av 18 dagers lagring på is, noe som viser den høye motstandsdyktigheten mot forsøk på proteolytisk nedbryting fra collagenaser, og som antyder at mengden PYD bindinger kan være avgjørende for lagringsstabilitet og hylletiden til oppdrettstorsk.

Flekksteinbit (*Anarhichas minor* O.) har svært få problemer med muskelspalting, i motsetning til torsk. Gjennomsnittlig diameter på kollagenfibre ble funnet å være mindre og tettheten i nettverket av kollagenfibre høyere i flekksteinbit enn hos torsk (Ofstad et al., 2006).

Enzymene Cathepsin B og L er antatt å være noen av de viktigste faktorene i nedbryting av protein i fiskemuskel, og hos Perera (2011) ble det 4 dager etter slakting funnet noe, men ikke signifikante, økte nivåer av Cathepsin B og B+L på fisk tatt ut om sommeren enn vinteren. Dette foreslås av Perera (2011) å forårsake den økte filetspalting og degradering av bindevev i torskemuskel sommerstid. Imidlertid ble det ikke funnet økt spalting av filet om sommeren i dette forsøket; om dette ville kommet til uttrykk ved lengre tids lagring eller ved histologiske undersøkelser er mulig.

Funnene i denne undersøkelsen sammenholdt med tidligere funn av sesongeffekter, tyder på at kjønnsmodning er den effekten av sesong som påvirker kvalitet hos torsk i størst grad. En effekt av størrelse på muskelfibre kan også antas, selv om dette ikke er målt. Effekten av kjønnsmodning som kan anes å gi mindre filetspalting og kan være en effekt av redusert veksthastighet og modning av kryssbindinger i bindevev alene, hvor samme effekt kan oppnås ved sulting eller restriktiv fôring.

Filetspaltingen ble ikke funnet å være forskjellig mellom sesongene, noe som strider mot tidligere erfaringer fra Codfarmers som har hatt problemer med filetspalting sommerstid (Laugsand, personlig meddelse; Perera 2011). Dette kan mulig forklares med lave sjøvannstemperaturer sommeren 2011, sammenliknet med den temperaturen fisken man opplevde filetspalting på hos Codfarmers i 2008 opplevde i ventemerde før slakting, med temperaturer over 15 °C (Taraldsen, personlig meddelse). Forløpet for kjønnsmodning har vært forskjellig for fisken i dette forsøket sammenliknet med tidligere generasjoner, som følge av kontinuerlig lys i hele sjøfasen hos Codfarmers. Det ble imidlertid ikke funnet noen sammenheng mellom kjønnsmodning og filetspalting (multivariat dataanalyse; ikke vist), slik at en effekt av kjønnsmodning på filetspalting kan ikke fastslås.

Et annet moment som kan være en årsak til filetspalting funnet sommeren 2008 kan være reaksjon av stress som følge av transport med brønnbåt til ventemerde. Imidlertid viser undersøkelser at transport av torsk i brønnbåt kun gir midlertidig stress og at torsk takler slik handling bra, samt at filet kvaliteten ikke ble påvirket av handteringsstress (Iversen, 2008). En studie av påvirkning fra stress på oppdrettstorsk i forbindelse med slakting viste at det ved dårlig handling og bevisst stress ikke ble funnet effekt på ti målte kvalitetsparametre på filetmuskel (Erikson, 2011), inkludert filetspalting målt åtte dager etter slakting. Dette ble støttet av Misimi et al. (2008) og Bjørnevik & Solbakken (2010) som fant at stress før slakt

hadde liten betydning for kvaliteten på fileten en uke *post mortem*, selv om effekter av stress kan ses i forløpet av *rigor mortis*, vanntap og aktivitet av Cathepsin D rett etter slakt. Stress påvirker tekstur og degradering av muskelvev rette etter slakting, men effekten avtar relativt fort (Digre et al., 2011; Stien et al., 2005). Stress ved handtering synes derfor lite trolig å ha innvirket på problemene med filetspalting på slaktefisk hos Codfarmers slakteri på Halså i 2008. Undersøkelser av effekt av stress på vill torsk har antydnet en effekt av økt grad av filetspalting og mykere tekstur 10 dager *post mortem* (Kristoffersen et al., 2006a), som mulig kan forklares med raskere forløp av *rigor mortis* hos stresset fisk og dermed ulikt forløp av enzymatisk nedbrytning 10 dager *post mortem*. Stress er derimot vist å kunne ha uheldige effekter i form av økt grad av blodrester i fileten (Olsen et al., 2008), men dette har ikke vært undersøkt i dette eksperimentet.

Innholdet av protein lå i gjennomsnitt for gruppene mellom  $20,1 \pm 0,9$  (hannfisk i mai merd 5) og  $21,4 \pm 0,6$  (hannfisk i januar merd 14) (tabell 4 og 5). Vanninnholdet ble funnet å ligge mellom  $77,1 \pm 0,7$  (hannfisk merd 14 i januar med høyest verdi av protein målt) og  $78,5 \pm 1,1$  (hannfisk mai merd 5 som hadde laveste verdier av protein). Proteininnhold og vanninnhold i fileten ble funnet å ha en korrelasjon på 0,917 (figur 15). Innholdet av vann og protein i filetene samsvarer med tidligere analyser av oppdrettstorsk (Herland, 2009a; Solberg and Willumsen, 2008c; Solberg et al., 2006b).

Innholdet av protein og vann i muskel ble for hunnfisken i forsøket ikke signifikant påvirket av sesong, mens for hannfisken ble det funnet en signifikant økning i vanninnhold fra januar til mai på 0,9 % for fisken i merd 5, med tilsvarende reduksjon i proteininnhold; det ble ikke sett noen endring for hannfisken i merd 1 fra januar til mai. Fra mai til august økte proteininnholdet hos hannfisken igjen signifikant i merd 8 med 0,5 %. For naturlig gytende oppdrettsfisk er det funnet at vanninnholdet i fileten hos hunnfisk har hatt en økning på omtrent 2 % av totalinnholdet gjennom gyting (fra november til april), mens for hannfisken har endringene vært i størrelsesorden 0,5 % (Solberg and Willumsen, 2008c), som er relativt likt med variasjonen i dette forsøket (tabell 4). Dette støttes av andre forsøk som viser en signifikant økning i vanninnhold i muskel hos samfengt hann og hunnfisk i perioden februar til mai for gytende oppdrettstorsk (Herland et al., 2010), og både gytende og prematur villtorsk (Eliassen and Vahl, 1982; Ingolfssdottir et al., 1998), men med større effekter målt hos gytende enn prematur torsk (*Gadus callarias*) i undersøkelser av villfisk (Love, 1960). Undersøkelser av gytende oppdrettstorsk avslørte en klar sammenheng mellom kjønn og innhold av vann og protein i muskel gjennom gyting (Solberg and Willumsen, 2008), hvor vanninnholdet øker mest hos hunnfisk gjennom gyteprosessen. Dette er forklart med et behov for protein i eggproduksjon hos torsken som helt eller delvis må dekkes fra hvit muskel. Disse funn samsvarer med undersøkelser av fisk utsatt for kontinuerlig lys og hvor kjønnsmodning ble stoppet og fisk som fikk kjønnsmodne naturlig. Her ble det funnet at torsk

som kjønnsmodnet hadde i mars signifikant høyere innhold av vann i filetmuskel, sammenliknet med torsk som ikke ble kjønnsmoden (ikke analysert kjønnsvis) (Hemre et al., 2004). Fisk fra Codfarmers som ble utsatt for kunstig kontinuerlig lys kun andre vinter i sjø har tidligere vist utvikling av kjønnsmodning om våren, spesielt hos hunnfisk med gjennomsnittlige GSI verdier på 15% i april, synkende til rundt 5 % fra juni. Hannfiskene hadde GSI verdier rundt 5 % fra april til oktober fra samme merder. Prøver fra forsøk med denne 2007 generasjonen av oppdrettstorsk viser økte verdier for vann hos hunnfisken i april, sammenliknet med både hannfiskene i april og alle verdier funnet ved senere uttak (Reinholdtsen, 2010). Dette stemmer overens med observasjoner av 2006 generasjonene med fisk hos Codfarmers (Laugsand, personlig meddelelse), hvor hunntorsk i langt framskredet gyting gjerne har meget små reserver av hvit muskel. Korrelasjonsanalyser av sløyd GSI og vanninnhold i dette forsøket viser at for hunnfisken øker vanninnholdet i filet med sløyd GSI i januar og mai, mens i august er det motsatt, som tyder på at mesteparten av fisken hadde vært gjennom gyting til august. Innholdet av vann i filet av hannfiskene ble lite påvirket av GSI. Resultatene i dette forsøket tyder derfor på, sammenholdt med tidligere funn, at kjønnsmodning påvirker innholdet av vann og protein i muskel hos oppdrettstorsk i større grad enn sesongvariasjon som lysforhold og temperatur alene, når tilgangen på mat er god. Siden denne undersøkelsen viser kjønnsmodning hele perioden for uttak (økning om våren) ser det ut til at effekter av sesong blir vanskeligere å plukke opp.

## 4.2 Diskusjon mengde kunstig lys

Mengde lys som fisken i forsøket ble utsatt for var 9 og 16 målt i kilowatt i 90 x 20 m merder. Det ble funnet noen forskjeller mellom gruppene med fisk, men ingen som kan tilskrives redusert grad av kjønnsmodning grunnet ulik mengde lamper i merdene. Forskjellene funnet antas derfor å skyldes stor spredning i prøvematerialet og tilfeldigheter. For at effekt av mengde lys skulle vært antatt å være en faktor som spiller inn ville dette gitt seg utslag på gonadeindekser eller grad av kjønnsmodning, som ikke har blitt funnet i dette forsøket (tabell 4). Målingene av lys i merdene utsatt for 9 og 16 lamper i august 2010 (figur 10 og 11) viste heller ingen forskjeller i lysmengde i den mørke delen av døgnet. Selv om torsk har vist seg å være meget lysfølsom (Skulstad, 2011) har økningen av mengde kunstig lys fra 9 til 16 lamper ikke vært nok til å overstyre endringene i naturlig i merkbar grad. Resultatene fra forsøket henger sammen med tidligere forsøk gjort ved Codfarmers (Taraldsen, personlig meddelse), og undersøkelser ved Universitetet i Bergen og ved University of Sterling som viser at det er vanskelig å konkurrere med naturlig lys, og at langt bedre effekt oppnås ved å redusere det naturlige lyset samtidig som kunstig lys tilføres (Cowan et al., 2011; Skulstad, 2011).

Det ble funnet overraskende små forskjeller i filettinnhold og kvalitet mellom kjønn i dette forsøket, sammenliknet med funn fra litteraturen (Solberg and Willumsen, 2008). Dette kan forklares med bruk av kunstig lys som påvirker tidspunkt for kjønnsmodning til en viss grad, med stor individuell variasjon (tabell 3). Samtidig påvirkes kan hende hvor mye energi som kanaliseres inn i gonadene ved en kjønnsmodning utenfor sesong og med mindre klare signaler i form av endret fotoperiode. Grad av kjønnsmodning og verdier for sløyd GSI var relativt like mellom kjønnene i januar, mens forskjellene var større i mai og august, hvor hunnfiskene hadde de høyeste gjennomsnittlige verdiene (figur 16 til 21 i appendiks).

