

# Filet av oppdrettslaks: Kvalitetsavvik og årsakssammenhenger

Turid Mørkøre





Nofima er et næringsrettet forskningsinstitutt som driver forskning og utvikling for akvakulturnæringen, fiskerinæringen og matindustrien.

Nofima har om lag 470 ansatte. Hovedkontoret er i Tromsø, og forskningsvirksomheten foregår på seks ulike steder: Ås, Stavanger, Bergen, Sunndalsøra, Averøy og Tromsø.

Hovedkontor Tromsø  
Muninbakken 9–13  
Postboks 6122  
NO-9291 Tromsø  
Tlf.: 77 62 90 00  
Faks: 77 62 91 00  
E-post: [nofima@nofima.no](mailto:nofima@nofima.no)

Internett: [www.nofima.no](http://www.nofima.no)

# Rapport

|  |                       |                                 |
|--|-----------------------|---------------------------------|
| ISBN: 978-82-7251-983-3 (trykt)<br>ISBN: 978-82-7251-984-0 (pdf) | Rapportnr:<br>17/2012 | Tilgjengelighet:<br><b>Åpen</b> |
|--|-----------------------|---------------------------------|

|  |  |   |
|--|--|---|
| <i>Tittel:</i><br><b>Filet av oppdrettslaks: Kvalitetsavvik og årsakssammenhenger</b>  |  | <i>Dato:</i><br>16. april 2012              |
|  |  | <i>Antall sider og bilag:</i><br>59         |
| <i>Forfatter(e):</i><br>Turid Mørkøre  |  | <i>Prosjektnr.:</i><br>20886                |
| <i>Oppdragsgiver:</i><br>Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF)  |  | <i>Oppdragsgivers ref.:</i><br>FHF # 900339 |
| <i>Tre stikkord:</i><br>Oppdrettslaks, Kvalitet, Melanin, Farge  |  |   |
| <i>Sammendrag:</i><br><p>Mørke filetflekker er et kostnadskrevende problem. Videre er avvikende farge en viktig årsak til nedklassifisering av oppdrettslaks. I prosjektet ble det utviklet en enhetlig registreringsmal i samarbeid med næringen. Registreringer etter den nye malen viste større omfang av mørke filetflekker i Sør-Norge (22%) enn i Midt- (15%) og Nord-Norge (12%). Forekomsten var høyest i fremre bukregion. De mørke filet-flekkene bestod av melaninpigmenter, blod eller døde muskelceller/arrvev – eventuelt en kombinasjon av disse. Problemet med mørke filetflekker økte med fiskestørrelsen, i motsetning til melanin i organer som avtok med størrelsen. Laks fra ulike smoltleverandører og sjøvannslokaliteter viste markant forskjell i forekomst av mørke filetflekker, og frekvensen økte etter lang oppholdstid i ventemerid. Resultater fra prosjektet tyder ikke på at vaksine er en viktig årsak til at mørke filetflekker oppstår, og klemskader ved vaksinerer er neppe en viktig årsak til filetflekker i slaktefisk. Vi fant ikke effekt av genetikk, men filetfargen og fastheten i muskel kan forbedres gjennom avl. Kjønnsmoden hanfisk hadde økt forekomst av skjolding av filet. Fôrets betydning er usikker, men det er mulig at nivået av visse fôrkomponenter påvirker bløtningstendenser i muskel. Av prosessbetingelser var det spesielt kort røyketid som ga blekere farge, men også frossent råstoff, PD sykdom og kort tørketid var ugunstige for filetfargen. Mørke filetflekker ble tydeligere etter røyking. Røkte laksefileter bør skjermes for lys for å forsinke bleking av rødfargen ved lagring.</p> <p>Frekvensen av mørke filetflekker varierte betydelig mellom smoltleverandører, sjøvannslokaliteter og i forhold til oppholdstid i ventemerid. Det synes å være ulike årsaker til at det oppstår mørke flekker i hhv. organer, bukvegg og filet. Mørke flekker i ulike deler av filet kan eventuelt også ha forskjellige årsakssammenhenger. Disse indikasjonene bør følges opp i fremtidige studier for å avdekke underliggende årsaker til disse observasjonene.</p> |  |   |

## Forord

Denne rapporten presenterer registreringer og resultater knyttet til avvikende utseende på filet av oppdrettslaks med vekt på mørke flekker i fileten (melanin), utført i perioden juli 2009 - desember 2011.

I studien ble det utviklet en enhetlig mal for registrering av melanin i laksefilet, spesielt tilpasset bruk ved filetanlegg. Det ble innhentet registreringer av mørke flekker i filet etter den utviklede malen ved noen nøkkelbedrifter; til sammen 35.000 enkeltregistreringer. Registreringsarbeidet ved bedriftene var til uvurderlig hjelp for arbeidet med å avdekke frekvens av mørkpigmenterte områder i laksefilet samt også for å finne årsaker til at problemet oppstår. Tusen takk til dere som har registrert, administrert og ekspedert registreringene! I tillegg til registreringsarbeidet, ble utseendet av filet undersøkt gjennom verdikjeden, fra avl/genetikk frem til lagring og røyking av filet. Filetspalting og fasthet ble også undersøkt i enkelte studier. Et nært samarbeid ble knyttet til pågående prosjekter som ikke hadde filetens utseende som forskningstilnærming. Derved fikk vi en kostnadseffektiv utnyttelse av fiskematerialet i allerede pågående prosjekter og en raskere kunnskapsfremgang. Det ble etablert et nært samarbeid med avlselskapet SalmoBreed AS. Ved å samkjøre våre kvalitetsregistreringer med avlselskapets egne registreringer og familiebakgrunn fikk vi også kunnskap om muligheten å oppnå langsiktig fremgang av filetkvalitet gjennom målrettet avl. SalmoBreed bidro dessuten med fisk til registrering av melanin i filet av vaksinert og uvaksinert laks samt også av selektert (dagens oppdrettslaks) og uselektert laks (avkom av villaks). En stor takk til SalmoBreed AS for deres velvilje og bidrag i prosjektet. Mange andre aktører i verdikjeden i norsk oppdrettsnæring har også bidratt med konstruktive innspill, fiskemateriale og kunnskap om markedsrespons på norsk laks (for eksempel ved deling av bildemateriale). Denne dialogen har vært et svært verdifullt og nyttig styringsverktøy i prosjektet.

Styringsgruppen i prosjektet har vært: Camilla Kortsen (Nordlaks), Rudi Jakobsen (Lerøy), Elisabeth H. Kjørnvik (Lerøy M), Trude A. Johnsen (Villa), Jan Vidar Olsen (Raumagruppen). Styringsgruppen hadde en vesentlig rolle i prosjektet. Spesielt hadde gruppen en viktig rolle med å utarbeide malen for registreringer av melanin i filet samt også med å innhente registreringer til databasen. En stor takk til styringsgruppen for konstruktive og praktiske bidrag i prosjektet!

Forskningsaktivitetene ble i hovedsak gjennomført av forskere og teknisk personale ved Nofima, men også Norges veterinærhøgskole (Erling Olaf Koppang) og det spanske forskningsinstituttet ICTAN (Helena Moreno og Pilar Montero) utførte enkelte analyser. Personalet ved Nofima som deltok: Thomas Larsson, Celeste Jacq, Magnus Åsli, Målfrid Bjerke, Hilde Herland, Bjarne Gjerde, Bjørn Gundersen, Åsa Espmark, Bente Ruyter, Celeste Jacq, Jacob Torgersen, Ulrikke Bôtke. Seniorforsker Turid Mørkøre var utførende prosjektleder. Det var et utstrakt samarbeid med andre prosjekt, blant annet med prosjektet: «Automatisk kvalitetsdifferensiering av laksefilet» som var en del av den samme satsningen i FHF mot lakseindustrien. Dette prosjektet var ledet av seniorforsker Karsten Heia. FHF som finansierte prosjektet hadde en aktiv rolle gjennom hele prosjektperioden ved FoU koordinator Kristian Prytz, tusen takk !

Prosjektet har hatt definerte mål, men det har vært rom for justering underveis og for å tilpasse fokus og aktiviteter underveis i henhold til innspill fra næring og marked. Det har vært rom for å takke ja til invitasjoner fra næringen om deltakelse i deres pågående aktiviteter. Dette har vært en svært konstruktiv arbeidsform som har gitt sterk involvering fra oppdrettsnæring og relevant næringsrettet forskning.

# Innhold

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Innledning .....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>2</b> | <b>Målsetting.....</b>  | <b>4</b>  |
| <b>3</b> | <b>Gjennomføring og metode .....</b>  | <b>5</b>  |
| <b>4</b> | <b>Aktivitet 1 .....</b>  | <b>6</b>  |
| 4.1      | Skala for bedømming av mørke filetflekker .....                             | 8         |
| 4.2      | Registreringsmalen med bakgrunnsinformasjon om partiet.....                 | 9         |
| 4.3      | Geografisk inndeling av Norge .....   | 11        |
| 4.4      | Forekomst av mørke filetflekker .....                                       | 12        |
| 4.5      | Sykdom .....  | 18        |
| 4.6      | Vaksineselskaper .....  | 19        |
| 4.7      | Sesongvariasjon.....  | 20        |
| 4.8      | Slakting .....  | 21        |
| 4.9      | Smolt .....   | 23        |
| 4.10     | Fôr .....   | 24        |
| 4.11     | Oppsummering.....   | 24        |
| <b>5</b> | <b>Aktivitet 2 .....</b>  | <b>25</b> |
| 5.1      | Fargestoffer .....  | 25        |
| 5.2      | Karakterisering av mørke filetflekker .....                                 | 26        |
| 5.3      | Avl og genetikk.....  | 30        |
| 5.3.1    | Selektert sammenlignet med uselektert laks – oppdrettslaks vs. villaks .... | 31        |
| 5.3.2    | Variasjon mellom familier .....   | 32        |
| 5.4      | Kjønn og kjønnsmodning .....  | 36        |
| 5.5      | Vaksine .....   | 39        |
| 5.6      | Fôr.....  | 44        |
| 5.7      | Klemskader smolt.....   | 48        |
| 5.8      | Filetfarge .....  | 49        |
| 5.8.1    | Røkt filet – lys påvirker fargeutviklingen ved lagring .....                | 51        |
| 5.9      | Røykeprosess .....  | 53        |
| 5.10     | Oppsummering.....   | 54        |
| <b>6</b> | <b>Sammendrag.....</b>  | <b>56</b> |
| <b>7</b> | <b>Litteratur og presentasjoner fra prosjektet.....</b>                     | <b>57</b> |

# 1 Innledning

Havbruk er en viktig næring som skaper arbeidsplasser og verdier i Norge. Havbruksnæringen skaper også ringvirkninger for leverandørindustrien og foredlingsbedrifter. Atlantisk laks er den viktigste arten i norsk havbruk med en total produksjon på ca én million tonn i 2011. Dette tilsvarer en dobling av produksjonen de siste ti årene. Frankrike er Norges største konsummarked, etterfulgt av Russland og Tyskland. Polen og Danmark er viktige markeder for bearbeiding av norsk oppdrettslaks. I 2010 stod hel, fersk laks for 74 % av den totale eksporten. Det er ønskelig med mer foredling i Norge – her ligger det et stort potensial for verdiskapning og sysselsetting.

Det forventes en kraftig økning i bearbeidingsgraden av oppdrettslaks ved norske anlegg i de nærmeste årene. Laksenæringen har over mange år styrket sin markedsposisjon, med fokus på markedsutvikling og effektiv produksjon, rettet inn mot en global kundemasse. Men næringen kan møte nye utfordringer dersom filet overtar for eksport av rundlaks. Bl.a. vil kvalitetsfeil som tidligere ble håndtert av kundene, opptre i egen bedrift. Eksempler er avvikende utseende, bløt filet og filetspalting. Vi ser stadig nye anvendelser av laks, men særlig har konsumet av rå laks økt kraftig. Det stilles særlig høye kvalitetskrav til foredlede produkter slik som rå laks.

Det er avgjørende at kvalitet av laks tilfredsstiller kundenes forventninger og spesifikasjoner. Sløyd laks eller fileter som ikke oppfyller markedskravene kan ikke omsettes som høy-kvalitetsprodukter og nedklassifisering som følge av kvalitetsavvik fører til betydelige økonomiske tap for næringen. Feilretting etter kvalitetsbrister er dessuten svært ressurskrevende. Manglende kvalitet leder til misnøye hos kundene og skadet omdømme for norsk laks som et kvalitetsprodukt. Produksjon av god stabil kvalitet etter objektive og målbare kriterier gir derfor konkurransefortrinn og skaper grunnlag for langsiktige og gode kontrakter med lojale kunder samt verdifull informasjon om den sannsynlige inntektsstrømmen som bedriften vil få fremover.

For å kunne øke verdiskapningen i norsk laksenæring er det viktig å identifisere objektive og målbare parametere som utgjør de største kvalitetsutfordringene, hvor eventuelle kvalitetsfeil oppstår og hvilke tiltak som kan iverksettes for å unngå at disse kvalitetsfeilene forekommer i fremtiden. Det finnes ingen entydig definisjon på "kvalitetslaks", og ulike produktegenskaper vektlegges ulikt, avhengig av plassering i verdikjeden, marked og anvendelse.

I forprosjektet "Kvalitetsforbedring på laks fra avl til gaffel", finansiert av FHF, ble det i juni 2009 arrangert et arbeidsmøte på Gardermoen med deltagere fra laksenæringen, FHF og Nofima. Formålet med møtet var å definere:

1. Hva som utgjør de mest kritiske kvalitetsutfordringene for norsk laksenæring og hvor i verdikjeden de både oppstår og kan ha sin årsak.
2. Hvilke kvalitetsparametere som kan vektlegges for å differensiere produktene i fremtiden.

Møtet konkluderte med at følgende kvalitetsavvik bør prioriteres i videre forskning:

1. Melaninflekker i filet (hovedprioritert)
2. Blek og ujevn filetfarge
3. Filetspalting/ bløt muskel.

Andre kvalitetsavvik som ble nevnt som kritiske var: blodflekker, sår/skader, deformiteter, tidlig kjønnsmodning og hygienisk kontroll.

Alternative måter å kartlegge omfanget av kvalitetsavvikene og ulike tilnærminger for å finne årsakssammenhenger ble diskutert. Det vil si hvor i verdikjeden finnes årsaker til avvikene og hvordan bør de registreres for å få til en mest mulig effektiv avvikshåndtering og identifisering av årsakssammenhenger.

Prioriteringen av kvalitetsavvikene definert på arbeidsmøtet ble presentert på Fileforum Laks, Hell 17-18 juni 2009. Prioriteringene gitt på arbeidsmøtet ble ikke endret. Konklusjonen ble derfor at kvalitetsavvikene som ble definert på arbeidsmøtet på Gardermoen 9. juni (i prioritert rekkefølge) skulle være førende retningslinjer i prosjektet.

Filetkvaliteten påvirkes gjennom hele verdikjeden; fra avl/genetikk til fôr/fôring, slakting og foredling/tilberedning. Dette prosjektet har hatt hovedfokus på faktorer som påvirker filetkvaliteten av laks mens den er i live, fra avl/genetikk frem til slakting, men lagringsbetingelser og røyking er også undersøkt. For å kunne øke verdiskapningen i norsk laksenæring er det viktig å identifisere objektive og målbare parametere som utgjør de største kvalitetsutfordringene, slik som mørke flekker i filet. I prosjektet var utvikling av en enhetlig mal for registrering av melanin i filet en viktig aktivitet, samt innhenting av registreringer etter denne malen, databehandling og tolkning.

I prosjektet har vi hatt hovedfokus på mørke filetflekker, og det er også denne kvalitetsdefekten som er vektlagt i rapporten. I tillegg til mørke filetflekker har vi også hatt aktiviteter knyttet til avvikende filetfarge/ skjoldet filet og filetspalting. Resultater fra disse studiene er presentert under Aktivitet 2.

## **Melanin**

Melanin er naturlige fargepigmenter med utbredelse i både plante og dyreriket. Forekomst av slike pigmenter i laksefileter kan være skjemmende for produktet, men melaninpigmenter utgjør ingen kjent helsefare for konsumentene. En rekke faktorer stimulerer produksjonen av melanin. Nyere forskning tyder på at stress fører til økt melaninproduksjon i skinn som gir et mørkere utseende. Forskningsresultater fra Norges veterinærhøgskole har vist at melaninflekker i laksefilet oppstår som følge av en betennelsestilstand.

I noen tilfeller kan det være vanskelig å skille mellom melanin og nedbrutte blodpigmenter. I dag finnes laboratoriemetoder som kan skille mellom nedbrutte blodpigmenter og melanin, men det er ønskelig at det utvikles mer effektive metoder som kan skille mellom blod og melaninpigmenter i filet.



Melaninflekker sitter ofte i overflaten av bukveggen, men de kan også sitte andre steder på fileten eller dypere i muskulaturen. Diameteren er ofte 1-3 cm, men flekkene kan også være større. Ved sjeldnere tilfeller er melanin fordelt over store områder av fileten, lokalisert langs midtlinjen eller under skinnet (figur 1 og 2). Melanin i innvollene er også utbredt, men omfanget er ikke kjent og det er heller ikke kjent om det er sammenheng mellom melanin i innvoller og filet hos laks.

Kunnskapsstatus om forekomst av melanin i filet, innvoller og bukvegg har vært fragmentert, blant annet på grunn av mangel på enhetlige registreringsmaler, men ifølge tilbakemeldinger fra norske slakterier og beregninger gjort av kyst.no i 2008, påfører melanin i sløyd årlige økonomiske tap i 100 millioners klassen. Andelen av laks som nedklassifiseres pga melanin er høyere for laksefileter enn for sløyd laks. Melanin som sitter som en tynn hinne i overflaten av fileten kan trimmes bort. Slike flekker medfører økt arbeidskostnad og produktsvinn, men filetene kan selges som høyprisprodukter. Når melanin sitter dypere i fileten må deler av fileten skjæres bort. Fileter med større mørke områder vrakes. Mørke filetflekker forsvinner ikke ved røyking, de blir heller tydeligere.

Det er vist at økt melanindannelse i indre organer og i muskulatur kan være knyttet til visse vaksiner og vaksinestrategi. For at vaksinen skal gi fisken langvarig beskyttelse tilsettes en såkalt adjuvans i vaksinen, ofte basert på mineralolje. Studier tyder på at vaksine basert på mineraloljer kan øke deponeringen av melanin, men kvaliteten på vaksineringen, slik som stikkpunkt og stikkdybde, har også betydning. Et stort norsk lakseslakteri registrerte betydelige forskjeller i omfanget av melaninflekker mellom laks fra oppdrettsanlegg som hadde mottatt fisk fra samme smoltleverandør der fisken hadde fått samme vaksinebehandling. Dette tyder på at det kan finnes samspilleffekter mellom ulike faktorer.

## 2 Målsetting

Formålet med prosjektet var å bidra til forbedret filetkvalitet av norsk oppdrettslaks. Filetens utseende ble prioritert med vekt på kartlegging av melanindeponering (mørke flekker). Prosjektet hadde følgende delmål:

1. Avdekke omfang og variasjon i melanindeponering ved regelmessige og koordinerte registreringer av melanin i laksefilet etter en felles mal hos nøkkelbedrifter
2. Utvikle og administrere et effektivt system for innsamling og tolkning av registreringer ved bedriftene
3. Formulere hypoteser for årsaker til melanindeponering og teste disse sammen med industri og i kontrollerte forsøk for å finne årsakssammenhenger
4. Identifisere årsakssammenhenger for skjoldet og blek filet (rå og bearbeidet) – hovedsakelig i tilknytning til pågående eksperimenter men også i egne forsøk.

### 3 Gjennomføring og metode

Aktiviteten i prosjektet var todelt der

Aktivitet 1 omfattet utvikling av en enhetlig mal for registreringer av melanin i laksefilet. Deretter å gjennomføre koordinerte og regelmessige registreringer av melanin i laksefilet etter en felles mal hos nøkkelbedrifter. Det ble utviklet et effektivt system for innsamling av data ved bedriftene, sentral innsamling av data, bearbeiding og tolkning. En viktig del av dette arbeidet var å avdekke frekvens av melanin og å peke på sannsynlige årsakssammenhenger.

Aktivitet 2 omfattet gjennomføring av konkrete forsøk og analyser av melanin, farge og andre kvalitetsavvik i tilknytning til pågående prosjekter samt i egne forsøk i samråd med styringsgruppen. Studiene var hovedsakelig knyttet til pågående prosjekter finansiert av FHF, Norges forskningsråd og næringen som i utgangspunktet ikke hadde fokus på avvik knyttet til utseende av filet. Vi vektla å knytte aktivitetene i prosjektet opp mot allerede pågående studier for å få en rask og kostnadseffektiv kunnskapsbase å jobbe ut fra for å peke på årsaker som kan bidrar til avvikende utseende. Nedenfor er det gitt en oversikt over viktige prosjekter som vi samarbeidet med:

1. "Managing texture quality of Atlantic salmon through the application of molecular and morphological approaches" (Forskningsrådet & FHF, T. Mørkøre).
2. "Kartlegging av faktorer som påvirker tekstur/ Fastere laks" (FHF, K Prytz) - Diverse forsøk – forskningsmiljøer & industri.
3. "Increasing basic knowledge on muscle abnormalities in intensive production systems" (Forskningsrådet & FHF, G. Bæverfjord).
4. "The impact of pancreas disease (PD) on flesh quality of Atlantic salmon" (Forskningsrådet & FHF, T. Mørkøre).
5. "Regulatory processes of melanisation in Atlantic salmon" (Forskningsrådet & FHF, E.O.Koppang, NVH).
6. "New techniques to achieve more cost efficient selective breeding for improved consumer acceptance of aquaculture products" (Forskningsrådet, K. Kolstad).
7. "Integrated and dynamic production of farmed salmon in sea" (Forskningsrådet, K-A. Rørvik).
8. "Påvirker avlsarbeidet for økt sjukdomsresistens forekomsten av vaksineskader, immunrespons og effekten av vaksinerings?" (Forskningsrådet, FHF, Pharmaq & SalmoBreed, B. Gjerde).
9. "Building up the knowledge base to improve robustness of farmed salmon" (FHF, H. Takle).

## 4 Aktivitet 1

Arbeidet med å utvikle en enhetlig mal for registrering av melanin begynte med at forekomst av mørke flekker i laksefilet ble kartlagt. Dette ble gjort ved å utarbeide et «atlas» som illustrerte hvor på fileten flekkene forekommer og størrelsen av flekkene (figur 1). Filetene ble innhentet ved et norsk filetanlegg, og fileter med ulike typer mørke flekker ble fotografert. «Atlasen» ble forelagt styringsgruppen og det ble valgt ut enkelte representative bilder å gå videre med. Basert på dette bildematerialet, utarbeidet vi et førsteutkast til skala for bedømming av mørke flekker, spesielt tilpasset registrering ved filetanlegg. Skalaen ble sendt ut til et antall filetanlegg til vurdering, og basert på tilbakemeldinger fra kvalitetsansvarlige i filetproduksjon, ble vi enige om en skala for bedømming som er praktisk gjennomførbar og samtidig relevant. Skalaen skiller mellom flekker som kan karakteriseres som skygger, mørke flekker som har en diameter mindre enn 3 cm, mørke flekker med en diameter større enn 3 cm og store mørkpigmenterte områder. Skalaen er ikke kontinuerlig ettersom skygger og små flekker gjerne gir små problemer ettersom de relativt enkelt kan trimmes bort. Det er ikke satt noen grenseverdier for akseptabel grad av melanisering, da ulike markeder og kjøpere har ulike akseptgrenser. For eksempel er det noen kjøpere som godtar små grå skygger. Store, mørkpigmenterte flekker er vanskelige å trimme bort, og fører ofte til at hele området må kuttes bort og fileten kan ikke omsettes som førsteklasses vare. Store mørkpigmenterte områder føres til utkast.

Mørkpigmentering under skinnet (figur 2) som oppdages hos kunde gir problemer for selger, men kontrollering av slik mørkpigmentering er vanskelig å innføre som en standard ved filetlinjen. Likevel er det viktig å være oppmerksom på at mørkpigmenterte områder forekommer under skinnet - spesielt bør en være oppmerksom på laks som har hatt PD. En annen utfordring er mørkpigmenterte områder som sitter så dypt inne i fileten at de ikke er synlige på overflaten, slik som bildet lengst til høyre i figur 2 viser.



