

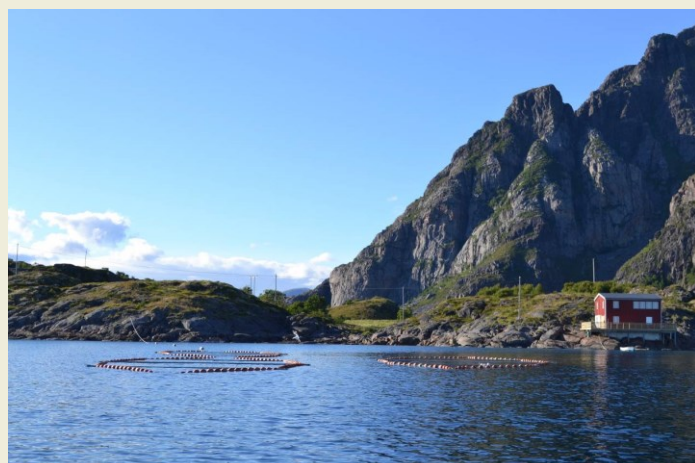
# Prosjektrapport FHF prosjekt #900866: Låsetting av sommermakrell

Aud Vold<sup>1</sup>, Mona E. Pedersen<sup>2</sup> og Arne Duinker<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Havforskningsinstituttet

<sup>2</sup>NOFIMA

<sup>3</sup>Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning  
(NIFES)



## SAMMENDRAG

---

I de siste årene har makrell (*Scomber scombrus*) utvidet sitt utbredelsesområde mot nord. Dette har dannet grunnlag for et nytt fiskeri sommerstid fra Nordland til Varangerfjorden. Men makrell som fiskes på denne tiden av året sies å ha bløtere tekstur og konsistens i muskelen enn makrell som fiskes seinere på året. Dette prosjektet, som har vært finansiert av FHF og gjennomført i samarbeid mellom NIFES, NOFIMA og Havforskningsinstituttet, har hatt som målsetning å se om kvaliteten på fileten kunne bedres ved å la fisken stå i lås over lengre tid.

I juni 2013 ble det tatt et notkast på rundt 15 tonn makrell rett utenfor Henningsvær. Fisken ble overført til en slepemerd og tauet sakte til en skjermet låssettingsplass hvor den ble fordelt på 3 merder. Her fikk fisken stå i 38 dager. I denne perioden ble det tatt ut prøver for å analysere tekstur og kvalitet i fileten. Det ble også tatt mageprøver og blodprøver. Det ble satt ut måleinstrumenter for å overvåke miljøforholdene ved låssettingsplassen, og fiskens atferd i merdene ble overvåket ved hjelp av undervannskameraer.

Makrellen tålte låssettingen overraskende godt. Den direkte dødeligheten var mindre enn 1 % de første to ukene, og den holdt seg lav fram mot slutten av forsøksperioden. Noen individer utviklet sårskader i huden, hovedsakelig de første dagene og like før forsøket ble avsluttet med tilsvarende økning i dødeligheten. Dette skyldtes trolig at merdene begynte å bli sterkt begrodde. Imidlertid forsvant et betydelig kvantum av fisk fra merdene som følge av predasjon fra fugl, fisk og sel, turistfiske, rømming m.m., slik at antallet fisk i merdene ved avslutningen var omtrent halvert. I tillegg gikk vekten av enkeltfisk ned med 5 - 7 % i gjennomsnitt i løpet av perioden.

Flere ulike metoder ble brukt for å bedømme kvalitet: 1) Visuell bedømming av rundfisk i henhold til prosedyrer for bedømming av makrell som skal eksporteres til Asia; 2) Muskeltekstur ble analysert instrumentelt på filét; 3) Muskelstruktur ble studert ved hjelp av mikroskopi (histologi). Konklusjonen fra den visuelle inspeksjonen var at låssettingen ikke bedret kvaliteten på fisken nevneverdig. Det var i tillegg lite fett og mye vann i fileten, noe som gjorde at kjøttet fikk en bløt konsistens og ble spaltete. Fisken hadde åte i seg både ved fangst og gjennom låssettingen, og mye åte ga bukspreng. Derimot viste de instrumentelle målingene av muskelteksturen at fileten økte i fasthet gjennom låssettingsperioden. Det er mulig at disse endringene ikke var store nok til at de gjorde utslag i kvalitetsinspeksjonen. Det kan også hende at raskere innfrysning og ingen påvirkning fra åte i filetene gjorde at konsistensen ble annerledes enn i den rundfrosne fisken som ble kvalitetsbedømt. Nedfrysning i husholdningsfryser ga trolig lenger innfrysning enn i en kommersiell frysetunell, slik at buksprengningen kan ha kommet lenger i fisken som ble kvalitetsbedømt enn den ville gjort kommersielt. Av disse to metodene er det likevel den rundfrosne fisken som ble kvalitetsbedømt som trolig ligger nærmest det kommersielle produktet. De histologiske analysene viste at musklene gikk inn i en unormal tilstand med nedbryting og krymping av muskelfibre de første 2-3 ukene etter låssetting. Etter 37 dager nærmet musklene seg normaltilstanden igjen, men med noe større muskelfibre enn tidligere. Dette kan tyde på at fisken har vært under stress, og/eller at fisken har sultet. Det vil være nødvendig med flere analyser for å fastslå årsaken til disse endringene med sikkerhet.

Forsøkene viste altså at det er praktisk mulig å holde sommermakrell i steng over flere uker under forutsetning av at fisken røktes godt. Hensikten med forsøket var å se om langtidslagring i merd førte til en kvalitetsforbedring som kunne gi økte priser på råstoffet. Resultatene fra forsøkene var noe tvetydige. Selv om det var mulig å oppnå en viss bedring i muskelfastheten ved lagring over flere uker, var disse endringene trolig for små til at de ga utslag i kommersiell kvalitetsinspeksjon. Dersom dette skal bli en lønnsom måte å drive fiske, må evt. pristillegg som kvalitetshevingen gir kompensere for tap av fisk (dødelighet, rømming, predasjon m.m.) som i dette forsøket var ca. 50 % av fangsten, for nedgang i vekt hos enkeltfisk og for arbeidet med å røkte merdene. Med de små kvalitetsendringene man fant i denne undersøkelsen er sannsynligheten for at langtidslagring skal øke lønnsomheten liten.

## SUMMARY

---

In recent years, the distribution of the mackerel (*Scomber scombrus*) stock has expanded towards north. This has led to a new fishery during summertime in the northern parts of Norway. It has been argued that mackerel caught at this time of the year has softer muscle texture than mackerel caught later in the year. The objective of this project was to investigate if the quality of the filet could be improved by keeping fish in net pens for a longer period. The project was funded by The Norwegian Seafood Research Fund (FHF), and was carried out by NIFES, NOFIMA and the Institute of Marine Research.

A purse seine catch of 15 tons was caught in June 2013 outside Henningsvær in Lofoten. The fish was transferred to three net pens and anchored on a sheltered location, and was kept in captivity for 38 days. During this time, fish samples were taken at intervals and were frozen for later analysis of filet texture and quality. Stomach and blood samples were also taken, and instruments for continuous measurements of environmental conditions were placed at the mooring site. Fish behaviour was monitored at intervals using underwater cameras.

The mackerel endured the captivity surprisingly well. The direct mortality was less than 1% during the first couple of weeks, and maintained low towards the end of the experiments. Some individuals were observed developing skin damage, mainly during the first few days after captivation and towards the termination of the experiment when it was linked to an increasing mortality. This may be explained by strong fouling of the nets towards the end. However, a large number of fish, approximately 50 % by number, disappeared from the nets as a consequence of predation from birds, fish and seals, tourist fishing, escapement over the float line, etc. In addition the individual weight decreased by 5 – 7 % during the storage period.

Several methods were used to evaluate fish quality: 1) Visual evaluation of whole frozen fish according to procedures normally used for mackerel intended for the Asian market; 2) Muscle texture of filets was instrumentally analysed; 3) Muscle structure (histology) was studied by microscope. The conclusion from the commercial visual examination was that live storage of fish did not significantly improve the quality. The fat content of the filet was low and water content high, which frequently gave a soft and cleaved texture. Zooplankton (mainly *Calanus finmarchicus*) was found in the stomach both immediately after capture and with varying quantity throughout the

captivity, leading to belly bursting. On the other hand, measurement of textural properties instrumentally, revealed firmer texture due to time of captivity. It may be argued that these changes were too small to be detected by the visual analyses. The filets subjected to textural measurement, were less influenced by the bait due to rapid freezing after sampling, and this could also explain some of the discrepancy between the results of the two methods. Furthermore, freezing of the whole fish for the commercial visual evaluation, in a household freezer, was probably slower than in a commercial freezing tunnel, and this may have allowed the belly bursting to go further in this evaluation than in the commercial product. Between these two methods, the whole frozen fish for the visual evaluation is probably closest to the commercial product. The histological analyses showed an abnormal status with shrinkage and degradation of muscle fibres the first 2-3 weeks after capture. The muscle fibres seemed to normalize towards the end of the captivity period, and with also some increase in fibre size. The histological analyses may indicate that the fish was under stress, and/or starvation in the early period of captivity. More analyses are needed to conclude the reasons for these changes. .

In conclusion, the experiments did show that it is possible to keep mackerel in net pens for several weeks assuming adequate husbandry. The objective of the experiment was to see if long-term storage could lead to quality improvements giving higher market prices. The results were somewhat ambiguous. Even if a certain quality improvement was demonstrated by texture analyses, these changes were too small to be revealed in the commercial quality inspections. In order to lead to a profitable industry a doubling of the price has to be achieved to compensate for a 50 % loss of fish and compensate for the extra labour related to tending the fish. The probability of achieving this must be considered as low.

## Innhold

Sammendrag .....	2
Summary .....	3
Bakgrunn .....	6
Del 1: Gjennomføring av låssetting og prøvetaking .....	8
Fase 1: Fangst og låssetting .....	8
Prøvetakingsprosedyre .....	11
Avslutning av forsøket .....	12
Velferdsaspekter .....	13
Resultater .....	13
Miljøforhold i forsøksperioden .....	13
Dødelighet .....	14
Vektutvikling .....	16
Mageinnhold .....	17
Skader i huden .....	18
Atferdsobservasjoner .....	20
Diskusjon .....	20
Konklusjon på feltforsøkene .....	21
Del 2: tekstur og struktur .....	22
Metodebeskrivelse .....	22
Teksturanalyser .....	22
Prøveopparbeiding til histologi .....	22
Visuell bedømming av muskelstruktur .....	23
Resultater .....	23
Tekstur .....	23
Muskelstruktur .....	24
Diskusjon og konklusjon .....	32
Del 3: Kommersiell kvalitetsbedømmelse .....	33
Innledning .....	33
Resultater .....	33
Konklusjon .....	38
Referanser .....	38

## BAKGRUNN

I løpet av de siste 3 år har makrell (*Scomber scombrus*) fått et større utbredelsesområde enn det som har vært vanlig for arten. Den trekker bl.a. lengre nord og har dannet grunnlag for et fiske i Nord-Norge i perioden mai - august. Fisket har fått økende betydning for den minste flåtegruppen.

Statistikk fra Norges Sildesalgslag viser at nordlig fangst av makrell for perioden juni, juli og august, 2010 var om lag 1.600 tonn. Året etter, 2011, var det landet om lag 11.500 tonn. I 2012 ble det på grunn av markedsforhold for makrell generelt fisket noe mindre, om lag 8.000 tonn i samme periode. Totalt 80 fartøy deltok i dette fisket.

Også industrien i området har betraktet dette fisket etter makrell som interessant. Dette fordi det har gitt muligheter til produksjon, sysselsetting og inntjening fra et nytt fiske i en periode av året med ellers liten aktivitet for pelagisk konsumindustri.

Utfordringen så langt har imidlertid vært at makrell fisket på denne tiden av året preges av langt bløtere tekstur og konsistens i muskel sammenlignet med makrell fisket seinere i året. Bløt tekstur i muskel har tidligere blitt satt i sammenheng med endret morfologi av muskel. Dette med hensyn på muskelfiber og en oppsplitting i bindevevet.

Flere aktører i næringen mener at kvaliteten på makrell kan bedres betydelig ved låssetting. I dag settes denne type makrell i lås for et kortere tidsrom. Det uttrykkes fra FG for Pelagisk FoU (og andre i næringen) at det er ønskelig å se nærmere på om kvalitet/tekstur/struktur i muskel kan bedres ved å la fisken stå i lås over lengre tid. Dersom kvaliteten kan bedres ved slik låssetting vil det gi positive ringvirkninger for både fisker og landanlegg.

Ulike prosesser i fisken kan tenkes å bidra til bløtere tekstur og konsistens i makrell. Dersom makrell med mye åte lagres rund en tid før bearbeiding eller frysing, kan det tenkes at fordøyelsesymer fra åten lekker ut av magen og inn i filet og således øker nedbrytningsaktiviteten der, ikke ulikt problematikken med buksprenging hos sild. Det kan også tenkes at økte mengder vannløselig protein og frie aminosyrer i vevsvæsken når mye næring tas opp fra tarmen gir økt vanninnhold og dermed bløtere konsistens i muskel. Disse problemstillingene vil tas opp i diskusjon av resultatene fra prosjektet, men vil av økonomiske hensyn ikke bli fulgt opp med analyser i dette prosjektet.