### 4.3 Diskusjon effekt av stamme

Effekten av stamme kommer først og fremst til uttrykk gjennom veksthastighet (tabell 1). Nye funn har vist at gener påvirker muskeltekstur og filetutbytte hos laks (Johnston and Ashton, 2012). Slike undersøkelser ble ikke funnet i litteraturen for torsk. Med så store individuelle forskjeller i veksthastighet og kjønnsmodning vil det være meget vanskelig å gå nærmere inn på effekter av stamme på annet enn vekst, deformiteter og kjønnsmodning; hvor fisk fra Havlandet-stammen hadde klart best veksthastighet fram til flytting til Nordfjorden (tabell 1). Den store forskjellen i vekst kan skyldes temperaturforskjeller i fasen fra klekking til flytting eller være en effekt av stamme og avl, eller en kombinasjon av disse faktorer. Både hannfisken og hunnfisken fra Havlandet-stammen har noe mindre drypptap i januar og noe bedre tekstur i mai (tabell 6 og 7). Hunnfisken fra Havlandet hadde også signifikant mindre filetkrymping i mai enn hunnfisk fra Sagafjord-stammen. Det vil trolig være gunstigere å undersøke mulige effekter av stamme på oppdrettstorsk hvis kjønnsmodning unngås, eventuelt ved å ta ut prøvefisk i tidligere stadiet av livsløpet, før kjønnsmodning inntreffer eller ved å lykkes bedre i å utsette kjønnsmodningen. Resultatene indikerer at forskjeller i veksthastighet i settefiskfasen (fram til fisken er ca 100 gram), uavhengig av årsak, ikke påvirker kvaliteten på sluttproduktet i noen grad av betydning, når prosessering gjøres *pre rigor* (tabell 1).

Ingen klare effekter ble funnet mellom sesongene i filetpalting, siden veksthastigheten for fiskegruppene var ulik i perioden før prøveuttakene, indikerer dette at effekter av veksthastighet i merdfasen av produksjon ikke vil påvirke kvalitet betydelig ved *pre rigor* filetering.

Det ble registrert en signifikant økning i tverrgående filetpalting mellom fisk av Havlandet-stammen og Sagafjord-stammen i januar hos hunnfisken i dette forsøket (tabell 6), mens ingen forskjeller ble sett hos hannfisken. I mai ble samme bildet sett, uten at forskjellene var signifikante.

Hos vill torsk har det blitt funnet at filetpalting korrelerer positivt med økt innhold av vann, mens hos oppdrettstorsk synes dette å være mer påvirket av pH i muskelen (Kristoffersen et al., 2006b), blant annet fordi muskelnedbrytende enzymer som Catepsin B har økt aktivitet ved lavere pH (Hultmann, 2004). I dette forsøket ble det ikke funnet noen signifikant sammenheng mellom vanninnhold og filetpalting (tabell 4), som kan skyldes at variasjonen var så liten at unøyaktigheter ved registrering kamuflerer eventuelle trender. Det vil for oppdrettstorsk kunne foreslås at økt innhold av vann i filet er en indikasjon på at fisken har hatt lav vekst og brutt ned muskeprotein for kjønnsmodning eller energimobilisering, som igjen vil ha gitt muligheten for en modning av bindevev, blant annet ved økning av andel pyridinolin (PYD) bindinger i bindevevet, som igjen gir redusert spalting av muskelfibre.



Muskelens *post mortem* pH er en av de viktigste faktorene som påvirker filetspalting; torskemuskel med pH 7,1 er mer enn fire ganger sterkere enn ved pH 6,2 (Love, 1979). Forsøk med sulting av oppdrettstorsk i 11 uker etter gyteperiode har imidlertid ikke gitt effekt på *post mortem* pH i muskel (Hagen and Solberg, 2010). Sulting av vill torsk har vist at energireservene i form av leverfett og glykogen i muskel blir utnyttet først og deretter proteiner fra muskel, og dette er beregnet å ta 20 uker ved 9 °C (Black and Love, 1986). For oppdrettstorsk som er velfødd vil trolig sultetiden kunne forlenges betydelig før dette vil gå ut over muskelproteinet. pH i muskel *post mortem* ble derfor ikke undersøkt i dette forsøket. Målinger av pH ble utelatt i dette prosjektet da tidligere undersøkelser har vist liten endring av pH gjennom året og liten variasjon mellom individer. Selv etter sulting i 11 uker sommerstid, etter gyting, ble det funnet minimal variasjon i pH etter *rigor mortis* i muskel hos oppdrettstorsk (Hagen and Solberg, 2010; Solberg and Willumsen, 2008).

Hvor mye teleoster som atlantisk torsk blir tvunget til å svømme er en av faktorene som påvirker utviklingen til fiskene, inkludert muskelkvalitet (Videler, 2011). Strømhastigheten på lokalitet Skitneset hos Codfarmers, hvor fisken som opplevde stor grad av filetspalting i 2008 var holdt, er meget høy og høyeste registrerte strømhastighet er 78,2 cm/s, sammenliknet med 20,3 cm/s for fisken i dette forsøket som sto på lokalitet Kjerkvika. Flere undersøkelser av effekt av trening hos teleoster har konkludert med at rød muskel får økt cellediameter og flere fibre, mens effekten på hvit muskel er usikker og resultatene fra flere forsøk er motstridende (Sänger, 1993). Davison (1997) fant at teleoster generelt responderer mindre effektivt til trening enn pattedyr, og lave nivå av trening gir generelt best vekst og forsøk med spurt trening for stimuli av hvit muskel har ført til kraftig reduksjon i tilvekst, noe som av Davison (1997) tilskrives mulig stress. Senere forsøk (Bjørnevik et al., 2003) har vist at for oppdrettstorsk har ikke trening i form av svømmehastigheter opp til 0,5 kroppslengder per sekund noen effekt på målte kvalitetsparametre, som muskefiberdiameter og tekstur. Eventuelle effekter av trening på filetspalting av hvit muskel har i dette forsøket vært betydelig lavere enn for fisken holdt på Skitneset og slaktet i 2008, slik at en eventuell effekt av økt strømhastighet ikke synes å være positiv for grad av filetspalting.

I forhold til filetspalting vil det trolig være gunstig å la fisken gjennomgå kjønnsmodning før slaktning, men siden dette fører til redusert veksthastighet, økte fôrutgifter, økt dødelighet og spredning av (mulig) befruktete egg fra oppdrettstorsk, samt redusert innhold av protein i filet hos (hunn)fisken er dette likevel ikke et realistisk scenario. Økt sultetid kan imidlertid gi en liknende, om enn noe svakere, effekt. Dette fordi redusert veksthastighet ser ut til å gi flere modne PYD bindinger mellom kollagenmolekylene i bindevevet (Hagen og Solberg, 2010).

Gul og blåfarge på filetene ble funnet å være signifikant forskjellige mellom noen av målingene; som effekt av sesong fra januar til mai for hunnfisk merd 5 og for både hunnfisk og hannfisk fra mai til august (tabell 4), lysstyrke i januar (tabell 5) og stamme i januar for hunnfisk (tabell 6). Lite litteratur foreligger om tidligere målinger av gul/blåfarge i torskefilet. Det kan diskuteres om slike målinger er relevante og om målinger av lysset ivaretar behovet for kontroll av farge på torskefilet. Så lenge torskemuskelene ikke inneholder svarte streker i filet eller blod har ikke farge på filet blitt gitt tilbakemelding på av kunder hos Codfarmers og anses ikke som et viktig kvalitetskriterium, siden fargen aldri er funnet å variere uakseptabelt mye (Taraldsen, personlig meddelse).

#### 4.4 Diskusjon fileteringstidspunkt

Resultatene fra dette forsøket viser at oppdrettstorsk som fileteres *pre rigor* får redusert den tverrgående filetspaltingen sammenliknet med *post rigor* filetert oppdrettstorsk (tabell 8, 9 og 10). Disse funn samsvarer med resultater fra Kristoffersen et al. (2006b), som i tillegg fant at forskjellene i muskelspalting mellom *pre rigor* og *post rigor* fileter øker med lagringstid. I mai hadde *pre rigor* filetene økt grad av langsgående filetspalting, sammenliknet med *post rigor* filetene. *Pre rigor* filetering reduserer spalting av filet, samt reduserer transportkostnadene av fisken til markedet (Kristoffersen et al., 2007), uten at spaltingen ble klassifisert i tverrgående eller langsgående spalting.

Forskjellene i tekstur mellom uttakstidspunktene var tydelige, da uttaket i januar hadde betydelig reduserte verdier for skjæremotstand sammenliknet med i mai og august (tabell 8, 9 og 10). Dette kan mulig ses i sammenheng med veksthastighet og/eller kjønnsmodning, da veksten fram til januar var høyest for all fisk og avtok i løpet av våren og sommeren, samtidig som kjønnsmodningen i form av sløyd GSI økte (tabell 1 og 3). Det kan se ut til at både skjæremotstand øker (tekstur) og filetspalting blir redusert fra januar til mai og videre til august for *post rigor* filetene. Det synes som om *pre rigor* filetering er i stand til å dempe graden av filetspalting hos raskt voksende fisk, da det ble funnet liten grad av filetspalting sammenliknet med *post rigor* filetene i januar (tabell 8). Oppdelingen av filetspalting i tverrgående og langsgående ble ikke funnet gjennomført tidligere i litteraturen og det er derfor heller ikke registrert økt problemer med langsgående spalting hos *pre rigor* filetert torsk. Det kan være at langsgående spalting ikke oppfattes som et problem av kunde, eller at dette ikke er observert tidligere. Codfarmers rapporterer ikke om at dette har vært ansett å være et problem i den *pre rigor* fileterte og MAP pakkede oppdrettstorsken (Strøm<sup>®</sup>) per august 2012 (Laugsand, personlig meddelse).

Filetering *pre rigor* vil føre til en kortere og høyere filet som vil ha en noe annen konsistens og tekstur enn tradisjonell *post rigor* torskefilet; filetene vil også ha et høyere tap av vann ved islagring, som igjen fører til redusert innhold av vann og total vekt (Kristoffersen et al.,

2006b). Jørpeland (2011) fant at vanntapet hos *post rigor* filetene var signifikant lavest alle sesonger og disse filetene måtte lagres i 12 døgn på is for at vanntap skulle bli over 2 %. Jørpeland (2011) forklarer dette ved at *post rigor* filetene blir bedre beskyttet av skinnen gjennom *rigor mortis*, som fører til redusert væsketap og den sterkere sammentrekning ved *rigor mortis* fører til økt vanntap hos *pre rigor* fileter (mer vann presses ut ved sterkere sammentrekning).

Det var små forskjeller i farge som effekt av fileteringstidspunkt å finne i dette forsøket, i motsetning til funn av Jørpeland (2011), hvor *post rigor* behandling resulterte i signifikant lysere fileter. Andre undersøkelser har vist det samme for laks, hvor dette er foreslått å være en effekt av sterkere sammentrekninger hos *pre rigor* behandlet filet (Skjervold et al., 2001).

Det kan synes som sesongvariasjoner i produktkvalitet blir delvis eliminert ved overgang til *pre rigor* filetering av oppdrettstorsk, noe som støttes av tidligere undersøkelser (Kristoffersen et al., 2007; Reinholdtsen, 2010) hvor begge konkluderer med at *pre rigor* filetering av oppdrettstorsk gir mindre filetspalting enn *post rigor* filetering. Kristoffersen et al. (2007) rapporterer også om krymping på *pre rigor* kuttete fileter på 19 %; i dette forsøket var resultatene noe lavere, mellom 12 og 18 %, se Tabell 6 og 7. Andre har målt krymping til å være mellom 7 % (Muenkner, 1997), 12-13 % (Kristoffersen et al., 2006b) og 25 % (Connell, 1990), som samsvarer med våre funn.

Det ble også målt endring av bredde til fiskestykkene ved dag 0 og 4 og det ble funnet en økning i bredde (data ikke vist). Dette viser at fiskestykkene trekker seg sammen og blir bredere gjennom *rigor mortis* når dette skjer med fiskestykker av torskeloin som har blitt tatt løs fra ryggben og skinn. Ved *pre rigor* filetering og dermed økt filethøyde gir dette et mer verdifullt produkt, og da spesielt i restaurantsegmentet, da pris på torskefilet i store deler av Europa er avhengig av høyden på fiskestykket (Andersen, personlig meddelelse). Om filetene vokste i høyde ved *pre rigor* filetering i dette forsøket vites ikke, selv om dette er nærliggende å anta, da økningen i bredde og tap av vekt i form av vann, ikke er nok til å forklare krympingen av lengde gjennom *rigor mortis*.

Det ser ut til at metoden med filetering *pre rigor* reduserer problemene med tverrgående filetspalting slik at maksimering av vekst kan gjøres uten større problemer med filetkvalitet og spalting. Derimot er det vist at filetering *per rigor* øker drypptapet som er ugunstig i forhold til tap av vekt.