*Figur 1 Mørke flekker i laksefilet forekommer i ulike områder av fileten og med varierende fargestyrke.*

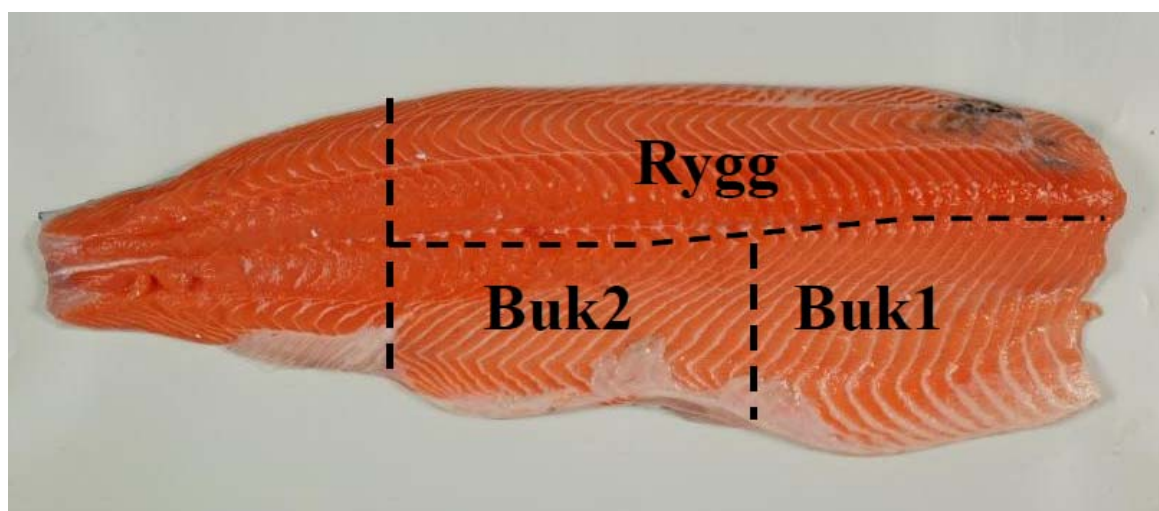


*Figur 2 Mørkpigmentering av områder under skinnen av rå (venstre side) og røkt filet (midt) og mørkpigmentering som ikke er synlig på overflaten (høyre side).*

#### 4.1 Skala for bedømming av mørke filetflekker

Etter en høring i styringsgruppen og blant kvalitetsledere i filetanlegg, ble det utarbeidet en endelig skala for bedømming av melaninflekker i filet. Den endelige avgjørelsen var basert på erfaringsmessig forekomst, og muligheten å finne årsakssammenhenger for at forekomsten oppstår. Konklusjonen ble at melanin skulle bedømmes separat i tre ulike områder av fileten (figur 3):

- 1) Fremre delen av buken (Buk 1)
- 2) Bakre delen av buken (Buk 2)
- 3) Ryggen.



| Melanin i filet (score) |   |                       |   |
|-------------------------|---|-----------------------|---|
| Ingen misfarging        | 0 | Flekk 3 - 6cm         | 4 |
| Grå skygge              | 1 | Område større enn 6cm | 8 |
| Flekk mindre enn 3cm    | 2 |                       |   |

Figur 3 Inndeling av filet ved registrering av melanin i laksefilet og skala.

Det ble avgjort at **100 fileter** skulle bedømmes som en standard, fortrinnsvis ved påbegynnelse av en ny slaktemerd. Registreringene skal kunne gjennomføres ved å se på filetene ved filetlinjen, uten å forsinke produksjonen. Det var Thomas Larsson ved Nofima som hadde ansvaret for å systematisere de registrerte registreringene i en database.

## 4.2 Registreringsmalen med bakgrunnsinformasjon om partiet

For å være i stand til å finne årsaker til at mørke flekker oppstår i fileten, og derved redusere omfanget av nedklassifisering, ble det utarbeidet en liste over bakgrunnsinformasjon for laksepartier som ble bedømt. Listen, som i utgangspunktet var lang, ble utarbeidet i samråd med styringsgruppen og sendt til relevante næringsaktører. Basert på innspill ble det laget en registreringsmal for uttesting. Etter noen runder hos utvalgte filetanlegg, kom vi frem til en endelig konklusjon våren 2011. Listen over spørsmål å besvare for hvert parti laks som bedømmes er vist nedenfor (figur 4). Registreringsarket (Excel) i sin helhet med forklaring er vist i figur 5.

|                       |  |          |  |         |
|-----------------------|--|----------|--|---------|
| Navn på prosessanlegg |  |          |  |         |
| Navn på bedømmer      |  |          |  |         |
| Lokalitetsnavn (nr)   |  |          |  |         |
| Dato ved slakt        |  | Sjøtemp  |  |         |
| Dato ved måling       |  | Superior |  | Ordinær |
| Vektklasse            |  | Merd nr  |  | Lot nr  |

### TILLEGGSINFORMASJON

|                 |                          |                          |              |
|-----------------|--------------------------|--------------------------|--------------|
| <b>Smolt</b>    |                          |                          |              |
| Leverandør:     |                          |                          |              |
| Utsett, mnd/år: |                          | Stamme:                  |              |
| Maskinvaksinert | NEI                      | JA                       | Vaksinetype: |
|                 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |              |

|                   |                          |                                  |                                      |
|-------------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| <b>Slaktefisk</b> |                          |                                  |                                      |
| Sultetid, dager:  | <input type="text"/>     | Fôrtype før slakt <sup>1</sup> : | <input type="text"/>                 |
|                   | NEI                      | JA                               | NEI                                  |
| Brønnbåt          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>         | DAGER                                |
|                   |                          |                                  | <input type="checkbox"/>             |
| Avvik for partiet | NEI                      | JA                               | Brusk/deform                         |
| Bløt filet        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>         | NEI                                  |
|                   |                          |                                  | JA                                   |
|                   |                          |                                  | Evt annet: <input type="text"/>      |
| Avliving          | Slag                     | CO <sub>2</sub>                  | Strøm                                |
|                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>         | <input type="checkbox"/>             |
|                   |                          |                                  | Annet: <input type="text"/>          |
| Klinisk sykdom    | Vet ikke                 | Nei                              | Ja                                   |
|                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>         | <input type="checkbox"/>             |
|                   |                          |                                  | Navn/tidspkt/dødelighet <sup>2</sup> |
|                   |                          |                                  | <input type="text"/>                 |

<sup>1</sup>Fôrtype siste måneden før slakt

<sup>2</sup>Sykdomstilstand med dødelighet med gjennomsnittlig dødelighet >0,5 promille per døgn pga sykdom  
I tilfelle sykdom med dødelighet, skriv hvilken sykdom og omtrentlig samlet dødelighet

Figur 4 Spørsmål som besvares for hvert parti laks som bedømmes. Dersom informasjonen ikke foreligger, settes ?. Det viktigste er å registrere forekomst av mørke flekker, for å få etterrettelig statistikk. Hensikten med tilleggsinformasjonen om partiet er å finne årsaker til at problemet oppstår.

Det står 0 i alle rutene - dvs at dere kun trenger å sette inn verdier der det er noe å bemerke

Gjennomsnittlig melanin beregnes automatisk

Figuren illustrerer Inndeling av fileten i tre områder.

SKALA for bedømming

Total poeng er summen av Buk1+Buk2+Rygg  
Total poeng beregnes automatisk

MELANIN I FILET (poeng)

| Filet | Total poeng | Buk 1 | Buk 2 | Rygg | venstre=2 | Blek, 0-1 | Gaping, 0-1 |
|-------|-------------|-------|-------|------|-----------|-----------|-------------|
| 1     | 0           | 0     | 0     | 0    | 0         | 0         | 0           |
| 2     | 0           | 0     | 0     | 0    | 0         | 0         | 0           |
| 3     | 0           | 0     | 0     | 0    | 0         | 0         | 0           |
| 4     | 0           | 0     | 0     | 0    | 0         | 0         | 0           |
| 5     | 0           | 0     | 0     | 0    | 0         | 0         | 0           |
| 6     | 0           | 0     | 0     | 0    | 0         | 0         | 0           |
| 7     | 0           | 0     | 0     | 0    | 0         | 0         | 0           |
| 8     | 0           | 0     | 0     | 0    | 0         | 0         | 0           |
| 9     | 0           | 0     | 0     | 0    | 0         | 0         | 0           |
| 10    | 0           | 0     | 0     | 0    | 0         | 0         | 0           |
| 11    | 0           | 0     | 0     | 0    | 0         | 0         | 0           |
| 12    | 0           | 0     | 0     | 0    | 0         | 0         | 0           |
| 13    | 0           | 0     | 0     | 0    | 0         | 0         | 0           |
| 14    | 0           | 0     | 0     | 0    | 0         | 0         | 0           |
| 15    | 0           | 0     | 0     | 0    | 0         | 0         | 0           |
| 16    | 0           | 0     | 0     | 0    | 0         | 0         | 0           |
| 17    | 0           | 0     | 0     | 0    | 0         | 0         | 0           |
| 18    | 0           | 0     | 0     | 0    | 0         | 0         | 0           |
| 19    | 0           | 0     | 0     | 0    | 0         | 0         | 0           |
| 20    | 0           | 0     | 0     | 0    | 0         | 0         | 0           |
| 21    | 0           | 0     | 0     | 0    | 0         | 0         | 0           |
| 22    | 0           | 0     | 0     | 0    | 0         | 0         | 0           |
| 23    | 0           | 0     | 0     | 0    | 0         | 0         | 0           |
| 24    | 0           | 0     | 0     | 0    | 0         | 0         | 0           |
| 25    | 0           | 0     | 0     | 0    | 0         | 0         | 0           |
| 26    | 0           | 0     | 0     | 0    | 0         | 0         | 0           |
| 27    | 0           | 0     | 0     | 0    | 0         | 0         | 0           |
| 28    | 0           | 0     | 0     | 0    | 0         | 0         | 0           |
| 29    | 0           | 0     | 0     | 0    | 0         | 0         | 0           |
| 30    | 0           | 0     | 0     | 0    | 0         | 0         | 0           |
| 31    | 0           | 0     | 0     | 0    | 0         | 0         | 0           |
| 32    | 0           | 0     | 0     | 0    | 0         | 0         | 0           |
| 33    | 0           | 0     | 0     | 0    | 0         | 0         | 0           |
| 34    | 0           | 0     | 0     | 0    | 0         | 0         | 0           |
| 35    | 0           | 0     | 0     | 0    | 0         | 0         | 0           |
| 36    | 0           | 0     | 0     | 0    | 0         | 0         | 0           |
| 37    | 0           | 0     | 0     | 0    | 0         | 0         | 0           |
| 38    | 0           | 0     | 0     | 0    | 0         | 0         | 0           |
| 39    | 0           | 0     | 0     | 0    | 0         | 0         | 0           |

SPØRSMÅL SOM BESVARES FOR HVER GRUPPE FISK SOM BEDØMMES

Sett gjerne ? der informasjon mangler

Navn på prosessanlegg

Navn på bedømmer

Lokallitsnavn (nr)

Dato ved slakt

Dato ved måling

Vertkasse

Sjotemp

Superior

Merd nr

Ordinær

Lot nr

TILLEGGSPERFORMASJON

Smolt

Leverandør:

Utsett, mnd/år

Stamme

Maskinvaksinert

NEI JA

Vaksinetype:

Slaktefisk

Sultetid, dager:

NEI JA

Førtype for slakt:

NEI DAGER

Brennbåt

Vertemerid

Arvikk for perlekt

NEI JA

Brusk/deform

Blat filet

NEI JA

Evt annet

Slag

CO<sub>2</sub>

Stram

Annet

Avliving

Vet ikke

Nei

Ja

Navn/tidspkt/dødelighet

Klinisk sykdom

1 Førtype siste måneden før slakt

2 Svøtomsettsand mått detalinhøtt mått niannometittin detalinhøtt 0,5, 1,0, 2,0, 3,0, 4,0, 5,0, 6,0, 7,0, 8,0, 9,0, 10,0

MELANINREGISTRERING

Evt. tilleggsregistrering (frivillig)

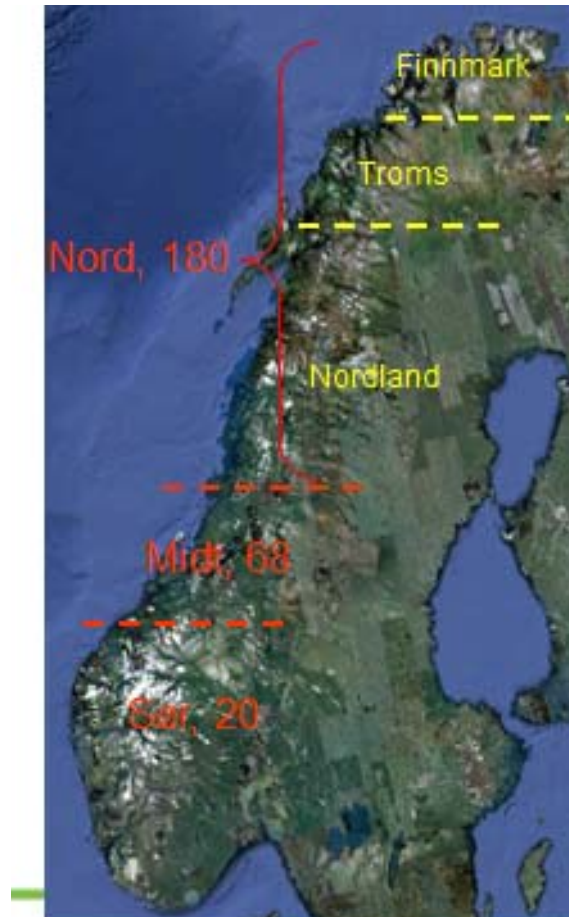
Informasjon om fisken  
Den gule boksen er den viktigste  
Sett gjerne ? der informasjon mangler

Figur 5 Registreringsmalen med forklaring til de ulike postene. Registreringsmalen (Excel) kan lastes ned fra [www.fhf.no](http://www.fhf.no)



### 4.3 Geografisk inndeling av Norge

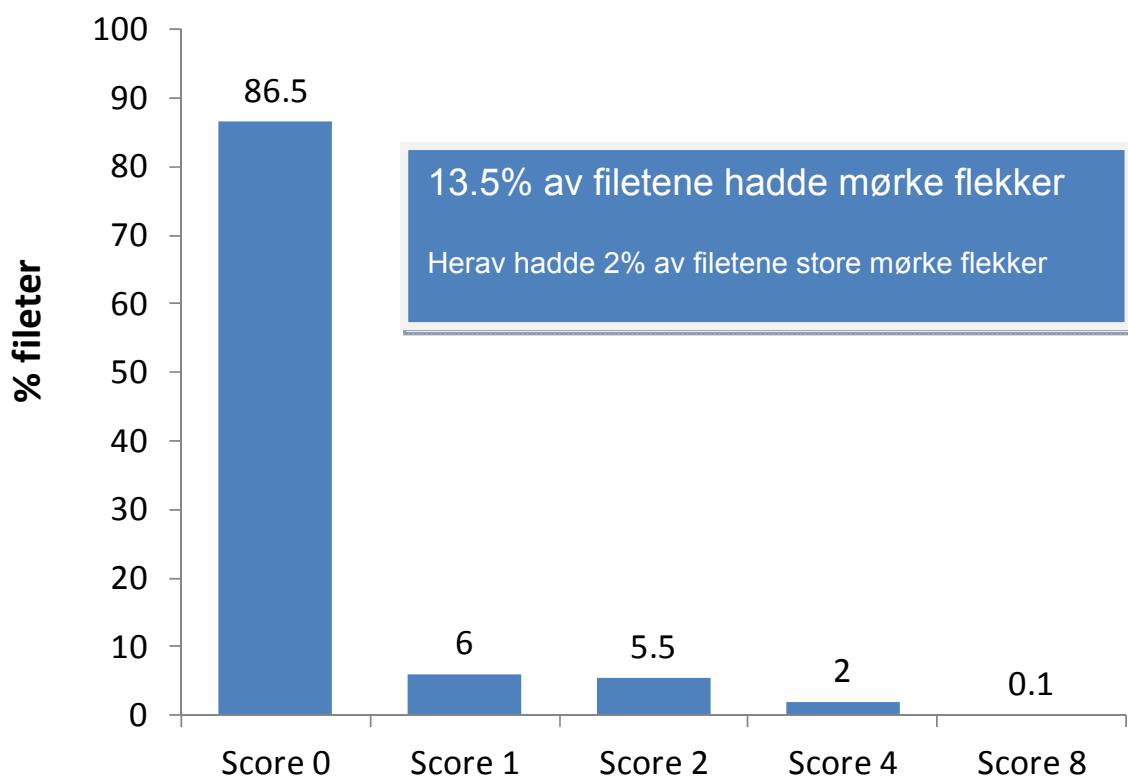
Registreringer ble gjort ved utvalgte filetanlegg i 2011. Flest registreringer ble gjort av fisk oppdrettet i Nord-Norge (180 partier) mens det ble gjort færre registreringer i Sør-Norge. figur 6 nedenfor illustrerer inndelingen i områdene Nord-Norge, Midt-Norge og Sør-Norge. I perioden ble det gjort registreringer av 283 partier av til sammen 35.000 laks



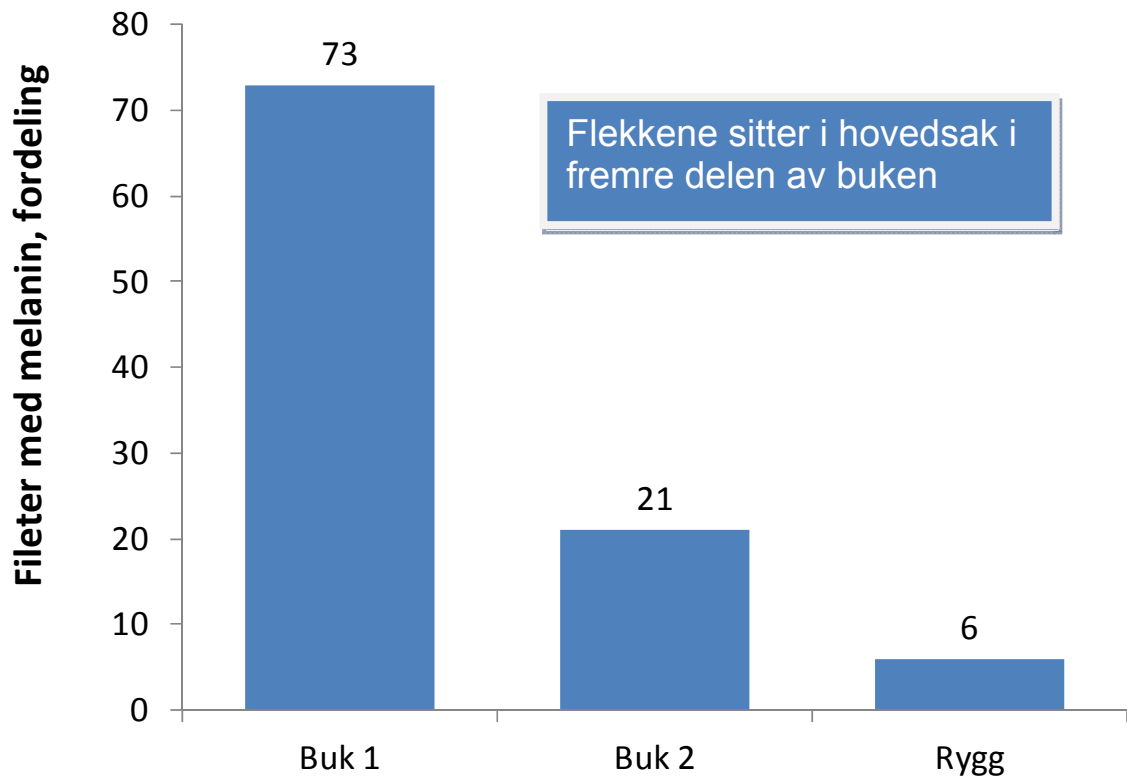
Figur 6 Inndeling av Norge i geografiske områder: Nord-Norge, Midt-Norge og Sør-Norge og antall partier registrert i hvert av områdene.

#### 4.4 Forekomst av mørke filetflekker

Resultatene fra registreringene viste at 13.5% av laksen hadde mørke flekker i fileten i gjennomsnitt (87% av filetene fikk score 0). Av fileter med mørke flekker hadde mesteparten svak pigmentering, mens 2% av filetene hadde mørke flekker som var større enn 3 cm (se figur 7). For 3 av 4 fileter satt de mørke flekkene i fremre delen av buken, mens mørke flekker sjelden sees i ryggen (figurene 8-9). I gjennomsnitt økte frekvensen av melanin med størrelsen av fisken (figur 10). Dette er interessant og tyder på at melanindeponering i laksefilet ikke er et fenomen som kun kan knyttes til feilstikk ved vaksinerings eller vaksinetype, men at problemet enten kan oppstå senere i fiskens liv, eventuelt forverres med tiden. Ut fra foreliggende registreringer kan det se ut til at frekvensen av mørke flekker er noe høyere for vårutsatt smolt, men disse forskjellene er noe usikre. Figur 11 illustrerer resultater for laks oppdrettet i Midt-Norge.

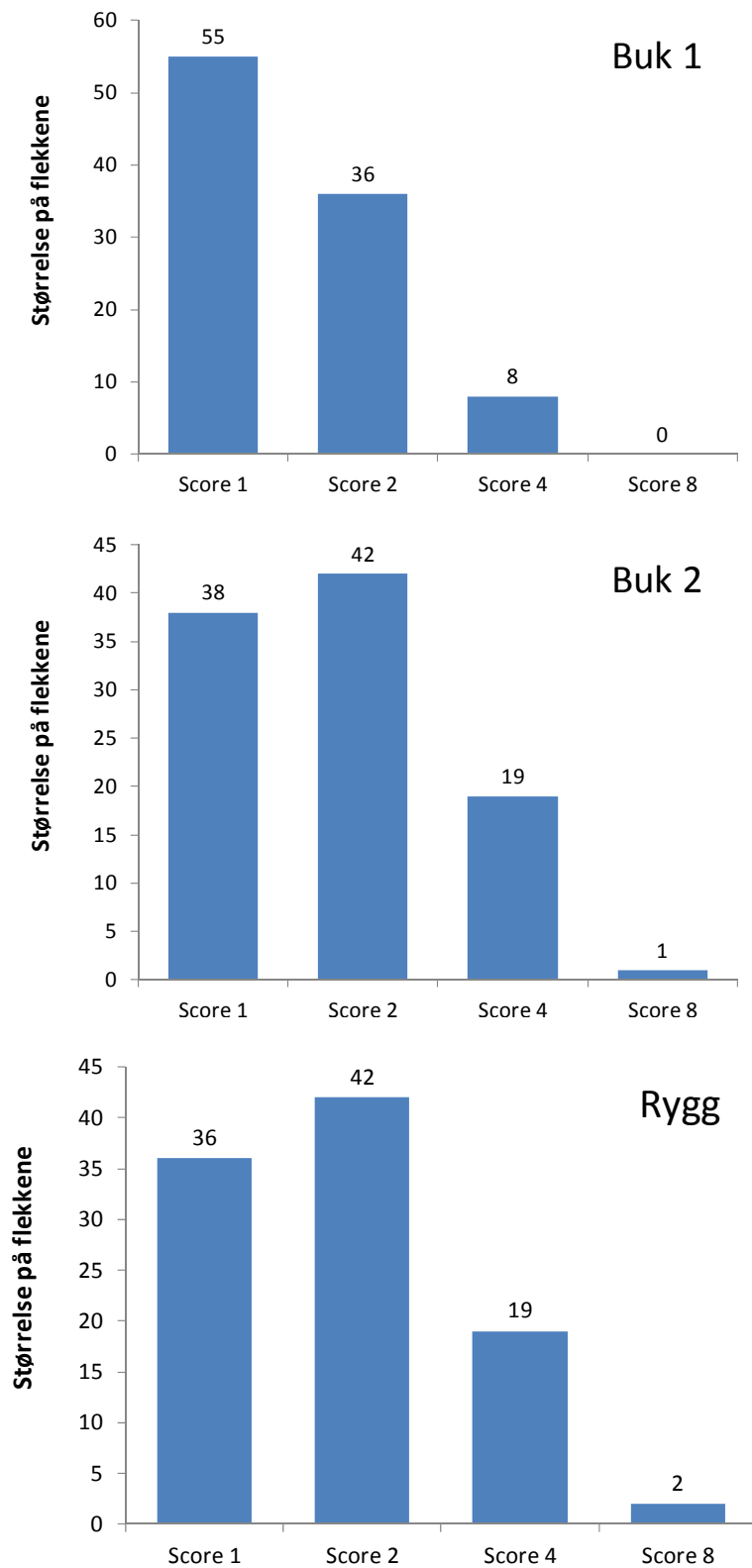


Figur 7 Oversikt over fileter med melanin. Av filetene som ble bedømt (35.000 fileter) hadde 86.5% ikke melanin, 6% hadde mørk skygge/svak pigmentering (score 1), 5.5% hadde mørke flekker opp til 3 cm i diameter (score 2), 2% av filetene hadde mørke flekker mellom 3-6 cm i diameter (score 4) mens 0.1% av filetene hadde store pigmenterte områder, større enn 6 cm i diameter (score 8).