Dette prosjektet er beslektet med to andre prosjekt under ledelse av NIFES (900663 «Næringsstoff og fremmedstoff i sild og makrell» og 900786 «Fettavleiring og struktur hos makrell»).

Prosjektideen er forankret i FG for Pelagisk FoU og nedfelt i FG's Bransjeplan for 2012-2014.

Prosjektet hadde tre hovedmålsetninger:

1. Undersøke om det er mulig å låssette og langtidslagre sommerfisket makrell med akseptabel dødelighet
2. Undersøke hvordan generell kvalitet på sommerfisket makrell i nord endres ved låssetting i opp til to måneder
3. Måle endringer av struktur og tekstur i muskel hos sommerfisket makrell i nord ved låssetting i opp til to måneder.

Delmål:

1. Beskrive prosedyrer for låssetting av sommerfisket makrell
2. Hvordan endres individvekten over samme periode
3. Hvordan endres tekstur og struktur over samme periode
4. Hvordan endres kvaliteten etter kriterier brukt av japanske kvalitetsinspektører

## DEL 1: GJENNOMFØRING AV LÅSSETTING OG PRØVETAKING

---

### Fase 1: Fangst og låssetting

Denne delen av prosjektet skulle gi svar på hovedmålsetning nr. 1 "Undersøke om det er mulig å låssette og langtidslagre sommerfisket makrell med akseptabel dødelighet". Prosjektet var tildelt en forskningskvote på 75 tonn makrell, og kystnotfartøyet "Raunefjord" H-1-S (12 m, 250 Hk) ble leid inn til forsøkene. Fartøyet opererte i et båtlag sammen med to andre kystnotfartøyer. Båtlaget hadde erfaring med makrellfiske og låssetting i nord fra de to foregående årene, hvor de hadde fisket med base i Henningsvær (Figur 1). Siden båtlaget hadde lokalkjennskap til dette området, ønsket de i utgangspunktet å gjennomføre forsøkene i her dersom fiskefordelingen gjorde det mulig. HI satte derfor opp feltlaboratorium ved Henningsvær Rorbuer i begynnelsen av juni siden dette var tidspunktet fiskeriene hadde startet opp de to foregående årene (Figur 2). Imidlertid kom innsiget av makrell noe senere i gang i 2013, slik at oppstarten på forsøket ble utsatt et par uker i forhold til planen. Det var også mindre makrell på nordsiden av Vestfjorden i sommermånedene i 2013 i forhold til de foregående år. Hovedtyngden av fiske foregikk på sørsiden av fjorden.



Figur 1. Låssettingsplassen utenfor Henningsvær hvor merdene var ankret opp fra 14 juni til 22. juli.





Figur 2. "Feltlaboratorium" ved Henningsvær rorbuer.

Likevel ble en makrellfangst på ca. 15 tonn tatt med not (300 m lang, 55 m dyp) rett utenfor Henningsvær den 14. juni under svært gode vær- og fangstforhold (Figur 3 og Figur 4). Fisken ble forsiktig overført til en slepemerd og tauet sakte inn til låssettingsplassen (ca. 1,6 nautiske mil, ca. 2 timer) som lå godt skjernet innaskjærs. Tidligere forsøk har vist at makrell er svært følsom overfor hard behandling under fiske (Lockwood et al. 1983; Misund og Beltestad 2000; Huse og Vold 2010), og fiskens atferd ble derfor nøye overvåket visuelt fra overflaten og med undervannskamera under overføringen. Overføringen ble foretatt svært rolig og kontrollert uten at fisken viste tegn til panikkreaksjon.



Figur 3. Makrellstim som koker i overflaten rett utenfor Henningsvær 14. juni. Denne stimen ble fanget med not og satt i lås.



Figur 4. Kaving av not før låssetting til venstre og Overføring av makrell fra not (rød fløyt) til slepemerd (hvit fløyt) til høyre.

På dette tidspunktet ble det tatt ut prøver av fisken etter prøvetakingsprosedyrene som er skissert nedenfor (Dag 0). I tillegg til fisken som ble overført til merd, ble ca. 100 makrell overført til et transportkar med is på dekk av "Sangolt" og oppbevart der i to døgn. Dette ble gjort for å simulere fisk som ikke låssettes, men leveres direkte til fiskemottak etter å ha blitt oppbevart på is i fartøyets lasterom.

Etter at fisken var slept inn til oppankringsplassen fikk den stå i ett døgn i slepemerden før den ble fordelt på 3 låssettingsmerder med ca. 5 tonn i hver (Figur 5). Kvantum ble anslått av fiskerne om bord som hadde lang erfaring med å anslå kvantum under låssetting. Merdene var rektangulære 10 x 10 x 9 m. I sjøen var de imidlertid spilt ut med 3 stenger: én på 6 m i hver ende og én på 7,5 m på midten. Merd 1 og 2 var sydd knuteløst lin med maskevidde 40 mm (30 omfar), og merd 3 i 35 mm (36 omfar). De var ankret opp i hver ende med blåse og dregg. En temperatur/oksygenlogger (RBR TDO-2050P) ble hengt inni den ene merden, og en strømmåler (Aanderaa RDCP 600) ankret opp like utenfor merdene for å overvåke miljøforholdene under låssettingsperioden.



Figur 5. Makrellen skal overføres fra slepemerd (hvit) til låssettingsmerder (orange).

## Prøvetakingsprosedyre

Som nevnt ble fisken fordelt på tre merder. To av dem (merd 1 og 2) var satt ut to uker tidligere for å reservere låssettingsplassen som lå gunstig til for gjennomføring av forsøkene, mens den siste (merd 3) ble satt ut da fisken ble overført. Det ble besluttet at all prøvetaking skulle gjøres fra én merd (merd 2), mens de to andre (merd 1 og 3) skulle fungere som kontroll- og buffermerder i tilfelle høy dødelighet som følge av stress i forbindelse med prøvetaking. Alle prøvene, med unntak av de som ble tatt ut den siste dagen i forsøket, er derfor tatt fra denne samme merden. Dette syntes ikke å føre til økt dødelighet gjennom forsøksperioden. Den siste dagen var det imidlertid såpass mye synlige hudskader på fisken i merd 2 at man i stedet tok ut prøver fra merd 3. Merd 2 og delvis også merd 1 var mer begrodd enn merd 3 på grunn av lengre ståtid. Den sterke begroingen gjorde at merdene "klappet sammen" (veggene bulte innover) slik at volumet ble mindre og fisken var mer utsatt for å komme i kontakt med nettveggene og skades.

Tabell 1. Oversikt over prøver som ble tatt ut gjennom forsøksperioden. Verdiene refererer til antall prøver som ble tatt ut ved hvert tidspunkt.

Dato	Dag	Blod- prøver	Hel fisk	Tekstur (filet)	Histologi	Mage- prøver	
<b>Prøver fra merdene</b>							
14.jun	0	x 10	x 25	x 10	x 3	x 10	
15.jun	1	x 10	x 25	x 10	x 3	x 10	
16.jun	2	x 10					
17.jun	3	x 10	x 25	x 10	x 3	x 10	
18.jun	4	x 10				x 10	
19.jun	5	x 10				x 10	
21.jun	7	x 10	x 25	x 10	x 3	x 10	
28.jun	14	x 10	x 25	x 10	x 3	x 10	
09.jul	25	x 10	x 25	x 10	x 3	x 10	
21.jul	37	x 10	x 25	x 10	x 3	x 10	
22.jul	38	<b>Terminering</b>					
<b>Prøver fra transportkar</b>							
15.jun	1		x 25	x 10	x 3	x 10	
16.jun	2		x 25	x 10	x 3	x 10	

Tabell 1 gir en oversikt over prøvetakingsopplegget under forsøket. Det ble tatt ut prøver fra merden dag 0, 1, 3, 7, 14, 26 og 38. Fra transportkarene ble det tatt ut prøver dag 1 og 2.

På hvert prøvetakingstidspunkt ble det først målt temperatur, salinitet (SAIV SD200) og oksygeninnhold (Lange HQ40d m/ INTELLICAL LDO solid feltsensor) i sjøen ved merdene. Det ble så gjort undervannsobservasjoner (kameraer: GoPro Hero2 og Bennex BC-306 med pan og tilt), først fra



utsiden, på litt avstand fra merdene for minst mulig forstyrrelse av fisken, og dernest inne i alle merdene for å studere fiskens atferd og for å se om det var død fisk på bunnen av merdene. Deretter ble det tatt ut fiskeprøver med et lite makrellgarn som ble satt på tvers av merden. Til sammen ble det tatt ut 35 fisk ved hvert prøvetakingstidspunkt. Av de første 10 fiskene ble det tatt blodprøver. Deretter ble all fisk transportert raskest mulig til landbase for måling og videre prøvetaking. Dag 2, 4 og 5 ble det bare tatt ut 10 fisk for blodprøver.

På land ble makrellen veid, lengdemålt, kjønnsbestemt og evt. skader i huden notert. Av de første 3 fiskene ble det tatt vevsprøver fra muskel som ble lagt i buffer (0,1 M PIPES med 2,5 % glutaraldehyd) for senere histologiske undersøkelser. Deretter ble det skåret filet fra 10 fisk som ble frosset ned etter at rigor opphørte, og det ble tatt ut mageprøver som ble frosset ned for senere analyse. 25 fisk ble umiddelbart frosset hele for senere analyser av muskelkvalitet. Blodprøvene ble sentrifugert og plasma ble frosset ned for undersøkelser av fysiologiske parametere som stresshormoner. Alle prøver ble sendt frosne til Bergen og Ås for videre analyser.

Det var meningen å fiske vill fisk med krok i området gjennom forsøksperioden for å få et bilde av utviklingen av muskelkvaliteten hos fisk som ikke hadde stått i steng, men dette lyktes vi ikke med fordi det var så lite makrell i området. Det ble imidlertid frosset ned 35 fisk ca. én gang i uken ved et fiskemottak i området (Lofoten Viking AS) for på denne måten å kunne danne seg et inntrykk av kvalitetsutviklingen hos villfisk gjennom sommeren. Disse prøvene ble imidlertid ikke analysert på grunn av reduksjoner i budsjettet.

## Avslutning av forsøket

Forsøket ble terminert 22. juli. Forankringen ble løsnet på en og en merd som etter tur ble tauet ut på dypere vann. Her ble merdene tørket opp slik at det var mulig å håve opp fisken med en stang-håv (Figur 6). Denne ble så hengt opp i en vekt i kрана om bord for å registrere mengde fisk i merdene. Deretter ble fisken sluppet fri. Det ble tatt ut 100 fisk fra hver merd for å måle lengde og vekt. Det ble også registrert og fotografert synlige skader på denne fisken.



Figur 6. Avslutning av forsøket. Merdene tørkes opp og tas ombord i "Raunefjord" (venstre bilde). Makrellen håves ombord og veies i en vekt som henger i kрана (høyre bilde).

## Velferdsaspekter

I løpet av forsøksperioden ble det klart at velferdsaspektet burde tillegges større vekt enn man i utgangspunktet hadde planlagt. Blant viktige parametere som påvirket fiskens velferd kan nevnes

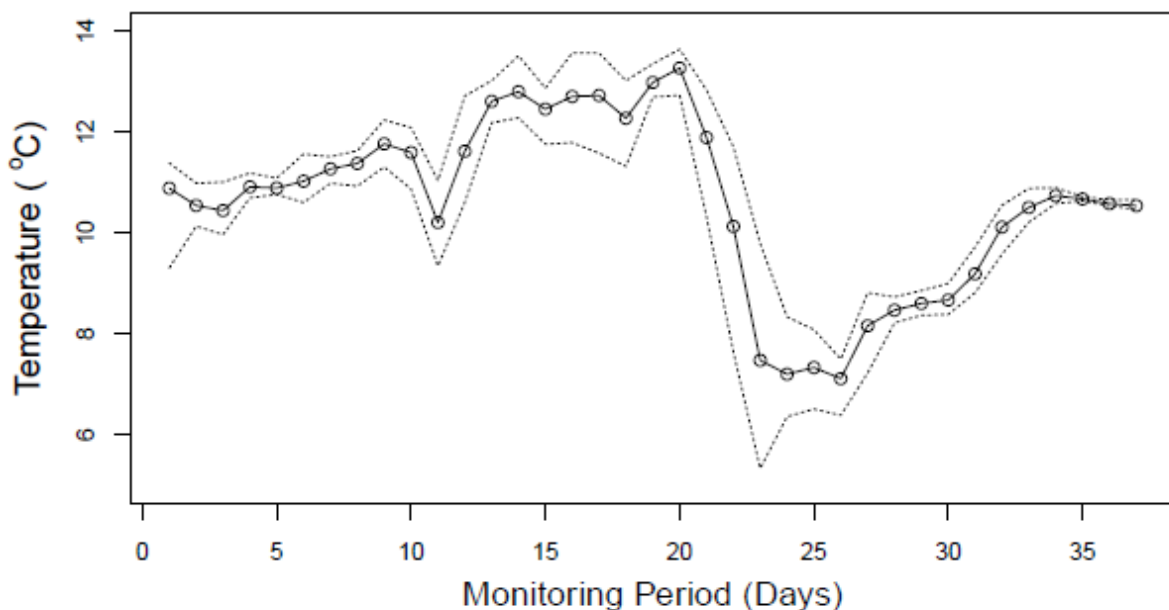
- stress som følge av fangenskap
- stress som følge av predatorer som fisk, fugl og sel
- stress som følge av "fisketurister" i motoriserte båter som fisket i og rundt merdene
- hudskader som følge av kollisjoner mellom fisk og merdvegger
- nedgang i vekt som følge av liten næringstilgang.