## **5 KONKLUSJONER**

Påvirkning fra sesong på filetkvalitet hos torsken var minimale som følge av usynkron kjønnsmodning, men resultatene antyder økt vanntap i løpet av vår og sommer.

Effekt av kjønnsmodning ses som redusert filetspalting og økt skjæremotstand, uavhengig av sesong.

Variasjonene i kvalitet på råstoffet påvirker sluttproduktet i betydelig mindre grad ved *pre rigor* filetering sammenliknet med *post rigor* filetering.

Kontroll over kjønnsmodning kombinert med *pre rigor* filetering vil trolig minimere kvalitetsvariasjonene i filet av oppdrettstorsk.

## 6 REFERANSER

- Adoff G. (2010) Status of cod production. Sats på torsk 2010, Bodø.
- Amble S.B. (2007) Early induced maturation in cod (*Gadus morhua*) using low energy light: effect on muscle quality, [S.B. Amble], Bodø. pp. 50, VIII s.
- Andersen H. (personlig meddelse) Fiskeriutsending for Norsk Sjømatråd i Japan. Tidligere Markedsdirektør i Codfarmers. henrik.andersen@seafood.no.
- Ang J.F., Haard N.F. (1985) Chemical composition and postmortem changes in soft textured muscle from intensely feeding Atlantic cod (*Gadus morhua*, L) Journal of Food Biochemistry 9:49-64. DOI: 10.1111/j.1745-4514.1985.tb00338.x.
- Ayer N., Côté R.P., Tyedmers P.H., Martin Willison J.H. (2009) Sustainability of seafood production and consumption: an introduction to the special issue. Journal of Cleaner Production 17:321-324.
- Bailey A.J., Royal Society of Chemistry . Food Chemistry G., Society of Chemical Industry. Food G. (1984) Recent advances in the chemistry of meat, The Royal Society of Chemistry, London.
- Balevik S.B., Haugen, T. og Slinde E. ( 2005) Kyst og Havbruk 2005 [http://www.imr.no/filarkiv/2006/03/5.4\\_Kvaliteten\\_paa\\_fisk.pdf/mn-no](http://www.imr.no/filarkiv/2006/03/5.4_Kvaliteten_paa_fisk.pdf/mn-no) Havforskningsinstituttets statusrapport 2005.
- Bardach J.E., Ryther, J.H., McLaren W.O. (1972) Aquaculture. The Farming and Husbandry of Freshwater and Marine Organisms Science edition.
- Bjørnevik M. (2003) White muscle fibre distribution in Atlantic salmon (*Salmo salar*) and Atlantic cod (*Gadus morhua*) as affected by external factors, and relation to flesh quality. Avhandling (dr. scient.) - Universitetet i Bergen, 2003. Institute of Marine Research, Matre Aquaculture Research Station
- Bjørnevik M., Karlsen Ø., Johnston I.A., Kiessling A. (2003) Effect of sustained exercise on white muscle structure and flesh quality in farmed cod (*Gadus morhua* L.). Aquaculture Research 34:55-64. DOI: 10.1046/j.1365-2109.2003.00794.x.
- Bremner H.A. (1992) Fish flesh structure and the role of collagen - its post-mortem aspects and implications for fish processing. Elsevier. Amsterdam.
- Calvo and Johnston J.a.I.A. (1992) Influence of rearing temperature on the distribution of muscle fibre types in the turbot *Scophthalmus maximus* at metamorphosis. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 161:45-55.
- Cappeln G., Jessen F. (2002) ATP, IMP, and Glycogen in Cod Muscle at Onset and During Development of Rigor Mortis Depend on the Sampling Location. Journal of Food Science 67:991-995. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2002.tb09441.x.
- Chabot and Dutil D.a.J.D. (1999) Reduced growth of Atlantic cod in non-lethal hypoxic conditions. Journal of Fish Biology 55:472-491. DOI: 10.1111/j.1095-8649.1999.tb00693.x.
- Chaudhry F.A. (2012) muskelvev (sarkomer). Store norske leksikon Medisin Nevrobiologi [http://snl.no/bilde/muskelvev\\_\(sarkomer\)](http://snl.no/bilde/muskelvev_(sarkomer)).
- Connell J.J. (1990) Control of fish quality Fishing News Books in Oxford [England], Cambridge, MA . .
- Cowan M., Davie A., Migaud H. (2011) The effect of combining shading and continuous lighting on the suppression of sexual maturation in outdoor-reared Atlantic cod, *Gadus morhua*. Aquaculture 320:113-122.
- Davie A., Porter M.J.R., Bromage N.R. (2003) Photoperiod manipulation of maturation and growth of Atlantic cod (*Gadus morhua*). Fish Physiology and Biochemistry 28:399-401.

- Davie A., Porter M.J.R., Bromage N.R., Migaud H. (2007) The role of seasonally altering photoperiod in regulating physiology in Atlantic cod (*Gadus morhua*). Part II. Somatic growth. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 64:98-112.
- Davison W. (1997) The Effects of Exercise Training on Teleost Fish, a Review of Recent Literature. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology* 117:67-75.
- Digre H., Erikson U., Aursand I.G., Gallart-Jornet L., Misimi E., Rustad T. (2011) Rested and stressed farmed Atlantic cod (*Gadus morhua*) chilled in ice or slurry and effects on quality. *J Food Sci* 76:S89-100. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2010.01956.x [doi].
- Dunajski E. (1980) Texture of fish muscle. *Journal of Texture Studies* 10:301-318. DOI: 10.1111/j.1745-4603.1980.tb00862.x.
- Egginton and Sidell S.a.B.D. (1989) Thermal acclimation induces adaptive changes in subcellular structure of fish skeletal muscle. *American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 256:R1-R9.
- Einen O., Mørkøre T., Rørå A.M.B., Thomassen M.S. (1999a) Feed ration prior to slaughter—a potential tool for managing product quality of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 178:149-169.
- Eliassen J.E. and Vahl O. (1982) Seasonal variations in biochemical composition and energy content of liver, gonad and muscle of mature and immature cod, *Gadus morhua* (L.) from Balsfjorden, northern Norway. *Journal of Fish Biology* 20:707-716.
- Erikson U.D., H. and Misimi, E. (2011) Effects of Perimortem Stress on Farmed Atlantic Cod Product Quality: A Baseline Study. *Journal of Food Science* S251 Vol. 76, Nr. 4, 2011.
- Esaiassen M., Dahl R., Eilertsen G., Gundersen B., Sivertsvik M. (2008) Pre-rigor filleting and brining of farmed cod: Influence on quality and storage stability. *LWT - Food Science and Technology* 41:724-729.
- FAO (2003) Strategies for Increasing the Sustainable Contribution of Small-Scale Fisheries to Food Security and Poverty Alleviation, Committee on Fisheries (Twenty-Fifth Session), 24-8 February, Rome.
- FAO (2005) Fisheries and Aquaculture topics. Quality of fish and fish products. Topics Fact Sheets. Text by Lahsen Ababouch. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. Updated 27 May 2005. [Cited 12 February 2012]. <http://www.fao.org/fishery/topic/1521/en>.
- Fiskeridirektoratet (2011) <http://www.fiskeridir.no/statistikk/akvakultur/statistikk-for-akvakultur/laks-regnbueoerret-og-oerret>.
- Fotland Å.B., A. Gjørseter, H. og Mjanger H. (2000) Håndbok for prøvetaking av fisk og krepsdyr. Havforskningsinstituttet Bergen.
- Godiksen H., Morzel M., Hyldig G., Jessen F. (2009) Contribution of cathepsins B, L and D to muscle protein profiles correlated with texture in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Food Chemistry* 113:889-896.
- Haard N.F. (1992) Control of chemical composition and food quality attributes of cultured fish. *Food Research International* 25:289-307.
- Hagen Ø. and Solberg C. (2010) Fasting of farmed Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) used as tool to improve fillet texture during the summer. *International Journal of Food Science & Technology* 45:2669-2673. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2010.02364.x.
- Hagen Ø. (2008) Muscle growth and flesh quality of farmed Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) in relation to season of harvest University of St Andrews.
- Hagen Ø. (personlig meddelelse) Universitetet i Nordland. [www.uin.no](http://www.uin.no).
- Hagen Ø., Amble S., Solberg C. (2009) A comprehensive quality assessment of Atlantic Cod (*Gadus morhua* L.) farmed under different light regimes. Sats på Torsk 2009. Poster Nettverksmøte

- Hagen Ø., Solberg C., Sirnes E., Johnston I.A. (2007) Biochemical and Structural Factors Contributing to Seasonal Variation in the Texture of Farmed Atlantic Halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) Flesh. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55:5803-5808. DOI: 10.1021/jf063614h.
- Hansen T., Karlsen Ø., Taranger G.L., Hemre G.-I., Holm J.C., Kjesbu O.S. (2001) Growth, gonadal development and spawning time of Atlantic cod (*Gadus morhua*) reared under different photoperiods. *Aquaculture* 203:51-67.
- Hansen A.Å., Mørkøre T., Rudi K., Olsen E. and Eie T. (2007) Quality changes during refrigerated storage of MA-Packed pre-rigor fillets of farmed atlantic cod (*Gadus morhua* L.) using traditional MAP, CO<sub>2</sub> emitter and vacuum. *Journal of Food Science* vol 72, Nr 9
- Hemre G.I., Karlsen O., Eckhoff K., Tveit K., Mangor-Jensen A., Rosenlund G. (2004) Effect of season, light regime and diet on muscle composition and selected quality parameters in farmed Atlantic cod, *Gadus morhua* L. *Aquaculture Research* 35:683-697. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2004.01069.x.
- Henriksen O.S. (2011) Fangstregulering og råstoffkvalitet i kystflåten. Ferskt råstoff til fiskeindustrien i Nord-Norge, Nofima-rapport 25/2011.  
<http://www.nofima.no/filearchive/Rapport%2025-2011.pdf>.
- Herland H., Esaiassen M., Olsen R.L. (2007) Muscle Quality and Storage Stability of Farmed Cod (*Gadus morhua* L.) compared to wild cod. *Journal of Aquatic Food Product Technology* 16:55 - 66.
- Herland H., Esaiassen M., Cooper M., Olsen R.L. (2009a) Changes in trimethylamine oxide and trimethylamine in muscle of wild and farmed cod (*Gadus morhua*) during iced storage. *Aquaculture Research* 41:95-102. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2009.02309.x.
- Herland H., Esaiassen M., Cooper M., Olsen R.L. (2009b) Quality of farmed Atlantic cod: effects of season and storage. *Aquaculture Research* 9999. DOI: DOI: 10.1111/j.1365-2109.2008.01918
- Herland H.T., T. Akse, L. Carlehøg, M. og Eilertsen, G. (2009c) Pre-rigor filetering av oppdrettstorsk. Rapport 14/2009 Nofima.
- Holm M., Dalen, M. Haga J. Å. R. Hauge, A. (2003) The Environmental Status of Norwegian Aquaculture. The Bellona Foundation  
<http://www.scribd.com/doc/5469806/The-Environmental-Status-of-Norwegian-Aquaculture>.
- Hultmann L. (2004) Texture, proteins and proteolytic enzymes in farmed Atlantic cod (*Gadus morhua*). Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Fakultet for naturvitenskap og teknologi, Institutt for bioteknologi URI:urn:nbn:no:ntnu:diva-3039Permanent länk:<http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:no:ntnu:diva-3039>
- Ingolfssdottir S., Stefánsson G., Kristbergsson K. (1998) Seasonal Variations in Physicochemical and Textural Properties of North Atlantic Cod (*Gadus morhua*) Mince. *Journal of Aquatic Food Product Technology* 7:39 - 61.
- Iversen M. (2008) Effekt av stress på filetkvalitet ved brønnbåttransport og slakt av Atlantisk torsk (*Gadus Morhua*). Utarbeidet for Codfarmers ASA 12.
- Jessen F. (2003) Proteome Analysis Elucidating Post-mortem Changes in Cod (*Gadus morhua*) Muscle Proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51:3985-3991. DOI: 10.1021/jf0340097.
- Johnsen C.A., Hagen Ø., Adler M., Jönsson E., Kling P., Bickerdike R., Solberg C., Björnsson B.T., Bendiksen E.Å. (2011) Effects of feed, feeding regime and growth rate on flesh quality, connective tissue and plasma hormones in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture* 318:343-354.
- Johnston I.A. (1981) Structure and Function of Fish Muscle. *Symp. Zool. Soc. Lond.* 48:71-113.