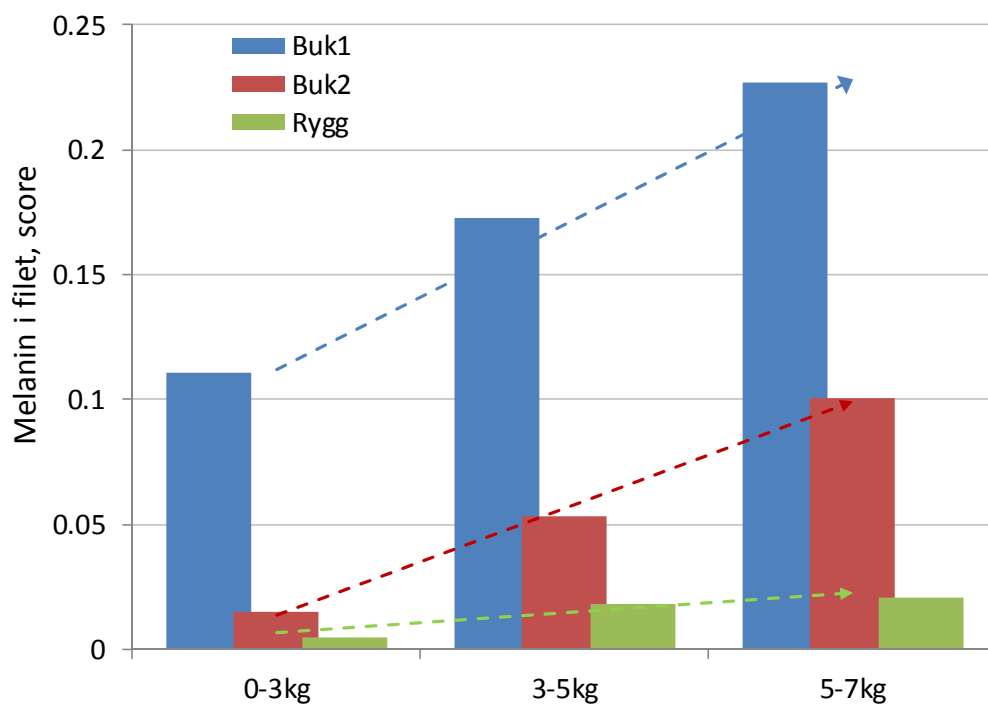
*Figur 8 Flekkene sitter i hovedsak i hovedsak i fremre delen av buken mens forekomsten av melaninflekker er lavest i ryggen. Resultatene er vist for med mørke filetflekker (%).*

Flest flekker i fremre delen av buken (Buk1), men størrelsen av disse flekkene var mindre enn i bakre delen av buken (Buk2) og i ryggen

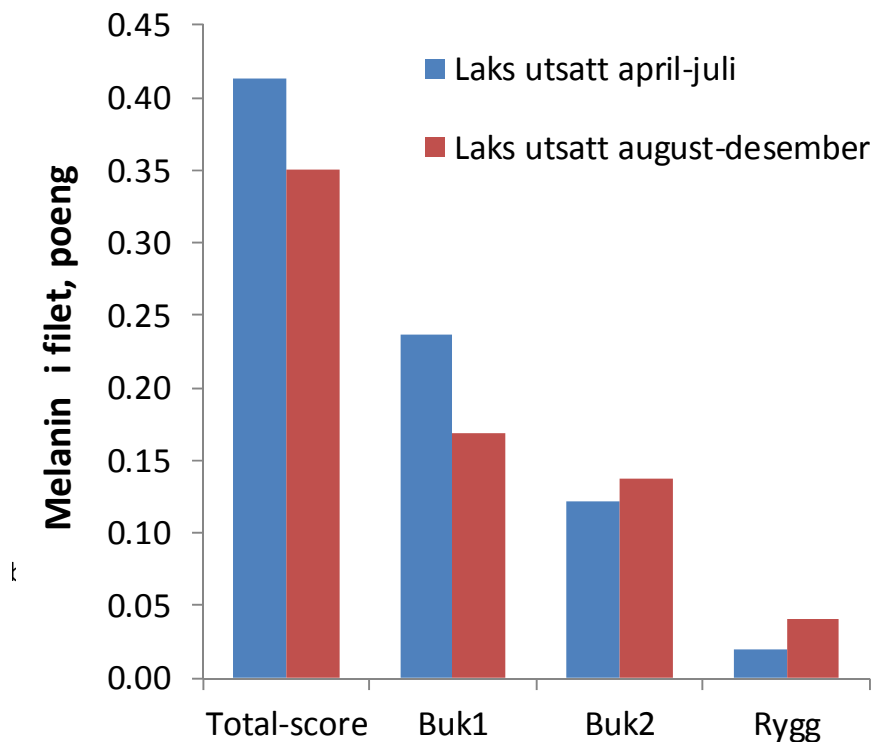


Figur 9 Størrelsen på flekkene registrert i hhv Buk1, Buk2 og i ryggpartiet av fileten (vist som % av alle fileter registrert).

I gjennomsnitt hadde stor fisk mer melanin enn liten fisk  
 I gjennomsnitt hadde laks satt i sjøen om våren mer melanin enn laks satt i sjøen om høsten



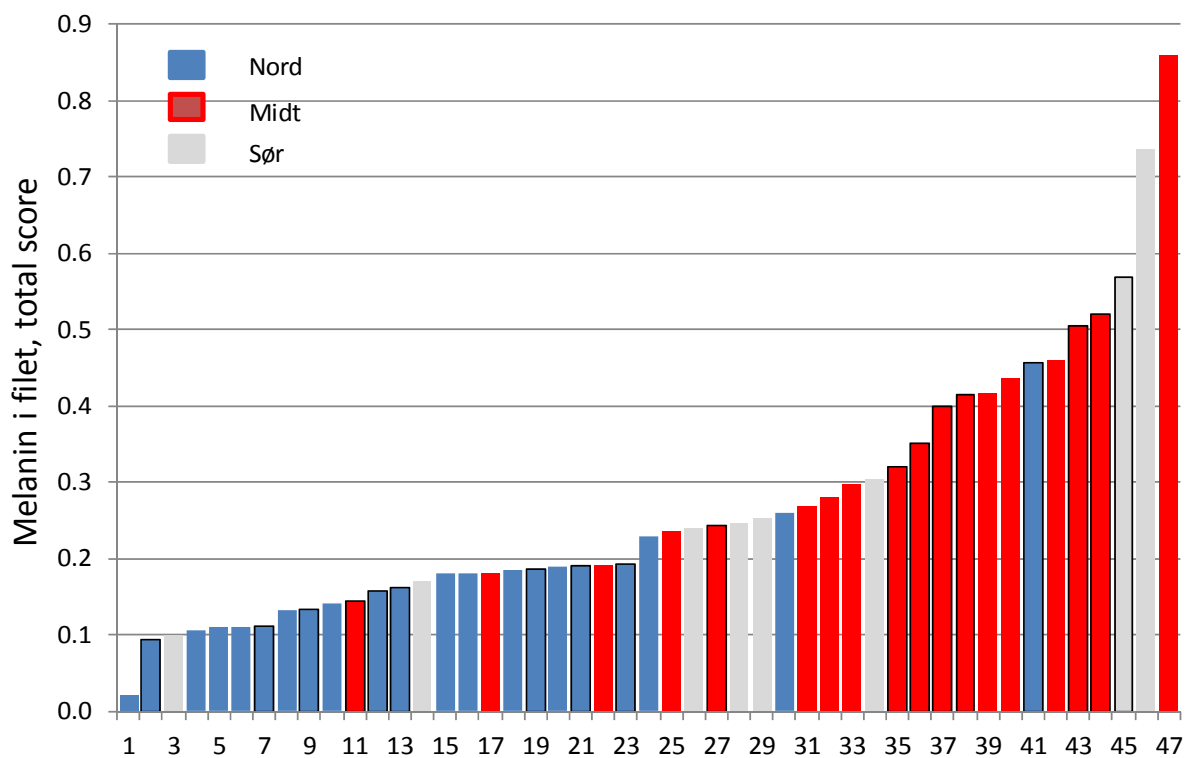
Figur 10 Gjennomsnittlig melanin score for ulike størrelsesklasser (rundvekt).



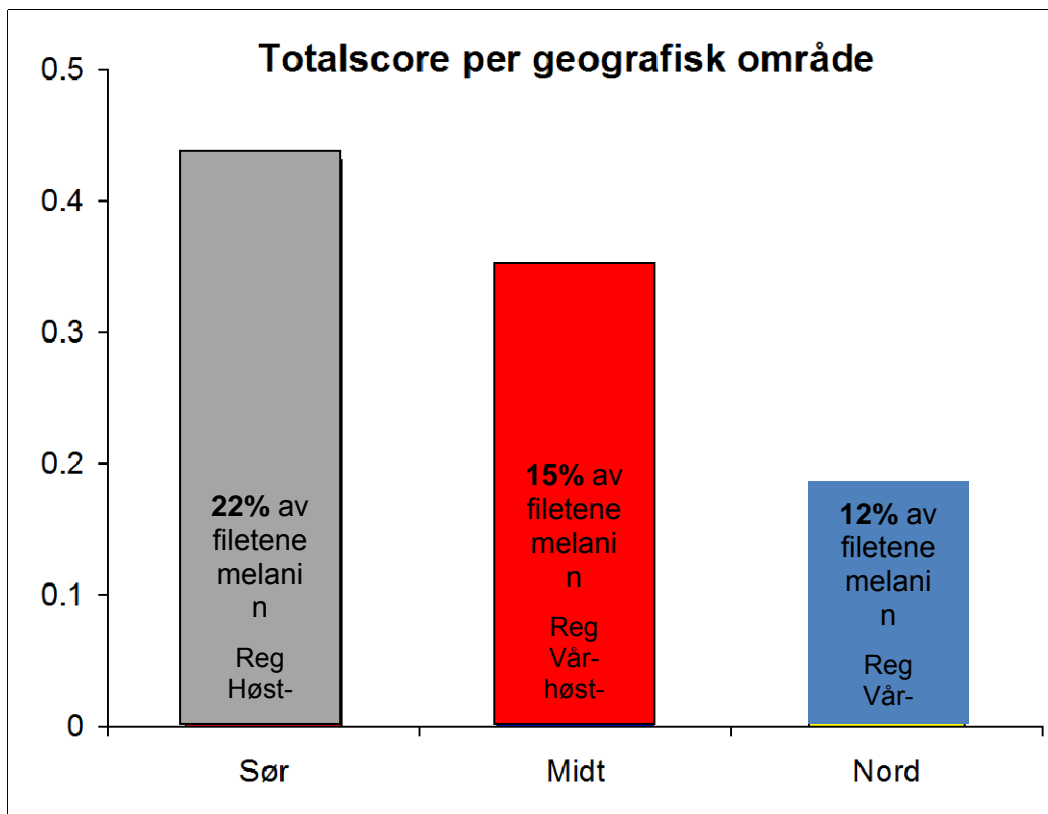
Figur 11 Gjennomsnittlig melaninscore i filet av laks satt i sjøen som henholdsvis vårmolt og høstsmolt oppdrettet i Midt-Norge.

Frekvensen av mørke filetflekker varierte betydelig mellom partiene som ble registrert og mellom lokaliteter. Det er interessant at laks oppdrettet ved enkelte lokaliteter nærmest ikke hadde mørke filetflekker mens nærmest alle filetene fra andre lokaliteter hadde mørke flekker. Gjennomsnittlig melanin score for de ulike lokalitetene i region Nord (blå), midt (rød) og sør (grå) er vist i figur 12 nedenfor. Lokaliteter der flere enn 800 fileter ble evaluert er vist med svart kantlinje (totalt 35 tusen fileter). Det er noen anlegg som skiller seg ut, men basert på de opplysningene vi har om de ulike lokalitetene har det ikke vært mulig å definere årsaker til at de avviker fra gjennomsnittet for regionen.

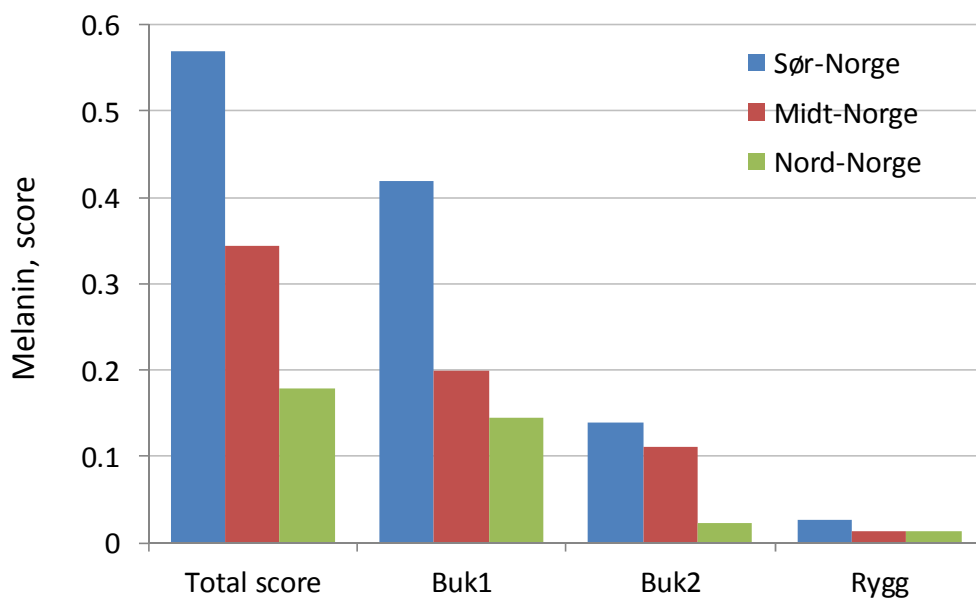
Forekomsten av melanin var høyest i Sør-Norge (22%) og lavest i Nord-Norge (12%). I Midt-Norge hadde 15% av filetene melanin/ mørke filetflekker (figur 13). Fordelingen av melanin for de ulike områdene på fileten for hhv Sør-, Midt- og Nord-Norge er vist i figur 14. Ulike temperaturer synes ikke å forklare forskjellene mellom de geografiske regionene (figur 15).



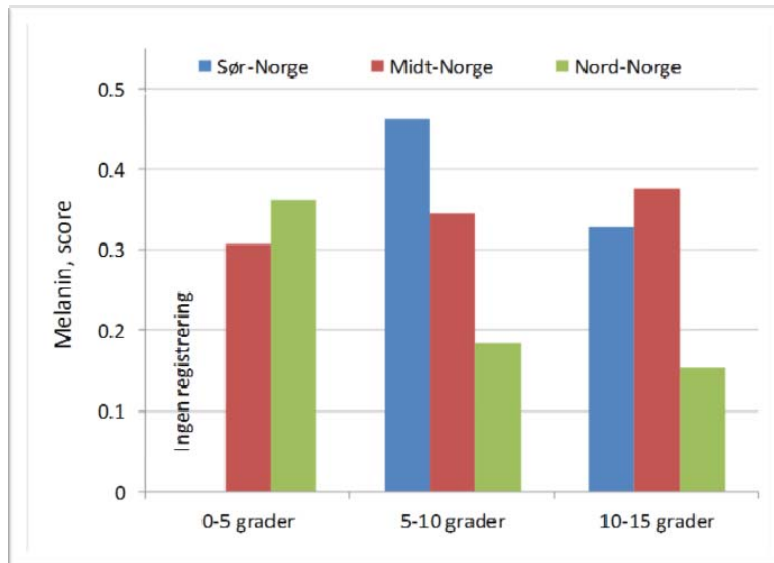
Figur 12 Gjennomsnittlig melanin-score for de ulike lokalitetene i sjø som ble vurdert, fordelt på region: Nord (blå), midt (rød) og sør (grå).



Figur 13 Gjennomsnittlig frekvens (%) av fileter med melanin for hhv Sør-Norge, Midt-Norge og Nord-Norge. Perioden der registreringen ble foretatt er vist på søylene.



Figur 14 Melanin i ulike områder av fileten for hhv Sør-Norge, Midt-Norge og Nord-Norge. Det er spesielt høyere frekvens av melanin i Buk1 som trekker opp gjennomsnittlige frekvensen av melanin i Sør-Norge. I Nord-Norge var frekvensen av melanin også lav i Buk2 sammenlignet med de andre delene av filet.



Figur 15 Gjennomsnittlig melanin score ved ulike sjøtemperaturer for de ulike geografiske regionene

**Forekomsten av melanin var høyest i Sør-Norge og lavest i Nord-**

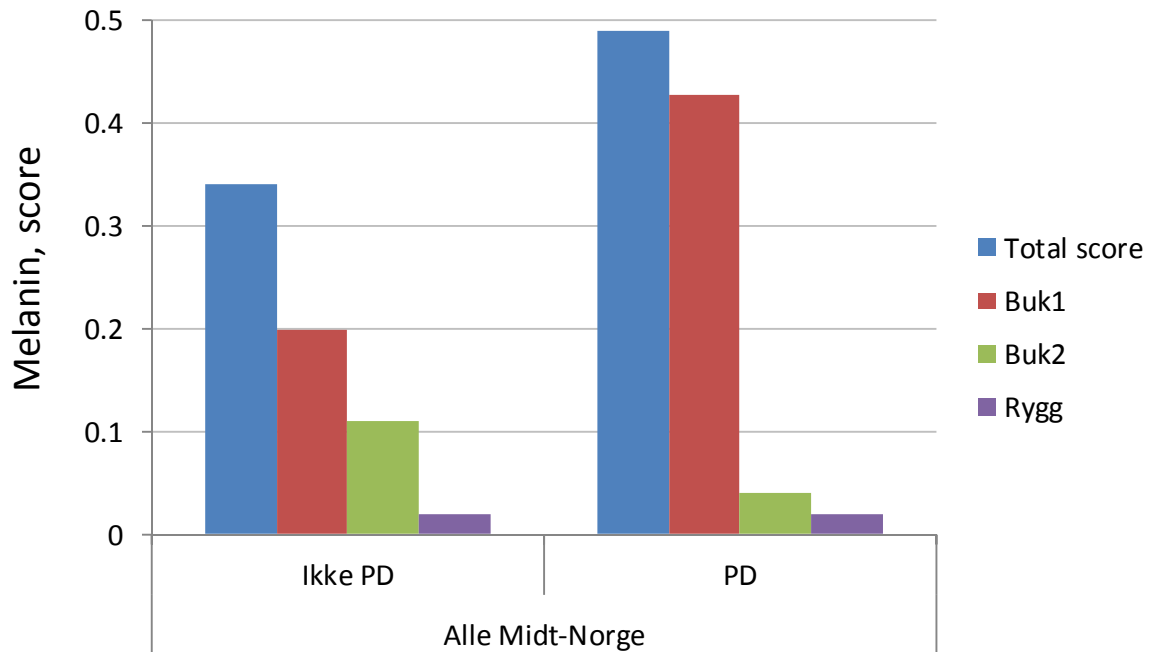
#### 4.5 Sykdom

For anlegg i PD sonen (sør for Hustadvika) foreligger registreringer av PD forekomst i kombinasjon med melanin deponering. Registreringene viste at PD medfører høyere frekvens av mørkpigmentering av filet (figur 16), i tråd med tidligere studier. I dette prosjektet var den økte frekvensen av melanin i PD smittet laks i hovedsak knyttet til høyere innslag av mørke flekker i fremre bukregion (Buk1), mens det ikke ble observert høyere grad av mørke områder i bakre bukregion (Buk2) eller i ryggen/loinen. Dette er i motsetning til tidligere studier som har vist at PD smittet laks har en tendens til å ha større pigmenterte områder i ryggen enn usmittet laks. Årsaken til at vi ikke kunne bekrefte slike tidligere observasjoner kan være knyttet til størrelsen på datamaterialet og måten registreringene er utført på. Tidligere studier (PD prosjektet finansiert av Forskningsrådet/FHF) viste at graden av kvalitetsavvik knyttet til PD utbrudd i stor grad avhenger av tid fra PD utbrudd til slakt. I denne studien ble avstand fra PD utbrudd til slakting ikke registrert – kun om lokaliteten hadde hatt PD utbrudd eller ikke

Dataene er for usikre til å kunne si om andre sykdommer enn PD, slik som CMS, HSMB, IPN fører til økt omgang av mørke filetflekker.

**PD ⇒ mer melanin generelt**



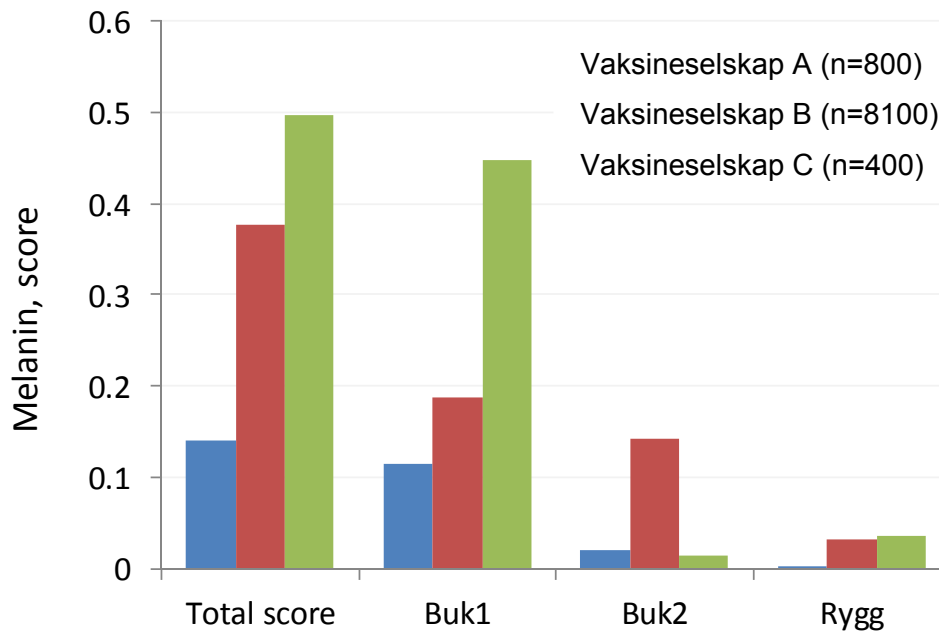


Figur 16 Gjennomsnittlig melanin score i ulike deler av fileten for PD smittet laks og usmittet laks. Laksen i denne sammenligningen var oppdrettet i Midt-Norge.

#### 4.6 Vaksineselskaper

Det var stor ubalanse i datamaterialet i antall registreringer for hvert av vaksineselskapene (figur 17). Tatt i betraktning den betydelige variasjonen mellom registreringer sesongmessig osv, bør det foreligge et større fiskemateriale før en kan konkludere noe med sikkerhet. Betydningen av vaksine kan likevel være interessant å følge opp videre. Alternative spørsmål er for eksempel hvorfor frekvensen av mørkpigmenterte områder er så betydelig i Buk1 for et av vaksineselskapene, mens det for et annet vaksineselskap var en relativt høy frekvens av mørke flekker i Buk 2. Vi fant ikke forskjell i melanindeponering i filet mellom laks med og uten vaksine mot PD.