Dette er viktige faktorer som må tillegges vekt dersom langtids låssetting skal utvikle seg til å bli en næring i nord.

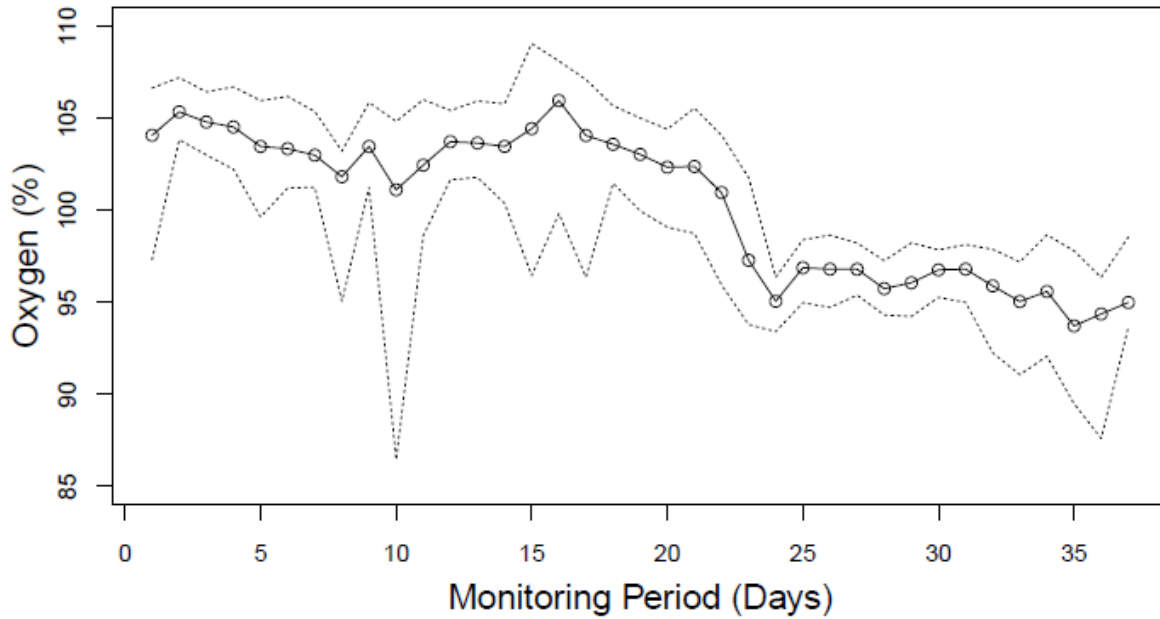
## Resultater

### Miljøforhold i forsøksperioden

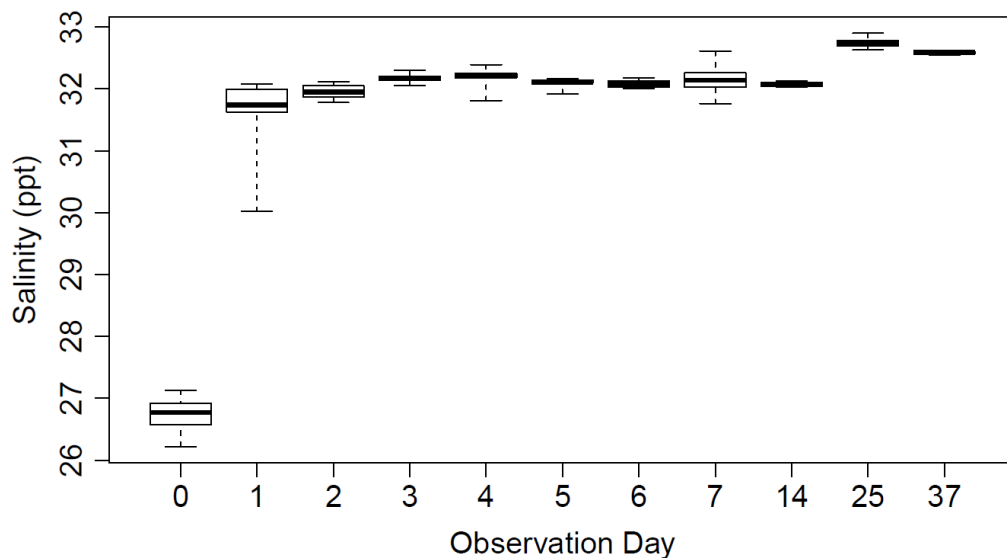
De målte miljøparameterne går fram av Figur 7 til Figur 9. Da makrellen ble overført til merder ved låssettingsplassen lå sjøtemperaturen i overkant av 10°C. Temperaturen steg gradvis til et maksimum på 13° den 5. juli (dag 21) med unntak av et kortvarig temperaturfall på ca 1.5° dag 12 (Figur 7). Dag 22 skjedde det imidlertid en markant endring i sjøtemperaturen som i løpet av 3 dager falt med hele seks grader til rundt 7°. Dette hadde trolig sammenheng med at kraftige vinder fra nord førte kaldere vannmasser inn i området. 7° er en temperatur som ligger i den nedre delen av makrellens trivselsområde. Likevel resulterte ikke dette noen merkbar økning i dødeligheten i merdene. Deretter steg temperaturen igjen gradvis og nådde ca. 10°C ved forsøkets avslutning. Endringene i vannmassene som temperaturfallet indikerer kunne også spores i oksygenmetningen (Figur 8) og saliniteten (Figur 9) i sjøen, men disse endringene var relativt små og verdiene lå hele tiden godt innenfor makrellens toleranse- og trivselsgrenser.



Figur 7. Temperatur i sjøen ved merdene ( $\pm$  maksimums- og minimumsverdier) gjennom forsøksperioden. Merk den markante nedgangen i temperatur dag 21-23.



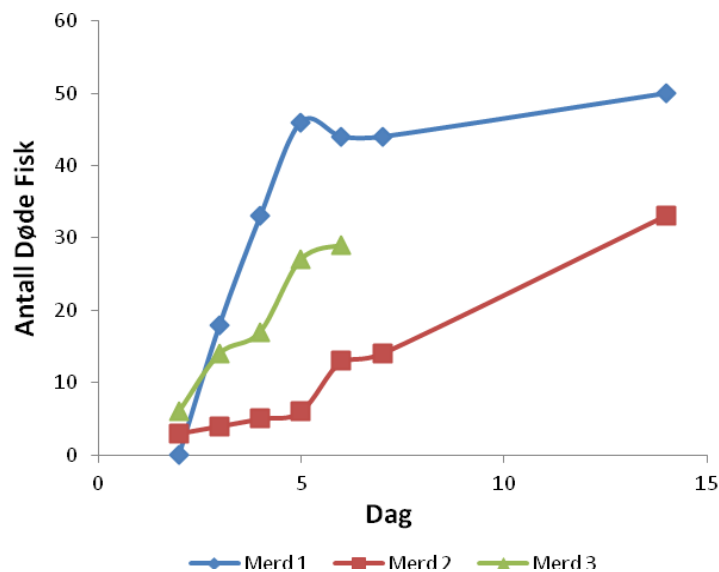
Figur 8. Målt oksygenivå i sjøen ved merdene ( $\pm$  maksimums- og minimumsverdier) gjennom forsøksperioden. Selv om det ble målt nedgang i oksygenmetningen, som falt sammen med nedgangen i temperatur, var nivået aldri så lavt at det var kritisk for makrellen.



Figur 9. Boxplot av salinitetsdata fra de øvre 10 m av dybdeprofilene tatt rett ved merdene gjennom forsøks-perioden (median, øvre og nedre kvartil, minimum og maksimumsverdier). Dag 0 ble målingene gjort under fangst.

### Dødelighet

Det generelle inntrykket fra forsøkene er at makrellen tålte selve låssettingen overraskende godt. Gjennom forsøksperioden ble merdene inspisert for død fisk på bunnen ved hjelp av undervannskamera samtidig som det ble tatt ut prøver for kvalitetsanalyser og blodprøver. Det var vanskelig å telle eksakt antall døde fisk med denne metoden, men det omtrentlige antallet som lå på bunnen gjennom de første to ukene går fram av Figur 10. Etter noe tid begynte død fisk som lå på bunnen å løse seg opp, råtne, bli spist av annen fisk og bunnlevende dyr, etc. slik at det ble umulig å identifisere og telle individer. I merd 1, som hadde den høyeste dødeligheten de første dagene, ble det telt 50 døde individer på bunnen (Figur 10). Sett i relasjon til at det ble satt ut omkring 5 tonn makrell (i størrelsesorden 10–15.000 individer) i hver merd, var dødeligheten i alle merdene meget lav, dvs. under 1 %, de første to ukene.



Figur 10. antall døde fisk som ble observert liggende på bunnen i de tre merdene i løpet av de første to ukene forsøkene foregikk. Etter dette var det vanskelig å telle enkeltfisk, og fisk gikk også i forråtnelse.

Ved avslutningen av forsøket viste det seg også å være lav dødelighet i to av merdene: bare 4 døde fisk ble funnet i merd 3 og ca. 40-50 i merd 1 (dvs. under 1 % dødelighet i begge). I den siste merden (merd 2) var antallet høyere, estimert til ca. 100 kg (dvs. ca. 5 % av antall fisk som var igjen i merden). Død fisk som har ligget på bunnen lenge, hadde selvfølgelig ha gått i forråtnelse og/eller blitt spist opp gjennom forsøksperioden, slik at den totale dødeligheten gjennom forsøksperioden har vært høyere enn det som antallet ved avslutningen viste.

Den eksakte reduksjonen i antall fisk i merdene gjennom hele forsøksperioden er uklar fordi fisk forsvant av mange ulike årsaker i tillegg til dødelighet i merdene. Ved terminering av forsøket ble det påvist at det var flere torsk inne i merdene sammen med makrellen, og disse hadde makrell i magen. Vi observert også stadig med kamera at det sto flere store torsk på utsiden av merdene og vi antar at disse spiste av fangsten gjennom maskene. De genererte også frykt/stress i merdene. Vi observert stadig utbrudd av panikkatferd er makrell spratt opp i overflaten og over flåa når den ble skremt av torsk, sjøfugl og sel, eller når forskere nærmet seg merdene for å filme og ta ut prøver. Funn av flere sluker i merdveggene ved avslutningen av forsøket viste at det også hadde vært fisket i merdene ("turistfiske") i perioden de lå ute.

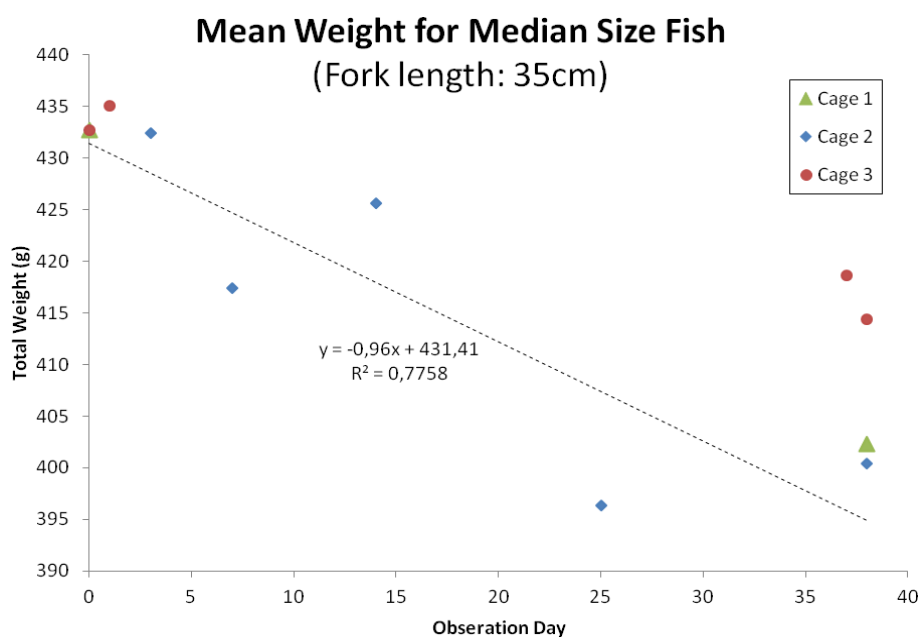
Det har altså trolig forsvunnet et ikke ubetydelig kvantum fisk fra merdene gjennom lagringsperioden, men størrelsen på dette tapet er det ikke mulig å kvantifisere. Ved overføring av makrell fra not til merd anslo mannskapet om bord på notfartøyet at det ble satt ut 4 - 5 tonn fisk i hver merd. Ved avslutningen var det bare fra 2 - 2,5 tonn i merdene. Dersom vi antar at det opprinnelige anslaget stemmer, betyr det at bare ca. halvparten av den opprinnelige fangsten var tilbake i merdene etter 38 dager.