- Johnston I.A. (2006) Environment and plasticity of myogenesis in teleost fish. *The Journal of Experimental Biology*:2249-2264.
- Johnston I.A., Ashton T.J. (2012) Genetic markers for increased muscle quality and fillet yield in Atlantic salmon. Scottish Oceans Institute, School of Biology, University of St Andrews, St Andrews, Scotland, KY16 8LB, UK Aqua 2012- Global aquaculture securing our future:Prague, Czech Republic September 1- 5, 2012
- Johnston I.A., Bower N.I., Macqueen D.J. (2011) Growth and the regulation of myotomal muscle mass in teleost fish. *The Journal of Experimental Biology* 214:1617-1628. DOI: 10.1242/jeb.038620.
- Johnston I.A., Abercromby M., Vieira V.L.A., Sigursteindóttir R.J., Kristjánsson B.K., Sibthorpe D., Skúlason S. (2004) Rapid evolution of muscle fibre number in post-glacial populations of Arctic charr *Salvelinus alpinus*. *Journal of Experimental Biology* 207:4343-4360. DOI: 10.1242/jeb.01292.
- Johnston I.A. and Maitland B. (1980) Temperature acclimation in crucian carp, (*Carassius carassius* L.) morphometric analyses of muscle fibre ultrastructure.. *J. Fish. Biol.* 17:113-125.
- Jørpeland G. (2011) Effects of filleting method, stress, storage and season on the quality of farmed Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). Thesis for fulfilment of the degree Master of Science in Aquaculture Biology Universitetet i Bergen.
- Katsidaki L.G., Taylor K.D.A., Smith G. (1999) Assessment of quality of cod roes and relationship between quality and maturity stage. *Journal of the science of food and agriculture* ISSN 0022-5142 CODEN JSFAAE vol. 79., :pp. 1249-1259 (24 ref.).
- Kestin and Warris S.a.P.D. (2001) *Farmed Fish Quality* Edited by Blackwell Science Ltd, Fishing News Books , Oxford. ISBN 0-85238-260-X
- Kiessling A., Ruohonen K., Bjørnevik M. (2006) Muscle fibre growth and quality in fish. *Arch. Tierz., Dummerstorf* 49 (2006) Special Issue, 137-146.
- Kirpal S S. (2003) Health benefits and potential risks related to consumption of fish or fish oil. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 38:336-344.
- Kristoffersen S., Tobiassen T., Steinsund V., Olsen R.L. (2006a) Slaughter stress, postmortem muscle pH and rigor development in farmed Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *International Journal of Food Science & Technology* 41:861-864. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2005.01149.x.
- Kristoffersen S., Vang B., Larsen R., Olsen R.L. (2007) Pre-rigor filleting and drip loss from fillets of farmed Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Aquaculture Research* 38:1721-1731. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2007.01843.x.
- Kristoffersen S., Tobiassen T., Esaiassen M., Olsson G.B., Godvik L.A., Seppola M.A., Olsen R.L. (2006b) Effects of pre-rigor filleting on quality aspects of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Aquaculture Research* 37:1556-1564. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2006.01595.x.
- Laugsand T. (personlig meddelse) Codfarmers ASA. [www.codfarmers.com](http://www.codfarmers.com).
- Li X., Bickerdike R., Lindsay E., Campbell P., Nickell D., Dingwall A., Johnston I.A. (2005) Hydroxylysyl pyridinoline cross-link concentration affects the textural properties of fresh and smoked atlantic salmon (*Salmo salar* L.) flesh. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53:6844-6850.
- Love M. (1981) *The Chemical Biology of Fishes. Volume 2: Advances 1968-1977. With a Supplementary Key to the Chemical Literature.* – 943 pp. London-New York: Academic Press 1980. ISBN 0-12-455852-6. \$ 75.50. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie* 66:910-910. DOI: 10.1002/iroh.19810660627.



- Love M. (1979) The post-mortem pH of cod and haddock muscle and its seasonal variation. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 30:433-438. DOI: 10.1002/jsfa.2740300414.
- Love M. (1960) Water content of cod (*Gadus Callarias L.*) Muscle. *Nature* 185:692.
- Love M., Haq M.A. (1970) The connective tissues of fish. IV. Gaping of cod muscle under various conditions of freezing, cold-storage and thawing. *International Journal of Food Science & Technology* 5:249-260. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1970.tb01564.x.
- Love M., Haq M.A., Smith G.L. (1972) The connective tissues of fish. V. Gaping in cod of different sizes as influenced by a seasonal variation in the ultimate pH. *International Journal of Food Science & Technology* 7:281-290. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1972.tb01663.x.
- Lucas J.S and Southgate C. (2003) *Aquaculture. Farming Aquatic Animals and Plants.* Blackwell Publishing Company UK.
- Lucassen M., Koschnick N., Eckerle L.G., Pörtner H.-O. (2006) Mitochondrial mechanisms of cold adaptation in cod (*Gadus morhua L.*) populations from different climatic zones. *Journal of Experimental Biology* 209:2462-2471. DOI: 10.1242/jeb.02268.
- Luten J.B. (2006) *Seafood research from fish to dish: quality, safety and processing of wild and farmed fish.* Wageningen Academic Pub, 30. aug. 2006 - 567 sider.
- Luther P.K., Munro P.M.G., Squire J.M. (1995) Muscle ultrastructure in the teleost fish. *Micron* 26:431-459.
- Misimi E., Erikson U., Digre H., Skavhaug A., Mathiassen J.R. (2008) Computer Vision-Based Evaluation of Pre- and Post-rigor Changes in Size and Shape of Atlantic Cod (*Gadus morhua*) and Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Fillets during Rigor Mortis and Ice Storage: Effects of Perimortem Handling Stress. *Journal of Food Science* 73:E57-E68. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2007.00626.x.
- Muenkner K.H.O., J. W. (1997) Influence of ice and frozen storage/thawing on the length of marine fish fillets. *Informationen fuer die Fischwirtschaft* 44 (1) 38-41 Inst. fuer Biochem. und Tech., Bundesforschungsanstalt fuer Fischerei, Hamburg, Germany.
- Murray & Burt J.a.J.R. (2001) Ministry of Technology Torry Research station, Torry advisory note no. 38. FAO in partnership with Support unit for International Fisheries and Aquatic Research, SIFAR, 2001  
<http://www.fao.org/wairdocs/tan/x5916e/x5916e01.htm>
- Mørkøre T. (2005) Produktkvalitet. In: Otterå, H., Taranger, G.L. & Borthen, J. (eds.) *Oppdrett av torsk - næring med fremtid.* Norsk fiskeoppdrett.
- Ofstad R. (1995) Microstructure and liquid-holding capacity in cod (*Gadus morhua L.*) and salmon (*Salmo salar*) muscle: effects of heating. University of Tromso, Institute of Medical Biology, Tromso, Norway.
- Ofstad R., Olsen R.L., Taylor R., Hannesson K.O. (2006) Breakdown of intramuscular connective tissue in cod (*Gadus morhua L.*) and spotted wolffish (*Anarhichas minor O.*) related to gaping. *LWT - Food Science and Technology* 39:1143-1154.
- Ofstad R., Egelandsdal B., Kidman S., Myklebust R., Olsen R.L., Hermansson A.-M. (1996) Liquid Loss as Effected by Post mortem Ultrastructural Changes in Fish Muscle: Cod (*Gadus morhua L.*) and Salmon (*Salmo salar*). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 71:301-312. DOI: 10.1002/(sici)1097-0010(199607)71:3<301::aid-jsfa583>3.0.co;2-0.
- Olsen S.H., Sørensen N.K., Larsen R., Elvevoll E.O., Nilsen H. (2008) Impact of pre-slaughter stress on residual blood in fillet portions of farmed Atlantic cod (*Gadus morhua*) -- Measured chemically and by Visible and Near-infrared spectroscopy. *Aquaculture* 284:90-97.

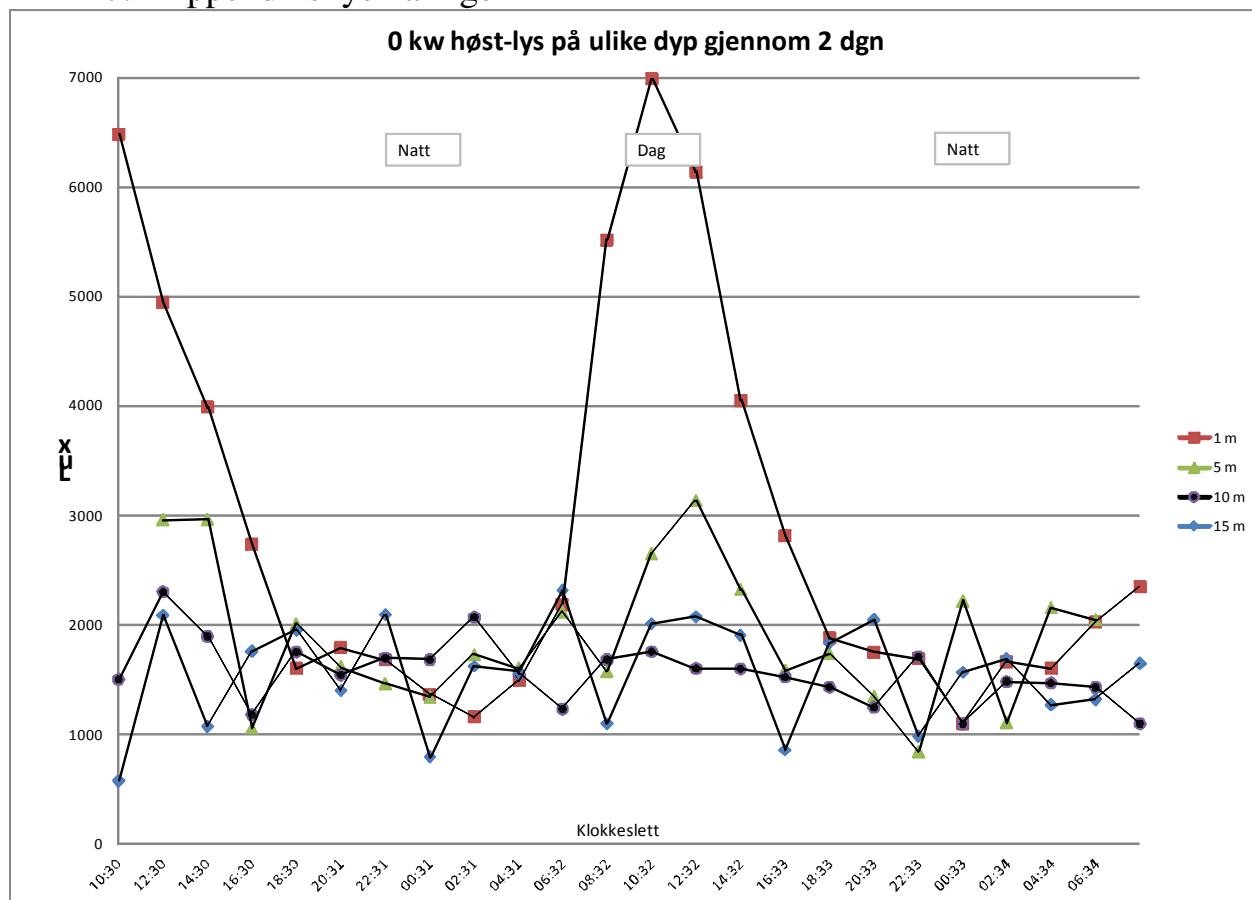
- Olsson G.B., Seppola M.A., Olsen R.L. (2006) Water-holding capacity of wild and farmed cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) muscle during ice storage. *LWT - Food Science and Technology* 40:793-799.
- Olsson G.B., Olsen R.L., Carlehög M., Ofstad R. (2003) Seasonal variations in chemical and sensory characteristics of farmed and wild Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). *Aquaculture* 217:191-205.
- Otterlei E.N., G. Folkvord, A. and Stefansson, S.O. (1999) Temperature- and size-dependent growth of larval and early juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*): a comparative study of Norwegian coastal cod and northeast Arctic cod. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 56: 2099–2111 (1999).
- Otterå H., Carlehög M., Karlsen Ø., Akse L., Borthen J., Eilertsen G. (2007) Effect of diet and season on quality of farmed Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *LWT - Food Science and Technology* 40:1623-1629.
- Otterå H.T., G.L. Borthen, J. (2005) Oppdrett av Torsk- næring med framtid. Norsk Fiskeoppdrett AS.
- Pepin P., Orr D.C., Anderson J.T. (1997) Time to hatch and larval size in relation to temperature and egg size in Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54:2-10. DOI: 10.1139/f96-154.
- Perera W.A.F.C. (2011) An investigation of the biochemical mechanisms behind the loss of texture during ice storage of Atlantic cod (*Gadus morhua*) - Florence Perera. Pacific Fisheries Technologists Conference <http://pftfish.net/2011/program2011.html>.
- Polarinstitutt N. (2011) Utvikling i bestanden av torsk.  
<http://www.miljostatus.no/miljomal/Mal-og-nokkeltall/Polaromradene/Avgrense-paverknad-pa-miljoet/Bevaringsstatus-for-utvalde-arter-og-okosystem-i-Arktis/Utvikling-i-bestanden-av-torsk/> Publisert av Norsk Polarinstitutt, 20.10.2011, 14:13.
- Rasmussen R.S. (2001) Quality of farmed salmonids with emphasis on proximate composition, yield and sensory characteristics. *Aquaculture Research* 32:767-786. DOI: 10.1046/j.1365-2109.2001.00617.x.
- Reinholdtsen T.G. (2010) Kvalitetsforandringer i oppdrettet torsk (*Gadus morhua* L.) om sommeren. Høgskolen i Bodø Masteroppgave.
- Rose G. (2007) Cod- The Ecological History of the North Atlantic Fisheries: Publish Date: 2007-09-20.
- Roth B.J., MD Jonassen, TM Foss, A; Imsland, A,. (2007) Change in flesh quality associated with early maturation of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). *Aquaculture Research* 38
- Rowlerson A., Mascarello F., Radaelli G., Veggetti A. (1995) Differentiation and growth of muscle in the fish *Sparus aurata* (L): II. Hyperplastic and hypertrophic growth of lateral muscle from hatching to adult. *J Muscle Res Cell Motil* 16:223-236. DOI: 10.1007/bf00121131.
- Sall J., Chreighton, L., & Lehman, A. (2005) JMP start statistics: A guide to statistics and data analysis using JMP and JMP IN software pp.199-224.
- Schubring R. (2002) Texture measurement on gutted cod during storage in ice using a hand-held instrument. . *Informationen für die Fischwirtschaft aus der Fischereiforschung*, 49(1), pp. 25-27.
- Sigurgisladottir S., Sigurdardottir M.S., Ingvarsdottir H., Torrissen O.J., Hafsteinsson H. (2001) Microstructure and texture of fresh and smoked Atlantic salmon, *Salmo salar* L., fillets from fish reared and slaughtered under different conditions. *Aquaculture Research* 32:1-10. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2001.00503.x.
- Simopoulos A.P. (1999) Essential fatty acids in health and chronic disease. *The American Journal of Clinical Nutrition* 70:560S-569S.