**Betydningen av vaksine krever videre oppfølging**

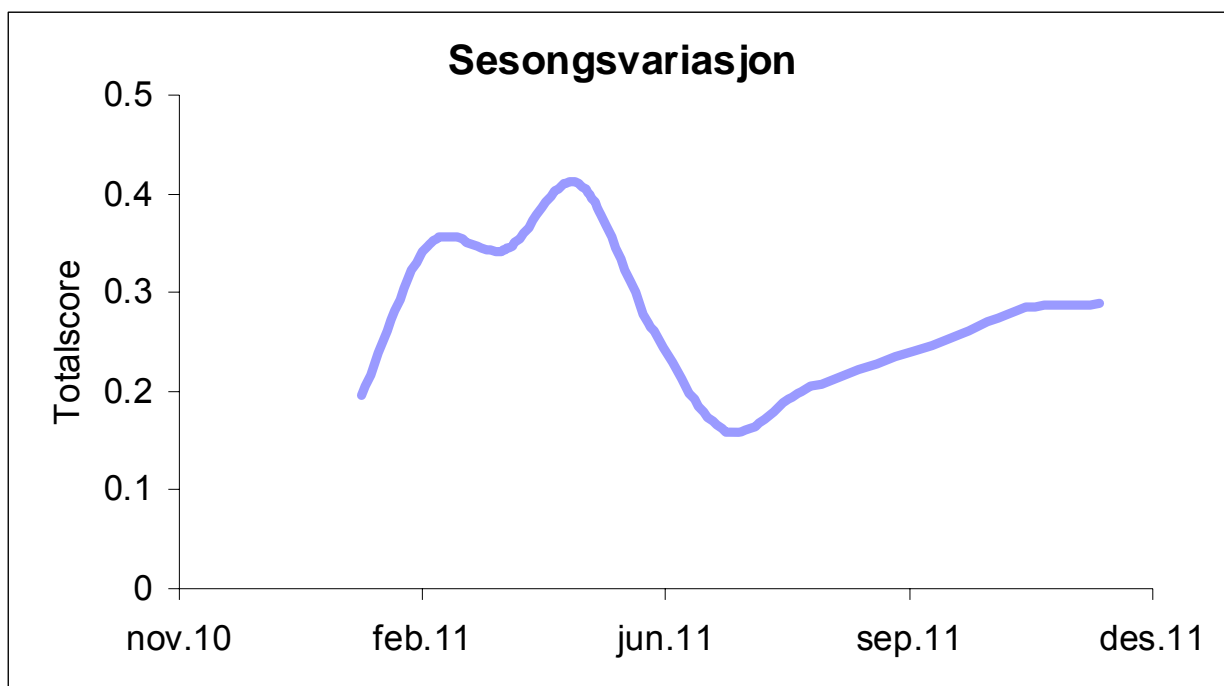


Figur 17 Mørkpigmenterte områder av laksefilet vaksinert med vaksine fra tre ulike vaksineselskaper. Resultatene er vist som gjennomsnittlig melanin score for hvert av vaksineselskapene for laks oppdrettet i Midt-Norge. Registreringene av mørke filetflekker ble utført av kvalitetskontrollører ved filetanlegg.

#### 4.7 Sesongvariasjon

Gjennomsnittlige melaninscoren var høyest om våren og lavest om sensommeren. Våre registreringer var mest omfattende om høsten 2011, der vi hadde registreringer fra alle geografiske områder. Vi hadde kun et begrenset antall registreringer om vinteren/våren for region Midt-Norge og Sør-Norge. En bør også være oppmerksom på at ulike fiskegrupper (slik som vår-/høstutsatt laks) slaktes ved ulike tidspunkter over året innen et bestemt geografisk område og at ulike fiskegrupper oppnår slaktevekt til ulike tidspunkter mellom ulike geografiske områder. Den egentlige årsaken til den sesongmessige variasjonen vist i figur 18 på neste side kan derfor ha sin årsak i flere forhold.

**Høyest melanin-score om våren, lavest om sensommeren**



Figur 18 Mørkpigmenterte områder i filet i perioden januar 2011 til desember 2011. Resultatene er vist som gjennomsnitt for registreringer utført av laks fra hele Norge.

#### 4.8 Slakting

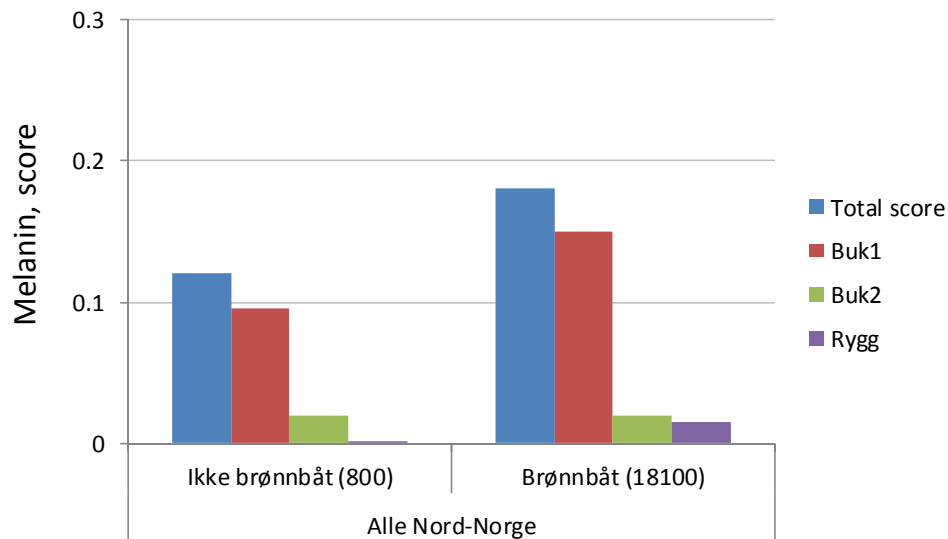
Laks som ble transportert i brønnbåt hadde høyere frekvens av mørke flekker i filet enn laks som ikke ble transportert i brønnbåt (figur 19). Økningen etter brønnbåttransport var mest markant i fremre del av buk og i ryggen. Disse resultatene er imidlertid noe usikre da mesteparten av laksen i studien ble transportert i brønnbåt (kun 800 laks som ikke ble transportert med brønnbåt). Konklusjonen er derfor at indikasjonene er interessante om økt melanisering etter brønnbåttransport, men dette bør verifiseres.

### Høyere melanin-score for laks transportert med brønnbåt

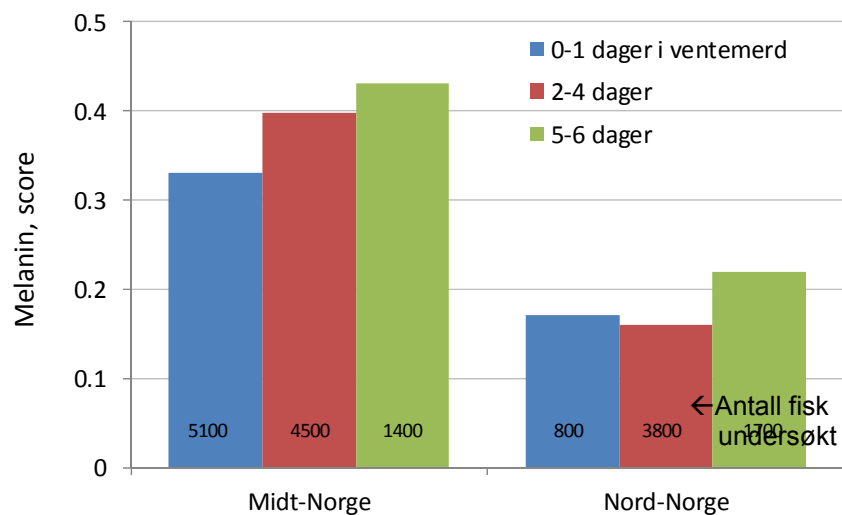
Resultatene fra registreringene viste at lang oppholdstid i ventemerde er ugunstig mht melanindeponering i filet (figur 19). Umiddelbare tolkningen av resultatene er at det ikke nødvendigvis er oppholdstiden i ventemerde *per se* som er ugunstig. Eventuelt kan sammenhengen mellom oppholdstid i ventemerde og melanindeponering tilskrives en langtidseffekt av håving, pumping og lignende som skjer i forkant av overføringen til ventemerde. At trenden er den samme for i Midt-Norge og Nord-Norge styrker resultatene som er svært interessante og tilsier at det er mulig å redusere frekvensen av nedklassifiserte fileter ved å optimalisere slaktebehandlingen. Etter disse resultatene å dømme er det mulig å oppnå en reduksjon i nedklassifisering av filet/ merarbeid i form av trimming som en følge av

mørke filetflekker ved å redusere oppholdstiden i ventemerdd. En bør imidlertid undersøke den egentlige årsaken til økt melaninisering i filet etter lang oppholdstid i ventemerdd for å oppnå en mer målrettet innsats for å redusere omfanget. Vi fant ingen sammenheng mellom bedøvelsesmetode og av mørke flekker i filet.

### Økt forekomst av mørke filetflekker i laks med lang oppholdstid i ventemerdd



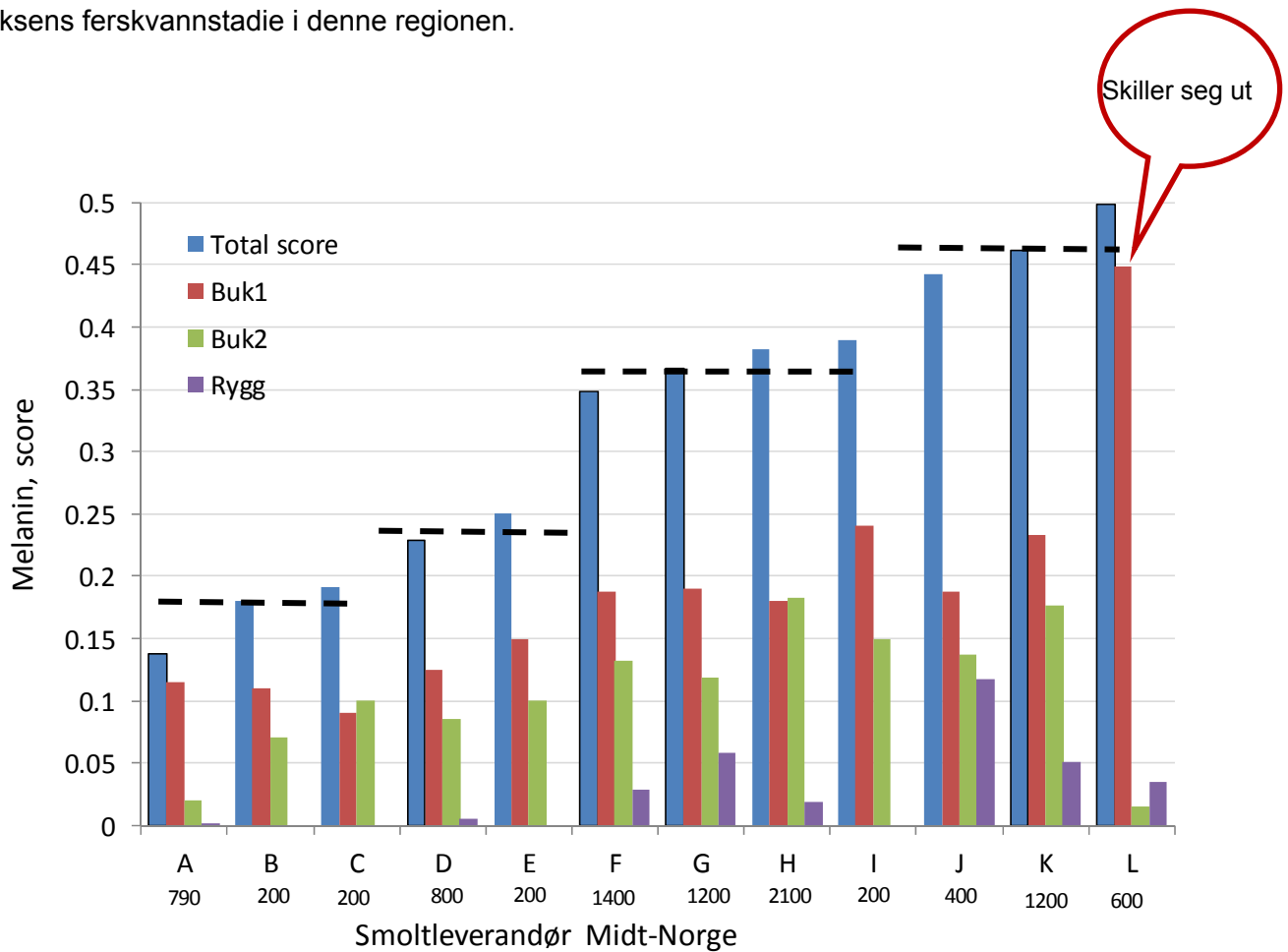
Figur 19 Gjennomsnittlig melanin score i filet av laks som ble transportert med brønneboat og laks som ikke ble transportert med brønneboat før slakting.



Figur 20 Gjennomsnittlig melanin score i filet i forhold til antall dager i ventemerdd for laks oppdrettet i hhv. Midt-Norge og Nord-Norge

## 4.9 Smolt

Forskjellen mellom smoltleverandører var betydelig. Av figur 21 nedenfor ser det ut til at smoltleverandørene (anonymisert) er gruppert i forhold til melanindeponering i slaktelaks. Årsaken til en slik gruppering kan ha mange årsaker: smoltkvalitet, vaksine/vaksinestrategi, sykdom med mer. Ettersom det er så mange forhold som kan spille inn er det ikke mulig å si med sikkerhet hvilke faktorer som har vært avgjørende for grupperingen som fremgår av figuren. Det er imidlertid interessant at noen leverandører skiller seg så markant ut i begge retninger, og resultatene tyder også på at det er mulig å redusere omfanget av mørke filetflekker i slaktefisk ved å optimalisere forholdene i ferskvannsfasen. Årsaken til at det kun er vist melanin score for smoltleverandører i Midt-Norge er fordi vi har flest registreringer på laksens ferskvannstadiet i denne regionen.



Figur 21 Gjennomsnittlig melanin score for laksefilet (slaktefisk) fra ulike smoltleverandører i Midt-Norge.

**Optimalisering av forholdene i ferskvannsfasen kan redusere omfanget av mørke filetflekker i slaktefisk**

#### 4.10 Fôr

Resultatene viste noe forskjell mellom fôrleverandører (total score 0.32 vs 0.24). Datamaterialet er imidlertid for tynt til å kunne konkludere med sikkerhet mht melanindeponering knyttet til fôrleverandør - spesielt er resultatene vanskelige å tolke i Midt-Norge pga av PD utbrudd.

### Betydningen av fôr er usikker

#### 4.11 Oppsummering

- 13,5 % av filetene hadde mørke flekker. Herav hadde 2 % av filetene store, mørke flekker.
- Flest flekker i fremre delen av buken, men flekkene var større i bakre delen av buken og i ryggen.
- I gjennomsnitt hadde stor fisk mer mørke filetflekker enn liten fisk.
- Forekomsten av mørke filetflekker høyest i Sør-Norge og lavest i Nord-Norge.
- PD medfører mer melanin generelt.
- Betydningen av vaksine krever oppfølging
- Høyest forekomst av mørke filetflekker om våren, lavest om sensommeren.
- Høyere melanin-score i laks transportert med brønnbåt.
- Lang oppholdstid i ventemerde ga mer mørke filetflekker.
- Optimalisering av forholdene i ferskvannsfasen kan redusere omfanget av mørke filetflekker i slaktefisk.
- Betydningen av fôr usikker.

## 5 Aktivitet 2

### 5.1 Fargestoffer

Fargestoffer som kan gi misfarging av filet eller organer kan stamme fra blod, melanin eller fettnedbrytning. Vi kjenner ikke til utbredelsen av de ulike komponentene, men antakelig er det melanin og blodpigmenter som er hovedårsaken til misfarging av filet.

Det kan være mange årsaker til at blødninger oppstår, slik som slag eller nedsatt organfunksjon. Økt blødningstendens kan være genetisk betinget, være relatert til sykdom/defekt immunforsvar men også ernæringsmangel kan ha betydning. Noe som vi kjenner godt er «blåmerker» som oppstår som følge av en skade av små eller store blodårer og som fører til at blod lekker ut i omkringliggende vev. Årsaken til at «blåmerker» oppstår er at blodet har manglende evne til å levre seg (stoppe blødning). Det er nedbrytingen av blodet som gjør at et «blåmerke» går gjennom flere fargestadier

1. Hemoglobin gir en blå-rød farge
2. Biliverdin gir en grønn farge
3. Bilirubin gir gul farge
4. Hemosiderin er gyllenbrunt. Hemosiderin er derved et jernholdig blodpigment som finnes i bestemte celler (makrofager) etter indre blødning.

For høyt jerninnhold i føret/maten, unormal jernomsetning eller for eksempel hjerteproblemer kan føre til deponering av hemosiderin i organer eller andre vev (hemosiderosis). Store opphopninger av hemosiderin er som regel en sykkelig tilstand, men det er normalt å finne små mengder av dette pigmentet i for eksempel milten hvor det er en betydelig nedbrytning av røde blodceller. Høye nivåer av jern i begrensede områder i vevet, og derved hemosiderin, skyldes blødninger. Det er sjelden sammenheng mellom hemosiderosis og nedsatt organfunksjon, men i alvorlige tilfeller, kan det oppstå lever og hjerteskadene. Bakterieinfeksjoner kan føre til opphopning av hemosiderin. Bakteriegift fører til ødeleggelse av celleveggen i røde blodceller slik at hemoglobinet lekker ut (hemolyse), etterfulgt av deponering av hemosiderin.

Melanin er naturlige brun-svarte fargepigmenter med utbredelse i både plante og dyreriket. Hos menneske finnes spesielt mange melaninceller i overhuden, der melaninet har som funksjon å absorbere skadelige stråler fra solen. Melaninet farger dermed huden brun, og mengden melanin i huden øker ved solbrenthet. De mørke prikkene i lakseskinn har sin farge fra melanin. Det er vist at skinnfargen blir mørkere dersom fisken utsettes for stress og at laks med rikt prikkemønster har bedre evne til å takle stress og luseangrep. Nyere forskning har også vist at produksjon av melanin er en viktig del av laksens immunforsvar. Det vil si at melanin kan produseres av immunsystemets celler som angriper betente områder i skjelettmuskulaturen. Ettersom melanindeponering kan relateres til fiskens eget forsvar mot betennelsestilstander, kan spørsmålet knyttet til dyrevelferd være en omdømmetrussel for næringen.

De fleste melaniner er store celler (polymerer) som dannes ved hjelp av enzymet tyrosinase fra aminosyren tyrosin. Tyrosinase er et kobberholdig enzym og det er vist at høye kobbernivåer i fôret til oppdrettstorsk øker forekomst av svarte blodårer. Svarte blodårer i torskefilet er derved et kvalitetsproblem som delvis skyldes høy melanindeponering i blodårene. Det er ikke kjent om mineralnivåer i fôr til laks fører til økt melanindeponering.

Melanosis er akkumulering av melanin i vev. For eksempel forekommer akkumulering av melanin i spiserøret hos eldre sau og i lever hos kalv ("Melanosis maculosa"). Hos kalv forsvinner problemet ofte med alderen. Hos laks ser vi også akkumulering av melanin. Forekomsten av melanin i organer, bukhinne og filet i laks kan forekomme uavhengig av hverandre. Det vil si at laksen kan ha melanin i organer uten å ha melanin i filet. Forekomsten av melanin er generelt mer utbredt i organer enn i filet, men det er deponering av melanin i bukvegg og i organer som gir nedklassifisering av produktet – spesielt melanin i filet. Melaninpigmenter utgjør ingen kjent helsefare for konsumentene. Det kan være vanskelig å skille mellom melaninflekker og blod.

Lipofuscin er et brunlig pigment som dannes ved harskning (oksidering) av flerumettet fett. De brunlige pigmentene inneholder altså rester av harskt fett. Mengden av dette pigmentet øker med alderen og pigmentmengden varierer mellom ulike vev. Mengden av lipofuscin kan øke ved mangel på visse næringsstoffer, for eksempel vitamin E.

For å være i stand til å redusere omfanget av mørke filetflekker, er det viktig å kjenne bestanddelene av flekkene og årsaken til at de oppstår. Røykeindustrien har hevdet at fileter med ubetydelige pigmentflekker i rå laksefilet blir betydelige etter røyking. Denne påstanden krever dokumentasjon, for å vite hvor en eventuelt skal sette akseptgrensen for melanin forekomst i rå filet som er ment for røyking.

## **5.2 Karakterisering av mørke filetflekker**

Ulike registreringer ble gjort for å undersøke om det er fellestrekk for laks med mørke filetflekker. Først vurderte vi et stort antall fisk for å undersøke om det er sammenheng mellom mørkpigmentering av innvoller, bukhinne og filet. Videre undersøkte vi om forekomsten av mørke filetflekker var mer fremtredende på høyre eller venstre filetside. Resultatene viste at sammenhengen mellom filetflekker og forekomst av mørkpigmentering av innvoller og bukhinne var svak eller ikke tilstedeværende. Generelt hadde laks med sterkt pigmenterte innvoller og bukhinne (figur 22) også mørke filetflekker, men sammenhengen var ikke entydig. Det betyr at mørkpigmentering av filet kan forekomme uavhengig av mørkpigmentering av innvoller og at det nødvendigvis ikke er de samme årsakene til melanindeponering i innvoller og filet. Melanindeponering i bukhinnen er som regel ikke synlig etter trimming da bukhinnen blir tatt bort, men i noen tilfeller kan melanineringen av bukhinnen være så sterk av det «smitter» over på fileten. For laks med mørke filetflekker, sitter de mørke pigmentene oftest bak bukhinnen inn mot fileten, ikke inn mot innvollene (figur 23). Vi fant omtrent like mange mørke flekker i høyre og venstre filet.





Figur 22 Laks med melaniniserte innvoller og bukvegg

## Melanin i bukvegg og i filet (PD infisert laks)

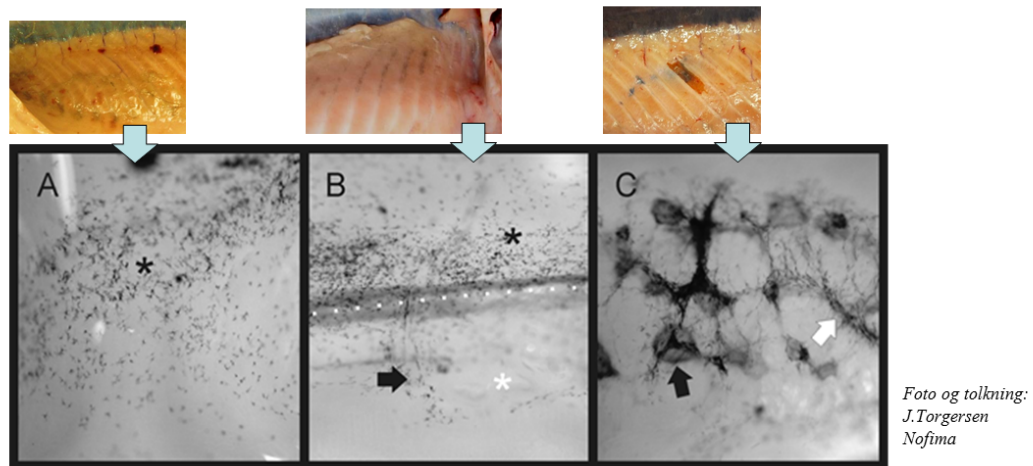


Figur 23 Laks med mørkpigmentering av fileten. Bildene viser at mørkpigmenteringen sitter bak bukinnen, inn mot fileten men at de mørke pigmentene til dels går gjennom bukinnen. Laksen som ble undersøkt kom fra en merd som var smittet med pankreas sykdom (PD).