Tabell 2. Dødelighet i merdene ved terminering. Tallene er svært omtrentlige og inkluderer ikke fisk som har dødd eller forsvunnet fra merdene tidligere i forsøksperioden.

	Vekt døde (kg)	Antall døde	Vekt levende (kg)	% døde ved terminering
Merd 1		40-50	2 500	< 1
Merd 2	100		1 900	5,3
Merd 3		4	2 000	< 1

Den siste uken forsøkene pågikk, var merdene begynt å bli så begrodd at de delvis "klappet sammen". En del fisk utviklet sårskader i huden, trolig etter kontakt med nettet. Forsøkene ble imidlertid avsluttet før dette førte til dødelighet av betydning i merd 1 og 3, mens den høyere dødeligheten i merd 2, som var mest begrodd, trolig må tilskrives dette forholdet.

### Vektutvikling



Figur 11. Utviklingen av den gjennomsnittlige individvekten for makrell av middels størrelse (35 cm) gjennom forsøksperioden.

I alle 3 merdene var det en negativ vektutvikling i løpet av låssettingsperioden. I merd 1 og 2 gikk individvektene ned med i gjennomsnitt hhv. 7,02 og 7,45 % fra dag 0 til dag 38. I merd 3, som var mindre begrodd ved avslutningen, var vekttapet på 4,23 %. Figur 11 viser hvordan den gjennomsnittlige vektutviklingen for fisk av middels størrelse (35 cm) forløp gjennom forsøksperioden. Det var hele tiden en negativ trend i vekten til enkeltfisk. I tillegg var det, som nevnt, tap av fisk fra merdene gjennom dødelighet, rømming og predasjon, slik at den totale nedgangen i biomasse i merdene var betydelig større.



### Mageinnhold

Raudåte (*Calanus finmarchicus*) var det viktigste fødevalget for makrellen i forsøket. Ved fangst var den gjennomsnittlige magefyllingsgraden middels, dvs. 3,1 på en skala fra 1 (tom) til 5 (utsprengt). 95 % av innholdet besto av raudåte. Hos fisken som ble avlivet ved fangst og oppbevart to døgn i transportkar med is, var fyllingsgraden omtrent lik dag 1 og 2, bare svakt minkende, trolig på grunn av enzymatisk nedbrytning. Hos fisken som ble satt i merd, minket mageinnholdet raskt, men varierte en del utover i forsøket. Dette viser at fødetilgangen mens fisken sto i merd var begrenset, men variabel, trolig avhengig av vannutskiftning og strømrretning. Imidlertid var variasjonen mellom magene stor. Som nevnt, falt temperaturen i sjøen drastisk et stykke ut i forsøksperioden (dag 22). Etter dette var mageinnholdet meget lavt, og det relative innholdet av andre fødeemner enn raudåte, slik som vannlopper (*Cladocera*), kruttåte (*Limacina retroversa*) og krabber, økte. Dette kan tyde på at mengden med raudåte var lavere i de kalde vannmassene.

Tabell 3. Gjennomsnittlig Mageinnhold i prøvene som ble tatt ut ved ulike tidspunkt under forsøkene. Ved hvert TIDSPUNKT ER det analysert 10 mager.

Dag	Gruppe	Magefyllings- grad	Totalt mage- innhold (mg)	St.avvik mageinnhold	Raudåte (mg)	Raudåte i % av totalen
0	Not	3,1	254,2	113,6	242,2	95,3
1	Lås	1,5	49,0	121,6	49	100,0
3	Lås	1,7	76,0	77,4	76	100,0
4	Lås	2,0	43,2	44,3	43,2	100,0
5	Lås	2,1	229,8	298,4	229,8	100,0
7	Lås	1,7	96,2	204,9	96,2	100,0
14	Lås	2,3	222,3	325,5	222,3	100,0
25	Lås	1,6	25,6	43,6	20,3	79,4
37	Lås	2,0	41,6	28,5	36,1	86,9
1	Transportkar	2,9	305,3	129,4	305,3	100,0
2	Transportkar	2,8	243,8	126,7	243,7	99,9

### Skader i huden

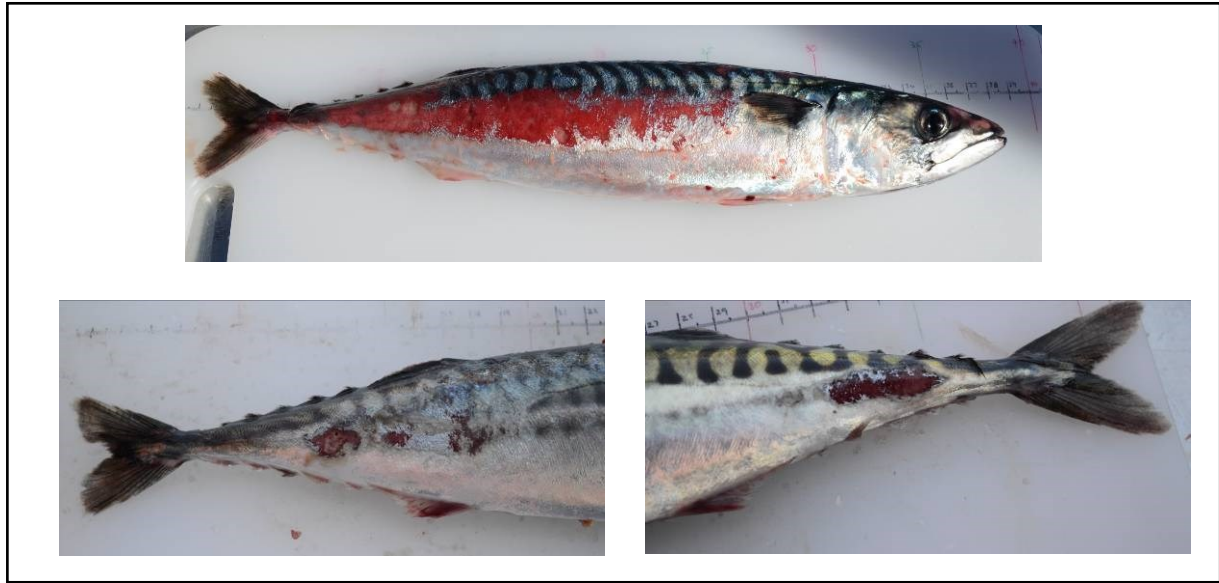
De første 3 dagene av forsøket hadde fisken i merdene få synlige skader (Tabell 4). Når man så på fisken fra overflaten kunne man se enkeltindivider med lette skader på snuten, trolig forårsaket av kollisjoner med nettveggene. Etter noen dager ble det imidlertid observert økende frekvens av skader langs sidene (Figur 12), antagelig forårsaket av kontakt med nettet i nota og muligens annen fisk under fangst og overføring til merd. Det var midnattssol i området mens forsøkene pågikk, så det burde normalt ikke være noe problem for fisken å orientere seg visuelt i forhold til merdveggene. Videoobservasjonene viste da også fisken unngikk nettet så godt det lot seg gjøre når den ikke var stresset, men kollisjoner mellom nett og fisk kunne skje når den ble skremt. Det syntes som om fisk med skaller utviklet en mindre strukturert stimatferd enn de som var uskadet, og de syntes også å holde seg nærmere overflaten. Fra dag 7 sank imidlertid frekvensen av skadet fisk og holdt seg lav til etter dag 25. Vi vet ikke om dette skyldtes at sår ble helet eller at fisk med skader døde. Like før avslutning av forsøket økte skadefrekvensen igjen parallelt med en sterk begroing av merdene. Ved avslutningen hadde omtrent halvparten av fisken i merd 1 og 2 (som ble satt ut to uker før merd 3) synlige skader (Figur 13), mens det var 20 % skader i merd 3.

Det er vanskelig å si i hvor stor grad disse skadene har ført til dødelighet mens forsøket pågikk. Imidlertid må de ha virket inn på fiskens velferd, og ville trolig ha ført til dødelighet på sikt.

Tabell 4. Andel fisk med synlige hudskader (små og store) i merd 2 gjennom forsøket.

Dag	Andel fisk med hudskader (merd 2)	Antall fisk undersøkt
0	0	35
1	0	35
3	0	35
5	25,9 %	27
7	31,4 %	35
14	0	35
25	2,9 %	35
38	49,0 %	100

I den første delen av forsøksperioden antas de observerte skadene å være forårsaket av håndtering under fangst og overføring til slepemerd, sleping til låsettingsplassen, og videre av overføring og tilvenning til lagringsmerder. Den økende skadefrekvensen i slutten av forsøkene har høyst sannsynlig sammenheng med begroing av merdene, som førte til at veggene bulte innover ("klappet sammen") og volumet der fisken kunne bevege seg ble sterkt begrenset. Sannsynligheten for å kolliderer mot nettveggene ble betydelig større. At det var lavere dødelighet i den merden som ble satt ut sist og var minst begrodd (merd 3) viser også at begroing var et problem for fiskens velferd. Denne langtidsdødeligheten kunne antagelig vært forhindret ved å bytte ut merdene når de begynte å bli begrodd.



Figur 12. Skader observert dag 7. Øverst: Alvorlig sårskade ("sviskade") i huden langs høyre flanke. Nederst: mer avgrensede sår i huden bakover mot halefinnen. Den venstre fisken har også finne-slitasje.



Figur 13. Typiske sårskader, dag 38. Øverst til venstre: sår på snuten. Øverst til høyre: åpne sår langs buken. Nede: Sår ("sviskader") langs flankene.

### Atferdsobservasjoner

Behandlingen av fisken under fangst og overføring til slepemerd var svært forsiktig og skånsom. Det ble brukt lang tid, 1 time og 45 minutter fra nota ble satt til overføring til slepepose var fullført, og det oppsto ingen synlig panikkatferd. Under overføringen stimet makrellen rolig over fra not til merd.

Gjennom låsettingsperioden sirklet makrellen rundt i merdene i en strukturert stim, ofte såpass raskt at det oppsto en vortex (virvel) midt i merden. Denne atferden kunne ofte bli avbrutt av utbrudd av panikkatferd der fisken brå-vendte og den strukturerte svømmeatferden opphørte en kort periode. Fisk ble da observert å kolliderer med nettveggene, enkeltindivider spratt i overflaten ("kokte") og noen hoppet til og med over flåa. Disse utbruddene kunne utløses av ulike årsaker, slik som at en båt nærmet seg, kamera ble senket ned, prøvetaking og filming, tilstedeværelse av predatorer ved merdene, fugl som fløy over merdene, mv. Det skulle svært lite til for å utløse slike utbrudd, noe som tydet på at makrellen generelt hadde et høyt stressnivå. Under avslutningen av forsøkene fant man flere torsk inni merdene, og under filming av merdene ble det ofte sett store torsk som sto utenfor merdene og forsøkte å beite på makrellen. Dette må ha virket skremmende på fisken.

## Diskusjon

Dette forsøket har vist at det er mulig å holde makrell i merd i Lofotenområdet gjennom flere uker om sommeren med akseptabel lagringsdødelighet dersom den røktes godt. Dette er på linje med det som tidligere er dokumentert av Juell et al. (1998) som holdt makrell i merd i Austevoll fra oktober til juni. I disse forsøkene ble imidlertid fisken fóret, og man fant at fisken økte i vekt så sant sjøtemperaturen lå over ca. +5°C. I våre forsøk forsvant det et betydelig kvantum fisk fra merdene av ulike årsaker selv om den generelle dødeligheten var relativt lav inntil siste del av forsøksperioden. Da økte dødeligheten i de to merdene som hadde stått lengst i sjøen og som var begynt å bli svært begrodd. Dette kunne trolig vært unngått ved å bytte merder tidligere. Det største kvantumet av fisk som forsvant, gjorde dette av andre årsaker, slik som predasjon fra fisk og fugl, "turistfiske" og rømming over flåa.

Det blir ofte antatt at makrellen trives best i relativt høye sjøtemperaturer (over 7°C). Under disse forsøkene sank temperaturen i sjøen fra 13 til 7°C i løpet av 3 dager. Dette så makrellen ut til å tåle. Imidlertid ble det under Havforskningsinstituttets tokt i nordlige Norskehavet i juli 2013 registrert makrell i havområder med temperaturer ned til 4.5 °C, og man har også tidligere registrert beitende makrell ned til 6°C (Leif Nøttestad, Havforskningsinstituttet, pers. medd.). Når temperaturen synker under ca. 5°C over tid, antar man at makrellen kan få problemer med stoffskiftet.