- Skjellvik G. (personlig meddelse). NAP Marine as Tlf. 97595016.
- Skjervold P.O., Fjæra S.O., Østby P.B., Isaksson T., Einen O., Taylor R. (2001) Properties of salmon flesh from different locations on pre- and post-rigor fillets. *Aquaculture* 201:91-106.
- Skulstad O.F. (2011) Effects of photoperiod manipulation on behavior and sexual maturation in farmed Atlantic cod (*Gadus morhus* L.), production and welfare implications. Dissertation for the degree of philosophiae doctor Universitetet i Bergen.
- Solberg C. and Willumsen L. (2008) Differences in growth and chemical composition between male and female farmed cod (*Gadus morhua*) throughout a maturation cycle. *Aquaculture Research* 39:619-626. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2008.01918.x.
- Solberg C. (personlig meddelse) Universitetet I Nordland. [www.uin.no](http://www.uin.no).
- Solberg C. and Willumsen L. (Unpublished) 2004. Universitetet i Nordland.
- Solberg C., Willumsen L., Amble S., Johanessen T., Sveier H. (2006) The effects of feeding frequencies on seasonal changes in growth rate and chemical composition of farmed cod (*Gadus morhua*). *Aquaculture Nutrition* 12:157-163.
- Stien L.H., Hirmas E., Bjørnevik M., Karlsen Ø., Nortvedt R., Rørå A.M.B., Sunde J., Kiessling A. (2005) The effects of stress and storage temperature on the colour and texture of pre-rigor filleted farmed cod (*Gadus morhua* L.). *Aquaculture Research* 36:1197-1206. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2005.01339.x.
- Stoiber W., Haslett J.R., Wenk R., Steinbacher P., Gollmann H.-P., Sängner A.M. (2002) Cellularity changes in developing red and white fish muscle at different temperatures: simulating natural environmental conditions for a temperate freshwater cyprinid. *Journal of Experimental Biology* 205:2349-2364.
- Sängner A.M. (1993) Limits to acclimation of fish muscle. *Fish Biology and Fisheries* 3:1-15.
- Sängner A.M. and Stoiber W. (2001) 7. Muscle fiber diversity and plasticity, in: J. Ian (Ed.), *Fish Physiology*, Academic Press. pp. 187-250.
- Taraldsen T. (2011) Personlig meddelse. Codfarmers ASA tot@codfarmers.com.
- Taranger G.L., Carrillo M., Schulz R.W., Fontaine P., Zanuy S., Felip A., Weltzien F.-A., Dufour S., Karlsen Ø., Norberg B., Andersson E., Hansen T. (2010) Control of puberty in farmed fish. *General and Comparative Endocrinology*.
- Taylor R.G., Geesink G.H., Thompson V.F., Koohmaraie M., Goll D.E. (1995) Is Z-disk degradation responsible for postmortem tenderization? *Journal of Animal Science* 73:1351-1367.
- Þórarinsdóttir K., Gunnlaugsson VN, Finnbogadóttir GA, Jóakimsson K, Arason, S. (2009) Vinnsla og gæðastýring á eldisþorski. Skýrsla Matís 13-09. Matís ohf / Icelandic Food and Biotech R&D, Reykjavík.
- Torrissen O., Olsen R.E., Toresen R., Hemre G.I., Tacon A.G.J., Asche F., Hardy R.W., Lall S. (2011) Atlantic Salmon (*Salmo salar*): The "Super-Chicken" of the Sea? *Reviews in Fisheries Science* 19:257-278. DOI: 10.1080/10641262.2011.597890.
- Tryggvadóttir S.V.o.Á., Jónsson Á, Arnarson GÖ. (2004) Framtíðarþorskur; Gæðamat á eldisþorski. Verkefnaskýrsla RF 10-04. Matís ohf. / Icelandic Food and Biotech R&D, Reykjavík.
- Videler J.J. (1993) The structure of the swimming apparatus: muscles. *Fish and Fisheries Series* 10:23-39.
- Videler J.J. (2011) An opinion paper: emphasis on white muscle development and growth to improve farmed fish flesh quality. *Fish Physiol Biochem* 37:337-43.
- Wang P.A., Martinez, I., Olsen, R.L. (2009) Myosin heavy chain degradation during post mortem storage of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Food Chemistry* 115.
- Wang P.A., Vang, B., Pedersen, A.M., Martinez, I. & Olsen R.L. (2010) Postmortem degradation of myosin heavy chain in intact fish muscle: Effects of pH and enzyme inhibitors. *Food Chemistry* 124

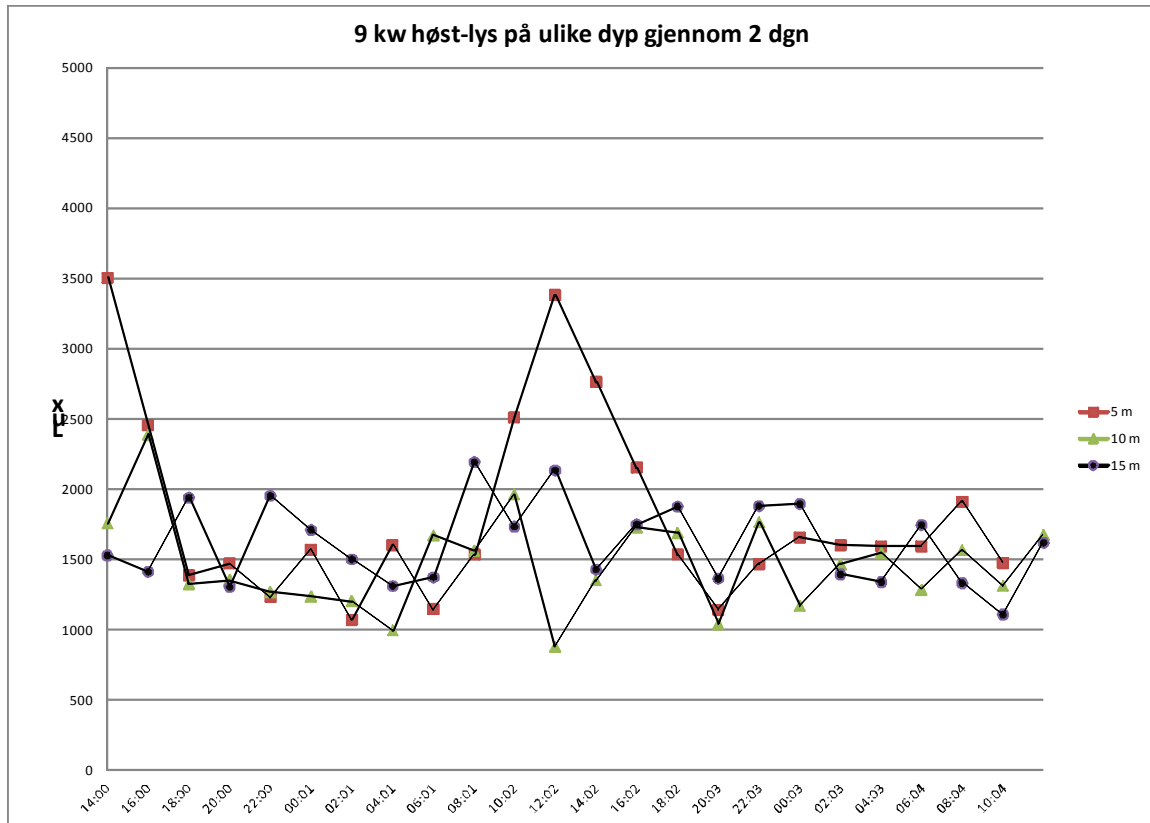
- Weatherley A.H., Gill H.S., Lobo A.F. (1988) Recruitment and maximal diameter of axial muscle fibres in teleosts and their relationship to somatic growth and ultimate size. *Journal of Fish Biology* 33:851-859. DOI: 10.1111/j.1095-8649.1988.tb05532.x.
- Weber J. M. and Kramer D.L. (1983) Effects of Hypoxia and Surface Access on Growth, Mortality, and Behavior of Juvenile Guppies, *Poecilia reticulata*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40:1583-1588. DOI: 10.1139/f83-183.
- Zar J.H. (1999) *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall.