Laks med ulik grad av mørkpigmentering av bukinnen ble undersøkt ved mikroskopering (figur 24, ikke PD smittet laks). Undersøkelsen viste at det var spredte melaninceller i bukinnen som var årsaken til det grålige utseendet av filetveggen (figur 24A), men det var ikke melaninceller i muskelen. I tillegg til melaninceller, var det også små punktblødninger i bukinnen. Det var også melaninceller som var årsaken til mørke striper langs med ribbeinene (figur 24B), men heller ikke her var det melaninceller i underliggende vev. For laksen med en mørk tverrgående stripe i bukveggen (figur 24C) var det rikelig med melaninceller inne i muskelvevet. Melaninpigmentene lå rundt muskelcellene.

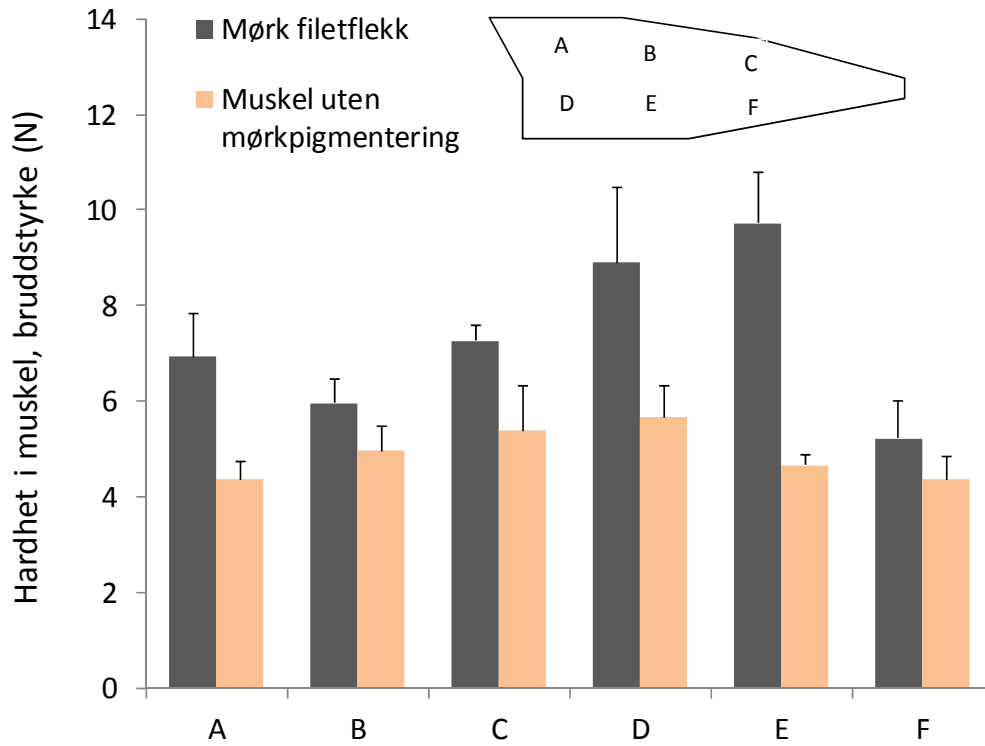
For å undersøke kjennetegn ved mørke filetflekker, ble det samlet inn 30 fileter med mørke flekker fra et prosessanlegg. Muskel med mørke pigmenter og vev rett ved siden av, uten mørke pigmenter, ble analysert. Resultatene viste at vevet med mørk pigmentering var betydelig hardere enn vevet uten de mørke fargestoffene. Spesielt var vevet hardere i bukområdet av fileten (område D og E) men variasjonen mellom fileter var relativt høy (figur

24). Det er kjent at mengden bindevev eller fett kan øke i muskelvev etter en betennelse. Vi har tidligere vist at PD smittet laks med hard tekstur hadde mer bindevev i muskulaturen enn usmittet laks. Hardere vev i mørkpigmenterte flekker skyldes antakelig opphopning av bindevev/arrvev. Fettanalyser viste at muskelvev med mørk flekk kunne ha høyere fettinnhold enn muskelvevet ved siden av flekken, men det kunne også være omvendt. Fettsyresammensetningen var den samme i muskelvev med og uten mørkpigmentering (figur 26). Det vil si at det ikke var opphopning av ugunstige fettsyrer i de mørke flekkene.

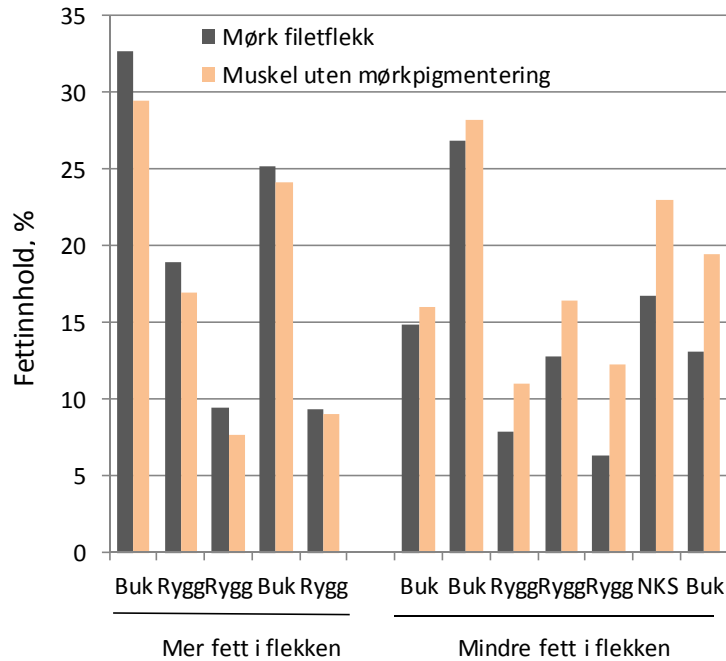


- A) Spredte melanin positive celler på overflaten av bukhalen (\*). Fremstår med en jevn lys grå farge. Muskel og underliggende vev er upåvirket.
- B) Melanin positive celler (\*) som striper over ribbeina (prikket linje). Som i bilde A har underliggende vev (hvit \*) et lavt antall melanocytter. Blodårer vil alltid ha noen melanocytter (pil).
- C) Muskelvev mellom to ribbein med mørk melaninflekk. Fisk med denne typen misfarging har et stort antall melanocytter som grupperer seg rundt muskelfibre (hvit pil) og som runde baller (svart pil). Pigmentflekken går langt inn i underliggende vev og muskel.

Figur 24 Mikroskopi av melanin i bukhole, overflateepitel og underliggende muskel.



Figur 25 Hardhet i muskelvev med og uten mørke pigmenter. Analysene er tatt i ulike områder av fileten, men muskel med og uten mørke pigmenter er fra vev ved siden av hverandre. Laksen som ble undersøkt var fra en merd med påvist PD smitte.



Figur 26 Fettinnhold i ulike områder av filet med og uten mørke flekker fra samme filet. Laksen som ble undersøkt var fra en merd med påvist PD smitte. Fettsyreprofilen var den samme i muskel med og uten mørkpigmentering.

### 5.3 Avl og genetikk

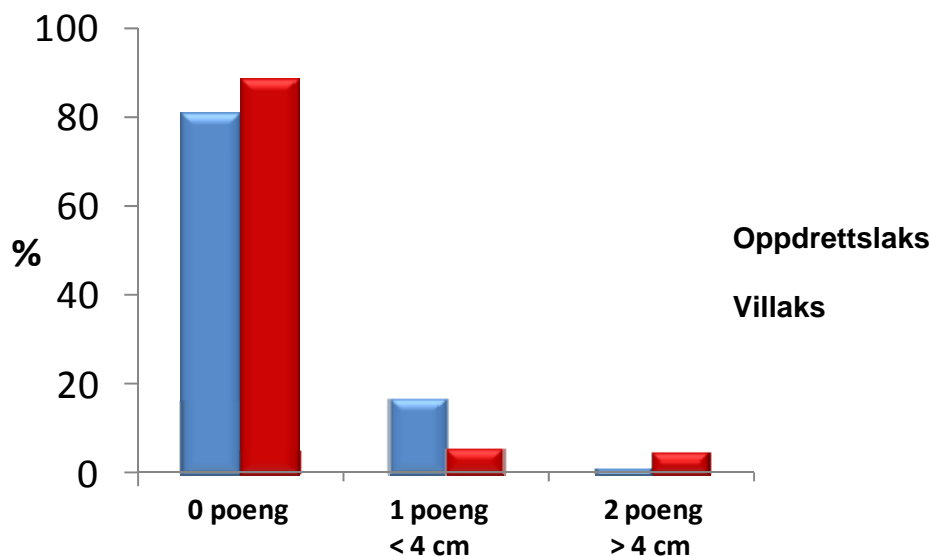
Laks av god kvalitet har en jevn og god rødfarge. Blek eller ujevn filetfarge fører til nedklassifisering og fileter med avvikende farge kan ikke omsettes til høytbetalende markeder. Fargekravene varierer mellom avtakere og etter hva filetene skal benyttes til. Det er gjerne røykeindustrien som stiller de strengeste kravene til rødfargens styrke og jevnhet. Etersom filetfarge er en svært viktig egenskap for akvakulturindustrien har den blitt underlagt omfattende studier. Likevel gjenstår det mange ubesvarte spørsmål mht til å forklare variasjonen som ofte sees i filetfarge mellom partier, mellom fisk fra samme parti og mellom ulike deler av samme filet.

I denne delstudien var formålet å undersøke variasjon i rødfarge, skjolding og forekomst av melaninflekker i filet mellom ulike laksefamilier. I tillegg til variasjon mellom laksefamilier, undersøkte vi utseende av filet av laks fra selektert (avlet oppdrettslaks) og uselektert laks (avkom fra villaks), samt også betydningen av kjønn og kjønnsmodning. Hovedfokus var rødfarge og melanin men vi undersøkte også forekomst av filetspalting og bløt filet.

### 5.3.1 Selektert sammenlignet med uselektert laks – oppdrettslaks vs. villaks

Fiskematerialet som ble benyttet var enten avkom fra villaks (uselektert) fra tre ulike elver eller oppdrettslaks fra SalmoBreed (selektert). Laksen var individuelt merket (Pit-tag) og oppdrettet sammen etter merking og vaksinerings, frem til den ble slaktet. SalmoBreed gav oss tilgang til å benytte dette unike fiskematerialet i våre kvalitetsstudier.

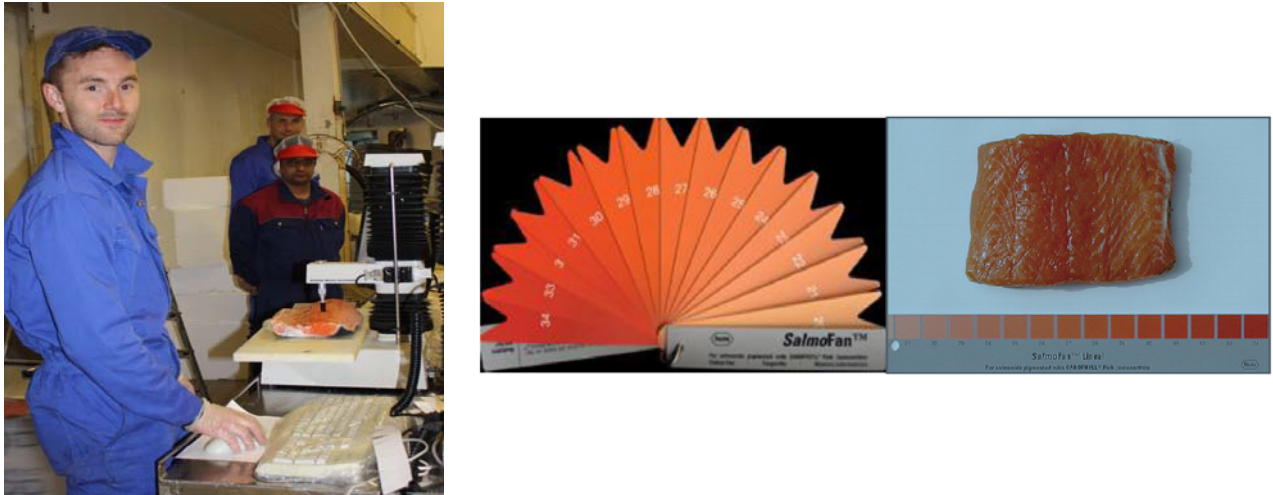
Ved slakt veide oppdrettslaksen ett kilo mer enn villaksen (4.2 vs. 3.2 kg) og både kondisjonsfaktoren og filetutbyttet var høyere. Dette viser at avlsarbeidet har gitt en betydelig vekstgevinst og at dagens oppdrettslaks er mer muskuløs enn villaksen. Filetene av villaksen var blekere enn filetene av oppdrettslaksen. En viktig årsak til denne fargeforskjellen var høyere grad av kjønnsmodning av villaksen sammenlignet med oppdrettslaksen (36% mer kjønnsmodning av villaks). Fettinnholdet i fileten og graden av filetspalting var ikke forskjellig mellom oppdrettet og villaks. Mørke flekker i filet ble bedømt etter en poengskala fra 0 til 2, der 0 poeng var ingen melanin, 1 poeng var små flekker, mindre enn 4 cm i diameter og 2 poeng som tilsvarte flekker større enn 4 cm. Denne studien ble gjennomført før skalaen for bedømming av mørke filetflekker var ferdig utviklet (se Aktivitet 2, figur 3). Resultatene viste at det var flere oppdrettslaks som hadde mørke filetflekker, men filetflekkene i villaksen var større. Den gjennomsnittlige graden av mørke filetflekker ble derfor høyere for villaksen (figur 27). Fastheten i fileten, derimot, var 9% lavere for oppdrettslaksen. Lavere fasthet i oppdrettslaksen var sammenfallende med lavere muskel pH (6.11) sammenlignet med villaksen (6.21).



Figur 27 Trimma fileter med mørke flekker (% av fisken som ble bedømt, n=200). Resultatene er vist for selektert laks (oppdrettslaks) og avkom fra villaks for flekker større eller mindre enn 4 cm.

### 5.3.2 Variasjon mellom familier

Familematerialet som ble undersøkt kom fra avlselskapet SalmoBreed AS. Laksen var klekket januar 2008, overført til sjøvann (Skjærstadvjorden, Nordland) i mars 2009 og slaktet i juli 2011 ved Norsal AS, Helnessund. 1200 laks ble undersøkt, og disse var avkom etter 213 mødre og 111 fedre. Laksen var individmerket (Pit-tag) og oppdrettet sammen gjennom hele oppdrettsfasen.

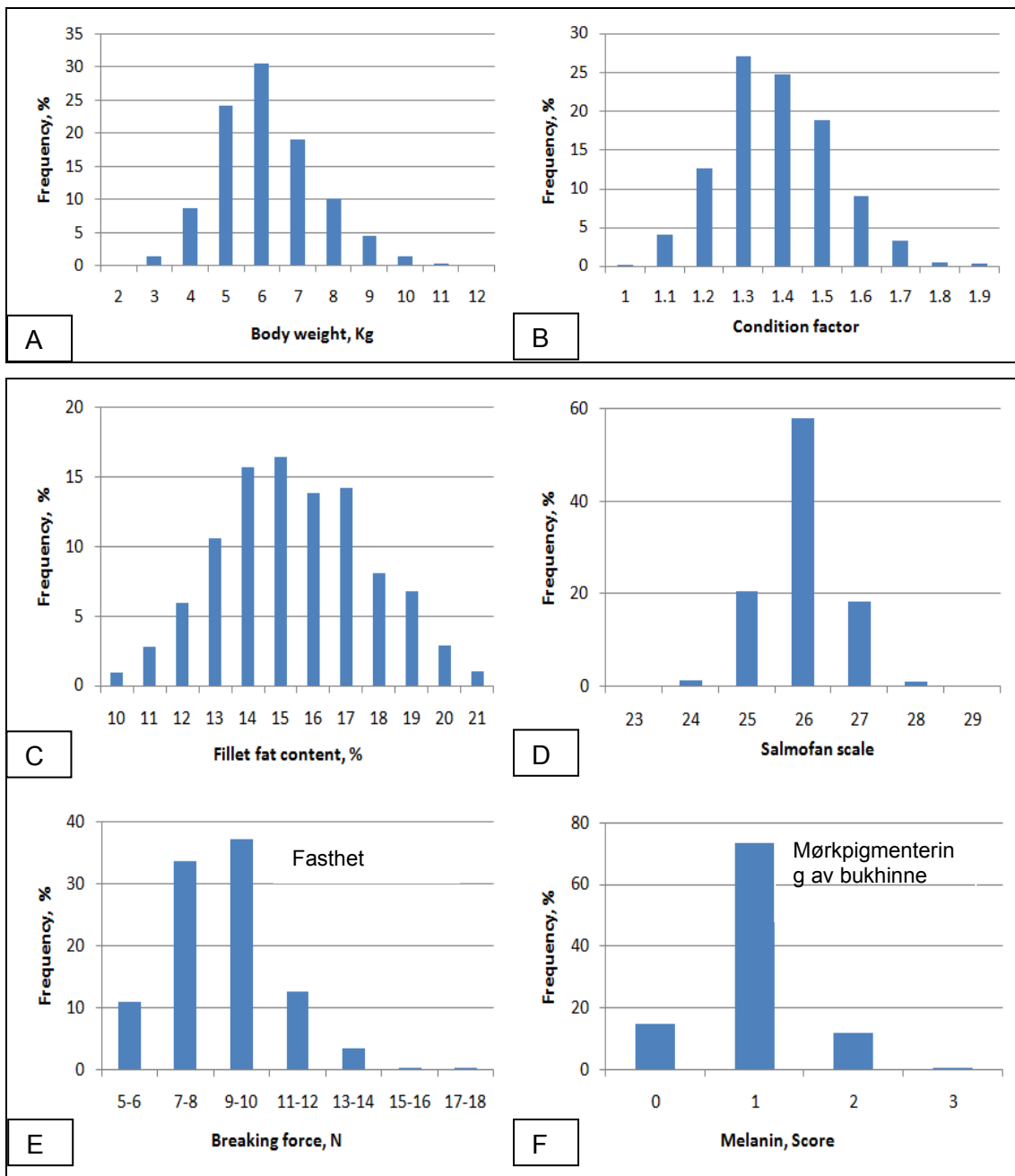


Figur 28 Måling av tekstur/fasthet (venstre) og fargevifte (Salmofan) benyttet til måling av filetfarge.

Den gjennomsnittlige slaktevekten var ca 6 kg, det vil si at laksen hadde vokst svært raskt. Kondisjonsfaktoren var 1.3-1.4 i gjennomsnitt, hvilket betyr at fisken var ved godt hold. Fettinnholdet i de fleste laksene (NKS) var mellom 14-17%, som er ganske lavt for så stor laks. Fargen tilsvarte 26 poeng på Salmofan fargeskalaen (variasjon 25-27). Fastheten ble målt instrumentelt som den kraften som skulle til for å bryte gjennom overflaten på fileten. Denne parameteren (bruddstyrken) samsvarer godt med sensorisk bedømt fasthet. Resultatene viste en fasthet på 10 Newton i gjennomsnitt. Det er en god fasthet, men ca 10% av laksen hadde en bruddstyrke på 5-6Newton, som kan karakteriseres som bløt. Mørk pigmentering av bukhinnen ble bedømt etter en skala fra 0-2 poeng, der 1 tilsvarer noe mørkpigmentering og 2 poeng tilsvarer betydelig mørkpigmentering. Frekvensen av mørke filetflekker i selve muskelen var så lav at det ikke hadde noen hensikt å ta med de registreringene i videre resultatbearbeiding.

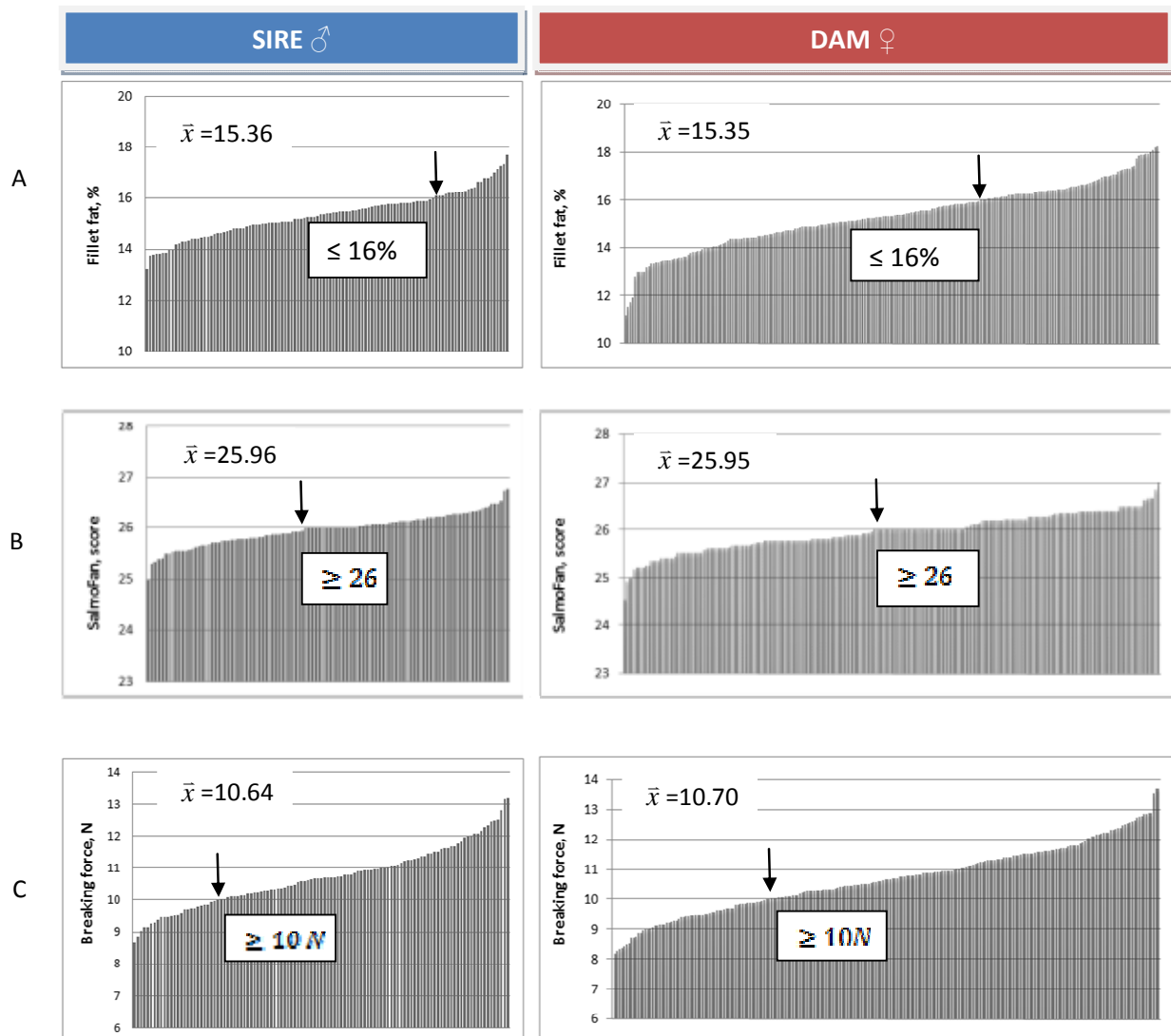
Kvalitetsegenskapene varierte betydelig mellom fisk, selv om de var oppdrettet i samme miljø og selv om de hadde fått samme fôr. I denne studien var formålet å undersøke om variasjonen mellom fiskene hadde sammenheng med fiskens familiebakgrunn:

- Om kvalitetsegenskapene varierte mellom familier
- Om noen familier hadde alle ønskede filetegenskaper:
  - Fettinnhold lavere enn 16%
  - Fasthet høyere enn 10 Newton
  - Filetfarge høyere enn 26 poeng



Figur 29 Fordeling av kroppsstørrelse (A), kondisjonsfaktor (B), fettinnhold i filet (NKS) (C), filetfarge (SalmoFan, NKS) (D), fasthet i filet (bruddstyrke, N) og mørkpigmentering av bukhinnen (F) (n=1181).





Figur 30 Gjennomsnittlig fettinnhold (A), filetfarge (B) og fasthet (C). Hver søyle er gjennomsnitt per familie/ avkom fra far (venstre side, 111 familier) og mor (høyre side, 213 familier).