Hensikten med forsøkene sommeren 2013 var bl.a. å undersøke om langtidslagring av makrell kunne gi opphav til en lønnsom næring for fiskerne i områdene i nord der fiske etter makrell har utviklet seg de siste årene. For at dette skal kunne skje, må flere kriterier være oppfylt: Låsettingen må føre til en kvalitetsforbedring av fiskekjøttet og gi økte priser som kompensasjon for fisketap og arbeidsinnsats ved røkting over lang tid. I disse forsøkene, hvor makrell ble lagret i merd i ca. 5,5 uker, ble antall fisk i merdene omtrent halvert i løpet av lagringsperioden. I tillegg gikk individvekten ned med 4 til 7 % over samme tidsperiode. Dersom man i dette tilfellet skulle få lønnsomhet ut av

fangsten, måtte prisen på det lagrede råstoffet mer enn dobles i forhold til direkte levert makrell. Sannsynligheten for en slik prisutvikling er liten.

Et viktig aspekt når vill fisk holdes i fangenskap over tid er hensynet til fiskens velferd. I disse forsøkene viste det seg at en del fisk utviklet skader og slitasje i hud, snuter og finner. I løpet av forsøksperioden var det to topper i skadefrekvens. Først observerte man sårskader på enkeltfisk noen få dager etter fangst og overføring til merd. Deretter utviklet det seg skader i de siste par ukene før avslutning. Skadene i de første par ukene var trolig en konsekvens av fangst, tauing, overføring til merder og tilvenning til fangenskap, mens de som senere hadde en sammenheng med begroing av merdene. Skadene som oppsto i den første perioden må forventes dersom vill fisk skal låsettes. Skadene som oppsto i siste del av forsøket burde imidlertid kunne reduseres med bedre røkting av fisken (skifte av merder ved begroing).

Makrell er en livlig og lettskremt art som ble synlig nervøs og stresset av all uro i området rundt merdene og av håndteringen som må til for røkting. De reagerte på stimuli med panikkatferd som blant annet medførte at fisk hoppet over flåen og kolliderte med nettveggene. Ett annet synlig tegn på redusert trivsel var at individvekten sank i løpet av perioden fisken sto i lås. Dette er neppe forenlig med god fiskevelferd, og heller ikke gunstig sett fra en økonomisk synsvinkel. For å få et mål på fiskens stressnivå, var planen å analysere stresshormoner og andre fysiologiske indikatorer på velferd i blodprøver som ble samlet inn gjennom låsettingsperioden. Imidlertid ble budsjettet for fase 2 såpass redusert i forhold til den opprinnelige planen at dette ikke lot seg gjøre.

## **Konklusjon på feltforsøkene**

Det er praktisk mulig å holde makrell i steng over flere uker om sommeren i nord under forutsetning av at den røktes godt. Men, i disse forsøkene ble kvantum fisk som ble låssatt omtrent halvert gjennom lagringsperioden og vektene av enkeltfisk gikk ned. I tillegg skal fiskeren ha lønn for arbeidet med låsetting og røkting. Dersom langtidslagring skal gi grunnlag for en lønnsom næring, må prisene kompensere for dette, noe som bare kan skje dersom kvaliteten bedres betydelig som et resultat av lagringen og/eller at fisken lagres til et tidspunkt der det er større etterspørsel og høyere pris i markedet. Analysene i de følgende kapitlene vil kunne gi en indikasjon på om en slik kvalitetsgevinst er oppnåelig.

## DEL 2: TEKSTUR OG STRUKTUR

### Metodebeskrivelse

Prøveuttak og forsøksoppsett for makrellgruppene som er analysert og vurdert i denne delrapporten er beskrevet i detalj i del 1.

Det ble utført analyser av tekstur og muskelstruktur fra henholdsvis 8 og 5 grupper makrell:

Gruppe	Tekstur	Histologi
Dag 0 låssetting	10 fisk	3 fisk x 3 lokasjoner
Dag 1 låssetting	10 fisk	-
Dag 3 låssetting	10 fisk	3 fisk x 3 lokasjoner
Dag 7 låssetting	10 fisk	-
Dag 14 låssetting	10 fisk	3 fisk x 3 lokasjoner
Dag 25 låssetting	10 fisk	-
Dag 37 låssetting	10 fisk	3 fisk x 3 lokasjoner
Transportkar (dag 2 etter slakt)	10 fisk	3 fisk x 3 lokasjoner

### Teksturanalyser

Filetene til teksturmåling ble tinet ved romtemperatur før måling. Tekstur av fileter ble målt instrumentelt ved hjelp av Texture analyser (TA-XT2, Stable Micro Systems Ltd), og bruk av en sylinder (7 mm diameter, type P/0,25) samt press perpendikulært i forhold til muskelfiberretningen ved en hastighet på 1 mm/s. Sluttpunkt ved målingen var ved 90 % av initiale filethøyde. Antall fisk fra hver uttaksgruppe var n=10, og 3 punkter langs fileten ble målt for hver fisk. Følgende parameter ble registrert fra resulterende tid-kraft kurven: Kraft (N) for punktering filet overflaten, og kraften målt ved 60 % kompresjon (F60).

### Prøveopparbeiding til histologi

Ved slaktetidspunktet ble muskelprøver fiksert i 0,1 M PIPES med 2,5 % glutaraldehyd. Fra hver fisk ble det tatt prøver fra tre lokasjoner innover i muskulaturen: ytterst mot skinnsiden, innerst mot ryggspylen, og et område mellom disse (midten). Ved ankomst NOFIMA ble prøvene finsnittet før de ble støpt inn i plast (Technovit 7100). Tverrsnitt på 3 µm ble snittet ved bruk av rotasjonsmikrotom

(Leica RM2165) og videre montert på poly-L-lysine objektglass før farging med 0,1 % toulidine blå (Sigma Aldrich). Snittene ble analysert mikroskopisk (Carl Zeiss Microimaging GmbH), og tre representative bilder ble tatt fra hver lokasjon og satt sammen for å representere et større område ved bedømming. Antall fisk fra hver uttaksgruppe var n=3.

#### Visuell bedømming av muskelstruktur

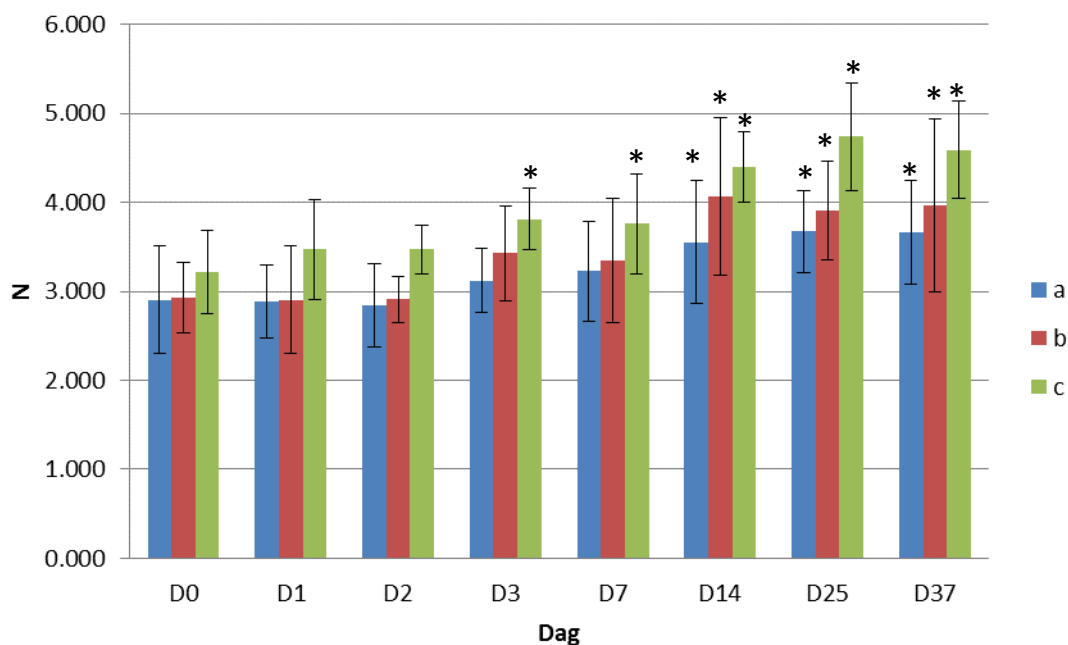
Bildene fra alle fiskene ble først vurdert individuelt av 5 kvalifiserte personer ved NOFIMA, før en felles diskusjon ble utført for å plukke ut de mest representative bildene fra hver makrellgruppe og hver lokasjon på fileten. Disse bildene ble videre vurdert opp mot hverandre for å finne mulige muskelstrukturendringer mellom lokasjonene og makrellgruppene. Til slutt ble konklusjonene fra denne vurderingen sammenlignet med alle fiskene fra hver makrellgruppe, som en ekstra kvalitetsforsikring.

## Resultater

### Tekstur

Det ble målt tekstur på fileter fra fisk etter ulike tidspunkter av låssetting (dag 0, dag 1, dag 3, dag 7, dag 14, dag 25 og dag 37). Teksturanalysene viste en signifikant økning i fasthet etter dag 3 med låssetting, og med høyeste verdier i slutten av låssettingsperioden (Figur 1). Fasthet i fileten økte tidligere i bakre del i fileten sammenliknet med fremre parti i fileten (c vs. a). Ved dag 3 i låssettingsperioden var det relativt liten forskjell i fasthet sammenliknet med fisk som ikke var låssatt (dag 0). Det var derimot en tydeligere forskjell i fasthet etter dag 25 og dag 37 i låssettingsperioden.

### Tekstur i makrell ved Force 60



Figur 1. Teksturanalyse av fileter fra fisk etter ulike tidspunkter i låssettingsperioden.

## Muskelstruktur

### Lokasjonsforskjeller

Bildene ble vurdert innen hver makrellgruppe for å avdekke mulige endringer i muskelstrukturen fra de tre lokasjonene: ytterst mot skinnsiden, midten og innerst mot ryggsøylen. Ingen framtrepende forskjeller ble observert mellom de tre lokasjonene fra makrellgruppene. På bakgrunn av dette valgte vi å fokusere den videre vurderingen på bilder som ble tatt fra midtlokasjonen på filetene.

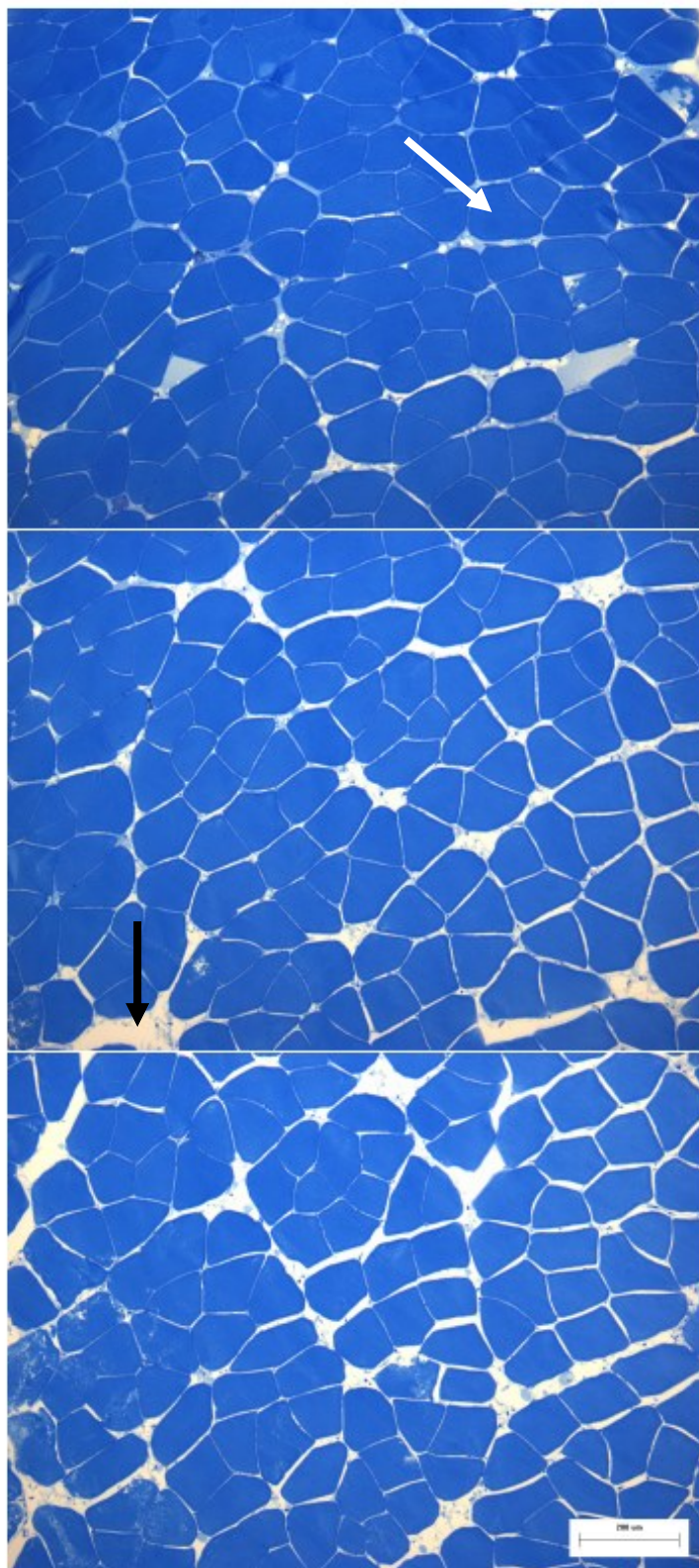
### Forskjeller mellom de ulike låssettingsgruppene

Representative bilder fra midtlokasjonen til én fisk per gruppe er angitt i Figur 2-6. Bildene ble vurdert for fettavleiringer, bindevevsstruktur, muskelfiberstruktur og størrelse.