## 7 APPENDIKS

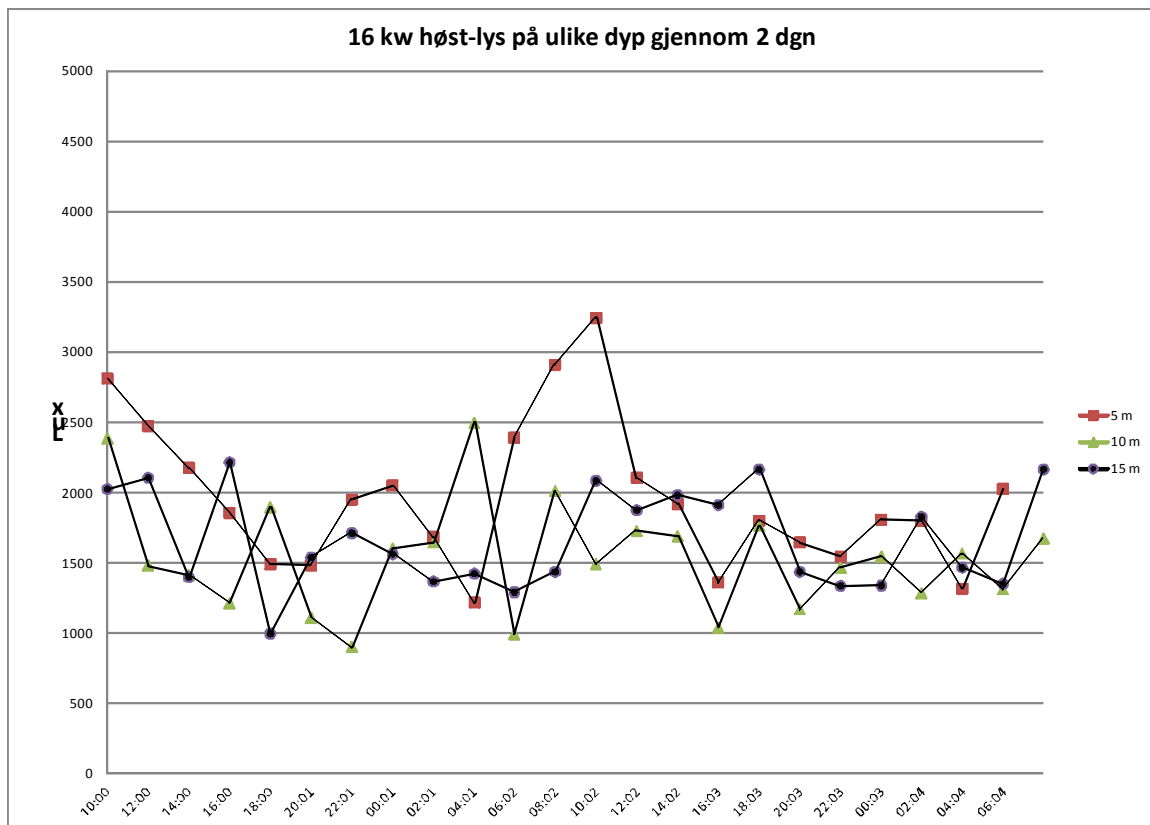
### 7.1 Appendiks lysmålinger



Figur 9: Lysmengde uten lamper august. Figuren viser lysmengde i ulike dyp (1-5-10-15 m) i merd på lokaliteten Kirkvika i løpet av 2 døgn September 2010.



Figur 10: Lysmengde 9 lamper i august. Figuren viser lysmengde i ulike dyp(5-10-15m) i merd på lokaliteten Kirkvika i løpet av 2 døgn September 2010 i merd med 9 KW kunstig lys.



Figur 11: Lysmengde 16 lamper august. Figuren viser lysmengde i ulike dyp(5-10-15m) i merd på lokaliteten Kirkvika i løpet av 2 døgn September 2010 i merd med 16 KW kunstig lys.

## 7.2 Appendiks grad av kjønnsmodning

Tabell 11: Skala for vurdering av kjønnsmodning hos hunntorsk. Figuren viser modningskala for hunn torsk (Katsiadaki et al., 1999)

Stadie	Beskrivelse
1	Eggstokk (ho gonaden) er liten på begynnelsen av stadiet, fargeløs til blek rød med litt synlige blodkar. GSI (gonadosomatic indeks) $\leq 1\%$ . Det er mulig å skille kjønn.
2	Eggstokk forstørres og tar opp en lys rose-rød farge. GSI er 1 til 2%. Blodårer er tykkere. Stadie 2 kan skje enten etter gyting eller på jomfru fisk.
3	Eggstokk rød, rosa, oransje eller fløte i farge og ugjennomsiktig. Dens dimensjoner øker, det tar halvparten av kroppens hulrom og GSI er 2 - 3% i begynnelsen av stadiet og 5 -6 % på slutten. Oocytter (enkelt egg) er synlige under membranen.
4	Eggstokk vokser, fyller to tredjedeler av kroppens hulrom, og tar opp en oransj farge. GSI er 5% i begynnelsen, og 12% på slutten av stadiet. Forskjellene i oocyt diameter er synlig for det blotte øye.
5	Ovulerende (gytende) ovarier fyller kroppens hulrom, GSI når 18 - 22%, mens forekomsten av hyaline egg gi eggstokk en marmor utseende. To typer egg er synlig gjennom membranen: store ugjennomsiktig og store gjennomsiktige egg. GSI minker gradvis utover gytingen.
6	Utgytte ovarier har en lilla-rød farge grunnet hyperanemi og blødning. Dimensjoner og vekt er svært redusert. GSI faller til under 1 %. Membranen tykner og blir ugjennomsiktig med et hvitt preg.

Tabell 12: Skala for vurdering av kjønnsmodning hos hanntorsk. Tabellen viser modningskala for hann fisk (Fotland et al., 2000)

Stadie	Beskrivelse
1	Umoden. Tynn streng.
2	Modnende. Klemmes i stykker i små biter. Tykk melke. Hvitaktig.
3	Klemmes i stykker. Flytende seig melke, hvit.
4	Klemmes i stykker, men mer lettflytende melke, hvit.
5	Rennende melke, gytende, hvit.
6	Utgytt, blå/rød knudrete streng.

### 7.3 Appendiks filetspalting



Score 0 : no gaping



Score 1 : slight gaping



Score 2 : moderate gaping



Score 3 : Serious gaping





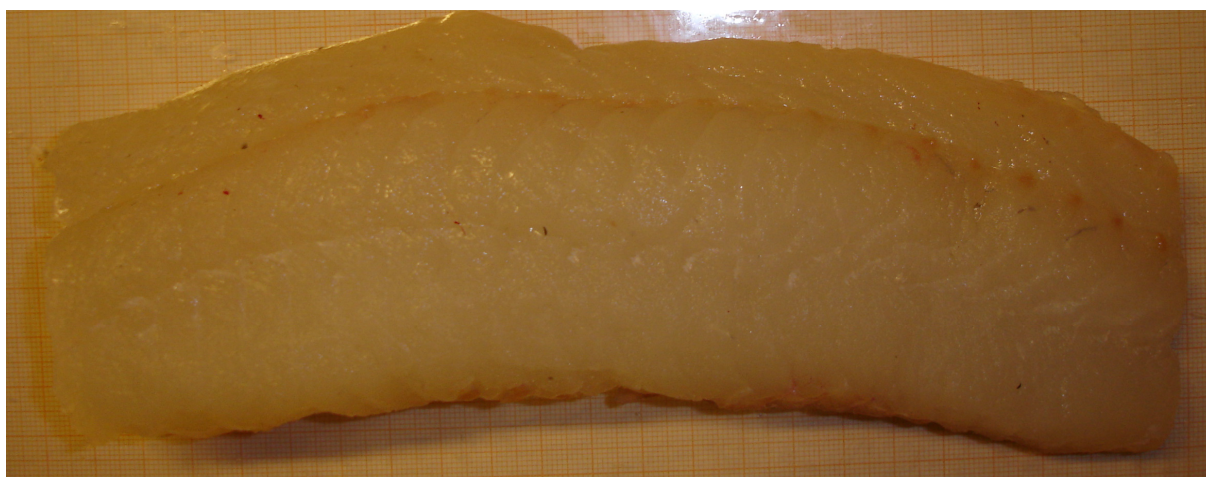
Score 4 : Fillet falling apart

Figur 12: Gaping hos laks. Figuren viser gaping (filetspalting) hos laks som ble brukt ved vurdering av filetspalting hos torsk (Johnsen et al., 2011).

#### 7.4 Appendiks Filetspalting hos torsken i prosjektet



Langsgående spalting grad 0. Tverrgående spalting grad 0



Langsgående spalting grad 1. Tverrgående spalting grad 0



Langsgående spalting grad 2. Tverrgående spalting grad 0



Langsgående spalting grad 3. Tverrgående spalting grad 0



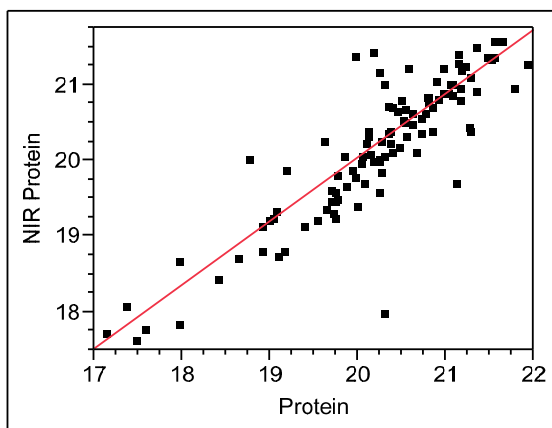
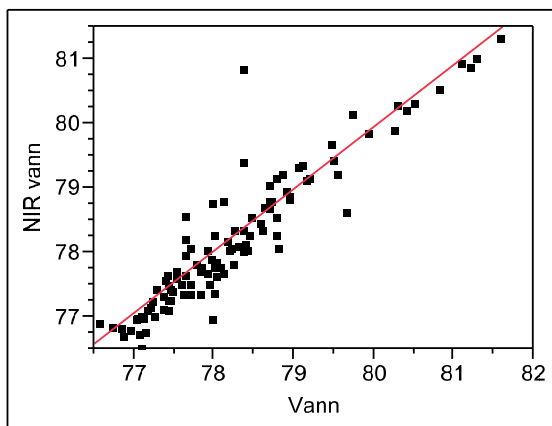
Tverrgående spalting grad 1. Langsgående spalting grad 0



Tverrgående spalting grad 2. Langsgående spalting grad 0

Figur 13: Filetspalting hos torsk. Figuren viser hvordan filetspalting ble vurdert hos torsken i prosjektet, samt dokumentasjon av funn. Grad (0-4) av langs- og tverrgående filetspalting.

### 7.5 Appendiks korrelasjon mellom vann- og proteininnhold funnet ved tørking/Kjeltech metode og NIR målinger



Figur 14 viser korrelasjonen mellom kjemisk vann- og proteininnhold og NIR målinger.

## 7.6 Appendiks viser de viktigste forklaringsparametre i PCA analyse

Tabell 13: Forklaringsparametre PCA analysen. Tabellen viser hvordan faktorene som framkommer som forklaringsparametre i PCA analysen varierer mellom merder, årstid og kjønn

<b>Hunnfisk</b>								
Dato	Merd	Lys (kw)	Stamme	Rund vekt (g)	Lengde (cm)	Sløyd vekt (g)	Lever vekt (g)	Gonade vekt (g)
Januar	1	16	Havlandet	2955 ± 555	61,3 ± 4	2308 ± 481	339,7 ± 89,2	145,7 ± 81,7
Januar	5	16	Sagafjord	2155 ± 396	56,5 ± 3,9	1688 ± 296	219,5 ± 76,6	159,5 ± 97,1
Januar	6	9	Sagafjord	3249 ± 557	62,7 ± 3	2524 ± 473	342,5 ± 100,9	232,3 ± 128,9
Januar	14	16	Sagafjord	2596 ± 559	57,4 ± 5	2164 ± 453	315,5 ± 95,5	160,1 ± 131,2
Mai	1	16	Havlandet	3443 ± 661	63,4 ± 4,0	2552 ± 414	377,9 ± 105,5	394,5 ± 292,3
Mai	5	16	Sagafjord	2864 ± 417	62,1 ± 4,8	2176 ± 465	260,5 ± 52,9	388,4 ± 223,5
Mai	8	9	Sagafjord	2926 ± 600	62,4 ± 3,5	2243 ± 394	265,7 ± 88,9	265,2 ± 164,5
Mai	15	9	Sagafjord	2955 ± 418	62,1 ± 4,5	2247 ± 461	256,0 ± 84,4	346,5 ± 220,9
August	8	9	Sagafjord	3071 ± 598	62,7 ± 2,9	2346 ± 462	316,3 ± 71,3	249,1 ± 208,9