Fettinnhold, farge, fasthet og slakteutbytte viste statistisk signifikant variasjon mellom familier. Det betyr at det er mulig å oppnå langsiktig forbedring av disse egenskapene gjennom målrettet avlsarbeid. Resultatene fra studien er allerede tatt hensyn til i avlsarbeidet. Frekvensen av melanin i bukhinne viste ikke variasjon mellom familier i den undersøkte populasjonen, selv om det i andre studier har påvist relativt høy arvbarhet (opp til 0.48). En årsak til at vi ikke fant en slik arvbarhet av melanin kan være at frekvensen av melanin var generelt lav i denne populasjonen.



**Fettinnhold, rødfarge og fasthet er arvelige**



**Lakseforeldre med mager filet gir magert avkom  
Lakseforeldre med god rødfarge gir avkom med god rødfarge  
Lakseforeldre som er faste i kjøttet gir avkom med fast filet**

Resultatene fra denne studien viste at det finnes familier (lakseforeldre) som hadde samtlige ønskelige filetegenskaper: passelig fettinnhold, god rødfarge, lite melanin, lite deformiteter, fast filet og lite filetspalting. Nærmere bestemt var det 11 laksemødre og 19 laksefedre som hadde avkom med de ønskede filetegenskapene. Når vi hadde funnet disse foreldrefiskene, så vi også nærmere på tilveksten og utbyttet for disse, for å undersøke om det finnes lakseforeldre som både har god kvalitet og i tillegg også god tilvekst og utbytte. Resultatene viste at det finnes slike super-lakseforeldre som gir avkom med både ønskelig kvalitet, rask vekst og høyt utbytte. Dette er svært oppløftende resultater.

**Finnes SUPER-LAKSEFORELDRE som har  
Høy tilvekst  
Høyt utbytte  
Mager & rød & fast filet med lite melanin og lite gaping**

#### **Litteratur**

Resultatene fra denne studien er publisert i en mastergrad ved UMB 2012, skrevet av Deependra Acharia. Avhandlingen har tittelen: FILLET QUALITY AND YIELD OF FARMED ATLANTIC SALMON (*Salmo salar*): VARIATION BETWEEN FAMILIES, GENDER DIFFERENCES AND THE IMPORTANCE OF MATURATION.

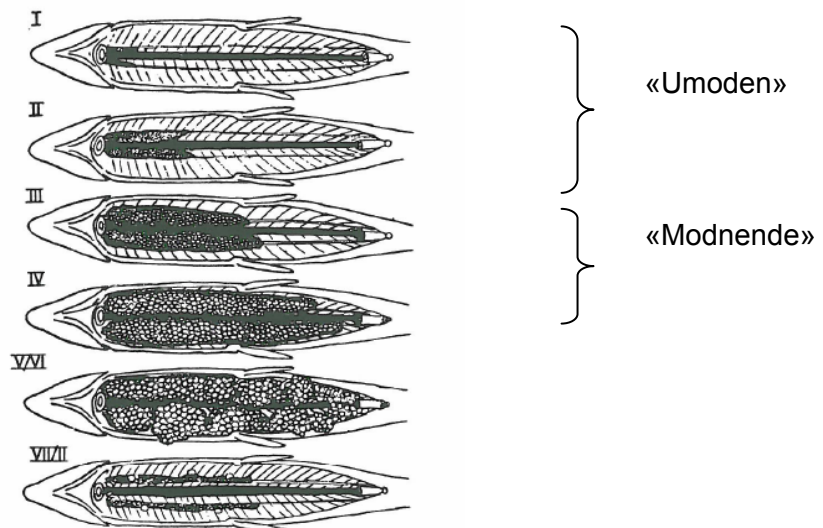
## 5.4 Kjønn og kjønnsmodning

Avlspopulasjonen som er beskrevet overfor, i avsnitt 5.3, ble benyttet til å undersøkte betydningen av kjønn og kjønnsmodning for ulike kvalitetsegenskaper. Tabellen nedenfor viser fordelingen av fiskematerialet fordelt på henholdsvis umoden og modnende han og hun laks.

Tabell 1 Fordeling av fiskematerialet som ble undersøkt

| Hun laks ♀  |               | Han laks ♂  |               |
|-------------|---------------|-------------|---------------|
| Små gonader | Store gonader | Små gonader | Store gonader |
| «umoden»    | «modnende»    | «umoden»    | «modnende»    |
| (n=264)     | (n= 317)      | (n= 205)    | (n=356)       |

I naturen lever laksen i elven de første årene av sitt liv før den gjennomgår fysiologiske forandringer og vandrer ut i sjøen som smolt. Laksen tilbringer de neste ett til fire år i sjøen. I denne perioden vokser laksen raskt, og når den er kjønnsmoden vandrer den tilbake til elven for å gyte. Gytevandringen av voksen laks opp i elvene foregår fra sent på våren til utpå høsten. Selve gytingen skjer fra oktober-januar. Oppdrettslaksen i vår undersøkelse ble slaktet i juli, dvs noe før gytemodning. Likevel ble det foretatt en rangering av fisken i henhold til størrelsen på gonadene. For hunnfisk, ble laksen definert som umoden når gonadene var små, opp til II poeng i henhold til skalaen vist nedenfor (Knut Dahl, 1917). Laks med gonader større enn II er definert som modnende.



Figur 1. Utvikling av rogn hos hunnfisk, (Sportsfiskerens Leksikon).

Figur 31 Forskjellige stadier av kjønnsorganer hos hunnfisk etter en skala innført av Knut Dahl i 1917.

Hanfisken var større enn hunnfisken og den modnende fisken var større enn den umodne. For hunnfisken var den modnende laksen 700 gram større enn den umodne (6 kg vs. 5.3 kg). For hanlaksen var forskjellen på hele 1.7 kg (7.2 kg for moden hanfisk vs. 5.5 kg for umoden hanfisk) (figur 31).

Fettinnholdet i laksen var normalt, mellom 14-16% med økende fettinnhold med økende fiskestørrelse. Det vil si at den modnende hanfisken hadde mest fett i fileten.

Melanindeponering i bukhinnen var på ca ett poeng, som er normalt. Det var ikke tegn til mer melanindeponering i bukhinnen for den modnende laksen.

Hanfisken var fastere i kjøttet enn hunfisken i gjennomsnitt. Den høyeste fastheten ble målt i den modnende hanfisken. Dette er i samsvar med tidligere undersøkelser som også har vist at moden laks er fastere i kjøttet.

Filetfargen, bedømt i NKS, var god (SalmoFan score 25,9-26). Hunfisken hadde 0.1 poeng høyere score enn hanfisken, men denne forskjellen er så liten at det neppe ville vært synlig ved en vanlig bedømming. Men den modnende hanfisken hadde betydelig høyere innslag av bleke områder i ryggpartiet (skjolding). Dette er i tråd med antakelser om at kjønnsmodning fører til dårligere filetfarge. Disse resultatene viser også at det ikke trenger å være tilstrekkelig å bedømme fargen i NKS – standardkoteletten mellom bakre del av ryggfinnen og gattet. Flere kjøpere av laks setter store krav til fargejevnhet, særlig røykeriene. Slike kjøpere med høye krav til jevn filetfarge, godtar ikke fileter med skjolding i ryggpartiet, selv om filetfargen er tilstrekkelig i sporden.

## **MODNENDE HANFISK**

**Størst (over 30% vekstgevinst)**

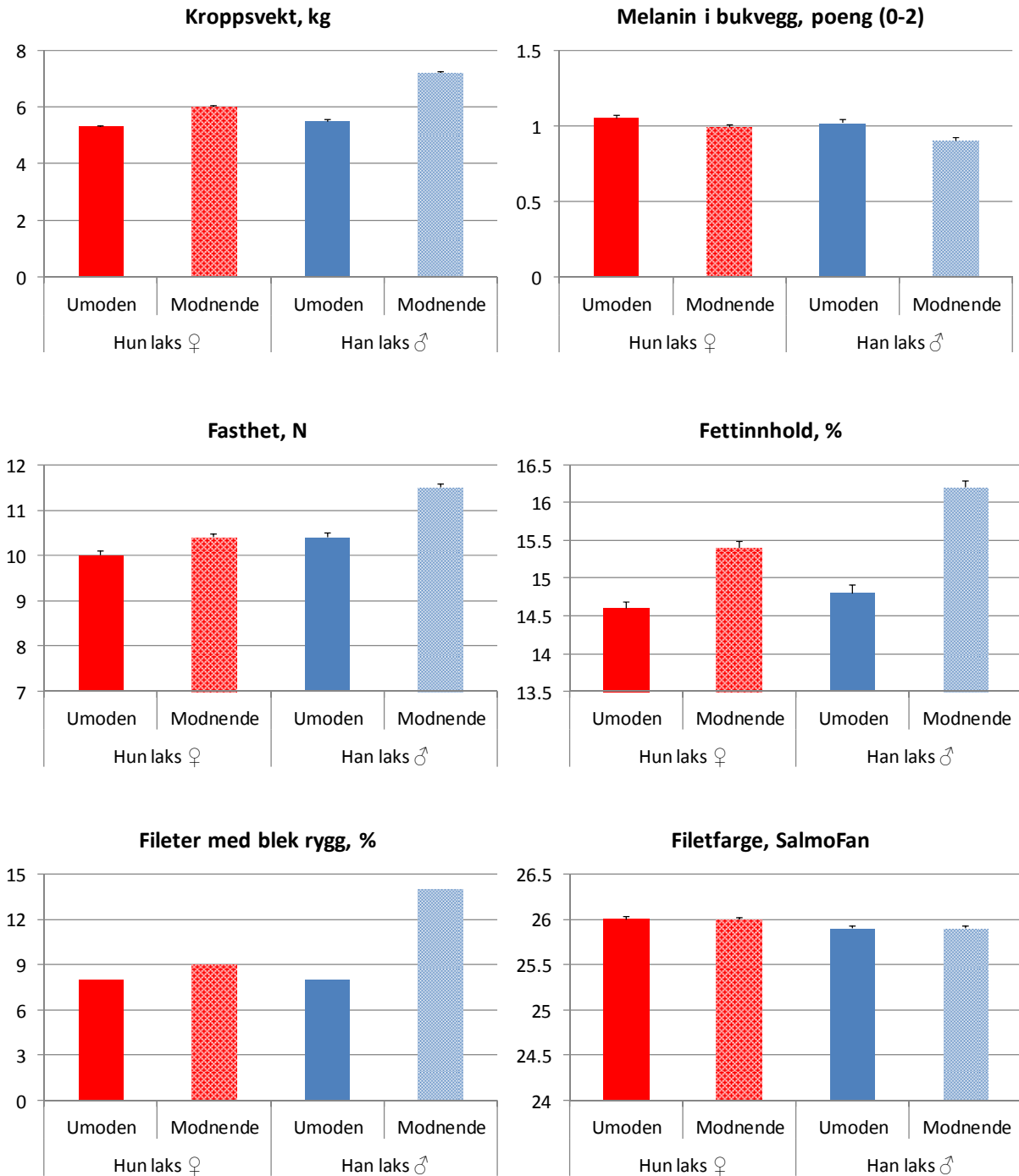
**Mer fett i filet (pga størrelsen)**

**Ikke mer melanin i bukhinnen**

**Fastere i kjøttet**

**Ingen endring i filetfarge i NKS**

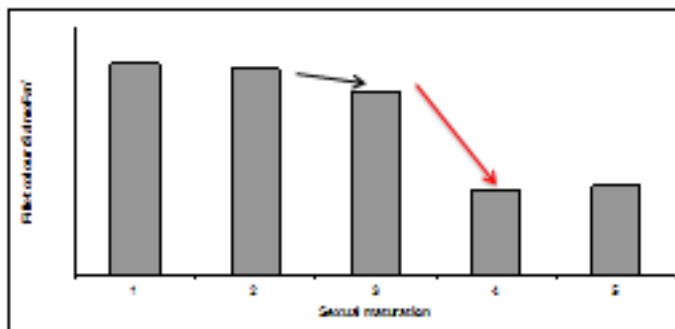
**Mer skjolding av filet**



Figur 32 Rundvekt, melanin i bukvegg, fasthet i filet, fettinnhold i filet (NKS), filetfarge (NKS) og andel laks med bleke områder i ryggdelen av fileten.

For laksen beskrevet 5.1.1. (uselektert vs selektert) ble det foretatt en grundigere gradering av gonadestørrelsen. Resultatene viste at filetfargen blir betydelig blekere når gonadene får en størrelse tilsvarende IV poeng i henhold til Knut Dahls skala. Resultatene viste også at variasjon i farge både mellom fileter og innenfor samme filet økte betydelig – særlig for hunfisken

## Kjønnsmodning



Variasjon i farge, umoden

Han= 16%

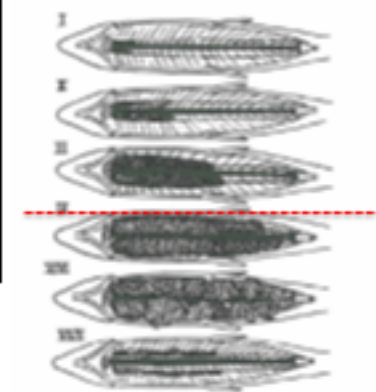
Hun = 15%

Variasjon i farge, kjønnsmoden

Han= 19%

Hun = 39%

Figur 1 viser forskjellige stadier av kjønnsmodning hos borefisk etter en studie som ble utført av Knut Dahl i 1977.



Figur 1. Stadietyping av egger for borefisk (Pseudopleuronectes labrax).

Stadium I. Gonadene hos borefisk er i den første stadietypen. Eggerne hos borefisk er i den første stadietypen og er i stadium I. De enkelte eggerne er i stadium I.

Stadium II. Gonadene hos borefisk er i det opprinnelige stadium I. De enkelte eggerne hos borefisk er i stadium I og stadium II.

Figur 33 Effekt av kjønnsmodning på filetfarge. Resultatene viser at fargen blir blekere når rognsekkene fyller hele bukhulen (IV poeng etter Knut Dahls skala).

## 5.5 Vaksine

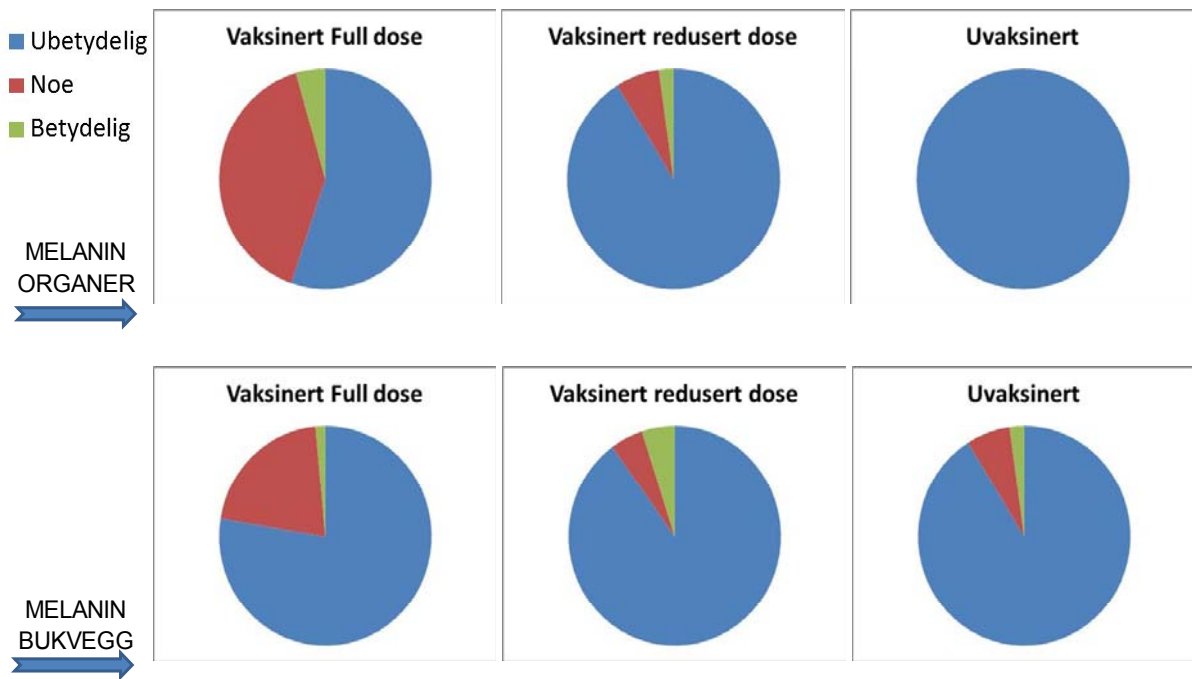
Det er vist at økt melanindannelse i indre organer og i muskulatur kan være knyttet til visse vaksiner og vaksinestrategi. For at vaksinen skal gi fisken langvarig beskyttelse tilsettes en såkalt adjuvans i vaksinen, ofte basert på mineralolje. Studier tyder på at vaksine basert på mineraloljer kan øke deponeringen av melanin. Problemet med melanindeponering synes imidlertid å være kompleks og forekomsten av mørke pigmentflekker i muskelen kan ikke tilskrives vaksine/ vaksinerings alene.

I et forsøk under kontrollerte betingelser i forsøksmerder på Nofimas sjøanlegg på Averøy undersøkte vi laks som var henholdsvis vaksinert og uvaksinert. Laksen var oppdrettet i samme miljø og den fikk samme fôr og røkting i hele produksjonsfasen. Filetene ble fotografert og lokalisering av flekkene i filet ble registrert. Muskel med mørke flekker ble deretter lagt på formalin og undersøkt ved mikroskopi ved Norges veterinærhøgskole.

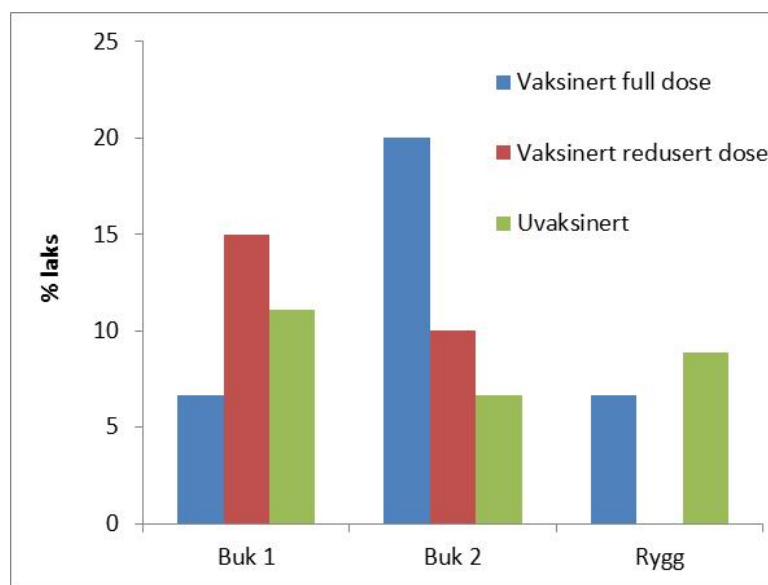
Laksen i undersøkelsen fikk vi fra prosjektet «Påvirker avlsarbeidet for økt sjukdomsresistens forekomsten av vaksineskader immunrespons og effekten av vaksinerings». Prosjektet var finansiert av NFR, FHF, Pharmaq AS og SalmoBreed AS (prosjektleder Bjarne Gjerde, Nofima).

Resultatene fra dette prosjektet viste bl.a. at forekomst av mørke flekker i bukvegg og sammenvoksninger av innvoller varierer mellom familier. Det betyr at det er mulig å oppnå reduksjon i nedklassing av sløyd laks grunnet mørke flekker i bukvegg gjennom avlsarbeid. Videre viste prosjektet at vaksinedosen har betydning. Laksen i forsøket ble vaksinert med en sekskomponent vaksine, der injeksjonsvolum var standard dose (0,1 ml per fisk) eller halvert dose (0,05 ml), men med samme mengde antigen. Ved å redusere injeksjonsvolum, økte veksten med 8% samtidig som sammenvoksninger i bukvegg og melanin i indre organer og bukvegg var redusert. I flere laksegenerasjoner har det vært avlet for økt motstandskraft mot furunkulose, ILA og IPN. Forskerne jobber nå med å undersøke om det er en sammenheng mellom vaksinerelaterte bivirkninger og beskyttelse som er oppnådd ved hjelp av avlsarbeid. Dette er etterspurt kunnskap. Blant annet ble det reist spørsmål om hvorvidt avl for redusert melanindeponering vil medføre at laksen blir mindre motstandsdyktig mot sykdomssmitte på arbeidsmøtet: FHF Verdikjede Havbruk på Gardermoen november 2011.

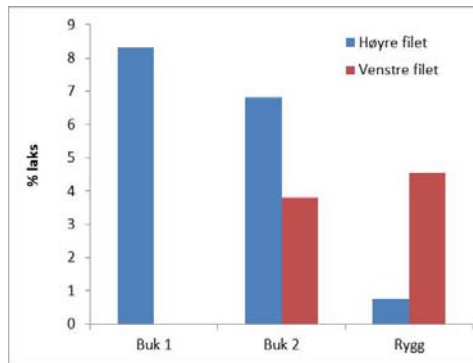
I vårt prosjekt utført vi tilleggsanalyser i tilknytning til pågående prosjekter. I prosjektet beskrevet ovenfor var det ikke planlagt analyser av filet, men kun analyser av sammenvoksninger i bukvegg og frekvens av mørkpigmentering av organer og i innvoller. Vi gjorde derfor registreringer av mørke flekker av 132 tilfeldig utvalgte laks fra hver av gruppene: vaksinert full dose, vaksinert redusert dose og uvaksinert laks. Resultatene fra dette utvalgte fiskematerialet viste at melanindeponering i organer kan knyttes til vaksinedosen og der redusert vaksinedose gir en betydelig reduksjon. Det er derved ikke mengden antigener per se som skaper problemer, men heller adjuvansen. Uvaksinert laks hadde ikke mørkpigmenterte organer. For melanin i bukvegg fant vi også tydelig sammenheng til vaksine, men resultatene viste at mørkpigmentering av bukveggen er knyttet til andre faktorer i tillegg til vaksine ettersom uvaksinert laks også hadde mørke pigmenter i bukveggen (figur 34). Sammenhengen mellom vaksine og mørke flekker i filet viste ikke entydig sammenheng med vaksine, med unntak av området buk 2 (figur 35 - se figur 3 for inndeling av filet) der frekvensen var høyest for laksen vaksinert med full dose og lavest for uvaksinert laks. I området buk1, derimot, var frekvensen lavest for laksen som var vaksinert med full dose. Disse resultatene tyder på at mørkpigmentering av hhv organer, bukvegg og filet kan opptre uavhengig av hverandre samt at mørkpigmentering av ulike filetdeler kan ha forskjellig årsakssammenheng. Dette er spørsmål som bør følges opp i fremtidige studier.



Figur 34 Melanin i organer og bukvegg vist som % av laksen som ble undersøkt. Resultatene er vist for laks som ble vaksinert med samme mengde antigen men med ulik dose (0,1 ml, full dose eller 0,05ml, redusert dose) eller med saltvann (uvaksinert).



Figur 35 Melanin vurdert i ulike deler av filet av laks vaksinert med henholdsvis full dose eller redusert dose og uvaksinert laks.



Figur 36 Forekomst av mørke flekker i henholdsvis høyre og venstre filetside.