I både prøve fra transportkar (dag 2) samt dag 0 og dag 37 etter låssetting var det en tettpakket struktur av muskelfibre, mens det ved dag 3 og dag 14 etter låssetting var en mye løsere pakking av muskelfibrene og mer oppsplitting mellom muskelfibrene. I gruppene ved dag 3 og 14 etter låssetting observerte vi også tilstedeværelse av degenererte muskelfibre. Disse muskelfibrene ser ut til å være i en prosess hvor fibrene er under oppløsning eller en form for nekrose (Figur 7). For gruppen ved dag 14 etter låssetting så vi i tillegg forekomst av krympede muskelfibre (Figur 8), hvor man innenfor cellemembranen finner myofibrillære proteiner som er omgitt av en proteinholdig væske. Forekomst av både degenererte og krympede muskelfibre indikerer at musklene er under stress, og eller bryter ned muskelmasse til energi. Når det gjelder muskelfiberstørrelse, så det ut som om muskelfibrene var noe større ved dag 37 etter låssetting enn ved dag 0.

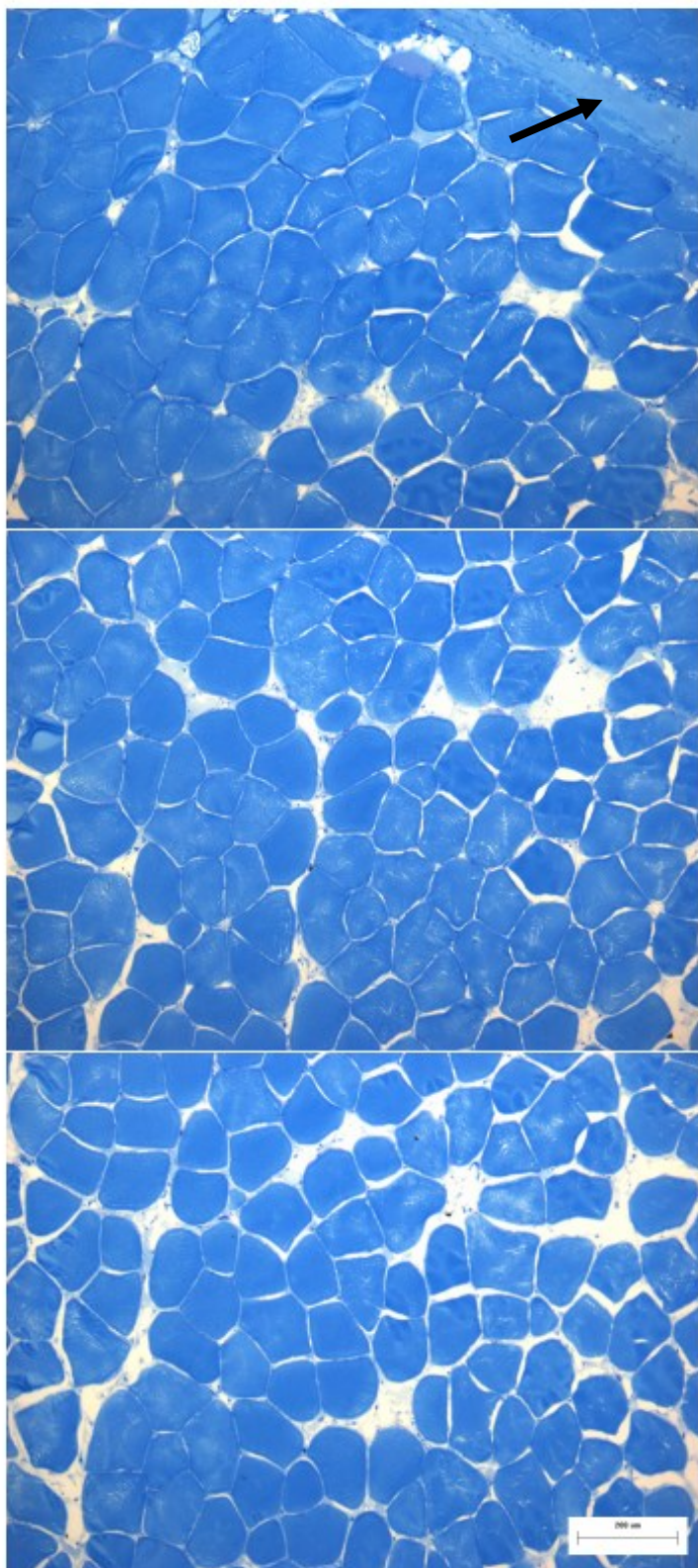
Det var en økende tendens til mer fettavleiring i makrellen som ble slaktet etter 3 og 14 dagers låssetting sammenlignet med de andre gruppene. Vi observerte også stor individvariasjon innen flere av gruppene. Dette er illustrert i Figur 9, hvor samme lokasjon fra to fisk i gruppen ved dag 0 etter låssetting viser en stor forskjell i muskelfibertetthet og bindevevsdrag.





**Figur 2.**

Representativt bilde fra midtlokasjonen hos makrell fra transportkar, dag 2.. Hvit pil viser en muskelfiber, mens svart pil viser et bindevevsområde.

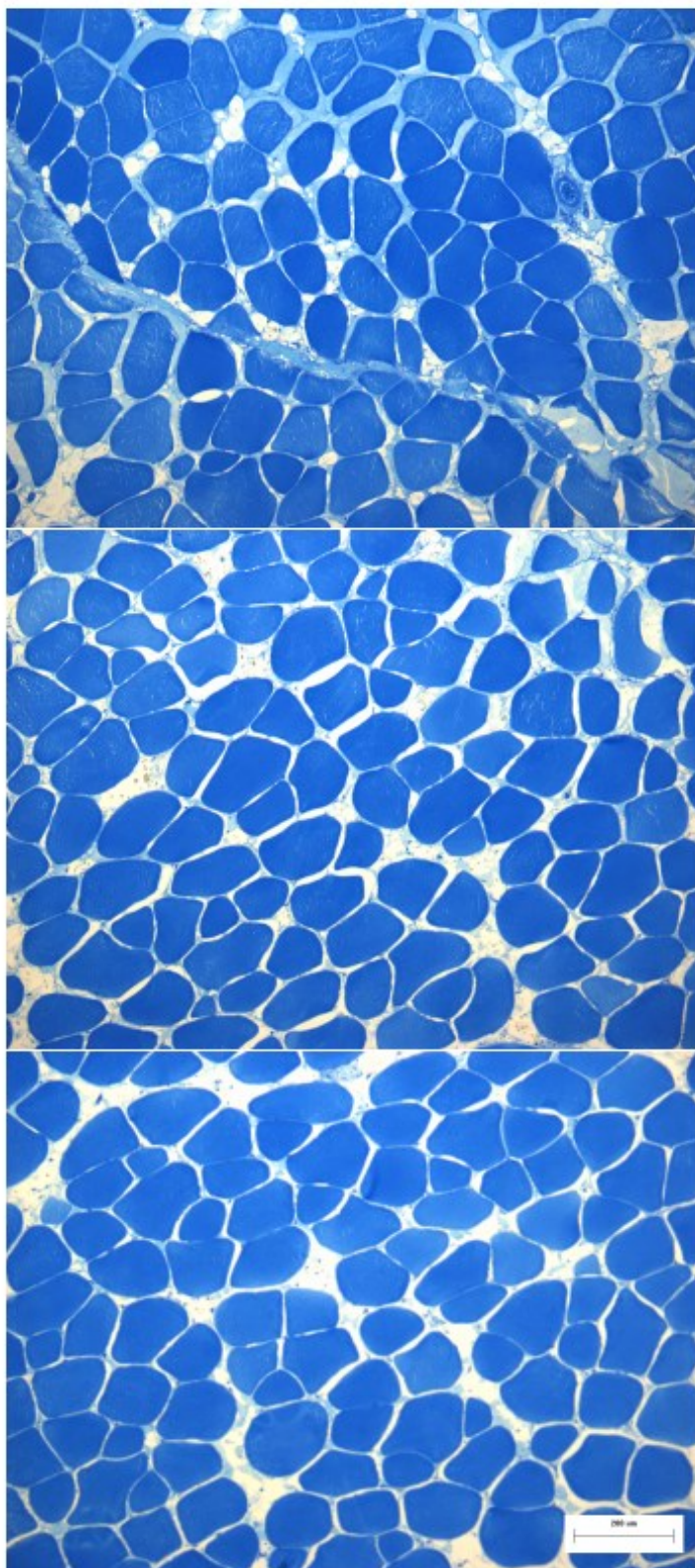


**Figur 3.** Representativt bilde fra midtlokasjonen hos makrell ved dag 0 etter låssetting. Svart pil angir et tykkere bindevevsområde (myocommata).