<b>Hunnfisk</b>								
Dato	Merd	Lys (kw)	Stamme	Grad av kjønnsmodning	Textur (Arbeid) (mJ)	Farge (b*)	Vanninnhold (%)	Proteininnhold (%)
Januar	1	16	Havlandet	1,7 ± 0,8	65,4 ± 15,6	-3,6 ± 0,9	77,9 ± 1,2	20,6 ± 1,1
Januar	5	16	Sagafjord	2,5 ± 0,9	65,2 ± 14,1	-2,3 ± 0,7	78,5 ± 1,2	20,1 ± 0,8
Januar	6	9	Sagafjord	2,5 ± 1,2	66,8 ± 25,3	-3,8 ± 0,9	78,7 ± 0,9	19,7 ± 0,7
Januar	14	16	Sagafjord	2,0 ± 1,2	67,9 ± 18,6	-2,4 ± 1,1	77,3 ± 0,8	20,9 ± 0,8
Mai	1	16	Havlandet	2,9 ± 1,4	80,3 ± 17,7	-3,4 ± 0,6	79,1 ± 1,2	19,6 ± 1,2
Mai	5	16	Sagafjord	1,4 ± 0,4	64,1 ± 13,9	-3,4 ± 0,9	78,5 ± 0,9	19,9 ± 0,8
Mai	8	9	Sagafjord	2,7 ± 1,2	91,3 ± 22,4	-3,3 ± 0,8	78,8 ± 1,1	19,6 ± 0,9
Mai	15	9	Sagafjord	3,1 ± 1,6	63,3 ± 18,6	-3,0 ± 1,6	78,8 ± 1,7	19,8 ± 1,7
August	8	9	Sagafjord	2,4 ± 1,3	110,5 ± 29,1	-4,4 ± 0,9	79,9 ± 1,2	18,7 ± 1,1

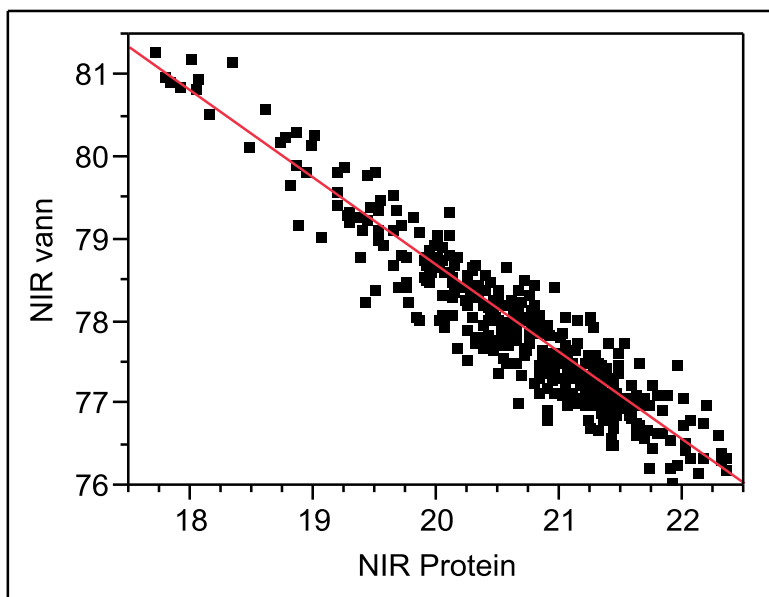
  

<b>Hannfisk</b>								
Dato	Merd	Lys (kw)	Stamme	Rund vekt (g)	Lengde (cm)	Sløyd vekt (g)	Lever vekt (g)	Gonade vekt (g)
Januar	1	16	Havlandet	2607 ± 507	58,4 ± 4,3	2097 ± 417	262,9 ± 73,6	224,7 ± 131,2
Januar	5	16	Sagafjord	2147 ± 599	56,4 ± 4,6	1614 ± 469	208,3 ± 88,3	160,9 ± 142,9
Januar	6	9	Sagafjord	2951 ± 501	60,8 ± 3,7	2411 ± 390	311,4 ± 106,3	152,3 ± 124,4
Januar	14	16	Sagafjord	2588 ± 489	57,5 ± 4,5	2105 ± 449	296,7 ± 78,8	104,1 ± 80,3
Mai	1	16	Havlandet	3019 ± 632	60,8 ± 3,3	2285 ± 419	300,0 ± 94,1	258,7 ± 171,1
Mai	5	16	Sagafjord	2538 ± 512	60,7 ± 4,8	2004 ± 351	209,9 ± 48,3	189,9 ± 169,6
Mai	8	9	Sagafjord	2649 ± 381	60,7 ± 3,4	2102 ± 304	231,5 ± 81,1	233,7 ± 124,9
Mai	15	9	Sagafjord	2806 ± 527	59,9 ± 3,2	2278 ± 419	286,3 ± 70,6	234,5 ± 176,3
August	8	9	Sagafjord	3068 ± 774	63,1 ± 5,5	2374 ± 478	315,4 ± 116,6	81,9 ± 98,4

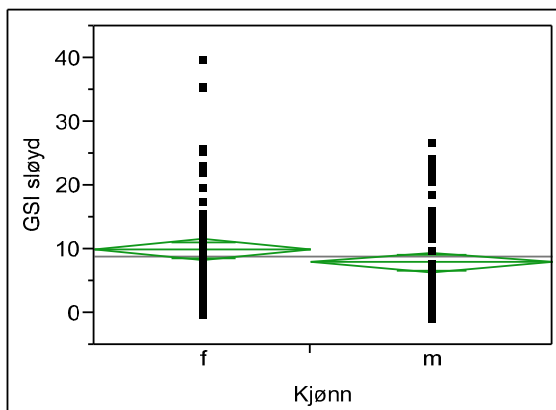
<b>Hannfisk</b>								
Dato	Merd	Lys (kw)	Stamme	Grad av kjønnsmodning	Textur (Arbeid) (mJ)	Farge (b*)	Vanninnhold (%)	Proteininnhold (%)
Januar	1	16	Havlandet	2,9 ± 0,9	62,4 ± 13,4	-3,2 ± 1,6	78,4 ± 1,7	19,9 ± 1,4
Januar	5	16	Sagafjord	3,0 ± 1,2	59,4 ± 15,6	-2,5 ± 1,0	77,8 ± 0,8	20,6 ± 0,6
Januar	6	9	Sagafjord	2,5 ± 1,2	46,9 ± 23,0	-3,5 ± 1,1	78,4 ± 1,2	20,0 ± 1,0
Januar	14	16	Sagafjord	2,3 ± 0,8	61,3 ± 14,1	-3,4 ± 0,8	77,9 ± 1,0	20,5 ± 0,9
Mai	1	16	Havlandet	1,1 ± 0,3	83,7 ± 18,4	-3,5 ± 0,8	79,3 ± 1,4	19,6 ± 1,3
Mai	5	16	Sagafjord	3,6 ± 1,5	73,7 ± 19,7	-3,2 ± 0,9	78,2 ± 0,9	20,2 ± 0,9
Mai	8	9	Sagafjord	3,9 ± 0,9	78,9 ± 17,7	-3,4 ± 0,8	78,5 ± 0,9	19,9 ± 0,9
Mai	15	9	Sagafjord	3,9 ± 0,9	67,2 ± 22,4	-3,3 ± 0,7	78,2 ± 0,9	20,1 ± 0,8
August	8	9	Sagafjord	2,0 ± 1,0	108,5 ± 23,5	-4,6 ± 0,5	79,7 ± 1,5	18,9 ± 1,3

## 7.7 Appendiks korrelasjon vann og proteininnhold

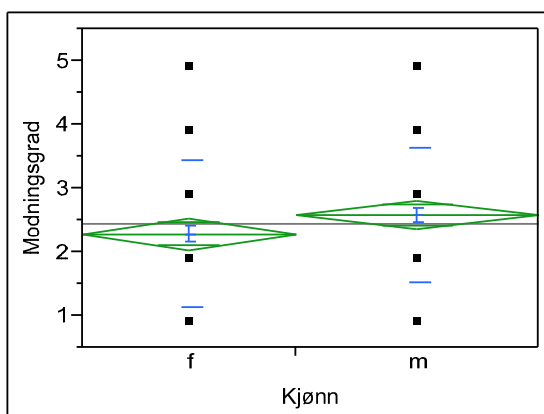


Figur 15: Korrelasjon mellom vann og protein. Figuren viser hvordan vanninnhold i filet er korrelert med proteininnhold (0,999) (n=270).

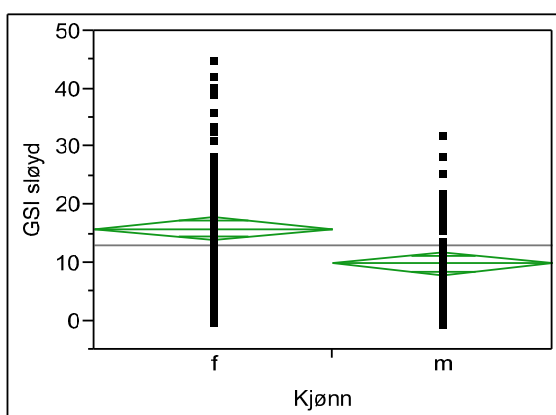
### 7.8 Appendiks sammenliknet kjønnsmodning mellom kjønnene



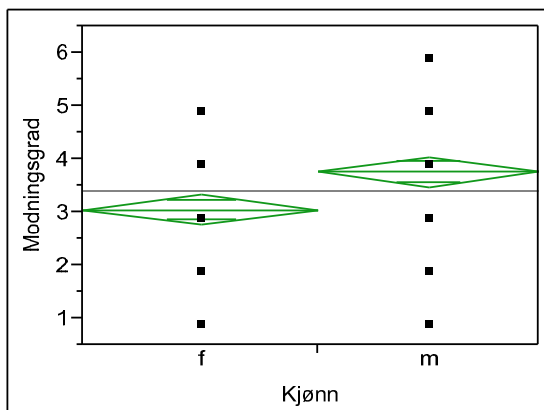
Figur 16: Sløyd gonadosomatisk indeks per kjønn i januar. Figuren viser gjennomsnittlig størrelse og spredning på sløyd GSI per kjønn i januar for all fisk



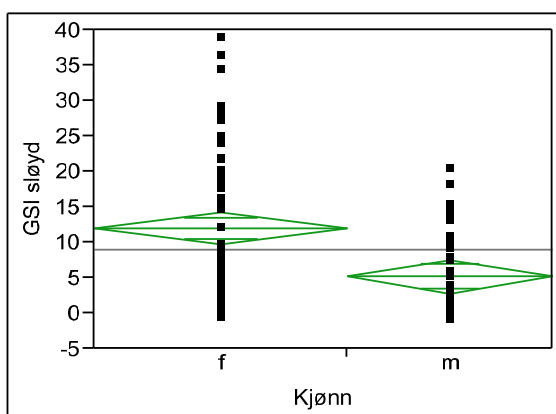
Figur 17: Grad av kjønnsmodning per kjønn i januar. Figuren viser gjennomsnittlig kjønnsmodningsgrad og spredning per kjønn i januar for all fisk



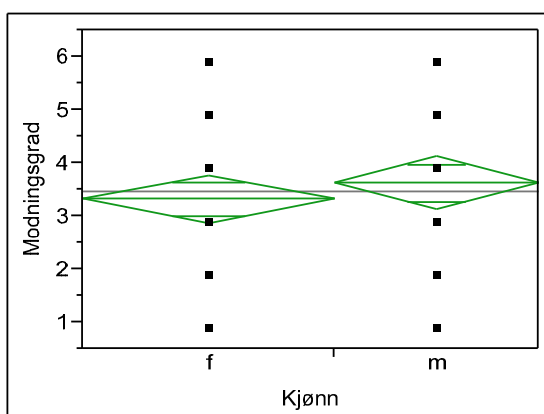
Figur 18: Sløyd gonadosomatisk indeks per kjønn i mai. Figuren viser gjennomsnittlig størrelse og spredning på sløyd GSI per kjønn i mai for all fisk