**Redusert vaksinedose ⇒ mindre melanin i innvoller og bukvegg**

**Mørke flekker i filet var tilsvarende for vaksinert og uvaksinert laks**

**Synes å være ulike årsaker til mørke flekker i organer, bukvegg og filet**

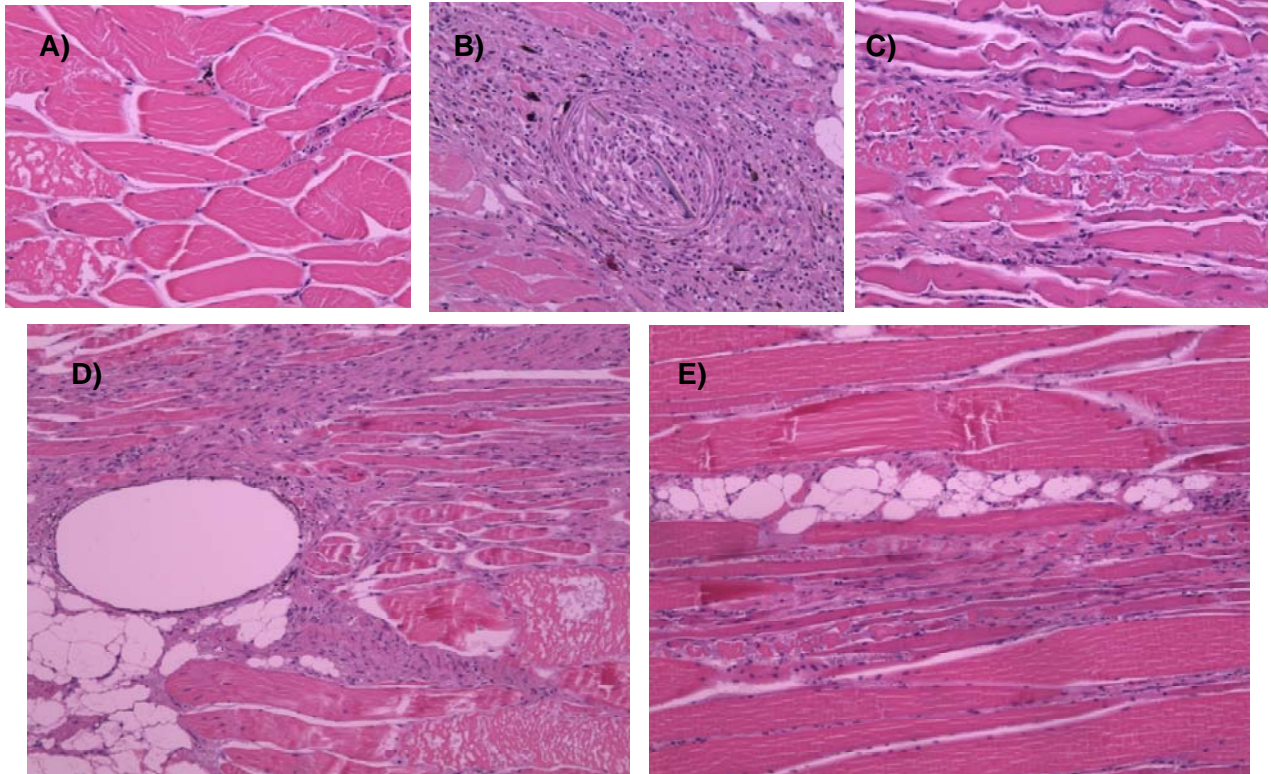
**Mørke flekker i ulike deler av filet, ulik årsak ?**

For å avdekke årsaken til de mørke flekkene, ble muskelprøver fra mørke flekker fiksert på formalin og deretter evaluert under mikroskop av Norges veterinærhøgskole v/professor E-O. Koppang som har lang erfaring med slike analyser. Resultatene viste at melanin utgjorde en meget liten del av det som antas å være årsak til misfargingen. Derimot var det mye døde muskelceller (nekroser) og reparasjonsvev (fibrose) som antas å være hovedårsaken til misfargingen av muskulaturen. Tidligere undersøkelser av melaninflekker i laksemuskel har vist knuteformet ansamling av betennelsesceller og bindevev (granulom) som er omsluttet av pigmentholdige celler, ofte med en sentral vakuole som man har antatt å stamme fra vaksine (vaksineadjuvans). I dette materialet var det antydninger til slike vakuoler i noen vaksinerte fiske (figur 37 D), men ikke i den uvaksinerte fisken. I den uvaksinerte fisken ble det observert døde muskelceller og reparasjonsvev og i et tilfelle (figur 37 B) et klassisk granulom, men med det som ser ut som et fiskeskjell i midten, altså en fremmedlegemereaksjon. Granulomet er omgitt av pigmentdannende celler, og i dette tilfellet ville det antakelig fremstå som en klassisk pigmentflekk. Men årsaken er åpenbart et inntrengt fremmedlegeme og kan ikke ses å ha noen likhet med det vi antar er vaksineinduserte pigmentflekker. Konklusjonen er at misfargingen av muskelen i dette materialet skyldtes etter all sannsynlighet ikke ektopiske pigmentceller (melanin), men derimot døde muskelceller og reparasjonsprosesser med bindevevsinnvekst. Vi vet at slikt vev vil få en gråaktig farge.



Hovedårsaken til de mørke filetflekkene i dette fiskematerialet var arrvev og døde muskelceller, ikke melanin

#### Uvaksinert laks



#### Vaksinert laks

*Figur 37 Muskelsnitt av mørke flekker av laksefilet. Laksen var enten uvaksinert (A-C) eller vaksinert (D-E). Forandringer i vevet domineres av reparasjonsev, og det er rimelig å anta at det er slikt vev som gir opphav til misfargingen og ikke de få melaniserte cellene i vevet (laksen hadde ingen kjent sykdom slik som PD eller lignende).*

#### Litteratur

<http://www.nofima.no/marin/nyhet/2009/08/reduisert-dose-mindre-skade>

## 5.6 Fôr

Registreringer av mørk pigmentering ble utført i tilknytning til en rekke pågående fôringsforsøk i prosjektperioden 2009-2012. Resultater fra disse forsøkene knyttet til mørkpigmentering er oppsummert nedenfor, uten at er gitt detaljer for hvert av forsøkene.

I et forsøk utført i perioden mai 2011 til mars 2012, finansiert av FHF, registrerte vi sammenvoksninger av organer og forekomst av mørkpigmentering i innvoller og bukhinne, i tillegg til andre planlagte analyser av helserelevante parametere og filetkvalitet. Individmerket laks (Pit-tag) fikk tre ulike fôrbehandlinger i perioden mai – august 2011:

- Standard laksefôr, 33% fett
- Magert fôr, 18% fett
- Magert fôr, halv rasjon.

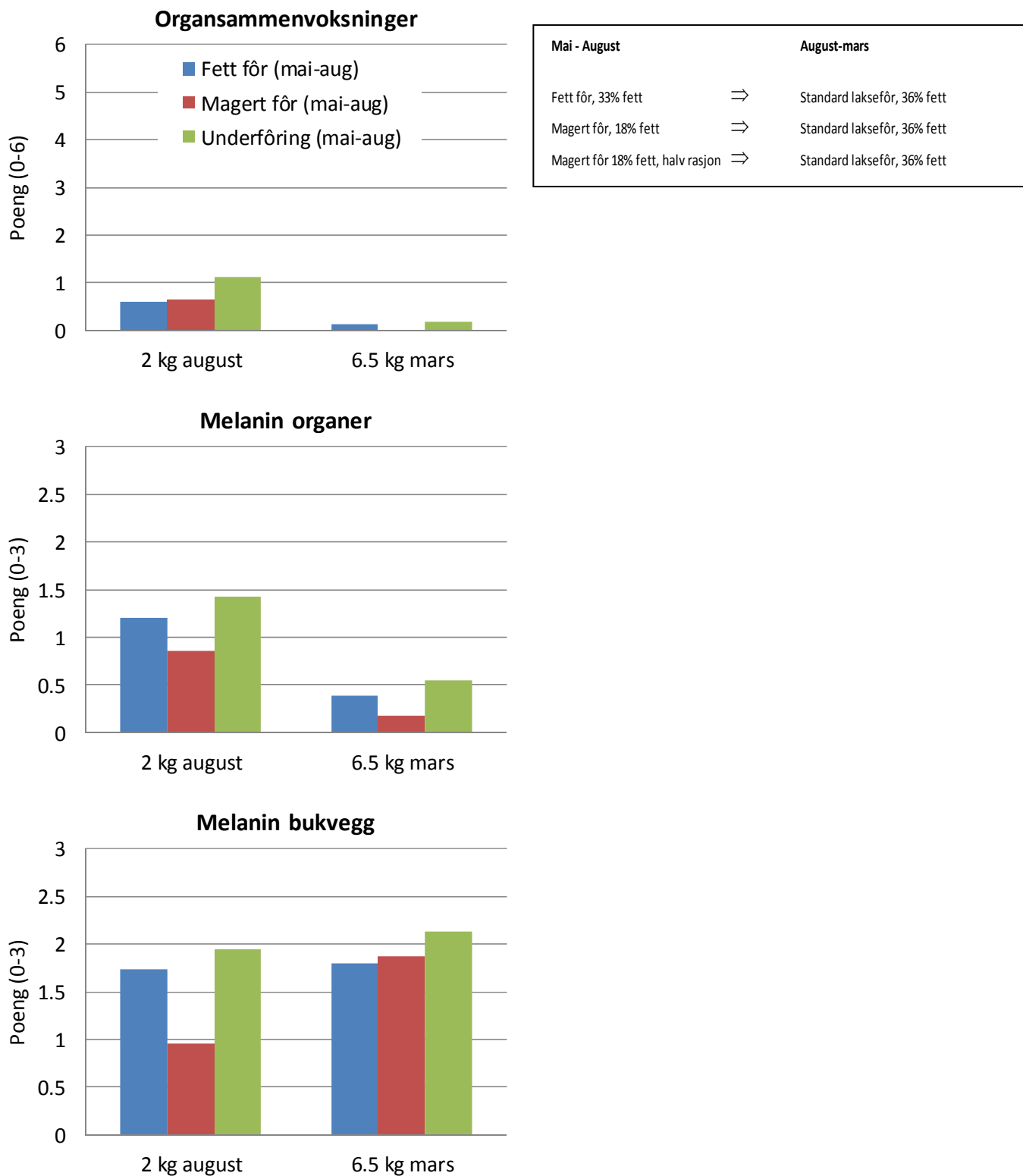
I august ble laksen fra alle fôrgruppene blandet og gitt ett standard laksefôr frem til mars 2012. Andre fôrtyper ble også benyttet, men disse vil ikke bli omtalt her. Startvekten av laksen i mai var 1,2 kg og slaktevekten var 6.5 kg i gjennomsnitt i mars. Laksen ble analysert august 2011, oktober 2011, desember 2011 og mars 2012. Figur 38 på neste side viser resultater for organsammenvoksninger, melanin i organer og melanin i bukvegg for laks fra hver av fôrbehandlingene fra mai – august 2011.

Sammenvoksninger: Resultatene viste at graden av sammenvoksninger var lav for all fisk, men det var likevel forskjell mellom gruppene. Laksen som var underfôret (halv rasjon, 18% fett) hadde mest sammenvoksninger i august, men det var ikke forskjell mellom gruppene i oktober, desember, eller mars. I mars var det nærmest ingen unormale sammenvoksninger av organer.

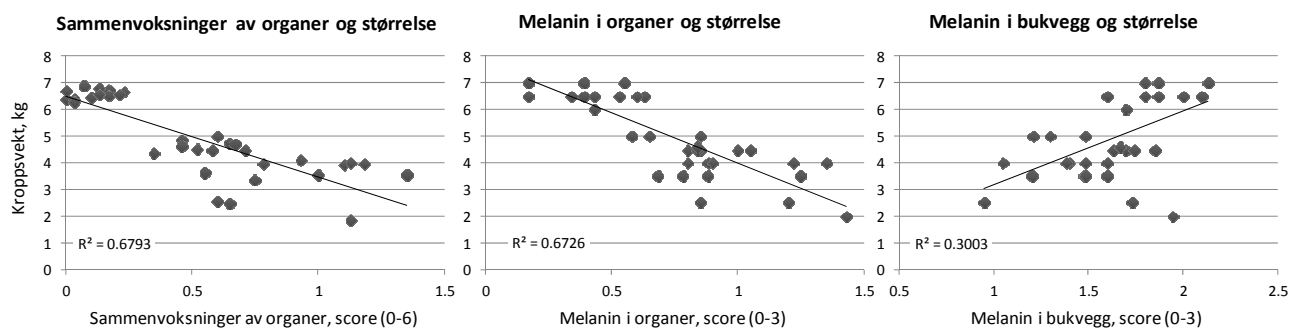
Melanin i organer: I august hadde den underfôrede laksen mest melanin i organer, deretter fulgte laksen som hadde fått fôr med 33% fett i perioden mai-august. Laksen som hadde fått det magre, proteinrike fôret hadde minst melanin i organer. Mengden melanin i organer var betydelig lavere i mars enn i august, men rangeringen mellom fiskegruppene var den samme.

Melanin i bukvegg: Registreringene i august viste at den underfôrede laksen hadde mest misfarging av bukveggen. For denne fiskegruppen hadde mange laks et askegrått slør over hele bukveggen. Laksen som fikk det magre fôret i perioden mai – august hadde minst melanin i bukveggen. Ved slakt i mai hadde mengden melanin i bukveggen økt noe for alle fiskegruppene, men fremdeles var mengden melanin høyest for laksen som var underfôret fra mai-august.

Mørke filetflekker. Frekvensen av mørke flekker i fileten var for lav til å kunne si noen om betydningen av fôr eller utvikling over tid.



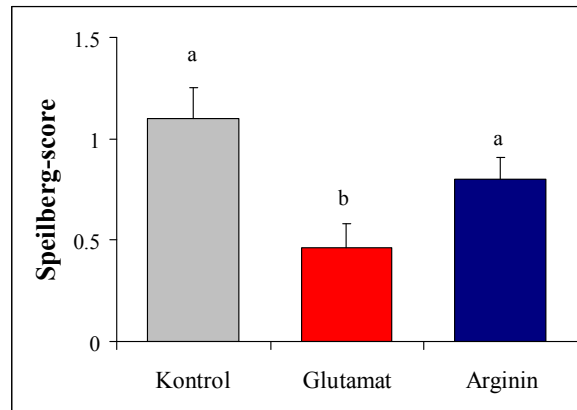
**Figur 38** Organsammenvokstninger, melanin i organer og melanin i bukvegg i oppdrettslaks som fikk 3 ulike fôr i perioden mai – august 2011: Fett fôr 33% fett, Magert fôr 18% fett eller Magert fôr 18%, halv rasjon. Fra august 2011 til mars 2012 fikk laksen samme standard laksefôr (36% fett). Fisken veide 1.2 kg i mai, 2 kg i august og 6.5 kg i mars.



Figur 39 Sammenheng mellom kroppsstørrelse og sammenvoksning av organer, melanin i organer og melanin i bukvegg. Hvert punkt i grafene er gjennomsnitt av 10 fisk.

Sammenvoksninger av organer (Speilberg score, 0-6) og melanin i organer avtok med størrelsen som det fremgår av figur 39. For den største fisken var det nærmest ingen unormale sammenvoksninger av organer og kun enkelte fisk hadde melanin deponering i organer – da helst i området nærmest svømmeblæren/ryggen. Dette er den første studien som har undersøkt utvikling av sammenvoksninger og melanindeponering innen samme fiskegruppe, og om resultatene fra denne studien er allment gjeldende er usikkert. Den observerte sammenhengen mellom fiskestørrelse og sammenvoksninger/melanin i organer er likevel svært interessant og viser at sammenvoksninger og melanindeponering i organer ikke nødvendigvis er et permanent fenomen, men at problemet kan avta med fiskestørrelsen.

Det er veldokumentert at laks med mye sammenvoksninger av organer har nedsatt vekst. Derfor er det viktig å ha kunnskap om faktorer som bidrar til at sammenvoksninger oppstår og forhold som bidrar til å redusere problemet. Vi har sett at vaksine er en viktig faktor som bidrar til at problemet med organsammenvoksninger oppstår (se figur 34). Resultatene fra fôringsstudien beskrevet overfor viser også at problemet kan avta med fiskestørrelsen. Om dette er en ren «fortynningseffekt» eller om det er mulig å fremskynde dette er ikke studert. Våre resultater fra en annen avsluttet fôrstudie (FHF 900338) kan imidlertid tyde på det ettersom vi observerte mindre sammenvoksninger av organer i laks som fikk tilskudd av aminosyren glutamat i fôret (figur 40). Vi har også observert større grad av organsammenvoksninger i laks som fikk fôr innblandet harsk olje i en tre måneders periode før slakt, selv om utslaget var relativt lite (Forskningsråd-prosjekt 190479/S40).



Figur 40 Sammenvoksnings av innvoller i 3 kilos oppdrettslaks (Speilberg score). Laksen var fôret med et standard fôr (Kontrol) eller det samme fôret med ekstra tilsetning av aminosyrene glutamat (Glutamat) eller arginin (Arginin). Ulike bokstaver viser signifikante forskjeller mellom fôrgrupper ( $P < 0.05$ ).

Melanindeponering i bukvegg kan gi nedklassifisering av slôyd fisk selv om den misfargede bukhinnen som regel ikke gir avvikende farge på filet. Det vil si at misfarging av bukhinnen kan gi prisreduksjon av laks som selges slôyd, mens sammenvoksnings av organer fører til tapt tilvekst uten at det salgbare produktet blir påvirket. Som det fremgår av figur 39, økte melanindeponering i bukvegg med fiskestôrrelsen. Dette er stikk motsatt av det som ble observert for melanin i organer som avtok med fiskestôrrelsen. Disse resultatene bidrar ytterligere til å forsterke mistanken om at melanin i organer og bukvegg er fenomener som ikke trenger å være i «familie»/ ha samme årsakssammenheng.

### Sammenvoksnings og melanin i organer

- Mer ved underfôring
- Mindre når fôret hadde lavt fett/hôyt proteininnhold
- Mindre i laks gitt fôr med ôkt nivå av aminosyren glutamat
- Mindre i stor laks

### Mørkpigmentering av bukhinne

- Mer i underfôret laks
- Mer i stor laks

### Litteratur

[http://www.fiskerifond.no/index.php?current\\_page=index&lang=no&id=760](http://www.fiskerifond.no/index.php?current_page=index&lang=no&id=760)  
<http://www.nofima.no/publikasjon/44466D6178DD4159C125781100585924>

Hang, A. 2011. Effects of dietary oxidation status and vitamin E level on performance, fillet quality and robustness to acute stress in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Mastergradsoppgave ved UMB. Pp 54.

## 5.7 Klemskader smolt

Denne studien ble utført av Hilde Herland, Nofima Tromsø

Ved vaksinerings kan lakseparr utsettes for klemming av muskel når fisken holdes fast ved injisering. I denne studien var formålet å undersøke om slik klemming kan medføre skader og blødninger i muskel.

Fisk som ble brukt var lakseparr (liten laks i ferskvann som ikke var smoltifisert), vekt og lengde er i Tabell 2 nedenfor.

Tabell 2 Vekt og lengde av laksen i undersøkelsen samt behandling (n=8 per gruppe)

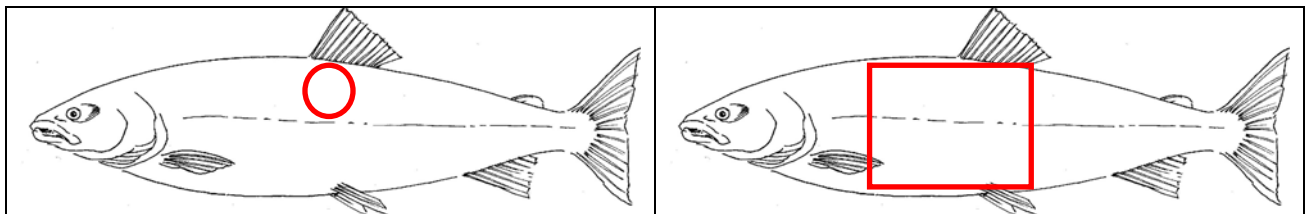
| Gruppe | Vekt (g)    | Lengde     | Behandling  |
|--------|-------------|------------|---|
| K      | 56.9 ± 5.2  | 16.8 ± 0.5 | Kontroll  |
| L0     | 53.6 ± 5.6  | 16.2 ± 0.5 | Fisk gitt svakt trykk <sup>1</sup> , avlivet rett etter (dag 0) |
| S0     | 54.3 ± 5.2  | 16.5 ± 0.5 | Fisk gitt hardt trykk <sup>2</sup> , avlivet rett etter         |
| L4     | 60.3 ± 10.8 | 17.0 ± 1.3 | Fisk gitt svakt trykk, avlivet fire dager senere                |
| S4     | 52.6 ± 10.4 | 16.3 ± 1.2 | Fisk gitt hardt trykk, avlivet fire dager senere                |

<sup>1</sup> 500 g i 10 sekunder

<sup>2</sup> 1100 g i 20 sekunder

Fisken ble bedøvet med Bensoak®VET (ACD Pharmaceuticals AS, Leknes) før den ble veid og målt, og så påført trykk. Det ble brukt 1,5 ml per 10 l vann (vann fra karet fisken gikk i, ferskvann ca 6 grader).

Trykket ble påført ved å legge fisken på vekt og trykke i muskelen på siden ved ryggfinneren med en finger (se figur) til ønsket vekt, hhv 550 g i 10 sekunder eller 1100 g i 20 sekunder.



Figur 41 Bildet til venstre viser hvor trykket ble påført fisken. Bildet til venstre viser området av muskelen som ble undersøkt.

Fisken som ble undersøkes dag 0 ble avlivet med slag i hodet (gruppe K, L0 og S0), resterende fisk ble satt i balje for oppvåkning og så overført tilbake i karet. Gruppe L4 ble finneklippet mens fisken var bedøvd (klipping av fettfinne). Etter fire dager ble disse avlivet med bedøvelse og slag i hodet, og deretter undersøkt som de andre fiskene.

Undersøkelse:

- Skinnen i trykkområdet ble fjernet med skalpell og pinsett
- Muskelen ble undersøkt for blødninger ved å lage små snitt innover i muskelen (på tvers av lengderetning) med 2-3 mm avstand i det aktuelle området

Trykkbehandlingene medførte ingen synlige skader i muskelen. Det var ikke mulig å se endringer i muskelstrukturen og det var heller ingen blødninger i området. Dette gjaldt både rett etter behandlingen og for den fisken som ble avlivet fire dager etter trykkbehandling.

Jevn klemming, selv med hardt trykk syntes derfor ikke å påføre fisken skader. Laksemuskelen synes derved å tåle jevnt trykk, men det er mulig at hardt, brått slag/trykk, evt. med liten overflate (skarpt/smalt/spisst/hardt objekt) vil påføre fisken større skade.

**Det ble ikke observert synlige skader av muskel hos lakseparr etter relativt hardt, jevnt trykk av muskelen under ryggfinnen**  
**Det er lite sannsynlig at jevnt trykk ved vaksinerings gir klemskader som fører til nedklassifisering av slaktelaks grunnet mørke filetflekker**

## 5.8 Filetfarge

Laksen må tilføres pigmenter (karotenoider) gjennom fôret for å oppnå rødfargen som den enkelte nisje i markedet ønsker. Det er hovedsakelig syntetisk astaxanthin som benyttes i dagens fôr men også andre pigmenteringskilder er tilgjengelige på markedet.

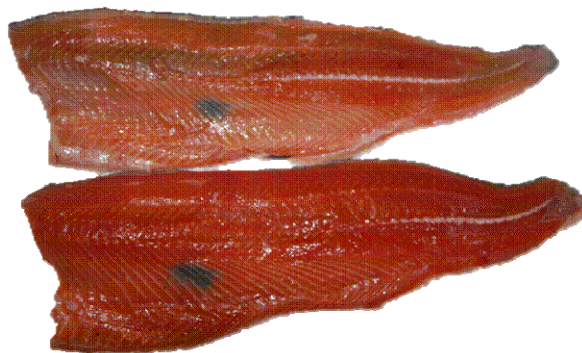
Laksen utnytter ikke alt pigmentet fra fôret. Pigmentopptak i tarm, omsetning av disse og utskillelse har alle betydning for hvor mye pigmenter som avsettes i muskelen. Den kjemiske formen av astaxanthin og kilde har også betydning, samt øvrig råstoff sammensetning av fôret. For eksempel vil økt fettinnhold generelt forbedre opptaket, Høyt fettinnhold i fileten kan imidlertid gi noe svakere fargeinntrykk i forhold til pigmentnivå, og helhetsinntrykket trekkes ned om fileten har brede bindevevsstriper (zebrastriper). I tillegg vil muskelstrukturen påvirke oppfattet farge, og bløt tekstur trekker ofte ned fargeinntrykket. Pigmentutnyttelsen øker med fiskestørrelse opp til et visst mens muskelpigmenter forbrukes når fisken blir kjønnsmoden. Det finnes ikke holdepunkter for at dagens fôr til oppdrettslaks gir skjolding av fileten, men ved et uttak av laks til analyse i fôringsforsøket beskrevet i avsnitt 5.6 (side 53), observerte vi lavere frekvens av bleke områder i ryggen hos laks som fikk ekstra tilsetning av aminosyrene glutamat eller arginin (desember 2009). Kjønnsmodning kan øke forekomsten av skjolding, slik beskrevet i avsnitt 5.4 (se figur 32 side 44).