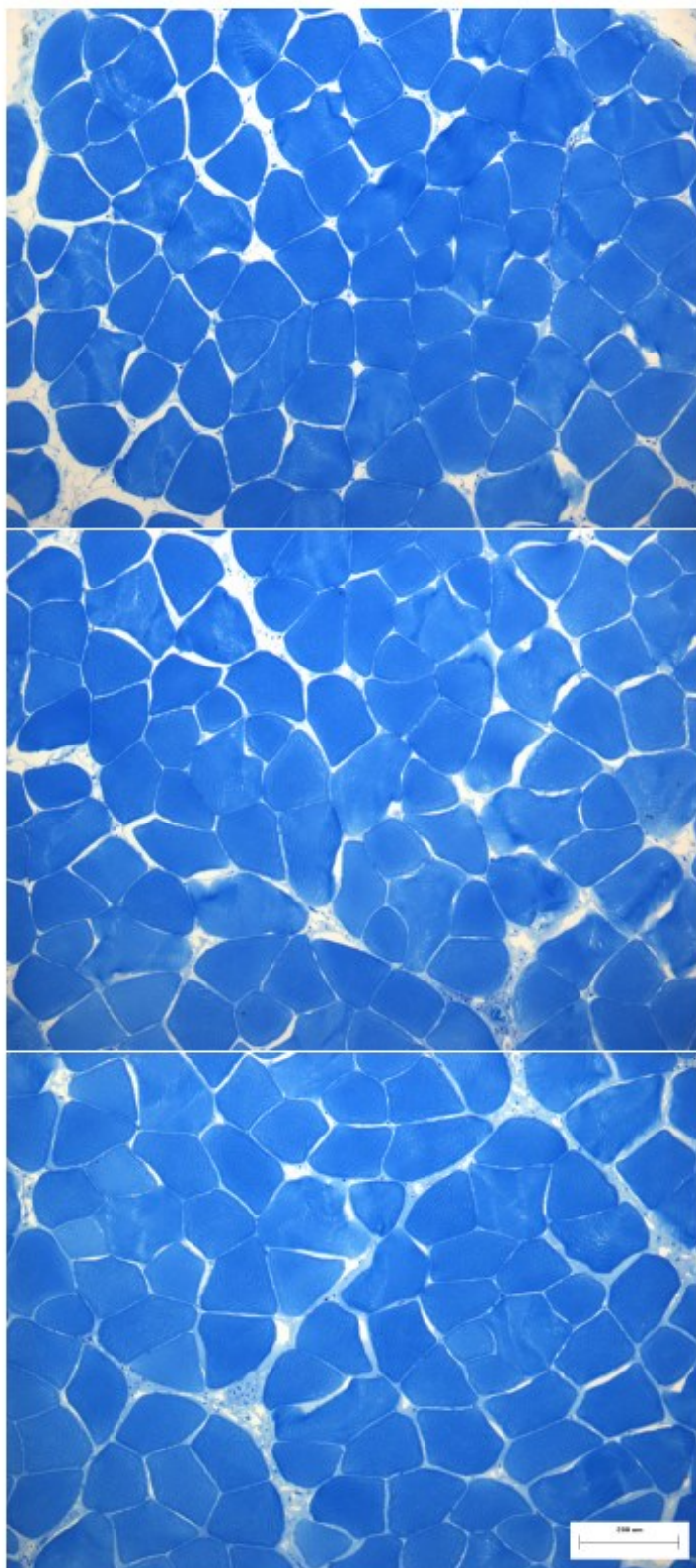


**Figur 4.** Representativt bilde fra midtlokasjonen hos makrell ved dag 3 etter låssetting.

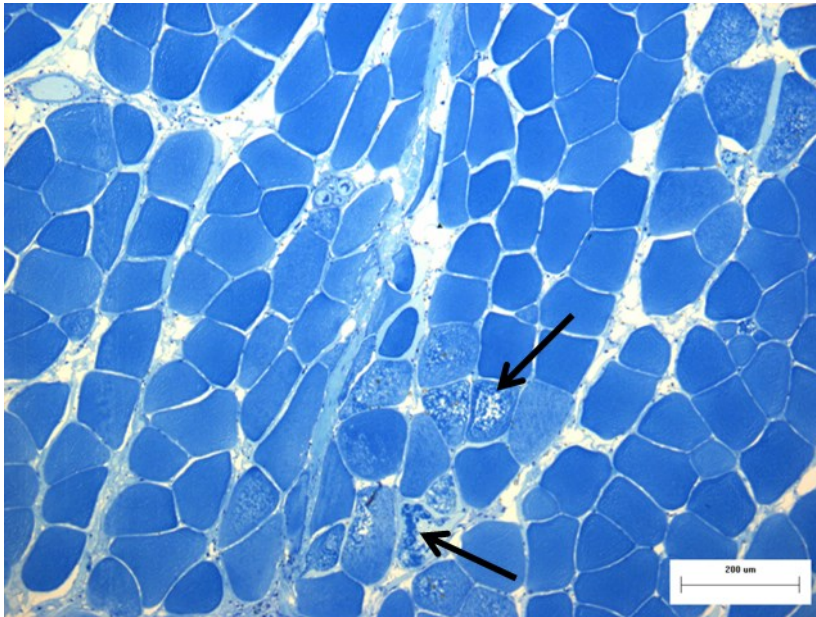


**Figur 5.** Representativt bilde fra midtlokasjonen hos makrell ved dag 14 etter låssetting.

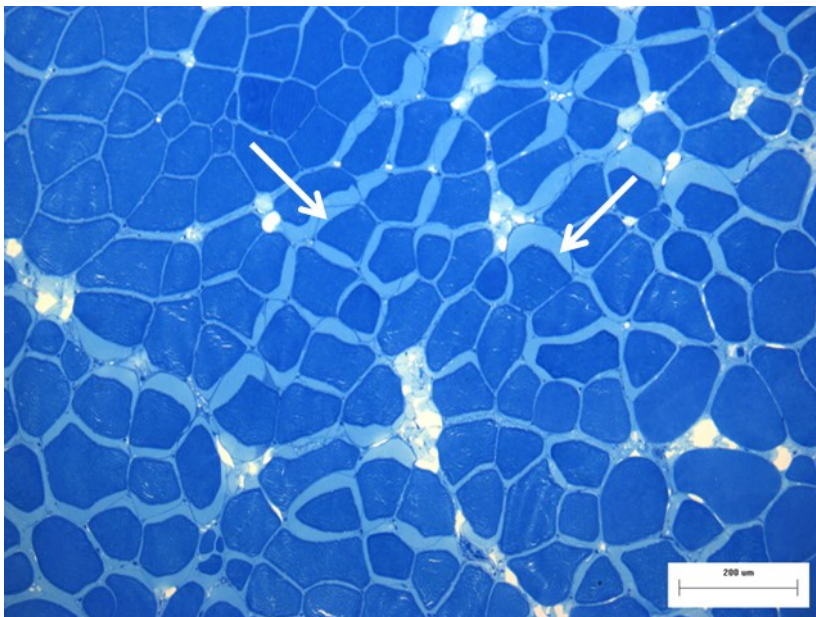




**Figur 6.** Representativt bilde fra midtlokasjonen hos makrell ved dag 37 etter låssetting.

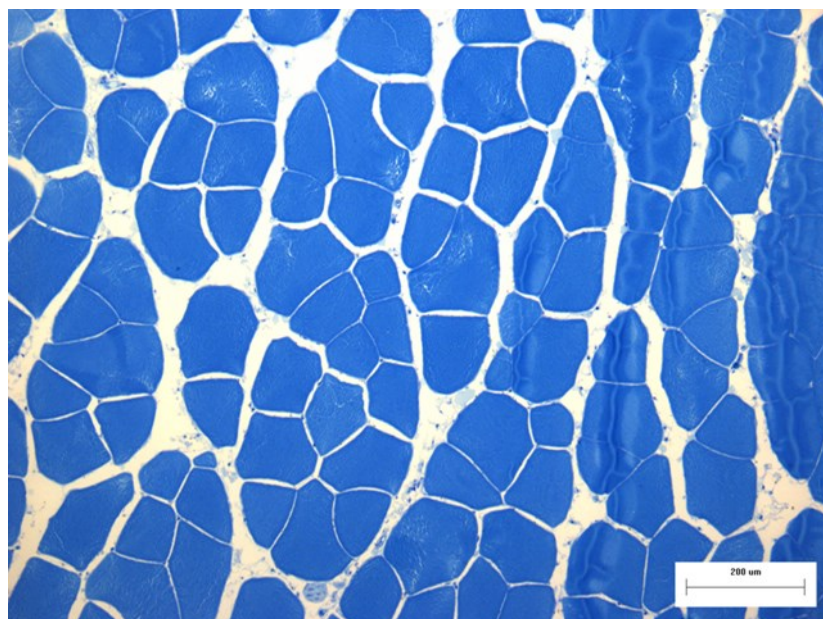


**Figur 7.** Degenererte/nekrotiske muskelfibre. De svarte pilene viser to av flere muskelfibre som befinner seg i en unormal degenerativ tilstand.



**Figur 8.** Krympede muskelfibre. De hvite pilene viser to av flere krympede muskelfibre, hvor man innenfor en intakt cellemembran finner myofibrillære proteiner (mørke blå) omgitt av en proteinholdig væske (lyseblå).





**Figur 9.** Eksempel på individvariasjon innen en makrellgruppe.

## Diskusjon og konklusjon

Det ble utført analyser av tekstur og muskelstruktur for å undersøke om låssetting kunne ha en effekt på disse parametrene. Ved en histologisk vurdering, ser det ut som om musklene i den første perioden etter låssettingen (dvs. etter 3 og 14 dagers låssetting) går inn i en noe unormal tilstand, med både nedbryting og krymping av muskelfibre, samt mindre tettpakkede muskelfibre. Etter 37 dagers låssetting ser det ut som om musklene nærmer seg en normaltilstand igjen (dvs. lik kontrollgruppen og dag 0 låssettingsgruppen), men med noe større muskelfibre. Forekomst av både degenererte og krympede muskelfibre indikerer at musklene er under stress, og eller bryter ned muskelmasse til energi ved sult (Beardall et al. 1983, Rios et al., 2009). Når det gjelder muskelfiberstørrelse, så det ut som om muskelfibrene var noe større ved dag 37 etter låssetting enn ved dag 0. Større muskelfibre etter dag 37 i låssettingsperioden kan være noe av forklaringen på den høyere teksturen/fastheten målt instrumentelt i slutten av låssettingsperioden. Parametere som størrelse på fisk, muskelfiberstørrelse, og mengde bindevev er kjent å kunne gi fastere tekstur (Johnston 1999, Tingbø et al. 2005). . Tekstur er blitt målt på tinte prøver som kan ha påvirket absolutte verdier, men alle fileter er gjennomgått samme infrysing/tining for sammenlikning av de ulike prøvene.

Kort oppsummert antyder disse resultatene at låssetting av makrell kan påvirke muskelstrukturen. Flere analyser i forhold til parameter som størrelse på fisk, muskelfiberstørrelse og mengde bindevev vil være nødvendig for endelig kunne forklare mulig årsak til økte teksturverdier utover i låssettingsperioden på makrellfilet.



## DEL 3: KOMMERSIELL KVALITETSBEDØMMELSE

---

### Innledning

Denne kvalitetsbedømmelsen er tatt med som et supplement til NOFIMA sine analyser av tekstur og struktur gjennom låsettingen. Det ble her gjort en generell kvalitetsbedømming i henhold til bedømming av makrell som skal til Asia. Denne bedømmingen ble utført av Rune Hoddevik fra Pelagia AS som har lang erfaring med kvalitetsbedømming sammen med japanske kvalitetskontrollører.

Fisken ble tatt fra ett kast i juni 2013 ved Henningsvær, overført til merd og holdt der i 37 dager. Det ble tatt prøver og lagt på husholdningsfrys dag 0, 1, 3, 7, 14, 25 og 37. I tillegg ble en prøve fra kastet lagt på is og tatt prøver av etter 1 og 2 dager.

Fisken som ble kontrollert var altså rundfrossen og ble tint på kjøøl over natt. Det er noe usikkert hvor mye bukspreng kan ha utviklet seg under innfrysing og tining.

Fisken ble vurdert på utseende inklusiv gjeller, om den var buksterk eller buksvak på en skala fra 1 til 3, på mengden åte fra 1 til 3 og på fasthet av kjøttet fra 1 til 3. Kontrollen ble gjennomført i samarbeid med prosjektledelsen uten av kontrollør visste hvilken del av forsøket de ulike prøvene kom fra slik at bedømmelsen skulle være så nøytral som mulig.

### Resultater

Hovedinntrykk er at det er lite fett og mye vann i fileten, og dette gjør at fisken får noe bløt konsistens på kjøttet og gjør kanskje også at den blir spaltete («meatcrack»). Fisken hadde åte i seg både ved fangst og gjennom låsettingen, og mye åte ga bukspreng. Det at fisken tydeligvis spiste gjennom hele låsettingen og ikke gikk seg återen (slik silden gjør), gjorde at bukspreng ikke avtok gjennom låsettingen.

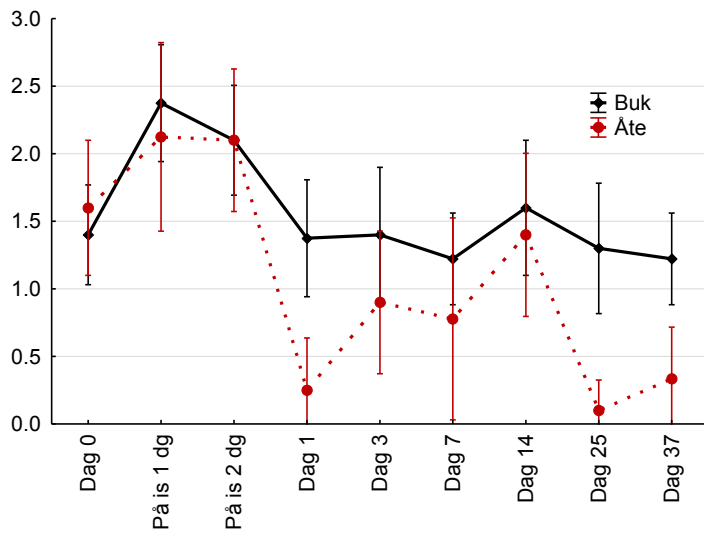
Japanere godtar ikke mer enn noen prosent bukspreng. Den minste fisken 2-400 og 3-500 får lettest bukspreng, mens større fisk er sterkere. Fisken i dette forsøket var relativt liten med bare noen få G6, og dette kan ha gitt mer bukspreng enn om det hadde vært større fisk.

Fastheten endret seg ikke noe vesentlig gjennom låsettingen. Det var en og annen fisk som var bløt i de fleste prøvene, men dette kan ha vært fisk med softflesh. Det meste av fisken hadde fasthet 1 med litt spalting. I forhold til høstmakrell med fasthet 1 var fisken i dette forsøket litt bløtere.

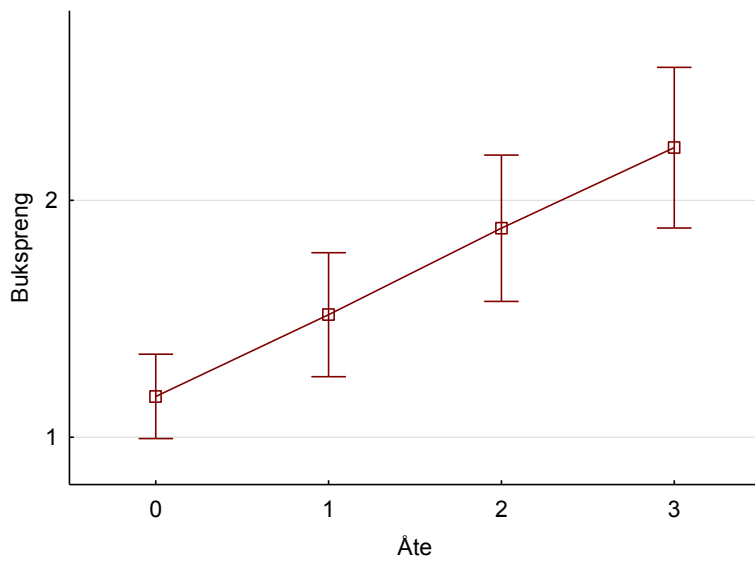
Fileter fra det samme forsøket ble analysert for tekstur hos NOFIMA, og disse analysene viste at fastheten økte gradvis gjennom hele låsettingen, med for eksempel 37 % økning i fasthet fra dag 0 til dag 14 på den fasteste delen av fileten. Det er mulig at disse endringene ikke var store nok til at de gjorde utslag i kvalitetsinspeksjonen, men det er også mulig at raskere innfrysning av filetene og ingen påvirkning fra åte i disse gjorde at konsistensen ble annerledes enn den rundfrost fisken som ble kvalitetsbedømt. Nedfrysning i husholdningsfryser ga trolig lenger innfrysning enn i en kommersiell frysetunell, slik at buksprengingen kan ha kommet lenger i dette forsøket enn den ville gjort kommersielt. Av disse to metodene er det likevel den rundfrosne fisken som ble kvalitetsbedømt som trolig ligger nærmest det kommersielle produktet.