Figur 19: Grad av kjønnsmodning per kjønn i mai. Figuren viser gjennomsnittlig kjønnsmodningsgrad og spredning per kjønn i januar for all fisk



Figur 20: Sløyd gonadosomatisk indeks per kjønn i august. Figuren viser gjennomsnittlig størrelse og spredning på sløyd GSI per kjønn i august for all fisk

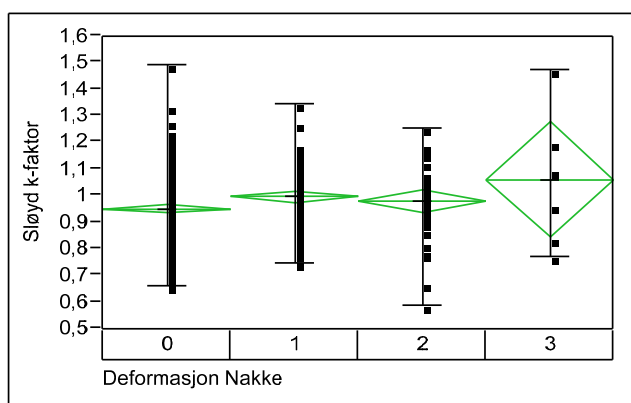


Figur 21: Grad av kjønnsmodning per kjønn i august. Figuren viser gjennomsnittlig kjønnsmodningsgrad og spredning per kjønn i januar for all fisk



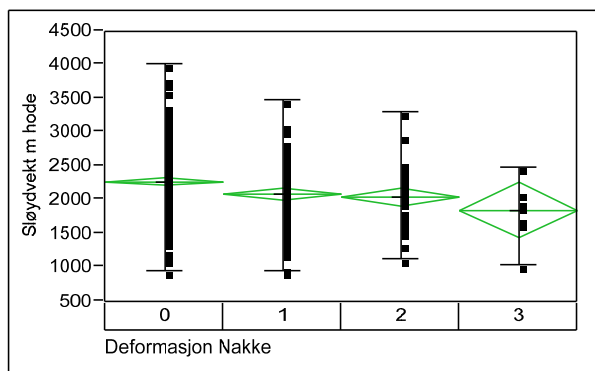
## 7.9 Appendiks deformiteter

Det ble kun funnet 5 fisker med kjevedeformasjon verdi 1, 1 fisk med verdi 2 og 1 fisk med verdi 3. Resten hadde ikke kjevedeformasjon i en slik grad at det ble registrert. Ryggdeformasjoner (unntatt nakkeknekk) ble funnet med grad 1 og grad 2 for henholdsvis 4 og 4 fisk, mens resten ble funnet ikke å ha ryggdeformasjoner i slik grad at det ble registrert. Nakkeknekk grad 0 ble funnet på 280 fisk, grad 1 ble funnet på 117 fisk, grad 2 på 41 fisk og grad 3 ble funnet på 7 fisk (figur 22). Figuren viser at sløyd kondisjonsfaktor øker med økt grad av deformasjon i nakke. Grunnet relativt få fisk med store deformasjoner (grad 2 og 3) er forskjeller ikke forsøkt undersøkte for signifikans.



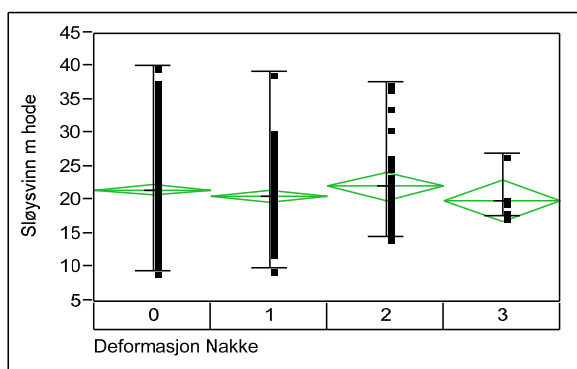
Figur 22: Deformasjon og Fultons sløyde kondisjonsfaktor. Figuren viser sløyd kondisjonsfaktor relatert til grad av deformasjon i nakke (0-3, hvor 3 er mest alvorlig).

Sløyd vekt med hode viser en synkende tendens med økt deformasjon i nakke, men med stor individuell variasjon (figur 23).

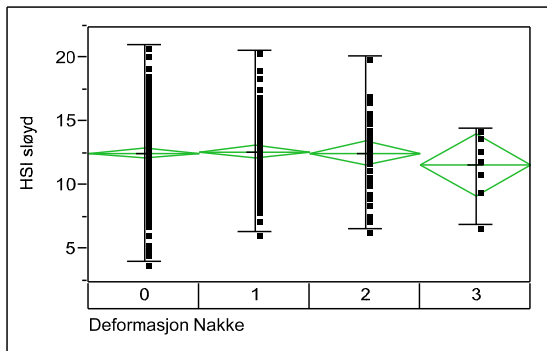


Figur 23: Deformasjon og sløyd vekt. Figuren viser sløyd vekt med hode relatert til grad av deformasjon i nakke (0-3, hvor 3 er mest alvorlig).

Sløyesvinn og relativt leverstørrelse (sløyd HSI) viser ingen klar effekt av deformasjon i nakke (figur 24 og 25).



Figur 24: Deformasjon og sløyesvinn. Figuren viser sløyesvinn med hode relatert til grad av nakkedeformasjon (0-3, hvor 3 er mest alvorlig).



Figur 25: Deformasjon og sløyd Hepatosomatisk Indeks (HSI). Figuren viser sløyd HSI relatert til grad av nakkedeformasjon (0-3, hvor 3 er mest alvorlig).

Deformasjoner i nakke viste ingen effekt på andre parametre undersøkt.

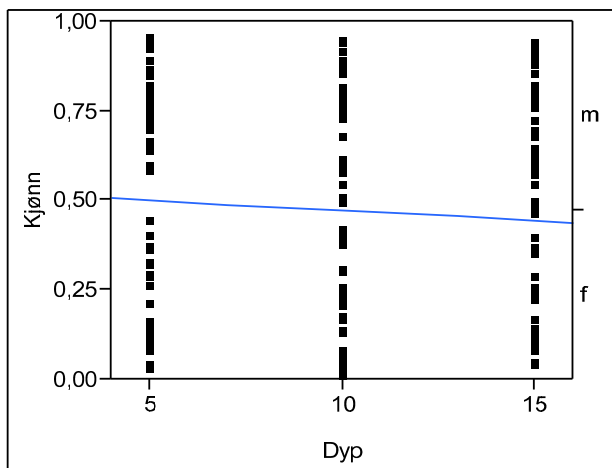
### 7.10 Appendiks dybde, kjønn og kjønnsmodning

Noen sesongmessige variasjoner i fordeling i vannmassene ble funnet, inkludert en økt andel kjønnsmoden fisk høyt i merdene uansett årstid og en svak kjønnsmessig segregering i januar og august (figurene 25 til 28). Fordeling av fisk etter størrelse (rund vekt) antyder at flere store fisker, sett i forhold til gjennomsnittsvekt i merden, oppholder seg i de øvre vannlag i januar, mens den høyeste gjennomsnittsvekten ble funnet på større dyp i mai og august; data ikke vist. Undersøkelser av hvordan sløyd GSI og modningsgrad varierte mellom kjønn og årstid viste at hunnfisken alltid hadde noe høyere sløyd GSI enn hannfisken (tabell 13).

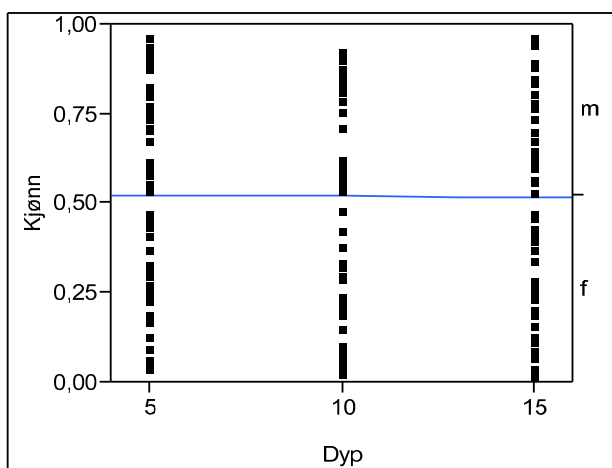
Kjønnsfordelingen per dybde viser at i mai er denne likt fordelt mellom ulike dyp i merdene, mens i januar er det noe overvekt av hannfisk dypere i merdene og i august er det noe overvekt av hannfisk høyt i merdene (figurene 26, 27 og 28). Ved undersøkelse av effekt av ulike dyp ble all fisk for hvert prøvetidspunkt og merd slått sammen, da antall per kjønn per dyp variert i stor grad. Dette gjør at kun tendenser ble undersøkt og signifikans ble ikke vurdert. I januar ble det funnet at hunnfisken var noe lengre, hadde lik vekt, laver HSI og høyere GSI og modningsgrad ved økende dyp. Samme tendenser ble observert for hannfisken, men hvor modningsgrad og GSI ble noe redusert med økt dybde, i motsetning til for hunnfisk.

I mai var den eneste tendensen som kunne ses for hunnfisken at sløyd GSI var noe lavere ved økende dyp. For hannfisken var størrelsen (rundvekt og lengde) noe økende ved økende dyp, modningsgrad, sløyd GSI og sløyd HSI var noe synkende med økende dyp.

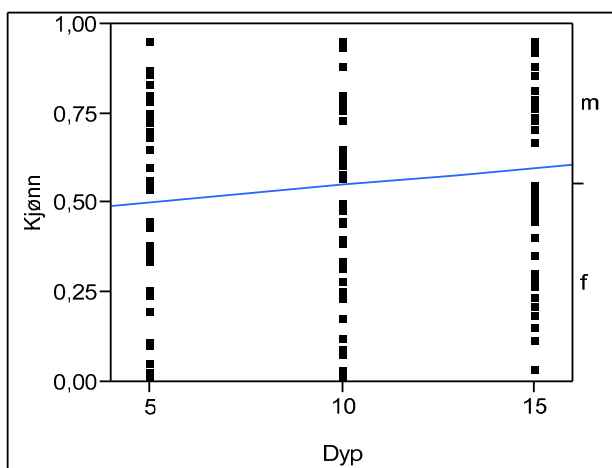
Hunnfisken tatt ut fra merd 8 i august viste tendenser til å ha høyere rundvekt og lengde ved økende dyp, mens sløyd GSI og modningsgrad var høyest i fisk fanget høyest i vannsøylen. Leverstørrelse og sløyd HSI økte med økende dyp. Det samme bildet ble også sett for hannfisken, bortsett fra at sløyd HSI var noe fallende med økt dyp. For hannfisken ble det sett en relativt klar effekt av redusert modning med økende dyp i august (figur 29).



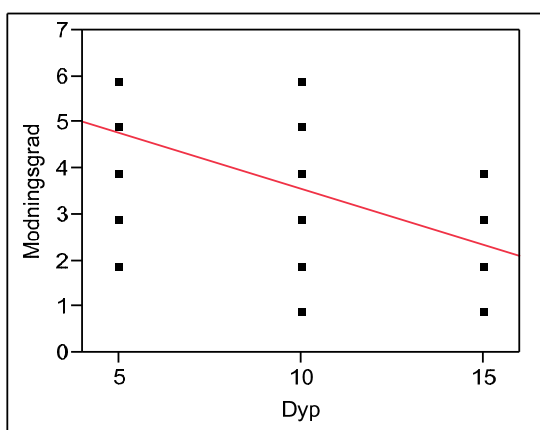
Figur 26: Dybdefordeling kjønn januar. Figuren viser andel hann og hunnfisk fanget på 5, 10 og 15 m dyp i januar



Figur 27: Dybdefordeling kjønn mai. Figuren viser andel hann og hunnfisk fanget på 5, 10 og 15 m dyp i mai



Figur 28: Dybdefordeling kjønn august. Figuren viser andel hann og hunnfisk fanget på 5, 10 og 15 m dyp i august



Figur 29: Dybdefordeling og kjønnsmodning hannfisk august. Figuren viser grad av kjønnsmodning (1 til 6) for hannfisk fanget på dypene 5, 10 og 15 meter i august.