Pigmentinnholdet, og derav filetfargen, viser en naturlig variasjon. Det betyr at det ikke er mulig å oppnå en fullstendig homogen farge for all fisk fra samme merd, selv om fisken kommer fra de samme familiene og får det samme fôret. Vi kan heller strebe etter å snevne inn variasjonen slik at færrest mulig fisk havner under akseptabelt pigment nivå og at variasjonen mellom ulike deler innen samme filet (skjolding) blir minst mulig.

Pigmentutnyttelsen kan avta i perioder med eksplosiv vekst. Trolig skyldes dette økt passasjehastighet i tarmen. Siden pigmentet har lav løselighet, vil raskere passasje av fôret redusere utnyttelsen. På samme måte vil lave sjøtemperaturer redusere løseligheten av pigmentet i tarmen og hemme opptaket. I de senere år har det vært en del fokus på årstidstilpassede pigmenteringsregimer.

Pankreas sykdom (PD) kan gi avfarging og skjoldet filet. Det kan være flere årsaker til det, men dersom muskelen er skadet er det ikke mulig å oppnå tilstrekkelig innfarging gjennom økt nivå av pigment i fôret. Dersom man oppdager dårlig innfarging av filet etter pankreassykdom, kan det være klokt å undersøke muskelen for skader. Da bør en ta ut et tilstrekkelig høyt antall laks og få disse undersøkt ved mikroskopering, for eksempel ved Veterinærinstituttet som har god erfaring med slike undersøkelser. PD smittet laks har ofte økt forekomst av mørke filetflekker. Forekomst av mørke filetflekker og blek filetfarge kan opptre samtidig, men PD smittet laks kan ha mørke filetflekker uten at den generelle filetfargen er påvirket (figur 42).



*Figur 42 Fileter av laks fra en PD smittet merd. Sannsynligheten for å observere bleke eller skjoldete fileter er større for PD smittet laks enn for usmittet laks, og generelt er sannsynligheten for å observere mørke filetflekker i PD smittet laks større enn i usmittet laks. På bildet har begge filetene mørk filetflekk i bukregionen, men bare den øverste fileten har blek filetfarge. Den øverste fileten har dessuten mørke pigmenter (sannsynligvis melanin) inne i muskulaturen som skinner igjennom i fremre ryggparti. Det som fremstår som hvitt eller glassaktig muskel over sidelinjen fremme i nakken er skadet muskel/ dødt muskelvev. Sannsynligheten for å observere mørkpigmentering inne i muskulaturen eller over større områder i for eksempel ryggen, er større i PD smittet laks og oppleves svært sjelden i frisk laks.*



Lagring gir en naturlig reduksjon i innhold av fargepigmenter og dermed et blekere fargeinntrykk. Lagringsbetingelsene vil imidlertid påvirke nedbrytningshastigheten av pigment. Normalt vil nedbrytning av pigment i laks som lagres sløyd på is være relativt langsom, mens fryselagring av fileter gjerne gir et raskere fargetap – her vil imidlertid pakkemetode (luft, vakuum, MAP) ha betydning samt lagringstemperatur.

Fileter pakkes ofte i esker med is under forsendelse. Det er svært viktig at kassene lagres kjølig slik at isen ikke smelter. Dersom filetene kommer i kontakt med smeltevannet, vil filetene avfarges der hvor fiskekjøttet er i kontakt med vannet (figur 43).



Figur 43 Avfarging av filet som er i kontakt med smeltevann.

### 5.8.1 Røkt filet – lys påvirker fargeutviklingen ved lagring

Denne delstudien ble gjennomført av Magnus Åsli, Ulrikke Böcker, og Solveig van Nes, Nofima Ås

For å undersøke hvordan fargen til røkt laks påvirkes av lysforhold under lagring, ble 40 røkte laksebiter (NKS) vakuumpakket og lagret ved 4 °C i konstant lys eller konstant mørke i to måneder. Etter 10, 30 og 60 dager ble filetfargen analysert fotometrisk og endringer i spektra målt ved hjelp av spektroskopi (VIS-NIR). Kjemisk målt pigment ble analysert ved sluttuttak.

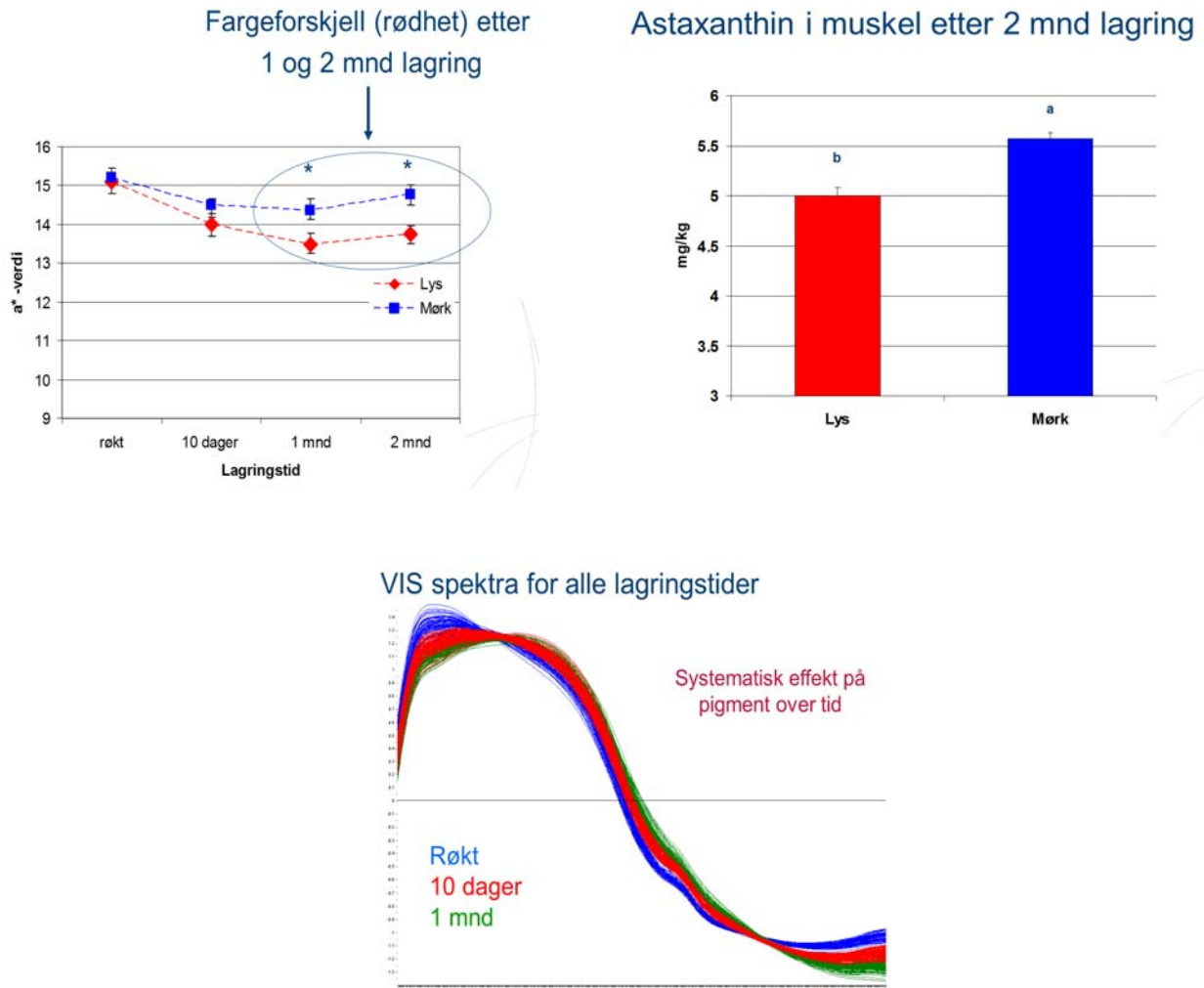
#### Resultater

Etter 10 dager var det en tendens til høyere rødfargeintensitet ( $a^*$ -verdi) for fileter som var lagret i konstant mørke, og ved 30 og 60 dager var fargeforskjellen tydelig bedre for filetene som var lagret mørkt ( $P < 0.05$ ).

De fotometriske resultatene var i samsvar med kjemisk bestemt astaxanthin, som viste 10% høyere nivå i de mørklagrede prøvene sammenlignet med de som var lagret i konstant lys ( $P < 0.05$ ). VIS-NIR viste en endring i spektra under lagring. De største endringene kunne tilskrives lagringstid, men det var også en markant effekt av forskjellige lagringsbetingelser (hvh. lys/mørke). Resultater fra studien er oppsummert i figur 44, vist på neste side.

## Konklusjon

Fargen avtar hos røkt laks under lagring, og lys påskynder nedbrytningen av pigmenter. Det vil være mulig å redusere fargetap hos røkt laks ved å skjerme filetene for lyseksponering, eventuelt ved å benytte plastfilm/emballasje som hindrer at lyset bryter ned pigmentene i fileten.



Figur 44 Resultater fra studie der røkt laksefilet ble lagret ved 4°C i lys eller mørke i 60 dager.

Fargen avtar hos røkt laks under lagring  
Lagring i lys gjør at fargen taper seg raskere

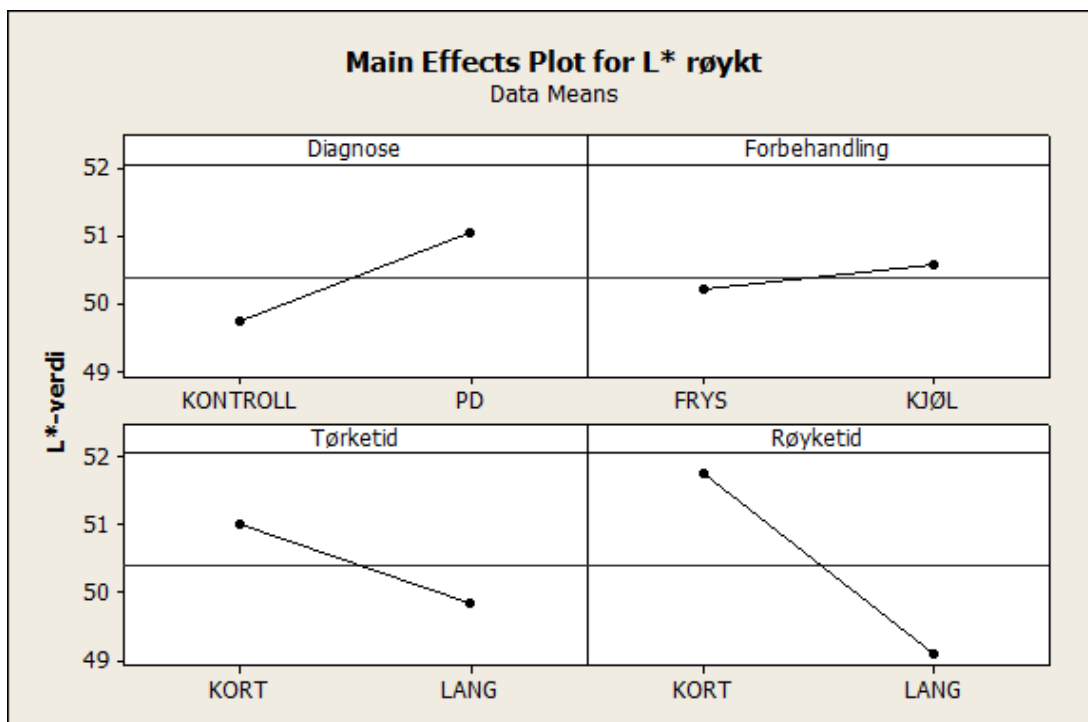
Det er mulig å redusere fargetap av røkt laksefilet:

- Mørk lagring
- Lystett emballasjefilm

## 5.9 Røykeprosess

Det er viktig at råstoffet som går inn i røykeprosessene har en god og jevn farge, men også salte og røykeprosessen vil påvirke fargen på det ferdig røykte produktet. Prosesseringen som benyttes påvirker pigmentnedbrytningen men selve fargeinntrykket kan også påvirkes selv om pigmentinnhold er uendret. Eksempelvis vil injeksjons salting gi et våtere og blekere produkt enn tørrsalting, og høy røyketemperatur gir et produkt med et kokt utseende sammenlignet med kaldrøyking. Det er viktig å bevare produktets farge gjennom de ulike prosesseringstrinn og å øke forståelsen vedrørende faktorer som bidrar til fargeendringer ved primær- og sekundærprosessering. I denne studien undersøkte vi fargeutvikling av ulikt råstoff (frisk laks eller PD smittet laks) som enten var prosessert fersk eller etter frysing. Det ble benyttet ulike måter å prosessere filene på (røyketemperatur, røyketid, tørketid) (prosessmatrise med 24 ulike varianter) Studien ble samkjørt med prosjektet: "The impact of pancreas disease (PD) on flesh quality of Atlantic salmon". Sveinung Birkeland, Nofima Stavanger hadde ansvaret for å prosessere filetene og Torunn Taksdal, Veterinærinstituttet hadde ansvaret for dokumentasjonen av muskeldegenerasjoner som følge av PD sykdommen.

Konklusjonen fra studien var at PD smittet laks var blekere enn usmittet laks. Avvikende farge hos PD laksen gjenspeilet grad av muskelforandringer vurdert under mikroskop. Fileter som ble prosessert etter fryselagring var blekere for både frisk og PD smittet laks. Kort tørke- og røyketid ga blekere farge; røyketid var prosessparameteren med størst effekt.



Figur 45 Lyshet i røkt laksefilet, effekt av råstoff (frisk/PD & frossen/fersk) og prosessering (kort/lang tørketid & kort/lang røyketid).

## Blekere farge i røkt filet

- PD smittet vs frisk laks
- Filet prosessert etter frysing vs fersk
- Kort vs. lang røyketid
- Kort vs. tørketid

### 5.10 Oppsummering

Synes å være ulike årsaker til mørke flekker i organer, bukvegg og filet  
Mørke flekker i ulike deler av filet, ulik årsak ?

Mørke filetflekkene skyldes: melanin, blod, arrvev/døde muskelceller

Fettinnhold, rødfarge og fasthet er arvelige

↓

Lakseforeldre med mager filet gir magert avkom

Lakseforeldre med god rødfarge gir avkom med god rødfarge

Lakseforeldre som er faste i kjøttet gir avkom med fast filet

Finnes SUPER-LAKSEFORELDRE som har høy tilvekst, høyt utbytte,  
Mager & rød & fast filet med lite melanin og lite gaping.

#### **Modnende hanfisk:**

Størst (over 30% vekstgevinst), mer fett i filet (pga størrelsen), ikke mer melanin i bukinnen, fastere i kjøttet, ingen endring i filetfarge i NKS, Mer skjolding av filet

Redusert vaksinedose ⇒ mindre melanin i innvoller og bukvegg.

Mørke flekker i filet var tilsvarende for vaksinert og uvaksinert laks.

#### **Sammenvoksnings og melanin i organer**

- Mer ved underføring
- Mindre når fôret hadde lavt fett/høyt proteininnhold
- Mindre i laks gitt fôr med økt nivå av aminosyren glutamat
- Mindre i stor laks

### **Mørkpigmentering av bukhinne**

- Mer i underfôret laks
- Mer i stor laks

Det er lite sannsynlig at jevnt trykk ved vaksinerings gir klemskader som fører til nedklassifisering av slaktelaks grunnet mørke filetflekker

Det er mulig å redusere fargetap av røykte laksefileter ved å lagre filetene mørkt, eventuelt benytte lystett emballasje/emballasjefilm

### **Blekere farge i røkt filet**

- PD smittet vs frisk laks
- Filet prosessert etter frysing vs fersk
- Kort vs. lang røyketid
- Kort vs. tørketid.

## 6 Sammenheng

Mørke filetflekker er et kostnadskreven problem, spesielt for laks som går til bearbeiding. Videre er avvikende farge, slik som skjolding, en viktig årsak til nedklassifisering av oppdrettslaks. Mørke flekker kan være lokalisert i bukområdet av fileten, i ryggen, i sporden eller under skinnet. Små, grunne flekker kan trimmes bort og dette gir merarbeid. Store flekker medfører at større filetområder eller hele fileter kasseres. I prosjektet ble det utviklet en enhetlig registreringsmal i samarbeid med næringen. Registreringer av mørke flekker etter den nye malen, har gitt oss pålitelig statistikk (35 000 fileter registrert). Registreringene viste større omfang i Sør-Norge (22 %) enn i Midt- (15 %) og Nord-Norge (12 %). Forekomsten var høyest i fremre bukregion. Analyser av mørke filetflekker viste at de kan bestå av melaninpigmenter, blod eller døde muskelceller/arrvev, eller en kombinasjon av disse. Problemet med mørke filetflekker økte med fiskestørrelsen, i motsetning til melanin i organer som avtok med størrelsen. Statistikken viste markant forskjell i forekomst mellom smoltleverandører og også mellom sjøvannslokalteter. Videre var det en økning av mørke filetflekker etter lang oppholdstid i ventemerde. Den underliggende årsaken(e) til disse observasjonene krever oppfølging. Vaksine har vært utpekt som hovedårsak til mørke filetflekker. Resultatene fra prosjektet tyder på at mørkpigmentering av organer og filet kan ha forskjellige årsaker, der vaksine ikke synes å være en hovedårsak til mørke flekker i fileten. Videre er det lite sannsynlig at klemskader ved vaksinerings er en viktig årsak til problemet med filetflekker i slaktefisk. Prosjektets registreringer og dybdeanalyser tyder på at det er ulike årsaker til at det oppstår mørk pigmentering i organer, bukvegg og filet. Mørke flekker i ulike deler av fileten kan eventuelt også ha forskjellige årsakssammenhenger. Dette er indikasjoner som bør følges opp i fremtidige studier.

Forekomst av skjolding og intensitet av rødfarge ble også studert. Resultatene viste at modnende hanfisk ga en markant vekstgevinst, men at forekomsten av skjolding var høyere enn i umoden fisk. Separate studier av avlsfisk viste at det er mulig å forbedre kvaliteten gjennom avlsarbeidet, og at det finnes lakseforeldre med alle ønskelige egenskaper (god vekst, utbytte og kvalitet). Fôrets betydning er usikker for frekvensen av mørke filetflekker, men det er mulig at nivået av visse fôrkomponenter påvirke blødningstendenser i muskel. Råstoffkvaliteten og prosessbetingelsene ved røyking viste tydelig effekt på fargen av røkt filet. Spesielt kort røyketid ga blekere farge, men også frossent råstoff, PD sykdom og kort tørketid hadde negativ effekt. Mørke filetflekker ble tydeligere etter røyking. Røkte laksefileter bør skjermes for lys da lyseksponering fører til raskere bleking av rødfargen ved lagring.

## 7 Litteratur og presentasjoner fra prosjektet

### Populærvitenskaplige artikler

Mørkøre, T., Heia, K. (2010) Finere og fastere flaks. Norsk Fiskeoppdrett, 3, 40-42.

Mørkøre, T., Heia, K. (2012) Mørke flekker i laksefilet – omfang og målemetoder. Norsk Fiskeoppdrett, 3, 50-53.

### Mastergradsoppgaver

Acharya, D. (2011) Fillet quality and yield of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar L.*): Variation between families, gender differences and the importance of maturation. Universitetet for miljø og biovitenskap.

Ai, H., (2011) Effects of dietary oxidation status and vitamin E level on performance, fillet quality and robustness to acute stress in Atlantic salmon (*Salmo salar L.*). Universitetet for miljø og biovitenskap.

### Muntlige presentasjoner

Birkeland, S., Taksdal, T., Dalgaard, P., Mørkøre, T. (2010) Effekt av prosessbetingelser under produksjon av kaldrøkt laks på kvalitet av råstoff fra PD-smittet og usmittet laks. Havbrukskonferansen, april 2010 Trondheim.

Heia, K., Mørkøre, T. (2011) Sjømatkanner finner godbiten. pressefrokost Rica Nidelven hotell onsdag 17. august.

Larsson, T. (2012) Forekomst av melanin i laksefilet og betydning av miljø, biologi og slaktning. Programkonferansen HAVBRUK.

Lerfall, J. (2011) Kvalitetsfeil i norsk oppdrettslaks- årsakssammenhenger og mulige tiltak. Universitet for miljø og biovitenskap.

Mørkøre, T. (2010) Kvalitet fra avl til gaffel. Kvalitetsavvik og årsakssammenhenger- tiltak for å hindre fargeavvik og bløt tekstur. Møte ledelse, Lerøy. Averøy januar 2010.

Mørkøre, T. (2010) Kvalitet i et verdikjedeperspektiv. Status innen forskning på sammenheng mellom kvalitet på sluttproduktet og hvilke forhold som påvirker fisken fra avl til marked. Strategisamling FHF, Rica Hotel Stjørdal.

Mørkøre, T. (2010) Kvalitet i oppdrettslaks. Salmar, Frøya, september 2010.

Mørkøre, T. (2010) Quality problems. Universitetet for miljø og biovitenskap.

Mørkøre, T. (2011) Flesh quality and deformities of salmon. Presentasjon for ledelse Alltech, februar 2011.

Mørkøre, T. (2011) Kvalitetsavvik. Ny kunnskap om årsaker til avvikende utseende av laksefilet. Verdikjedelaks. FHF Rica Hotel mai 2011.

Mørkøre, T. (2012) Kartlegging av melanin. ParkInn hotell, Gardermoen.

Mørkøre, T., (2009) Fish processing. Universitetet for miljø og biovitenskap.

Mørkøre, T., (2009) Kvalitet fra avl til gaffel. Kartlegging av kvalitetsavvik i laksefilet tiltak for å hindre avvik som melaninflekker, fargeavvik og bløt tekstur. Filetforum laks, Gardermoen oktober 2009.

Mørkøre, T., (2009) Quality problems in Atlantic salmon. Universitetet for miljø og biovitenskap.

Mørkøre, T., Tobiassen, T. (2009) Forskning relatert til kvalitet på laks, hvor står vi og hvilke utfordringer ser vi i forhold til å finne løsninger. FHF Gardermoen.

Mørkøre, T., Tobiassen, T. (2009) Kvalitetsavvik og årsakssammenhenger. Filetforum laks, Hell 17.-18. juni.

#### **Poster**

Åsli, M., Böcker, Mørkøre, T., van Nes, S. (2012) Havbrukskonferansen, Stavanger. Lyse påvirker fargen hos røkt laks.

#### **Abstrakt, vitenskapelige konferanser**

Larsson, T., Mørkøre, T., (2012) Programkonferansen HAVBRUK, Stavanger. Forekomst av melanin i laksefilet og betydning av miljø, biologi og slakting.

Moreno, H., Gómez-Guillén, C., Montero, P., Mørkøre, T., Borderías, J.A., (2011) Effect of genetic background and sex on Atlantic salmon muscle collagen properties and the relationship with muscle texture. 41<sup>st</sup> WEFTA Meeting, Seafood for the Modern Consumer, 27-30 September 2011, Gøthenburg, Sweden.

Åsli, M., Böcker, Mørkøre, T., van Nes, S. (2012) Programkonferansen HAVBRUK, Stavanger. Lys påvirker fargen hos røkt laks.

#### **Vitenskapelige artikler (under bearbeiding)**

Jacq, C., Gjerde, B., Moreno, H., Larsson, T., Thorland, I., Bakke, H., Mørkøre, T. Slaughter parameters and fillet quality of Atlantic salmon offspring from wild and farmed parents.

Moreno, H.M, Montero, M.P., Gómez-Guillén, M.C, Jacq, C., Mørkøre, T., Borderías, A.J. Relationship between collagen properties of farmed Atlantic salmon with different sex, genetic background and muscle texture.



Mørkøre, T., Moreno, H., Borderias, J., Sampels, S., Pickova, J., Jacq, C. Minerals, vitamin E and collagen characteristics of farmed Atlantic salmon with and without gaping. Food Chemistry

## **Nettpresentasjoner**