**Konklusjonen** blir at låsettingen ikke bedret kvaliteten på fisken nevneverdig.

Figurer og tabeller de neste sidene illustrerer resultatene.

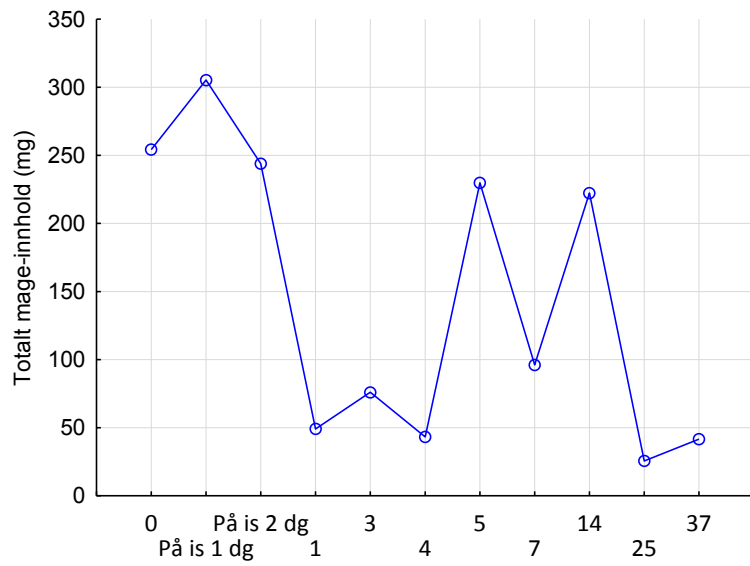


Figur 14. Utvikling av bukspreng og åteinnehold gjennom låssetting. Noe fisk fra kastet ble også lagret på is og tatt prøver av etter 1 og 2 dager for å simulere direktelevering. Usikkerhet er tatt med som +/- 95% konfidensintervaller.

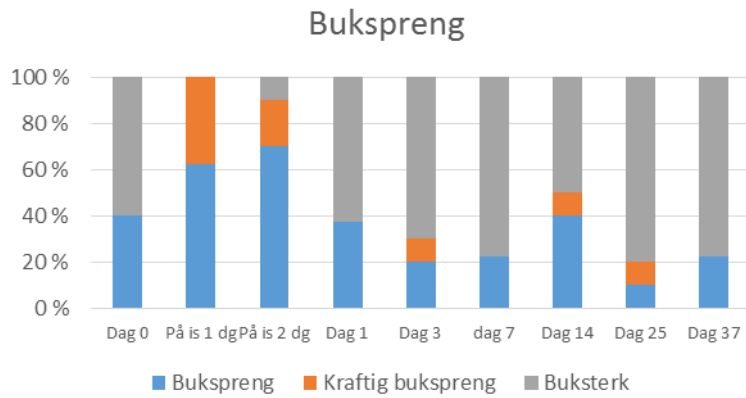


Figur 15. Sammenhengen mellom åte i fisken kategori 1 til 3 og bukspreng kategori 1 til 3. Usikkerhet er tatt med som +/- 95% konfidensintervaller.

## Låssetting av sommermakrell



Figur 16. Vekt av åte fra mageprøver fra samme forsøket, hentet fra delrapporten fra feltforsøket.



Figur 17. Andel makrell med bukspreng eller kraftig bukspreng gjennom låssetting og lagring på is.

## Låssetting av sommermakrell

Tabell 5. Vurdering av de ulike prøvene fra låssettingen. Utseende 1 er normalt, 2 er noe nedsatt. Bukspreg 1 er buksterk, 2 er bukspreg / buksvak og 3 er kraftig bukspreg. Fasthet 1 er normalt og 2 er bløt.

	Fisk 1	Fisk 2	Fisk 3	Fisk 4	Fisk 5	Fisk 6	Fisk 7	Fisk 8	Fisk 9	Fisk 10
<b>Dag 0 rett fra kastet</b>										
Vekt	382	370	368	415	408	331	598	427	432	382
Utseende	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bukspreg	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1
Bukhinne	svak	svak	sterk	sterk	sprengt	litt sprengt	sterk	sterk	sterk	sterk
Åteinhold	2	1	1	1	2	3	1	2	1	2
Fasthet	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1
							Meat crack og mye spalting			
Kommentar	Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting
<b>På is etter en dag</b>										
Vekt	454	460	400	350	480	400	408	427		
Utseende	1	1	Gjeller 2 ellers fin	1	1	1		1		
Bukspreg	2	2	2	2	3	3	3	2		
Bukhinne	buksvak	svak	svak	svak	svak	svak	sprengt	svak		
Åteinhold	2	3	3	2	3	1	1	2		
Fasthet	1	1	1	1	2	1	1	1		
	åtespreg				mye	Skadet buk	Bblood spot kjøtt litt spalting			
Kommentar	Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting	spalting	litt spalting	spalting	Litt spalting		
<b>På is etter 2 dager</b>										
Vekt	523	432	457	460	430	474	560	455	422	445
Utseende	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bukspreg	2	2	2	1	2	3	2	2	2	3
Bukhinne	sprengt	bukspregt	sprengt	sterk	sprengt	sprengt	svak	sprengt	sprengt	sprengt
Åteinhold	1	2	2	1	3	2	3	2	2	3
Fasthet	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	liten bukskade									
Kommentar	Litt spalting	bloodspot	Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting
<b>D1</b>										
Vekt	447	435	378	411	400	401	411	428		
Utseende	1	1	1	1	1	1	1	1		
Bukspreg	2	1	2	1	1	1	1	2		
Bukhinne	svak	sterk	sprengt	sterk	sterk	sterk	sterk	svak		
Åteinhold	0	0	1	0	0	0	0	1		
Fasthet	2	1	2	1	1	1	1	1		
Kommentar	Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting		
<b>D3</b>										
Vekt	499	379	523	455	453	381	518	402	532	400
Utseende	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bukspreg	1	1	1	2	1	2	1	1	1	3
Bukhinne	Fast	Sterk	Sterk	Litt svak	fast	litt svak	sterk	sterk	sterk	svak
Åteinhold	0	0	2	1	1	2	0	1	1	1
Fasthet	2	1	2	1	1	2	1	1	1	1
Kommentar		Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting	sprengt
<b>D7</b>										
Vekt	438	400	435	380	412	354	362	411	450	
Utseende	Skinnskader	1	1	1	skinnskade	1	1	skinnskade	1	
Bukspreg	1	1	2	1	1	1	2	1	1	
Bukhinne	sterk	sterk	svak	sterk	sterk	sterk	sprengt	sterk	sterk	
Åteinhold	0	1	3	0	0	1	1	0	1	
Fasthet	1	1	2	1	2	2	2	1	1	
	Sårskader				mer		Litt spalting			
Kommentar	Litt spalting	Litt spalting	blood spot	Litt spalting	spalting	Litt spalting	meatcrack	Litt spalting	Litt spalting	

Tabellen fortsetter neste side.

Låssetting av sommermakrell

Tabell 1 fortsatt.

<b>D14</b>											
<b>Vekt</b>	377	276	461	552	360	481	347	337	351	335	
<b>Utseende</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
<b>Bukspreng</b>	2	2	1	1	3	2	1	2	1	1	
<b>Bukhinne</b>	spreng	spreng	litt buksvak	sterk	spreng	spreng	sterk	litt svak	sterk	buksterk	
<b>Åteinnhold</b>	2	1	2	1	2	3	1	1	1	0	
<b>Fasthet</b>	2	1	1	2	2	2	1	1	1	1	
<b>Kommentar</b>	Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting og bloodspot	Litt spalting	Litt spalting	kjøttskade	Rennende åt og litt spalting	Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting	skinnskade
<b>d25</b>											
<b>Vekt</b>	389	380	378	348	400	370	437	400	370	357	
<b>Utseende</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
<b>Bukspreng</b>	1	1	1	3	1	1	1	1	1	2	
<b>Bukhinne</b>	fast	fast	fast	svak	sterk	st	st	st	st	svak	
<b>Åteinnhold</b>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
<b>Fasthet</b>	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	
<b>Kommentar</b>	Større rogn	Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting	
<b>D37</b>											
<b>Vekt</b>	454	409	466	477	377	431	370	398	402		
<b>Utseende</b>	1	2	2	2	1	1	1	2	1		
<b>Bukspreng</b>	1	1	1	2	2	1	1	1	1		
<b>Bukhinne</b>	sterk	sterk	sterk	svak	svak	men svak	litt svak	sterk	sterk		
<b>Åteinnhold</b>	0	0	0	1	0	1	1	0	0		
<b>Fasthet</b>	2	1	1	2	1	1	1	1	1		
<b>Kommentar</b>	Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting	Litt spalting		

## KONKLUSJON

Forsøkene viste at det er praktisk mulig å holde sommermakrell i steng over flere uker under forutsetning av at fisken røktes godt. Når man etter dette prosjektet er fullført ikke uten videre kan anbefale langtidslagring av makrell, har det flere årsaker:

- Det forsvant stadig fisk fra merdene selv om det tilsynelatende var liten dødelighet. Dette skyldtes faktorer som predasjon, rømming, turistfiske og også noe dødelighet. Til sammen var kvantumet som ble satt i merd da forsøket ble innledet omtrent halvert ved avslutningen.
- Individvekten hos makrellen gikk ned gjennom forsøket, om enn bare rundt 5-7 %, slik at kvantumet ble ytterligere redusert i forhold til kvantum som ble satt inn.
- Observasjoner i merdene tydet på at makrellen i merdene hadde en høyt stressnivå. De var svært reaktive, og også histologiske observasjoner kan tyde på høyt stressnivå. Dette er neppe forenlig med god fiskevelferd.
- Selv om de instrumentelle teksturmålingene viste at fastheten i fileten økte gradvis gjennom låssettingen, var det stort sprik i kvalitetsmålingene. Den visuelle inspeksjonen viste lite eller ingen synlig bedring i fasthet over tid. Det er mulig at disse endringene ikke var store nok til at de gjorde utslag i kvalitetsinspeksjonen, men det er også mulig at raskere innfrysning av filetene og ingen påvirkning fra åte i disse gjorde at konsistensen ble annerledes enn den rundfrost fisken som ble kvalitetsbedømt. Nedfrysning i husholdningsfryser ga trolig lenger innfrysning enn i en kommersiell frysetunell, slik at buksprenget kan ha kommet lenger i dette forsøket enn den ville gjort kommersielt. Av disse to metodene er det likevel den rundfrosne fisken som ble kvalitetsbedømt som trolig ligger nærmest det kommersielle produktet. Det var altså ingen entydig kvalitetsgevinst av låssetting.

## REFERANSER

Beardall, C.H., Johnston. I.A. Muscle atrophy during starvation in a marine teleost. Eur. J. Cell Biol. 29: 209-217.

Huse, I., Vold, A. 2010. Mortality of mackerel (*Scomber scombrus* L) after pursing and slipping from a purse seine. Fisheries Research 106: 54-59.

Johnston, I.A. 1999. Muscle development and growth: potential implications for flesh quality in fish. Aquaculture 177: 99-115.

Juell, J.-E., Holm, J.C., Hemre, G.I. and Lie, Ø. 1998. Growth and feeding behavior of caged Atlantic mackerel, *Scomber scombrus* L. Aquaculture Research 29: 115-122.

Lockwood, S.J., Pawson, M.G., Eaton, D.R. 1983. The effects of crowding on mackerel (*Scomber scombrus* L) – physical condition and mortality. Fisheries Research 2: 129-147.

Misund, O.A., Beltestad, A.K. 2000. Survival of mackerel and saithe that escape through sorting grids in purse seines. Fisheries Research 48: 31-41.

Rios, F.S.A, Donatti, L., Fernandes, M.N., Kalinin, A.L., Rantin, F.T. Effects of food deprivation in muscle structure and composition of Traira (*Hoplis malabaricus*): Potential implication on flesh quality. *Brazilian archives of biology and technology* 52: 465-471.

Tingbo, M.G., Kolset, S.O., Ofstad, R., Enersen, G. & Hannesson, K.O. 2005. Sulfated glycosaminoglycans in the extracellular matrix of muscle tissue in Atlantic cod (*Gadus morhua*) and Spotted wolffish (*Anarhichas minor*). *Comparative biochemistry and physiology. Part B, Biochemistry & molecular biology* 140: 349-357.